

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN DENGAN TYPE
WARREN TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD**



Disusun oleh :

DANILO NACHER SEQUEIRA CORREIA

(12.21.008)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTURATAS JEMBATAN DEGAN TYPE WARREN
TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :
DANILO NACHER SEQUEIRA CORREIA
12.21.008

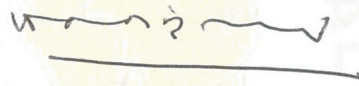
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



(Ir. A Agus Santosa, MT)

Pembimbing II



(Ir. H, Sudirman Indra, Msc)

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Sipil S-1



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN DEGAN TYPE WARREN
TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD**

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari: Sabtu

Tanggal : 21 Agustus 2016

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

DANILO NACHER SEQUEIRA CORREIA

12.21.008

Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

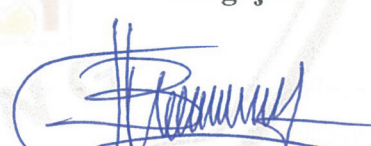
Anggota penguji:

Penguji I



(Muh. Erfan, ST, MT)

Penguji II



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL, Bendungan Sigura-Gura No.2 Tlpn.551951 – 551431
MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Danilo Nacher Sequeira Correia**
NIM : **12.21.008**
Program Studi : **Teknik Sipil S-1**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**PERENCANAAN STUKTURATAS JEMBATAN DEGAN TYPE WARREN
TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, 15. September 2016
Yang membuat pernyataan



(Danilo Nacher S. Correia)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji hanya untuk Allah SWT yang telah melimpahkan RahmatNya serta junjungan kami Nabi Muhammad SAW sehingga kami bisa mengenal Islam dan juga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE BUKAKA DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN KARANGKATES KECAMATAN SUMBERPUCUNG KABUPATEN MALANG.”**

Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Prof. DR. Abraham Lomi, MSEE. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Agus Santosa, MT. selaku Dekan FTSP ITN Malang dan Dosen penguji I.
3. Ir. Hari Winantyo, MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Selaku Dosen pembimbing I dan dosen matakuliah struktur baja 1 dan 2 juga matakuliah struktur baja tahan gempa.
5. Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Dosen pembimbing II.
6. Ir. Ester Priskasari, MT. Selaku Dosen penguji II
7. Ibu dan Almarhum Abi serta kakak dan adik-adikku yang selalu mendoakan dan memberi dukungan kepadaku.
8. Para teman-teman teknik sipil angkatan 04' yang ikut membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dan juga orang-orang yang ada dibalik layar.

Harapan penyusun adalah semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat untuk saya dan rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Sipil lainnya serta laporan ini bisa menjadi pembenaran dari laporan yang terdahulu dan penyusun mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun.

Malang, Maret 2009

Penyusun

ABSTRAKSI

PERENCANAAN STUKTUR ATAS JEMBATAN DEGAN TYPE WARREN TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD

Nama	: Danilo Nacher Sequeira Correia
Nim	: 12.21.008
Dosen Pembimbing I	: Ir. A. Agus Santosa, MT.
Dosen Pembimbing II	: Ir. H. Sudirman Indra, MSc.

Kata Kunci : Jembatan, Jembatan Rangka Baja, Struktur Bangunan Atas

Jembatan merupakan sarana yang sangat penting untuk menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain melalui transportasi darat. Di mana pembangunan jalan dan jembatan sebagai lalu lintas kendaraan sangat perlu pembangunannya sebagai alat penyeberangan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk melalui sungai, danau, tebing dan segala penghalang. Hampir semua ruas jalan memerlukan sarana jembatan, karena hampir setiap jalan terkadang harus melalui atau melewati beberapa rintangan antara lain sungai, rawa-rawa, bahkan lembah ataupun menyilang terhadap jalan lain. Dengan adanya jembatan akan didapatkan jalur yang lebih pendek dan biaya yang lebih ekonomis dibandingkan dengan membuat jalan memutar untuk menghindari suatu rintangan.

Konstruksi Jembatan Rangka Baja merupakan salah satu jenis dari beberapa buah jenis Konstruksi Jembatan Baja yang sangat banyak dibangun untuk kepentingan lalu lintas jalan raya. Seperti halnya Jembatan Karangates merupakan salah satu Konstruksi Jembatan Rangka Baja yang ada di Indonesia yang berfungsi untuk kebutuhan arus lalu lintas khususnya di Baucau. Secara umum Jembatan Rangka Baja lebih menguntungkan apabila dibandingkan dengan jembatan lainnya, penyebabnya ialah karena batang-batang utama Rangka Baja memikul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jembatan jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan di lapangan jauh lebih mudah. Dengan tinggi rangka sedemikian rupa, kekakuan potongan melintang jembatan rangka lebih besar. Bagian-bagian utama rangka batang dibuat dari komponen-komponen yang tidak terlalu besar maka pengangkutannya ke lokasi jembatan menjadi lebih mudah.

Struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja terdiri atas beberapa bagian batang-batang utama pembentuk rangka batang induk, batang-batang melintang, batang-batang memanjang, batang-batang ikatan angin atas, batang-batang ikatan angin bawah, ikatan-ikatan pengaku, sistem lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga lalu lintas aman melewatinya.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan Jembatan Rangka Baja Tipe Bukaka dengan menggunakan profil baja WF dan perhitungan volume bahan yang digunakan. Dalam hal ini perencanaan menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) serta buku Bridge Management System (BMS 1992) untuk peraturan pembebanannya.



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.02 Malang**

LAY OUT

PERENCANAAN STUKTURATAS JEMBATAN DEGAN TYPE WARREN TRUSS DI BAUCAU DENGAN METODE LRFD

Disusun Oleh :

Danilo Nacher Sequeira Correia

12.21.008

MATERI PEMBAHASAN

BAB I PENDAHULUAN

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Identifikasi Masalah
- 1.3 Maksud dan Tujuan
- 1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

BAB II DASARTEORI

- 2.1 Jembatan Secara Umum
 - 2.1.1 Macam-macam Jembatan
 - 2.1.2 Type-type Jembatan Baja
 - 2.1.3 Bagian-bagian Jembatan
- 2.2 Pembebanan
 - 2.2.1 Beban Primer
 - 2.2.2 Beban Sekunder
 - 2.2.2 Pembebanan Lantai Kendaraan
- 2.3 Teori Perencanaan Tipe Bukaka
- 2.4 Teori Desain Struktur Baja
- 2.5 Perencanaan Sambungan
 - 2.5.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang

- 2.5.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser
- 2.5.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut
- 2.5.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut
- 2.5.5 Jarak minimum Baut Pada Transmisi Gaya
- 2.5.6 Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya
- 2.5.7 Menentukan Tebal Plat Simpul
- 2.6 Perencanaan Gelagar Memanjang
- 2.7 Perencanaan Gelagar Melintang
- 2.8 Perencanaan Gelagar Induk
 - 2.8.1 Perencanaan Dimensi Batang Tarik
 - 2.8.2 Perencanaan Dimensi Batang Tekan
- 2.9 Ikatan Angin
- 2.9 Konstruksi Perletakan / Landasan
 - 2.9.1 Perletakan Sendi
 - 2.9.2 Perletakan Rol

BAB III ANALISA DATA DAN PEMBEBANAN

- 3.1 Data Perencanaan
 - 3.1.1 Gambar Perencanaan
 - 3.1.2 Data Struktur
 - 3.1.3 Data Pembebanan
- 3.2 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir
 - 3.2.1 Pembebanan
 - 3.2.1.1 Pembebanan Plat Lantai Trotoir
 - 3.2.1.2 Pembebanan Lantai Kendaraan
 - 3.2.2 Perhitungan Statika Akibat Beban Mati dan Beban Hidup
- 3.3 Perhitungan Penulangan Plat
 - 3.3.1 Perhitungan Penulangan Plat Tumpuan
 - 3.3.2 Perhitungan Penulangan Plat Lapangan
- 3.4 Perhitungan Perataan Beban
- 3.5 Perencanaan Gelagar Memanjang
 - 3.5.1 Perhitungan Pembebanan
 - 3.5.2 Perhitungan Statika

- 3.5.3 Perencanaan Dimensi
- 3.5.4 Perhitungan Shear Connector
- 3.6 Perencanaan Gelagar Melintang
 - 3.6.1 Perhitungan Pembebanan
 - 3.6.2 Perhitungan Statika
 - 3.6.3 Perencanaan Dimensi
 - 3.6.4 Perhitungan Shear Connector
- 3.7 Perencanaan Gelagar Induk
- 3.8 Statika (STAAD Pro 2004)
- 3.9 Perencanaan Dimensi Profil
- 3.10 Perencanaan Sambungan
 - 3.10.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang
 - 3.10.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk
 - 3.10.3 Sambungan Batang Gelagar Induk
 - 3.10.4 Sambungan Batang Ikatan Angin
- 3.11 Perencanaan Perletakan

BAB IV KEBUTUHAN BAHAN

- 4.1 Profil Baja
- 4.2 Kebutuhan Baut dan Plat Simpul
- 4.3 Kebutuhan Baut Untuk Lantai Kendaraan dan Trotoir
 - 4.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan
 - 4.3.2 Kebutuhan Beton

BAB V PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR ISI

	No
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Rumus Masalah.....	4
1.4. Maksud dan Tujuan.....	5
1.5. Ruang Lingkup Pembahasan.....	5
1.6. Manfaat Penulisan	7
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Jembatan Secara Umum.....	9
2.1.1 Macam-macam Jembatan..	9
2.1.2 Tipe-tipe Jembatan..	10
2.1.3 Bagian-bagian Jembatan.....	13
2.2 Pembebanan	14
2.2.1 Beban Primer..	15
2.2.2 Beban Sekunder.....	15
2.2.3 Pembebanan Lantai Kendaraan..	18

2.3	Teori Perencanaan Tipe Bukaka	19
2.4	Teori Desain Struktur Baja	41
2.5	Dasar Perencanaan Baja Menggunakan Metode LRFD	43
2.6	Perencanaan Sambungan baut.....	50

BAB III ANALISA DATA DAN PEMBEBANAN

3.1	Data Perencanaan	58
3.1.1	Gambar Perencanaan.....	58
3.1.2	Data Struktur.....	59
3.1.3	Data Pembebanan..	60
3.2	Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir	63
3.2.1	Pembebanan.....	64
3.2.1.1	Pembebanan Plat Lantai Trotoir.....	64
3.2.1.2	Pembebanan Plat Lantai Kendaraan.....	65
3.2.2	Perhitungan Statika Akibat Beban Mati dan Beban Hidup.	65
3.3	Perhitungan Penulangan Plat	66
3.4	Perhitugan Perataan	62
3.5	Perencanaan Gelagar Memanjang.....	71
3.5.1	Perhitungan Pembebanan.	71
3.5.2	Perhitungan Statika.....	73
3.5.3	Perencanaan Dimensi Gelagar Memanjang.....	76
3.5.4	Perhitungan Shear Connector	79
3.6	Perencanaan Gelagar Melintang	83
3.6.1	Perhitungan Pembebanan.	83
3.6.2	Perhitungan Statika.....	85

3.6.3 Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang.	89
3.6.4 Perhitungan Shear Connector Pada Gelagar Memanjang.....	92
3.7 Perencanaan Gelagar Induk	96
3.8 Statika	104
3.9 Perencanaan Dimensi Profil.....	107
3.10 Perencanaan Sambungan	125
3.10.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.....	125
3.10.2 Sambungan Gelagar melintang dan Gelagar Induk.	152
3.10.3 Sambungan Batang Gelagar Induk WF400x400x45x70.....	161
3.10.4 Sambungan Batang Ikatan Angin.....	177
3.11 Perencanaan Perletakan	200

BAB IV KEBUTUHAN BAHAN

4.1 Profil Baja	207
4.2 Kebutuhan Baut dan Plat Simpul.....	207
4.3 Kebutuhan Bahan Untuk Lantai Kendaraan dan Trotoir	211
4.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan.	211
4.3.2 Kebutuhan Beton ($f_c' = 30$ Mpa).....	211

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	218
5.2 Saran	219

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor beban untuk berat sendiri	11
Tabel 2.2	Faktor beban untuk beban mati tambahan	11
Tabel 2.3	Faktor beban lajur “D”	13
Tabel 2.4	Faktor beban truck “T”	14
Tabel 2.5	Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki	15
Tabel 2.6	Faktor beban untuk gaya rem.....	16
Tabel 2.7	Faktor beban untuk beban angin.....	17
Tabel 2.8	kombinasi beban	17
Tabel 2.9	Tabel Muller Breslaw	36
Tabel 3.1	CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan I.....	46
Tabel 3.2	CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan II	54
Tabel 3.3	Hasil perhitungan momen.....	60
Tabel 3.4	Tabel Muller Breslaw	178
Tabel 4.1	Kebutuhan baut pada sambungan gelagar induk	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Denah Jembatan Karangates	3
Gambar 2.1	Jembatan dinding penuh.....	7
Gambar 2.2	Jembatan rangka sederhana.....	7
Gambar 2.3	Jembatan rangka menerus	8
Gambar 2.4	Jembatan kantilever.....	8
Gambar 2.5	Jembatan lengkung.....	9
Gambar 2.6	Jembatan gantung.....	9
Gambar 2.7	Beban lajur “D”	13
Gambar 2.8	Pembebanan truck “T”	14
Gambar 2.9	Faktor beban dinamis	15
Gambar 2.10	Grafik gaya rem.....	16
Gambar 2.11	Perencanaan jembatan tipe bukaka	19
Gambar 2.12	Penampang lintang batang- batang tarik	21
Gambar 2.13	Penampang batang lentur	24
Gambar 2.14	Kegagalan baut tanpa ulir.....	25
Gambar 2.15	Kegagalan baut ada ulir.....	26
Gambar 2.16	Kegagalan tarik baut	27
Gambar 2.17	Kegagalan tumpu baut ada ulir	28
Gambar 2.18	jarak dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan.....	29
Gambar 2.19	Jarak baut dari pusat ke pusat.....	29
Gambar 2.20	Jarak ujung baut	30
Gambar 2.21	Konstruksi peletakan sendi	35

Gambar 2.22	Konstruksi peletakan rol	37
Gambar 3.1	Potongan memanjang jembatan	39
Gambar 3.2	Potongan melintang jembatan.....	40
Gambar 3.3	Kondisi pembebanan I.....	43
Gambar 3.4	Free body diagram kondisi pembebanan I	50
Gambar 3.5	Bidang momen kondisi pembebanan I.....	51
Gambar 3.6	Kondisi pembebanan II	52
Gambar 3.7	Free body kondisi pembebanan II.....	58
Gambar 3.8	Bidang momen kondisi pembebanan II.....	59
Gambar 3.9	Perataan beban plat lantai dan trotoir.....	68
Gambar 3.10	Sambungan gelagar memanjang dan melintang.....	125
Gambar 3.11	Sambungan gelagar melintang dan gelagar induk	132

DAFTAR NOTASI

L	= panjang / bentang (m)
F_c'	= tegangan lentur beton
F_y	= tegangan leleh baja
q_u	= beban merata
M_{max}	= momen maksimum
M_u	= momen ultimate
M_n	= momen nominal
ρ_b	= rho balance / rasio keseimbangan
ρ_{min}	= rasio penulangan minimum
ρ_{max}	= rasio penulangan maksimum
ρ	= rasio penulangan perlu
$A_{S_{perlu}}$	= luasan tulangan pokok perlu
n	= jumlah tulangan
s	= jarak tulangan
$A_{S_{bagi}}$	= luasan tulangan bagi
$A_{S_{ada}}$	= luasan tulangan ada
$R_A = R_B$	= reaksi tumpuan A atau tumpuan B
$H_A = H_B = H$	= tebal perataan beban pada pelat lantai
M_{BS}	= momen akibat berat sendiri
M_D	= momen akibat beban hidup "D"
Z_X	= modulus plastis
F_y	= tegangan leleh baja profil

ϕ_b = factor resistance
 W = weight / berat
 I_x = momen inersia terhadap x (cm⁴)
 I_y = momen inersia terhadap y (cm⁴)
 b_f = lebar flens profil
 t_f = tebal flens profil
 E = elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ kg/cm²
 F = f = lendutan
 $F_{ijin} = f_{ijin}$ = lendutan yang diijinkan
 P = beban aksial
 Ag = luas bruto penampang profil
 r = jari-jari profil
 E_c = modulus elastisitas beton
 N = jumlah total penghubung geser
 P_u = gaya aksial ultimate
 F_u = kekuatan tarik putus baja
 F_u^b = kekuatan tarik putus baut
 $D = d$ = diameter baut
 A_b = luas penampang lintang baut
 $\phi_t \cdot R_{nt}$ = kekuatan tarik desain
 $\phi_t \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain
 R_{ut} = beban tarik factor baut
 T = tebal plat panyambung
 ϕ_t = factor resistance untuk penyambung tarik

ϕ_v = factor resistance untuk penyambung geser pada bidang ulir

ϕ = factor resistance untuk tipe tumpu

m = bidang geser pada penyambung

$d_t = d$ = diameter baut

t = tebal pelat profil

G_1 = berat sendiri gelagar induk

G_2 = berat sendiri gelagar memanjang

G_3 = berat sendiri gelagar melintang

G_4 = berat sendiri lantai kendaraan

G_5 = berat sendiri trotoir

G_6 = berat ikatan angin bawah

G_7 = berat sandaran

G_{total} = total beban mati

T_{EW} = beban angin

V_W = kecepatan angin rencana

C_W = koefisien seret

A_b = luas koefisien bagian samping jembatan

Pass T = gaya aksial tarik / tension

Pass C = gaya aksial tekan / compression

F_{cr} = tegangan kritis

ϕ_c = factor resistance untuk kekuatan profil

A_g = luas penampang bruto

λ_c = parameter kerampingan

K = factor panjang efektif

r, r_x, r_y = radius girasi

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban layan terfaktor pada batang tarik

A_c = luas bersih profil

ϕ_f = factor resistence

d_b = diameter baut

t_p = tebal bagian penyambung

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Timor - Leste adalah salah satu negara berkembang yang sedang giat melaksanakan pembangunan di segala bidang. Jembatan merupakan suatu struktur konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan – rintangan, seperti lembah yang dalam, alur sungai, saluran irigasi, rawa, rel kereta api dan rintangan lainnya. Jembatan yang merupakan bagian dari jalan, sangat diperlukan dalam sistem jaringan transportasi darat yang akan menunjang pembangunan pada daerah tersebut, seperti pembangunan pada bidang ekonomi, pendidikan, sosial dan budaya serta sarana pendukung pertahanan suatu negara.

Jembatan ini merupakan jalur lalu lintas yang menghubungkan jalan Seical dengan jalan Mulia. Jembatan ini mempunyai panjang bentang total 60 meter dan lebar jembatan total 6 meter.

Dalam merencanakan jembatan ini, penulis memilih melakukan perencanaan dengan menggunakan jembatan rangka baja Warren Modeling. Dipilihnya jembatan rangka baja, karena jembatan rangka baja ini memiliki kelebihan dan keunggulan yang tidak dimiliki oleh jembatan yang menggunakan material selain baja seperti jembatan yang menggunakan material beton maupun jembatan kayu. Jembatan rangka baja sangat dimungkinkan untuk dibangun diatas sungai yang lebar dan dalam, karena selain pengerjaannya mudah dilakukan di lapangan, berat

sendiri dari rangka baja juga relatif kecil. Sedangkan metode yang digunakan dalam merencanakan jembatan ini adalah metode Load Resistance and Factor Design (LRFD), dengan pertimbangan bahwa metode ini memiliki kelebihan – kelebihan dibandingkan dengan metode yang dikembangkan sebelumnya. Salah satu keuntungan metode LRFD adalah Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan metode lain seperti ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama (Sumber : Charles G. Salmon dan John E. Johnson. “Struktur Baja Desain dan Perilaku. Halaman 38)

Berdasarkan hasil peninjauan diatas, maka penulis proposal skripsi ini memilih untuk menggunakan judul ***“Perencanaan Struktur Atas Jembatan dengan Type Warren Truss di Baucau dengan metode LRFD”***.

1.2. Identifikasi Masalah

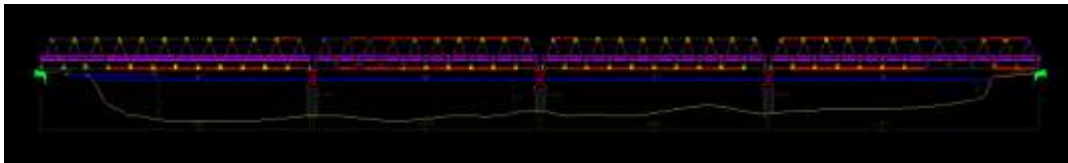
Berdasarkan data yang diperoleh, perencanaan awal dari jembatan di kabupaten Baucau ini adalah jembatan dengan tipe rangka biasa dengan total panjang 220 meter yang dibagi dalam empat bentang dimana masing – masing terdiri dari 2 x 60 dan 2 x 50. Dengan data tersebut penulis mencoba merencanakan satu bentang dengan panjang 60 meter dan

merencanakannya menggunakan tipe warren truss dengan pertimbangan dapat memperoleh efisiensi dari hasil perencanaan.

Berikut adalah data fisik dari jembatan Baucau berdasarkan data – data yang diperoleh :

Jembatan Baucau terdiri dari empat bentang dengan ukuran :

- ✓ Bentang 1 : 60 m
- ✓ Bentang 2 : 50 m
- ✓ Bentang 3 : 50 m
- ✓ Bentang 4 : 60 m



Gambar 1.1. Potongan memanjang jembatan Nunukan

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka terdapat permasalahan yang akan dibahas dalam proposal skripsi yaitu :

1. Berapa dimensi dari gelagar memanjang, melintang dan induk pada jembatan tersebut?
2. Bagaimana merencanakan sambungan pada jembatan Warren truss di Baucau?
3. Bagaimana merencanakan perletakan jembatan Warren truss di Baucau?

1.4. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penulisan skripsi ini adalah merencanakan suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dari hasil survei (lebar jembatan, panjang jembatan, kontur tanah dan tinggi muka air sungai minimum dan maksimum) dengan menggunakan jembatan tipe Warren Truss.

Tujuan direncanakan jembatan rangka baja tipe Warren truss adalah :

1. Menghitung dimensi gelagar memanjang, melintang dan induk pada jembatan tersebut?
2. Merencanakan sambungan pada jembatan Warren truss di Baucau .
3. Merencanakan perletakan jembatan Warren truss di Baucau.

1.5. Ruang Lingkup Pembahasan

Mengingat luasnya pembahasan dalam perencanaan konstruksi jembatan, maka perlu adanya lingkup pembahasan tanpa mengurangi kejelasan dari penulisan skripsi ini. Pada dasarnya jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bangunan atas (Upper Structure) dan bangunan bawah (Sub Structure), maka penulis membatasi pembahasan pada struktur bangunan atas (Uper Structure), yang meliputi :

1. Perencanaan plat lantai kendaraan

2. Perencanaan plat lantai trotoir
3. Perencanaan gelagar melintang dan memanjang
4. Perencanaan gelagar induk
5. Perencanaan sambungan
6. Perencanaan perletakan
7. Perencanaan Ikatan angin

Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan rangka ini adalah dengan menggunakan Metode LRFD (Load and Resistance Factor Design) dan berpedoman pada peraturan – peraturan yang ada di Indonesia, yaitu :

1. RSNI-T-03-2005,tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan;
2. SNI-T-02-2005, tentang Standar Pembebanan jembatan;
3. Program bantu STAAD Pro, untuk perhitungan statika pada jembata

1.6. Manfaat penulisan

Dalam penulisan skripsi, mahasiswa diharapkan mampu dan kreatif dalam merancang konstruksi jembatan khususnya konstruksi struktur atas jembatan rangka baja.

Adapun manfaat yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Untuk dijadikan tugas akhir yang menjadi syarat kelulusan mahasiswa S-1 Teknik Sipil ITN Malang.

2. Sebagai proses pembelajaran bagi mahasiswa dan suatu aplikasi dari keseluruhan ilmu yang telah dipelajari selama proses kuliah.
3. Untuk mengasah kemampuan mahasiswa dalam merancang suatu konstruksi jembatan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Jembatan Secara Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai lintasan untuk mempermudah dan memperpendek jarak menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa sungai, jurang, rawa, jalan raya, jalan rel, jalan pejalan kaki dan lain – lain. Jembatan sendiri dibedakan menjadi dua macam jenis bangunan yaitu bangunan bawah (*lower structure*) dan bangunan atas (*super structure*).

2.1.2. Jenis Jembatan

Secara umum ada beberapa jenis jembatan, antara lain :

1. Jembatan Kayu

Pada umumnya jembatan kayu adalah jembatan yang sederhana dan dapat dikerjakan tanpa peralatan canggih. Bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja, beton atau lainnya, bahan kayu merupakan bahan yang potensial dan telah cukup lama dikenal manusia. Sejak jaman dahulu jembatan kayu sering digunakan untuk menghubungkan sungai atau rintangan lainnya. Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi jembatan kayu sudah tidak sering dimanfaatkan dan pada saat ini jembatan yang sering digunakan oleh manusia adalah jembatan yang terbuat dari material baja atau beton.

2. Jembatan Beton

Beton merupakan salah satu material yang sering dipakai untuk membangun suatu konstruksi baik jembatan ataupun konstruksi lainnya. Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan dan perkembangan teknologi, beton diolah sedemikian rupa sehingga diperoleh bentuk penampang beton yang beragam sesuai dengan kebutuhan perencanaan. Pada jaman sekarang, jembatan yang terbuat dari material beton sering kita jumpai baik jembatan yang berupa beton bertulang konvensional maupun jembatan pretang ataupun jembatan jenis lainnya yang terbuat dari material beton.

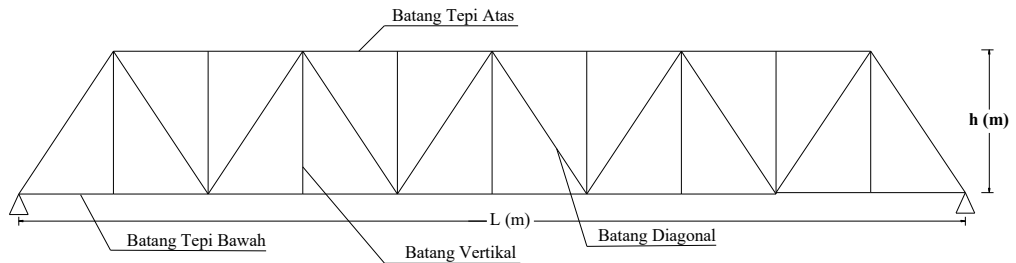
3. Jembatan Baja

Seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan manusia akan sarana transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai material atau bahan yang dipakai untuk membangun konstruksi jembatan. Jembatan yang dibangun dengan menggunakan konstruksi baja memiliki kelebihan dibandingkan dengan jembatan lainnya seperti jembatan menggunakan konstruksi beton. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, pada era sekarang jembatan yang dibangun dari konstruksi baja merupakan jembatan yang paling sering dipakai oleh manusia.

2.1.2. Tipe – Tipe Jembatan Rangka

1. Jembatan Rangka Sederhana (*Simple Truss Bridge*)

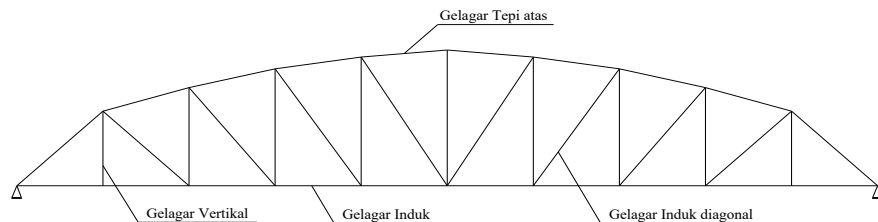
Jembatan ini terdiri dari gelagar induk, gelagar melintang, dan gelagar memanjang biasanya digunakan dalam jembatan menengah yaitu 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.1. Jembatan rangka sederhana

2. Jembatan Rangka Parker (*Parker Truss*)

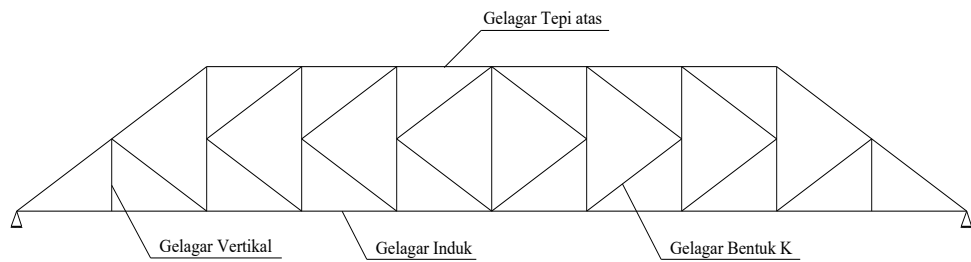
Jembatan parker sebenarnya sama seperti jembatan rangka sederhana yang terdiri dari gelagar induk, memanjang dan gelagar melintang. Jembatan jenis parker biasanya digunakan pada bentangan 180 ft sampai 360 ft.



Gambar 2.2. Jembatan rangka tipe parker

3. Jembatan Rangka Tipe K (*K Truss*)

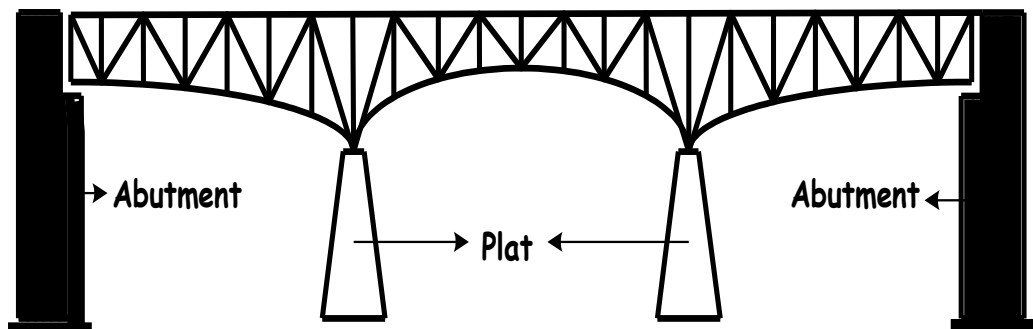
Jembatan parker sebenarnya sama seperti jembatan rangka sederhana yang terdiri dari gelagar induk, memanjang dan gelagar melintang. Jembatan jenis parker biasanya digunakan pada bentangan 300 ft.



Gambar 2.3. Jembatan rangka tipe K (K Truss)

4. Jembatan Rangka Menerus (*Continous Bridge Trusses*)

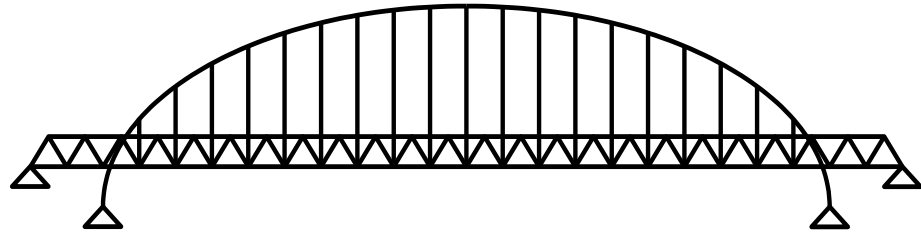
Jembatan ini terdiri dari rangka / truss yang menerus dimana tumpuan berada ditengah bentang yang tidak terpisah, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.4. Jembatan rangka menerus

5. Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*)

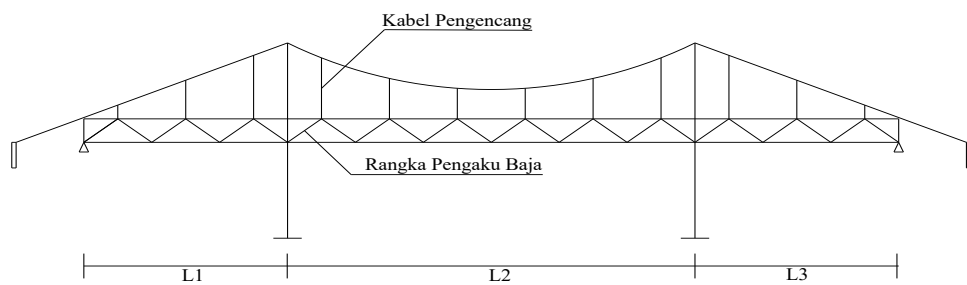
Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang dan gelagar pengaku, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 100 ft sampai dengan 1800 ft. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.



Gambar 2.5. Jembatan lengkung

6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

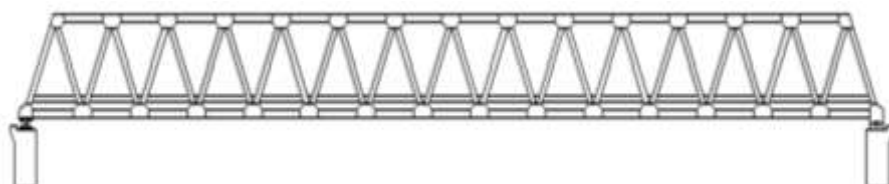
Konstruksi utama dari jembatan ini terdiri dari kabel yang terbentang diatas menara atau tiang penegar, kabel penggantung / hanger, balok-balok penegar gelagar, angker. Jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 400 ft sampai 10000 ft.



Gambar 2.6. Jembatan gantung

7. Jembatan Rangka Tipe Warren Modeling

Jembatan rangka tipe warren modeling merupakan jenis jembatan rangka yang merupakan jembatan rangka tipe sederhana yang di modelkan dengan adanya penambahan batang vertikal, dan tinggi gelagar vertikal dan diagonal tepi lebih rendah di dibandingkan gelagar vertikal dan gelagar diagonal tengah.



Gambar 2.7. Jembatan rangka tipe Warren Truss

2.1.3. Bagian – bagian Struktur Jembatan Rangka Baja (Tipe Warren Truss)

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu struktur bagian atas (Upper Structure) dan struktur bagian bawah (Sub Structure). Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas. Struktur bagian atas dari jembatan itu sendiri meliputi :

- a. Lantai kendaraan dan trotoir
- b. Gelagar memanjang dan gelagar melintang
- c. Pipa sandaran
- d. Ikatan angin
- e. Gelagar induk
- f. Plat simpul
- g. Peletakan atau tumpuhan

2.2. Pembebanan Pada Jembatan

Peraturan khusus untuk pembebanan jembatan di setiap negara kemungkinan akan berbeda antara negara yang satu dengan negara lainnya seperti JIS di Jepang , AASHTO di Amerika Serikat, BI di Inggris. Di Indonesia peraturan tentang pembebanan jembatan jalan raya telah dikemas dalam RSNI – T – 02 – 2005 dan Bridge Managemen System (BMS) bagian II.

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan : “RSNI – T – 02 – 2005;”

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

2.2.1. Beban Primer

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perencanaan jembatan. Beban primer terdiri dari beban tetap (mati) dan beban hidup (beban lalu lintas).

1. Beban tetap (mati)

a) Beban berat sendiri

Adapun beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk unsur tambahan dalam perencanaan.

Tabel 2.1. Faktor Beban untuk berat sendiri

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Bahan	$K^{U_{MS}}$
Tetap	Baja, Alumunium	1.1
	Beton Pracetak	1.2
	Beton dicor ditempat	1.3
	Kayu	1.4

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman :10

b) Beban mati

Beban mati tambahan adalah berat seluruh badan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.2. Faktor beban untuk beban mati tambahan

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban	
	Keadaan	K_{MA}^U
Tetap	Keadaan Umum	2
	Keadaan Khusus	1.4

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 12
Rumus-rumus yang akan digunakan untuk menghitung beban-beban

tersebut :

✓ Gelagar induk

$$G_1 = 20+3L \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2.1)$$

Diubah menjadi satuan kg menjadi

$$G_1 = (20+3L).L.a \quad (\text{kg}) \quad (2.2)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_1 = berat gelagar induk (kg)

L = panjang bentang jembatan (m)

a = lebar jembatan (m)

✓ Gelagar memanjang

$$G_2 = (n \times G \times L) \quad (2.3)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_2 = berat gelagar memanjang (kg)

n = jumlah gelagar memanjang

G = berat sendiri profil gelagar memanjang (kg/m)

L = panjang bentang jembatan (m)

✓ Gelagar melintang

$$G_3 = (n \times G \times L) \quad (2.4)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_3 = berat gelagar melintang (kg)

n = jumlah gelagar melintang

G = berat sendiri profil gelagar melintang (kg/m)

L = panjang gelagar melintang (m)

✓ Berat lantai kendaraan

$$G_4 = (b \times L \times q) \quad (2.5)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_4 = berat lantai kendaraan (kg)

b = lebar lantai kendaraan (m)

L = panjang bentang jembatan (m)

q_d = jumlah berat beban mati plat lantai (kg/m)

✓ Berat lantai trotoar

$$G_5 = (2b \times L \times q) \quad (2.6)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_5 = berat lantai trotoar (kg)

b = lebar lantai trotoar (m)

L = panjang bentang jembatan (m)

q_d = jumlah berat beban mati plat trotoar (kg/m)

✓ Pipa Sandaran

$$G_6 = (G \times n \times L) \quad (2.7)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_6 = berat pipa sandaran (kg)

G = berat sendiri profil pipa (kg/m)

n = jumlah pipa yang dipakai

L = panjang bentang jembatan

✓ Berat sendiri ikatan angin

$$G_7 = (10 \cdot a) \times L \times a \quad (2.8)$$

Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167

Dimana :

G_7 = berat ikatan angina (kg)

a = jumlah ikatan angina

L = panjang bentang jembatan

2. Beban Hidup (Beban Lalulintas)

a) Beban lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL). Beban terbagi rata UDL mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L sebagai berikut :

$$L < 30 \text{ m} ; q = 9.0 \text{ kPa} \quad (2.9)$$

$$L > 30 \text{ m} ; q = 9.0 [0.5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad (2.10)$$

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 17

Dengan :

q = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kg/m^2)

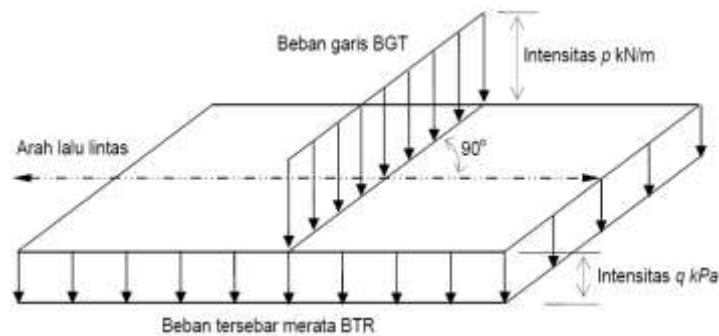
L = Panjang total jembatan yang dibebani (m)

Beban garis KEL dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas $P = 49.0$ kN/m. Beban “D” harus ditempatkan pada dua jalur lalu lintas rencana yang berdekatan untuk lebar lebih besar Dari 5,5 m dan bekerja dengan intensitas 100% selebar 5,5 m dan sisa jalan bekerja 50 %.

Tabel 2.3. Faktor Beban lajur “D”

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 17



Gambar 2.8. Beban Lajur “D”

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 18

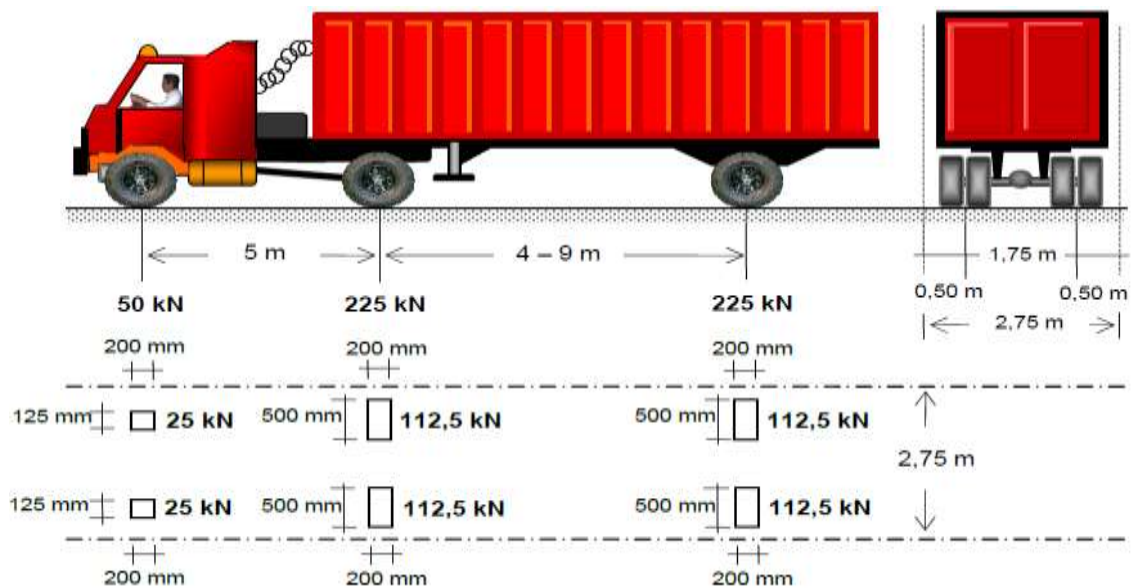
b) Beban truk “T”

Berdasarkan RSNI – T – 02 – 2005, beban truk “T” adalah suatu beban kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi dua beban merata sam besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara dua as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.4. Faktor beban untuk beban truk “T”

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 22

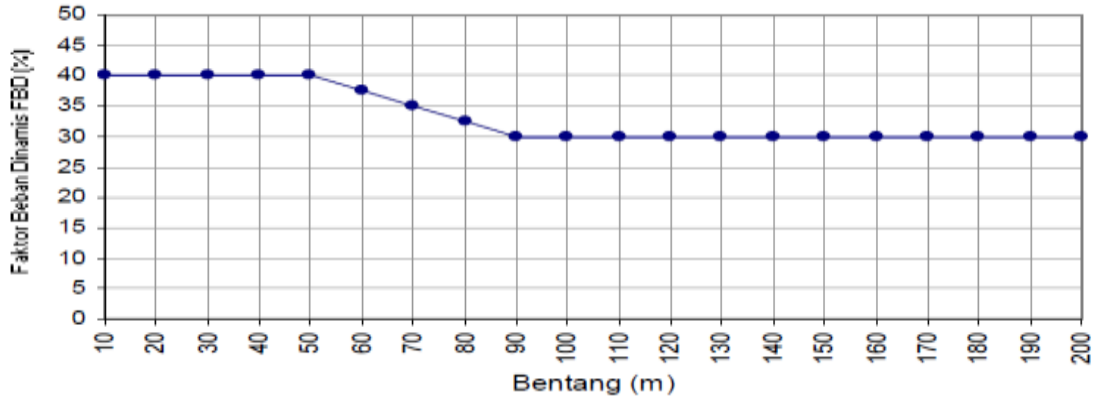


Gambar 2.9. Pembebanan Truk “T”

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 22

c) Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (DLA) merupakan iteraksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk truk “T” nilai DLA adalah 0.3. Untuk “KEL” nilai DLA diberikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.10. Faktor beban dinamis

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 25

Catatan:

$$\text{Untuk } L \leq 50 \text{ m FBD} = 0,40 \quad (2.11)$$

$$\text{Untuk } 50 \text{ m} < L < 90 \text{ m FBD} = 0,40 - 0,0025 \cdot (L - 50) \quad (2.12)$$

$$\text{Untuk } L > 90 \text{ m FBD} = 0,30. \quad (2.13)$$

Dengan : L = Panjang bentang jembatan (m)

d) Beban trotoir

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk memikul 5 kPa = 500 kg/m².

Tabel 2.5. Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

(Sumber : RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 27)

2.2.2. Beban Sekunder

Beban sekunder adalah merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk dalam beban sekunder beban diantaranya adalah :

a. Gaya rem

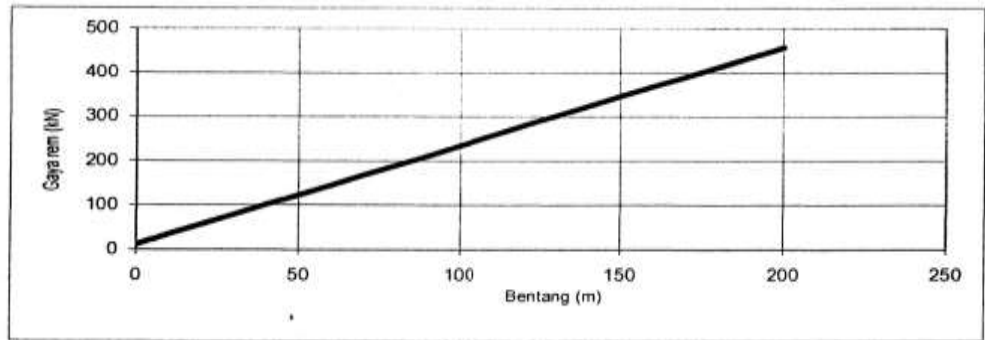
Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduks bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus $1 : q = 9 \text{ kPa}$

Tabel 2.6. Faktor Beban untuk gaya rem

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 25

Tanpa melihat seberapa besarnya lebar jembatan, gaya memanjang yang bekerja diperhitungkan berdasarkan grafik sebagai berikut :



Gambar 2.11. Grafik Gaya rem Per Lajur 2,75 m

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 26

b. Gaya Angin

Tabel 2.7 Faktor Beban Untuk Beban Angin

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,2

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 36

- Gaya nominal ultimate dari gaya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.14)$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana untuk keadaan batas yang ditinjau (m/dt)

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$)

A_b = Luasan koefisien bagian samping jembatan (m^2)

- Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

Aksi Tetap:	X	X	X	X	X	X	1
Berat sendiri							
Aksi Transien:							
Beban Lajur "D"	X	0	0	0	0		
Beban Truk "T"							
Gaya Rem	X	0	0	0	0		2
Beban Trotoar		X					
Beban Angin			0	0	X	0	

RSNI-T-02-2005, Standar Pembebanan Jembatan; halaman : 50

Keterangan :

1. Dalam keadaan batas ultimate pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu adalah memasukan faktor harga beban ultimate penuh. Nomor dengan tanda "0" memasukkan harga yang sudah diturunkan besarnya sama dengan beban daya layan.
2. Beberapa aksi tetap berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian dan minimum untuk menemukan keadaan yang paling berbahaya.

Tingkat keadaan batas dari gaya sentrifugal dan gaya rem tidak terjadi secara bersamaan. Untuk faktor beban ultimate terkurangi untuk beban lalu lintas vertikal kombinasi dengan gaya rem.

2.3. Metode Perhitungan Struktur Atas Jembatan Rangka

2.3.1. Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoar

Konstruksi plat lantai kendaraan merupakan bagian dari konstruksi jembatan yang berfungsi untuk menahan lapisan perkerasan. Beban pada lantai kendaraan terdiri dari dua jenis pembebanan :

- Beban mati terdiri dari berat aspal, berat plat lantai dan berat air hujan
- Beban hidup yang berasal dari kendaraan bergerak (muatan T)

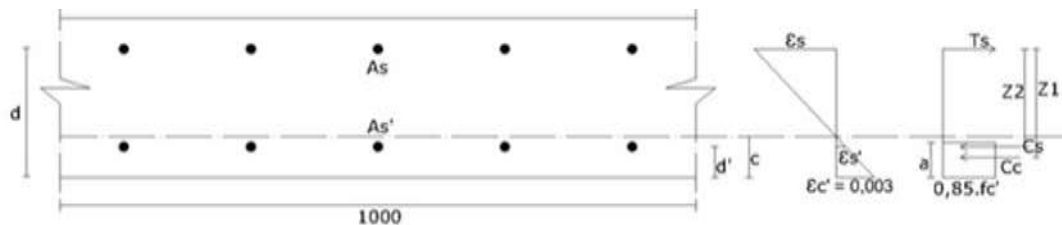
Perencanaan Penulangan plat lantai dapat dihitung dengan menggunakan program bantu dan rumus – rumus berikut ini :

- Untuk mendapatkan momen ultimit M_u dihitung dengan menggunakan program bantu teknik sipil (software STAAD Pro)

- d = tebal plat lantai – selimut beton – $\frac{1}{2}$ D tulangan (2.15)

- $A_s = (1/4 \times \pi \times D^2 \times b) / \text{jarak yang direncanakan}$ (2.16)

Perhitungan tulangan rangkap



Gambar 2.12. Tulangan Rangkap Pada Plat Lantai

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2.17)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.18)$$

Tegangan tekan pada serat baja:

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \quad (2.19)$$

Kekuatan momen yang terjadi:

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \quad (2.20)$$

Kekuatan momen rencana:

$$M_r = \phi \cdot M_n, \text{ dimana } \phi = 0,8 \quad (2.21)$$

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

$$M_r = \phi M_n > M_u \quad (2.22)$$

2.3.2. Konstruksi Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang adalah gelagar yang dipasang arah memanjang jembatan, berfungsi sebagai tumpuan lantai kendaraan dan menyalurkan beban- beban yang diterimanya pada gelagar melintang.

1. Pembebanan pada gelagar memanjang :

a. Beban mati

➤ Lantai kendaraan

Untuk beban mati lantai kendaraan diambil pengaruh beban lantai yang membebani gelagar memanjang.

➤ Lantai trotoar

Untuk beban mati lantai trotoar diambil pengaruh beban lantai yang membebani gelagar memanjang.

b. Beban hidup

➤ Beban hidup "D"

Beban hidup "D" terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) yang dikalikan dengan nilai koefisien kejut.

- Beban truk “T”
- Beban hidup trotoar atau beban pejalan kaki

2. Perhitungan komposit pada gelagar memanjang

- a. Lebar efektif pelat beton (bE) untuk gelagar interior (plat menumpu pada kedua sisi)

$$bE \leq \frac{L}{4} \quad (2.23)$$

$$bE \leq b_o \quad (2.24)$$

$$bE \leq b_f + 16.t_s \quad (2.25)$$

Dimana :

bE = lebar efektif beton (cm)

L = panjang gelagar (cm)

B_o = jarak antar gelagar (cm)

B_f = lebar profil (cm)

T_s = tebal plat lantai (cm)

- b. Elastisitas

$$E_{beton} = 4700\sqrt{f'c} \quad (2.27)$$

$$E_{Baja} = 2100000 \text{ kg / cm}^2 = 210000 \text{ Mpa} \quad (2.28)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.29)$$

CG Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III,

1992 halaman: 582

- c. Kontrol kelangsingan profil :

Untuk tekuk flens

$$\lambda_f = \frac{B}{2 \cdot t_f} \quad (2.30)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.31)$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Untuk tekuk local badan balok

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \quad (2.32)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (2.33)$$

Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD.

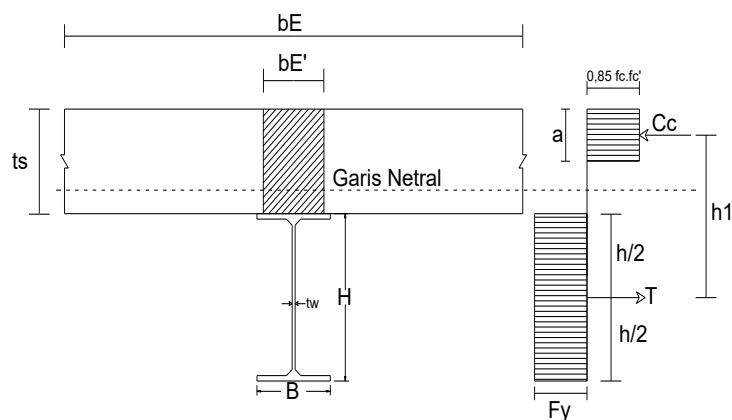
Penerbit Erlangga halaman 85

Dimana :

B = lebar profil baja (mm) t_f = Tebal flens (mm)

H = Tinggi profil baja (mm) t_w = Tebal web (mm)

f_y = mutu baja (Mpa) f_c = mutu beton (Mpa)



Gambar 2.13 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal

M_n

d. Kontrol kekuatan penampang

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} \quad (2.34)$$

$$Y_b = t + h - Y_a \quad (2.35)$$

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

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

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bE} \quad (2.36)$$

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

Tegangan tekan pada serat beton :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE \quad (2.37)$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$T = A_s \cdot f_y$$

(2.38)

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$M_n = C_c \cdot h_1 \quad (2.39)$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b . Mn \geq Mu \quad (2.40)$$

Dimana :

ϕ_b = factor resistensi untuk lentur (0,9)

M_n = Momen nominal (kgcm)

M_u = Momen ultimit (kgcm)

T = Tegangan tarik pada serat baja (N)

C_c = Tegangan tekan pada serat beton (N)

e. Kontrol kekuatan geser

$$V_n = 0,6 . f_y . A_w \quad (2.41)$$

RSNI T – 03 – 2005, halaman :40

Dimana :

V_n = kuat geser nominal plat badan (kg)

f_y = tegangan leleh (Mpa)

A_w = luas kotor plat badan (cm²)

f. Kontrol Lendutan

➤ Lendutan ada

$$f_{ada} = \frac{5 . Qu . L^4}{384 . E . I_x} + \frac{P . L^3}{48 . E . I_x} \quad (2.42)$$

(Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 48)

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi (cm) L = panjang gelagar

(cm)

q = beban mati (kg/cm) I_x = momen inersia

(cm⁴)

- Besarnya lendutan maksimum akibat beban mati dan beban hidup adalah :

$$\bar{f} = \frac{1}{240} . L \quad (2.43)$$

Laboratorium mekanika struktur, pusat penelitian antar universitas bidang ilmu rekayasa, institute teknologi bandung, 2000 halaman 15

g. Perhitungan shear konektor

- Perhitungan gaya geser horizontal (Vh)

$$C_{max} = 0,85 \times f'c \times b_E \times t_s \quad (2.44)$$

$$T_{max} = A_s \times f_y \quad (2.45)$$

Dimana :

C_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh beton (N)

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

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

f_y = tegangan leleh profil baja (Mpa)

A_c = luas bidang geser beton (cm)

A_s = luas bidang geser baja (cm)

Untuk menentukan nilai gaya geser horizontal (Vh) diambil nilai terkecil dari hasil perhitungan dua rumus diatas.

- Perhitungan kekuatan geser satu stud

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot E_c \cdot \sqrt{f'c \cdot E_c} \quad (2.46)$$

Dimana :

Q_n = kekuatan geser stud (N)

A_{sc} = luas satu stud (cm^2)

E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)

➤ Perhitungan jumlah stud

$$N_1 = \frac{V_h}{Q_n} \quad (2.47)$$

Dimana :

N = Jumlah stud

V_h = gaya geser horizontal (N)

Q_n = kekuatan geser satu stud (N)

Agus Setiawan. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.

Jilid 1, halaman 296

2.3.3. Konstruksi Gelagar Melintang

Gelagar melintang adalah konstruksi jembatan yang melintang dibawah lantai kendaraan. Beban yang bekerja gelagar melintang adalah :

a. Beban Mati

Terdiri dari berat lantai kendaraan, trotoar, berat profil gelagar memanjang dan berat sendiri profil gelagar memanjang.

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada gelagar melintang adalah :

➤ Beban hidup “D”

Beban hidup “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) yang dikalikan dengan nilai koefisien kejut.

- Beban truk “T”
- Beban hidup trotoar atau beban pejalan kaki

Untuk merencanakan kekuatan komposit pada gelagar melintang menggunakan rumus dan langkah – langkah yang sama dengan gelagar memanjang.

2.3.4. Gelagar Induk

Gelagar induk adalah gelagar yang di pasang di kedua sisi jembatan dan terletak kearah memanjang. Gelagar induk berfungsi untuk menerima semua pengaruh beban jembatan (beban mati dan beban hidup).

a. Beban mati

Untuk perhitungan beban mati pada gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angina dan pipa sandaran menggunakan software program bantu teknik sipil (STAAD Pro) dengan menggunakan perintah selfeigh.

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada gelagar induk adalah beban lajur “D” yang terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis (BGT) atau beban P

c. Gaya rem

Gaya rem bekerja pada gelagar induk. Besarnya gaya rem tergantung pada panjang bentangan dari jembatan yang direncanakan.

d. Gaya angin

Selain ketiga beban diatas, beban akibat gaya angin juga perlu diperhitungkan.

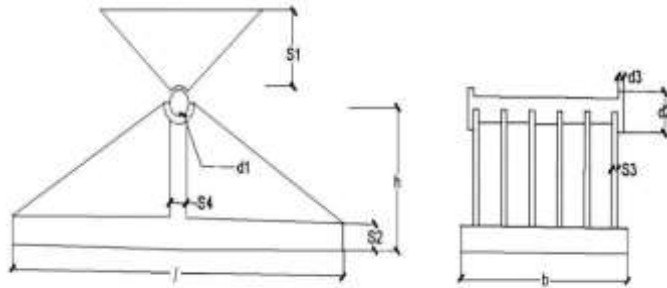
2.3.5. Ikatan Angin

Ikatan angin adalah salah satu sisi komponen jembatan yang fungsi utamanya memberikan kekuatan konstruksi dalam bidang horizontal. Ikatan angin dapat terletak diatas, ditengah atau dibawah. Ikatan angin yang terletak diatas disebut ikatan angin atas, yang terletak ditengah disebut ikatan angin tengah sedangkan yang terletak dibawah disebut ikatan angin bawah.

2.3.6. Konstruksi Perletakan / Landasan

Konstruksi perletakan harus mengalihkan gaya- gaya tegak dan mendatar yang bekerja pada jembatan kepada pangkal jembatan dan pondasi. Untuk mengatasinya kedua macam gaya tersebut dapat dipasang dua macam tumpuan yaitu tumpuan rol atau sendi.

a. Perletakan Sendi



Gambar 2.14. Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut:

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.48)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (2.49)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

F_y = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

- Selanjutnya untuk ukuran S_2 , S_3 , h dan W dapat direcanakan dengan melihat tabel Muller Breslaw, sebagai berikut :

Tabel 2.11 Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249

- Jumlah rusuk (a), maka S_2 dan S_3 dapat diambil dengan table diatas, dimana W adalah momen tahanan, perbandingan h/ S_2 hendaknya dipilih antara 3 dan 5, tebal S_4 biasanya diambil = $h/6$, dan $S_5 = h/4$

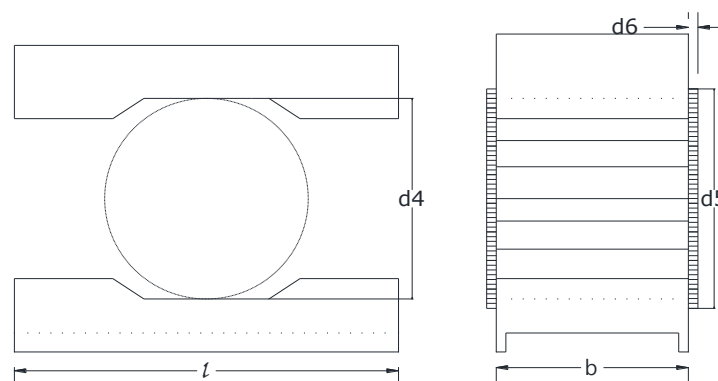
$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot f_y} \quad (2.50)$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_1 \quad (2.51)$$

$$= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot \ell}$$

b. Perletakan Rol



Gambar 2.15 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut

:

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.52)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.53)$$

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan (m)

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

Fy = Mutu baja st 52 = 240 Mpa = 2400 kg/cm²

Selanjutnya untuk ukuran d₃, d₄, dan d₅ dapat direncanakan dengan

menghitung :

- Jari- Jari garis tengah rol

$$r = \frac{1}{2} . d_4$$

$$= \frac{0,8.P}{\phi.fy.l} \quad (2.54)$$

➤ Diameter rol

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot \phi \cdot \sigma_y}$$

σ_y = tegangan tarik putus baja = 8500 kg/cm² (Baja A529)

➤ Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \quad (2.55)$$

➤ Tebal bibir rol

d_6 = diambil sebesar 2,5 cm

2.4. Teori Desain Srtuktur Baja

Sifat mekanis baja merupakan yang sangat penting dalam desain konstruksi. Sifat ini di peroleh dari uji tarik baja, uji melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersama ini dilakukan pembebanan dan panjangnya sehingga diperoleh tegangan dan regangannya.

Tabel 2.12. Sifat Mekanis Baja Struktural

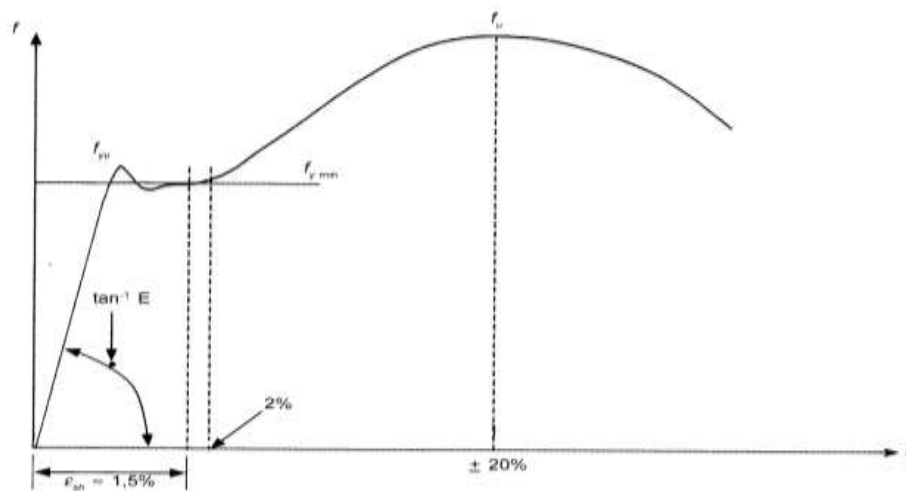
Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (Mpa)	Tegangan leleh Minimum, f_y (Mpa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

RSNI T – 03 – 2005, halaman 8

Tabel 2.13. Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan, ϕ
a. Lentur	0,90
b. Geser	0,90
c. Aksial tekan	0,85
d. Aksial tarik	
1. terhadap kuat tarik leleh	0,90
2. terhadap kuat tarik fraktur	0,75
e. Penghubung geser	0,75
f. Sambungan baut	0,75
g. Hubungan las	
1. Las tumpul penetrasi penuh	0,90
2. Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

RSNI T – 03 – 2005, halaman 10



Gambar 2.16. Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)

Hasil uji ini di tunjukan dalam diagram regangan dan tegangan. Titik f_{yu} (*Titik Limit Perporcional*) pada diagram hubungan linear antara tegangan dan regangan, apabila dilakukan pembebanan tidak melewati titik ini baja masih bersifat elastis artinya apabila beban dihilangkan maka baja masih dapat kembali keadaan semula, tetapi apa bila dibebankan terus sampai melampaui titik tersebut maka baja tidak bersifat elastis lagi melainkan bersifat plastis sehingga baja tidak dapat kembali ke keadaan sebelum pembebanan.

Berdasarkan grafik tersebut maka ada beberapa hal yang mendasari penulis menerapkan metode LRFD dalam penyelesaian skripsi yaitu :

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.
2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistenyaa akan memungkinkan pengubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.

3. Perubahan-perubahan dalam berbagai factor kelebihan beban dan factor resistensi lebih muda dilakukan ketimbang mengubah tegangan ijin dari ASD.
4. LRFD membuat desain dalam segala macam material lebih muda dipertautkan. Variabilitas beban-beban sebenarnya tidak berkaitan dengan material yang digunakan dalam desain.

2.5. Dasar Perencanaan Baja Menggunakan Metode LRFD

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. Di samping itu, harus ada kemampuan terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah (*under strength*).

Terjadinya penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan yang telah diperhitungkan.

Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.56)$$

CG salmon, JE Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku", Jilid I, halaman 28

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (faktor reduksi kekuatan)

R_n = kekuatan nominal komponen struktur (kg)

γ_i = Faktor beban

Q_i = Penjumlahan terkombinasi dari jenis-jenis beban yang berbeda (beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan lainnya) (kg)

Karena struktur jembatan ini secara umum terdiri dari gaya aksial untuk rangka dan gaya lentur untuk gelagar- gelagar lantai kendaraan, maka dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Batang Tarik

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD adalah :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.57)$$

Dimana :

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 199., halaman 95

ϕ_t = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik (0,90 untuk Tarik leleh dan 0,75 untuk tarik fraktur)

T_n = kekuatan nominal batang tarik (kg)

T_u = beban terfaktor pada batang tarik (kg)

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

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g \quad (2.58)$$

Atau pada retakan pada penampang bersih :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e = 0,75 \cdot F_u \cdot A_e \quad (2.59)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992, halaman 95

Dimana :

ϕ_t = Faktor reduksi kuat tarik leleh (0,9)

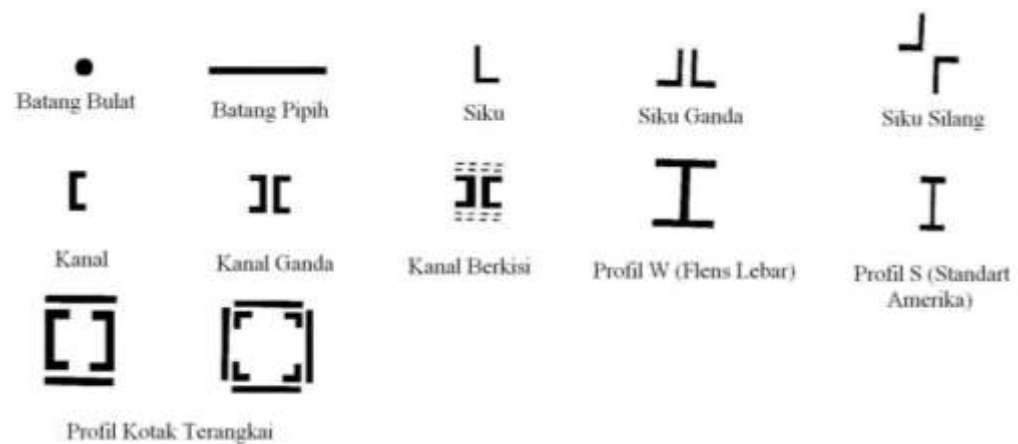
ϕ_t = Faktor reduksi kuat tarik fraktur (0,75)

A_g = Luas Penampang kotor

A_e = Luas penampang bersih

F_y = Tegangan leleh material

F_u = Tegangan tarik putus



Gambar 2.17. Penampang lintang batang- batang tarik

b. Batang Tekan

Persyaratan kekuatan dalam desain factor dan resistensi menurut LRFD adalah :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \quad (2.60)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 342

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi untuk batang tekan (0,85)

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.61)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 340

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c sebagai berikut :

✓ Untuk $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (2.62)$$

✓ Untuk $\lambda_c \geq 1,5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) f_y \quad (2.63)$$

Parameter kerampingan metode LRFD direncanakan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (2.64)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 338

Dimana :

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

K = factor panjang efektif

L = panjang batang (m)











$$r = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I}{Ag}} \quad (2.65)$$

$$r_y = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \quad (2.66)$$

$$r_x = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \quad (2.67)$$

I = momen inersia (cm⁴)

E = modulus elastisitas baja (Mpa)

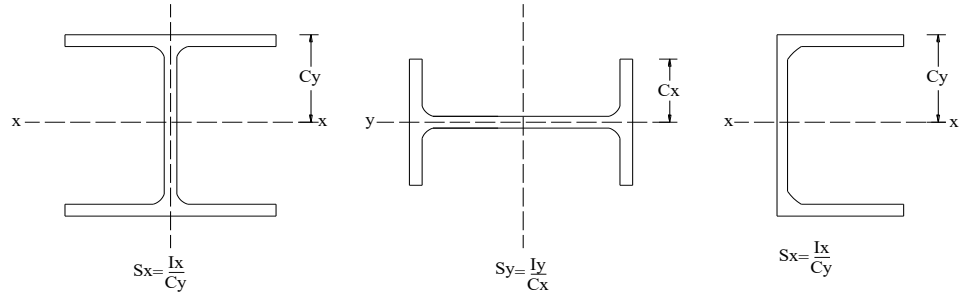
	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit	 = Rotasi bebas, translasi terjepit	 = Rotasi terjepit, translasi bebas	 = Rotasi bebas, translasi bebas		

Gambar 2.18 Faktor panjang efektif

c. Batang Lentur

Tegangan pada penampang yang umum dapat dihitung dengan rumus lentur sederhana bila beban-beban bekerja pada salah satu arah utama. Bila suatu penampang yang paling tidak memiliki satu sumbu simetri dan dibebani melalui pusat gesernya sehingga mengalami momen lentur

dalam arah sembarang, komponen M_{xx} dan M_{yy} pada arah utama dapat diperoleh.



Gambar 2.19 Penampang batang lentur

➤ Rumus untuk mendapatkan nilai tegangan lentur penampang

$$f = \frac{M_{xx}}{S_x} + \frac{M_{yy}}{S_y} \quad (2.68)$$

Karena $S_x = \frac{I_x}{C_y}$ dan $S_y = \frac{I_y}{C_x}$ maka

$$f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.69)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Prilaku, Jilid I, 1992, halaman 421

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

2.6. Perencanaan Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang di satukan dengan menggunakan bahan penyambung baik dengan baut maupun dengan menggunakan las. Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak dapat diabaikan, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan stuktur secara keseluruhan.

Adapun Syarat- syarat sambungan :

1. Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.
2. Ditempat yang mudah terlihat, seharusnya dibuat seindah mungkin.
3. Mudah dalam pelaksanaan pemasangan di lapangan.
4. Pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang beda- beda.

Pada perencanaan kedua tipe jembatan rangka ini sambungan direncanakan dengan menggunakan baut yang sama yaitu baut mutu tinggi (A490).

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.70)$$

*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992
halaman 131*

Dimana :

ϕ = faktor 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 (kg)

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung (kgcm)

Tabel 2.13. Gaya Tarik Minimum Baut

Diameter nominal baut (mm)	Gaya tarik minimum (kN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

(Sumber : RSNI T – 03 – 2005, halaman : 9)

2.6.1. Kekuatan Geser Desain Baut

Kekuatan geser yang disyaratkan sesuai dengan metode LRFD adalah sebagai berikut :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \quad (2.71)$$

Dimana :

ϕ = Faktor resistansi = 0,65

R_n = Kekuatan geser desain penyambung (kg)

F_u^b = Kekuatan tarik baut

A_b = Luas penampang baut

m = Banyaknya bidang geser yang terlibat

CG.Salmon J.E ,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, halaman 132

2.6.2. Kekuatan Tarik Desain Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.72)$$

Dimana :

ϕ = Faktor resistensi = 0,75

R_n = Kekuatan tarik desain penyambung (kg)

F_u^b = Kekuatan tarik baut

A_b = Luas penampang baut

CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 133

2.6.3. Kekuatan Tumpu Desain Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Untuk kondisi biasa (lubang standar atau lubang beralur pendek, jarak ujung tidak krang 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:

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.73)$$

CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 halaman 134

Dimana :

$\phi = 0,75$

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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.74)$$

Dimana : $\phi = 0,75$

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u) \quad (2.75)$$

Dimana :

$$\phi = 0,75$$

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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.76)$$

Dimana : $\phi = 0,75$

2.6.4. Perhitungan Jumlah Baut (n)

Untuk menghitung jumlah baut yang diperlukan dalam merencanakan sambungan dapat menggunakan rumus :

- Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} \quad (2.77)$$

Dimana :

n = jumlah baut

P_u = Beban terfaktor (kg)

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

2.6.5. Jarak Minimum dan Maksimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

- Jarak Minimum

Jarak antara pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari $2,5 \cdot d_f$

- Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi pelat atau sayap penampang giling harus sesuai spesifikasi berikut :

- ✓ Pemotongan tepi dengan geser atau tangan dan api ($1,75 \cdot d_f$)
- ✓ Pelat giling, pemotongan mesin dengan api, gergaji atau tepi diratakan

(1,50 d_f)

✓ Tepi hasil giling dari penampang giling (1,25 d_f),

Dimana d_f adalah diameter nominal baut (mm)

➤ Jarak maksimum

Jarak maksimum antara pusat pengencang harus nilai terkecil dari 15 t_p (di mana t_p adalah tebal pelat lapis tertipis didalam sambungan) atau 200 mm

➤ Jarak tepi maksimum

Jarak maksimum dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat dari bagian yang saling bersambungan harus sebesar 12 dikali tebal pelat lapis luar tertipis dalam hubungan, tetapi tidak boleh melebihi 150 mm.

Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD, jilid I, halaman 111)

2.6.6. Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.78)$$

C.G Salmon & John E. Johnson Struktur Baja Desain dan Prilaku I, halaman 135

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

Kontrol pelat simpul LRFD

Menghitung kekuatan nominal pelat :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \quad (2.79)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \quad (2.80)$$

Dimana :

0,90 = Faktor resistensi batang tarik pada keadaan batas leleh

0,75 = Faktor resistensi batang tarik pada keadaan batas retakan)

$$\text{diambil yang terkecil – menentukan : } \phi \cdot T_n \geq T_u \quad (2.81)$$

C.G. Salmon & John E. Johnson Struktur Baja Desain dan Prilaku I, halaman 95

Dimana :

ϕ = factor resistensi untuk jarak tepi baut = 0,75

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg/cm^2)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

A_e = luas efektif antara batang tarik (cm^2)

T_n = kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = kekuatan tarik Dari bahan pelat (kg/cm^2)

3.1 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir

3.2.1 Pembebanan

3.2.1.1 Pembebanan Plat Lantai Trotoir

A. Beban mati

- Beban Mati

- Bs. Plat beton $= 0,55 \times 1,0 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}$

- Tegel $= 0,03 \times 1,0 \times 2200 \times 1,3 = 85,8 \text{ kg/m}$

- Spesi $= 0,02 \times 1,0 \times 2000 \times 1,3 = 52 \text{ kg/m}$

- Berat air hujan $= \underline{0,05 \times 1,0 \times 1000 \times 1,2} = 60 \text{ kg/m} +$

$$qu_1 = 1913,8 \text{ kg/m}$$

B. Beban Hidup

- Beban Hidup Trotoir

Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar $q = 5$

$\text{kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$ faktor beban 2,0 (BMS bagian 2 halaman 2 - 32)

$$qu_2 = 500 \times 1 \times 2,0$$

$$= 1000 \text{ kg/m}$$

Maka $qu_{tr} = qu_1 + qu_2$

$$= 1913,8 + 1000 = 2913,8 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup pada KERB

Sepanjang bagian atas lantai trotoir harus diperhitungkan terhadap beban yang

bekerja secara horizontal sebesar $q = 15 \text{ kN/m} = 1500 \text{ kg/m}$ (BMS bagian 2

halaman 2 – 67)

$$P_u = 1,0 \times 1500 = 1500 \text{ kg}$$

$$q_{ut} = 983 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 20000 \text{ kg}$$

- Momen Primer

$$\begin{aligned} M_{AA'}^o &= -(P_{u1} \cdot 0,55) - \left(\frac{1}{8}\right) \cdot q_{ut} \cdot l^2 \\ &= -(1500 \cdot 0,55) - \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 2913,8 \cdot 1^2 \\ &= -1195 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{AB}^o &= \frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} + \frac{1}{12} \cdot q_{ut} \cdot l^2 \\ &= \frac{20000 \cdot 0,525 \cdot (0,875^2)}{1,4^2} + \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= 4250,523 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{BA}^o &= -\frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} - \frac{1}{12} \cdot q_{ut} \cdot l^2 \\ &= -\frac{20000 \cdot 0,875 \cdot (0,525^2)}{1,4^2} - \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= -2609,989 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{BC}^o &= \frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} + \frac{1}{12} \cdot q_{ut} \cdot l^2 \\ &= \frac{20000 \cdot 0,875 \cdot (0,525^2)}{1,4^2} + \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= 2609,898 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{CB}^o &= -\frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} - \frac{1}{12} \cdot q_{ut} \cdot l^2 \\ &= -\frac{20000 \cdot 0,525 \cdot (0,875^2)}{1,4^2} - \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= -4250,523 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M^{\circ}_{CD} &= \frac{1}{12} \cdot q_{ult} \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= 148,960 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$M^{\circ}_{DC} = -148,960 \text{ kgm}$$

$$M^{\circ}_{DE} = 4250,523 \text{ kgm}$$

$$M^{\circ}_{ED} = -2609,989 \text{ kgm}$$

$$M^{\circ}_{EF} = 2609,989 \text{ kgm}$$

$$M^{\circ}_{FE} = -4250,523 \text{ kgm}$$

$$M^{\circ}_{FF'} = 1195 \text{ kgm}$$

Tabel CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan I

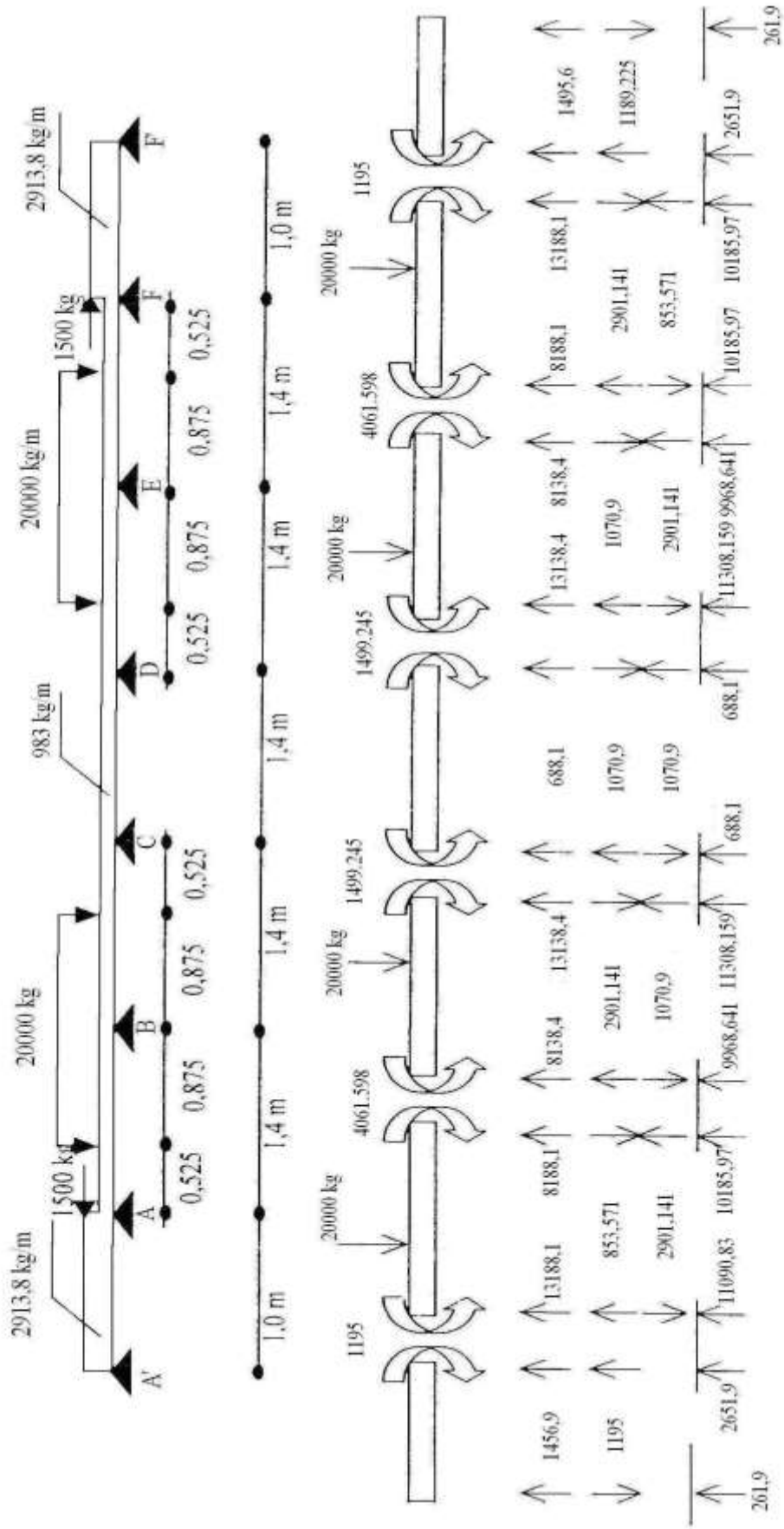
Titik Batang	A		B		C		D		E		F	
	AA'	AB	BA	BC	CB	CD	DC	DE	ED	EF	FE	FF'
A.D		1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	
MP	-1,195.000	4,250.523	-2,609.898	2,609.898	-4,250.523	148.960	-148.960	4,250.523	-2,609.898	2,609.898	-4,250.523	1,195.000
		-3055.523	-1527.762									
		381.940	763.881	763.881	381.940							
				929.906	1859.811	1859.811	929.906					
						-1257.867	-2515.734	-2515.734	-1257.867			
								314.467	628.934	628.934	314.467	
										1370.528	2741.056	
		-381.940	-190.970									
		-184.734	-369.468	-369.468	-184.734							
				360.650	721.301	721.301	360.650					
						-168.779	-337.559	-337.559	-168.779			
								-300.437	-600.874	-600.874	-300.437	
									150.219	300.437		
	184.734	92.367										
	-113.254	-226.509	-226.509	-113.254								
			70.508	141.017	141.017	70.508						

				57.482	114.964	114.964	57.482		
						-51.925	-103.850	-103.850	-51.925
								25.963	51.925
113.254	56.627								
-31.784	-63.568	-63.568	-31.784						
		-6.425	-12.849	-12.849	-6.425				
				14.587	29.175	29.175	14.587		
						-10.138	-20.275	-20.275	-10.138
31.784	15.892							5.069	10.138
-2.367	-4.734	-4.734	-2.367						
		-3.055	-6.110	-6.110	-3.055				
				3.298	6.596	6.596	3.298		
						-2.092	-4.183	-4.183	-2.092
2.367	1.183							1.046	2.092
0.468	0.936	0.936	0.468						
		-0.942	-1.883	-1.883	-0.942				
				0.758	1.517	1.517	0.758		
						-0.451	-0.902	-0.902	-0.451

								0.226	0.451
-0.468	-0.234								
0.294	0.588	0.588	0.294						
		-0.263	-0.526	-0.526	-0.263				
				0.179	0.357	0.357	0.179		
						-0.101	-0.202	-0.202	-0.101
-0.294	-0.147							0.051	0.101
0.102	0.205	0.205	0.102						
		-0.070	-0.141	-0.141	-0.070				
				0.043	0.086	0.086	0.043		
						-0.023	-0.047	-0.047	-0.023
-0.102	-0.051							0.012	0.023
0.030	0.061	0.061	0.030						
		-0.018	-0.037	-0.037	-0.018				
				0.010	0.021	0.021	0.010		
						-0.006	-0.011	-0.011	-0.006
-0.030	-0.015							0.003	0.006

		0.008	0.017	0.017	0.008							
				-0.005	-0.009	-0.009	-0.005					
						0.003	0.005	0.005	0.003			
								-0.001	-0.003	-0.003	-0.001	
		-0.008	-0.004							0.001	0.001	
		0.002	0.004	0.004	0.002							
				-0.001	-0.002	-0.002	-0.001					
						0.001	0.001	0.001	0.001			
		-0.002	-0.001					0.000	-0.001	-0.001	0.000	
		0.001	0.001	0.001	0.001					0.000	0.000	
				0.000	-0.001	-0.001	0.000					
						0.000	0.000	0.000	0.000			
								0.000	0.000	0.000	0.000	
										0.000	0.000	
	-1195.000	1195.001	-4061.598	4061.598	-1499.245	1499.245	-1499.245	1499.245	-4061.598	4061.598	-1195.000	1195.000

Gambar 3.4 Free Body Diagram Kondisi Pembebanan I



- Momen Lapangan

$$M_{AA'} = 261,9 \times (0,5) - \frac{1}{2} \times 2913,8 \times (1,0)^2$$

$$= -1314,200 \text{ kgm}$$

$$M_{AB} = 11090,83 \times (0,525) - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,525)^2 - 1195$$

$$= 4614,262 \text{ kgm}$$

$$M_{BC} = 9968,641 \times (0,875) - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,875)^2 - 4061,598$$

$$= 4284,658 \text{ kgm}$$

$$M_{CD} = 688,1 \times (0,7) - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,7)^2 - 1499,245$$

$$= -1293,2 \text{ kgm}$$

$$M_{DE} = 11308,159 \times (0,525) - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,525)^2 - 1499,245$$

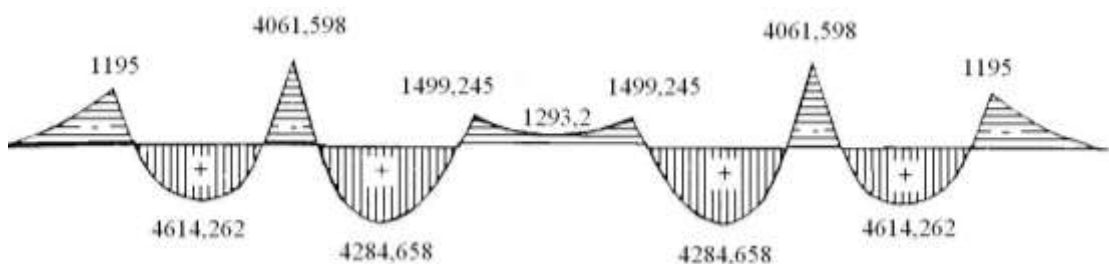
$$= 4284,658 \text{ kgm}$$

$$M_{EF} = 10185,97 \times (0,875) - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,875)^2 - 4061,598$$

$$= 4614,262 \text{ kgm}$$

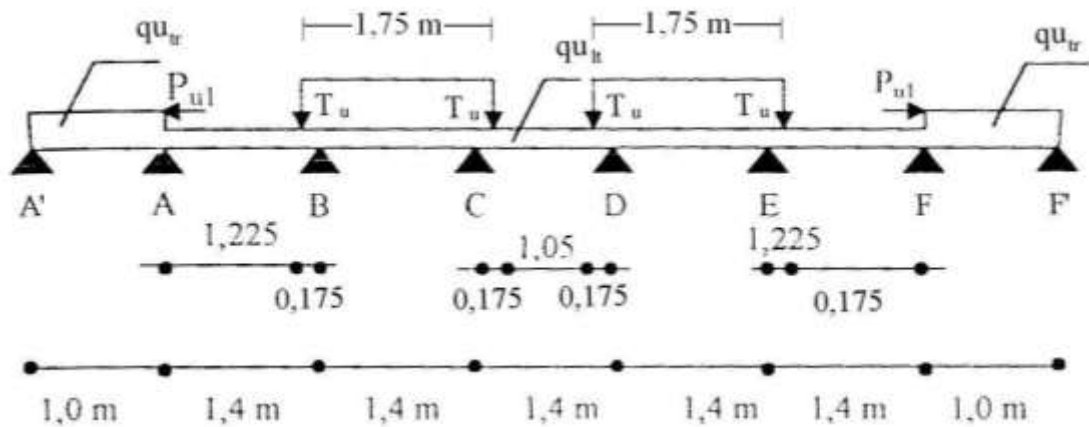
$$M_{FF'} = -261,9 \times (0,5) + \frac{1}{2} \times 2913,8 \times (1,0)^2$$

$$= 1314,200 \text{ kgm}$$



Gambar 3.5 Bidang Momen Kondisi Pembebanan I

❖ Kondisi pembebanan II



Gambar 3.6 Kondisi Pembebanan II

Dimana :

$$P_u = 1500 \text{ kg}$$

$$q_{u_{tr}} = 2913,8 \text{ kg/m}$$

$$q_{u_{lt}} = 983 \text{ kg/m}$$

$$T_u = 20000 \text{ kg}$$

• Momen Primer

$$\begin{aligned} M_{AA'}^o &= -(P_{u1} \cdot 0,55) - \left(\frac{1}{8}\right) \cdot q_{u_{tr}} \cdot l^2 \\ &= -(1500 \cdot 0,55) - \left(\frac{1}{8}\right) \cdot 2913,8 \cdot 1^2 \\ &= -1195 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{AB}^o &= \frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} + \frac{1}{12} \cdot q_{u_{lt}} \cdot l^2 \\ &= \frac{20000 \cdot 1,225 \cdot (0,175^2)}{1,4^2} + \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2 \\ &= 531,773 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{BA}^o = -\frac{T_u \cdot a \cdot b^2}{l^2} - \frac{1}{12} \cdot q_{u_{lt}} \cdot l^2$$

$$= -\frac{20000 \cdot 0,175 \cdot (1,225^2)}{1,4^2} - \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2$$

$$= -2828,648 \text{ kgm}$$

$$M_{BC}^o = \frac{1}{12} \cdot q_{ult} \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2$$

$$= 148,960 \text{ kgm}$$

$$M_{CB}^o = -\frac{1}{12} \cdot q_{ult} \cdot l^2$$

$$= -\frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2$$

$$= -148,960 \text{ kgm}$$

$$M_{CD}^o = \frac{Tu \cdot a \cdot b^2}{l^2} + \frac{Tu \cdot a \cdot b^2}{l^2} + \frac{1}{12} \cdot q_{ult} \cdot l^2$$

$$= \frac{20000 \cdot 0,175 \cdot (1,225^2)}{1,4^2} + \frac{20000 \cdot 1,225 \cdot (0,175^2)}{1,4^2} + \frac{1}{12} \cdot 983 \cdot 1,4^2$$

$$= 3211,460 \text{ kgm}$$

$$M_{CD}^o = -3211,460 \text{ kgm}$$

$$M_{DE}^o = 148,960 \text{ kgm}$$

$$M_{ED}^o = -148,960 \text{ kgm}$$

$$M_{EF}^o = 2828,648 \text{ kgm}$$

$$M_{FE}^o = -531,773 \text{ kgm}$$

$$M_{FF'}^o = 1195 \text{ kgm}$$

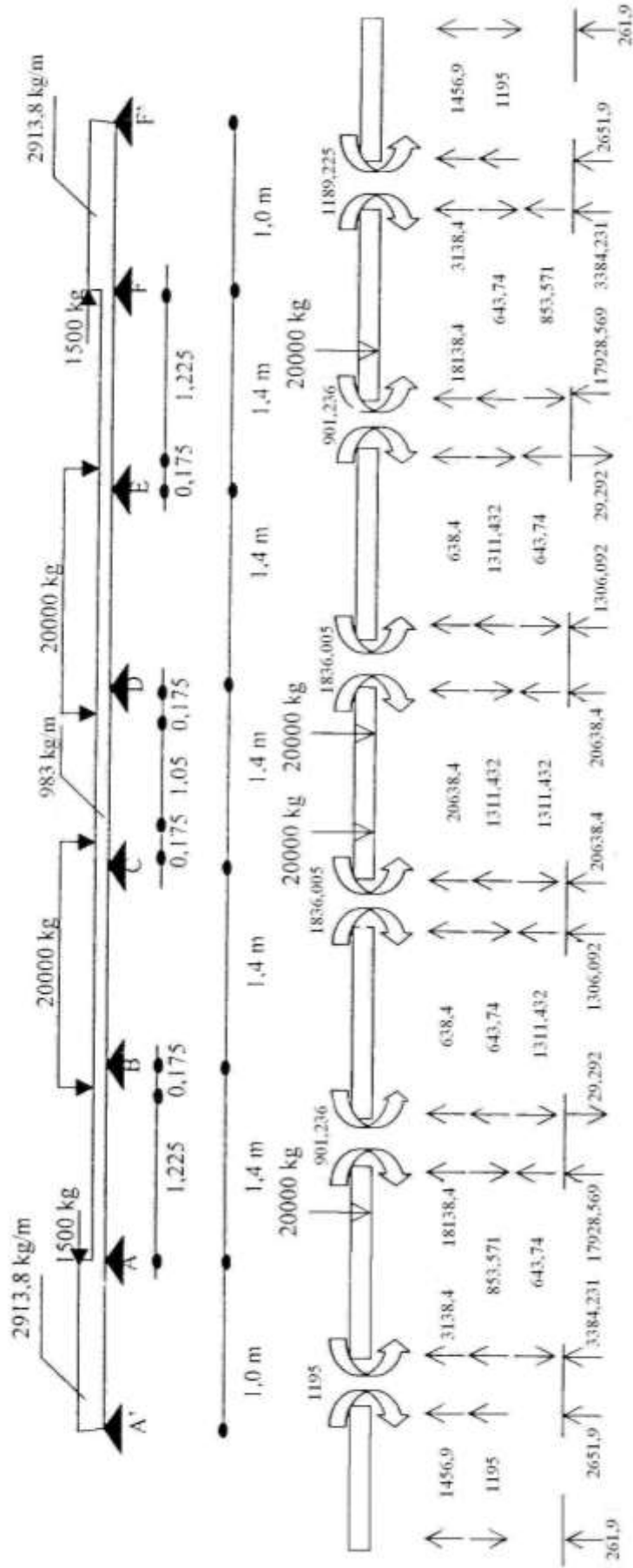
Tabel CROSS Perhitungan Momen Kondisi Pembebanan II

Titik	A		B		C		D		E		F	
	AA'	AB	BA	BC	CB	CD	DC	DE	ED	EF	FE	FF'
A.D		1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	
MP	-1,195.000	531.773	-2,828.648	148.960	-148.960	3,211.460	-3,211.460	148.960	-148.960	2,828.648	-531.773	1,195.000
		663.227	331.614									
		587.019	1174.037	1174.037	587.019							
				-912.380	-1824.759	-1824.759	-912.380					
						993.720	1987.440	1987.440	993.720			
								-918.352	-1836.704	-1836.704	-918.352	
										127.562	255.125	
		-587.019	-293.509									
		301.472	602.944	602.944	301.472							
				-323.798	-647.596	-647.596	-323.798					
						310.538	621.075	621.075	310.538			
								-109.525	-219.050	-219.050	-109.525	
										54.762	109.525	
		-301.472	-150.736									
		118.634	237.267	237.267	118.634							
				-107.293	-214.586	-214.586	-107.293					

				54.204	108.409	108.409	54.204		
						-27.242	-54.483	-54.483	-27.242
								13.621	27.242
-118.634	-59.317								
41.652	83.305	83.305	41.652						
		-23.964	-47.928	-47.928	-23.964				
				12.801	25.603	25.603	12.801		
						-6.606	-13.211	-13.211	-6.606
								3.303	6.606
-41.652	-20.826								
11.198	22.395	22.395	11.198						
		-6.000	-12.000	-12.000	-6.000				
				3.151	6.303	6.303	3.151		
						-1.614	-3.227	-3.227	-1.614
								0.807	1.614
-11.198	-5.599								
2.900	5.799	5.799	2.900						
		-1.513	-3.025	-3.025	-1.513				
				0.782	1.563	1.563	0.782		
						-0.397	-0.794	-0.794	-0.397

		0.012	0.024	0.024	0.012							
				-0.006	-0.012	-0.012	-0.006					
						0.003	0.006	0.006	0.003			
								-0.002	-0.003	-0.003	-0.002	
		-0.012	-0.006							0.001	0.002	
		0.003	0.006	0.006	0.003							
				-0.002	-0.003	-0.003	-0.002					
						0.001	0.002	0.002	0.001			
		-0.003	-0.001					0.000	-0.001	-0.001	0.000	
		0.001	0.001	0.001	0.001					0.000	0.000	
				0.000	-0.001	-0.001	0.000					
						0.000	0.000	0.000	0.000			
								0.000	0.000	0.000	0.000	
										0.000	0.000	
	-1195.000	1195.001	-901.236	901.236	-1836.005	1836.005	-1836.005	1836.005	-901.236	901.236	-1195.000	1195.000

Gambar 3.7 Free Body Kondisi Pembebanan II



- Momen Lapangan

$$M_{AA'} = 261,9 \times (0,5) - \frac{1}{2} \times 2913,8 \times (1,0)^2$$

$$= -1314,200 \text{ kgm}$$

$$M_{AB} = 3384,231 \times 1,125 - \frac{1}{2} \times 983 \times (1,225)^2 - 1195$$

$$= 2213,126 \text{ kgm}$$

$$M_{BC} = -29,292 \times 0,7 - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,7)^2 - 901,236$$

$$= -1162,575 \text{ kgm}$$

$$M_{CD} = 20638,4 \times 0,7 - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,7)^2 - 20000 \times 0,525 - 1836,005$$

$$= 1870,04 \text{ kgm}$$

$$M_{DE} = 1306,082 \times 0,7 - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,7)^2 - 1836,005$$

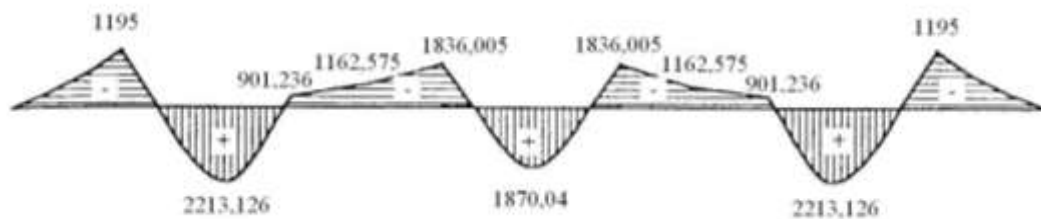
$$= -1162,575 \text{ kgm}$$

$$M_{EF} = 17928,569 \times 0,175 - \frac{1}{2} \times 983 \times (0,175)^2 - 901,236$$

$$= 2213,126 \text{ kgm}$$

$$M_{FF'} = -261,9 \times 0,5 + \frac{1}{2} \times 2913,8 \times (1,0)^2$$

$$= 1314,200 \text{ kgm}$$



Gambar 3.8 Bidang Momen Kondisi Pembebanan II

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Momen

No	Tumpuan	Lapangan	Pembebanan	Pembebanan
			Kondisi I (kgm)	Kondisi II (kgm)
1	A		1195	1195
2	B		4061,598*	901,236
3	C		1499,245	1836,005
4	D		1499,245	1836,005
5	E		4061,598*	901,236
6	F		1195	1195
7		AA'	-1314,200	-1314,200
8		AB	4614,262*	2213,126
9		BC	4284,658	-1162,575
10		CD	-1293,200	1870,040
11		DE	4284,658	-1162,575
12		EF	4614,262*	2213,126
13		FF'	1314,200	1314,200

3.3 Perhitungan Penulangan Plat

3.3.1 Perhitungan Penulangan Plat Tumpuan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I dan II didapatkan :

$$M_{\max} \text{ Tumpuan (B)} = 4061,598 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $D = 16 \text{ mm}$

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

$$d = 250 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 197 \text{ mm}$$

$$M_u = 4061,598 \text{ kgm}$$

Momen nominal (M_n) :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{4061,598}{0,8} \\ &= 5077 \text{ kgm} \\ &= 50770000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{50770000}{1000 \cdot 197^2} = 1,308 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{260}{0,85 \cdot 30} = 10,196 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f'c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] \\ &= 0,85\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{260} \left(\frac{600}{600 + 260} \right) \\ &= 0,0582\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0582 \\ &= 0,04365\end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{260} = 0,0054\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio tulangan tarik yang memberikan kondisi regangan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,196} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,308 \cdot 10,196}{260}} \right) \\ &= 0,0052\end{aligned}$$

Karena $\rho_{perlu} \leq \rho_{min}$, maka dipakai $\rho = 0,0054$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{S\text{perlu}}$) :

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0054 \cdot 1000 \cdot 197 = 1063,8 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{S\text{perlu}}}{A_{s.\phi 16}} = \frac{1063,8}{201,06} = 5,29 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{6} = 166,67 \quad \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 150$

$$A_{S\text{ada}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1206,37 \text{ mm}^2 > A_S \text{ perlu} = 1063,8 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$A_{S\text{bagi}} = 20\% \cdot A_{S\text{perlu}}$$

$$= 20\% \cdot 1063,8 = 212,76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \phi 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{S\text{perlu}}}{A_{s.\phi 10}} = \frac{212,76}{78,5} = 2,710 \quad \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{S\text{ada}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$

3.3.2 Perhitungan Penulangan Plat Lapangan

Dari hasil perhitungan berdasarkan pembebanan kondisi I dan II didapatkan :

$$M_{\text{max}} \text{ Lapangan (AB)} \quad = 4614,262 \text{ kgm}$$

Digunakan diameter tulangan, $D = 16 \text{ mm } (\phi 16)$

Selimut beton $= 50 \text{ mm}$

$h = 250 \text{ mm}$

$d = 250 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 197 \text{ mm}$

$M_u = 4614,262 \text{ kgm}$

$= 46142620 \text{ Nmm}$

Momen nominal (M_n) :

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{46142620}{0,8} = 57678275 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Koefisien tahanan (R_n) :

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d} \\ &= \frac{57678275}{1000 \cdot 192^2} = 1,486 \end{aligned}$$

Perbandingan tegangan (m) :

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{260}{0,85 \cdot 30} = 10,196 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - [0,008 \cdot (f_c - 30)] \\ &= 0,85 - [0,008 \cdot (30 - 30)] = 0,85 \end{aligned}$$

Rasio penulangan keseimbangan / rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang (ρ_b) :

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,85 \cdot \frac{30}{260} \left(\frac{600}{600 + 260} \right) \\ &= 0,0582\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0582 \\ &= 0,04365\end{aligned}$$

Batasan rasio penulangan minimum (ρ_{\min}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{260} = 0,0054\end{aligned}$$

Rasio Penulangan Perlu / rasio penulangan tarik yang diperlukan pada suatu penampang pelat (ρ_{perlu}) :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,196} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,486 \cdot 10,196}{260}} \right) \\ &= 0,00589\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho = 0,00589$

Luas penampang tulangan tarik yang dibutuhkan ($A_{S_{\text{perlu}}}$) :

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00589 \cdot 1000 \cdot 197 = 1160,33 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_s \phi 16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{s.\phi 16}} = \frac{1160,33}{201,06} = 5,77 \quad \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{6} = 166,67 \quad \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan $\phi 16 - 150$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 1206,37 \text{ mm}^2$$

Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 20\% \cdot 1160,33 = 232,066 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

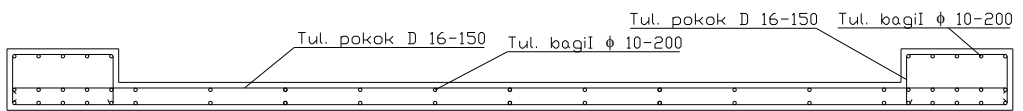
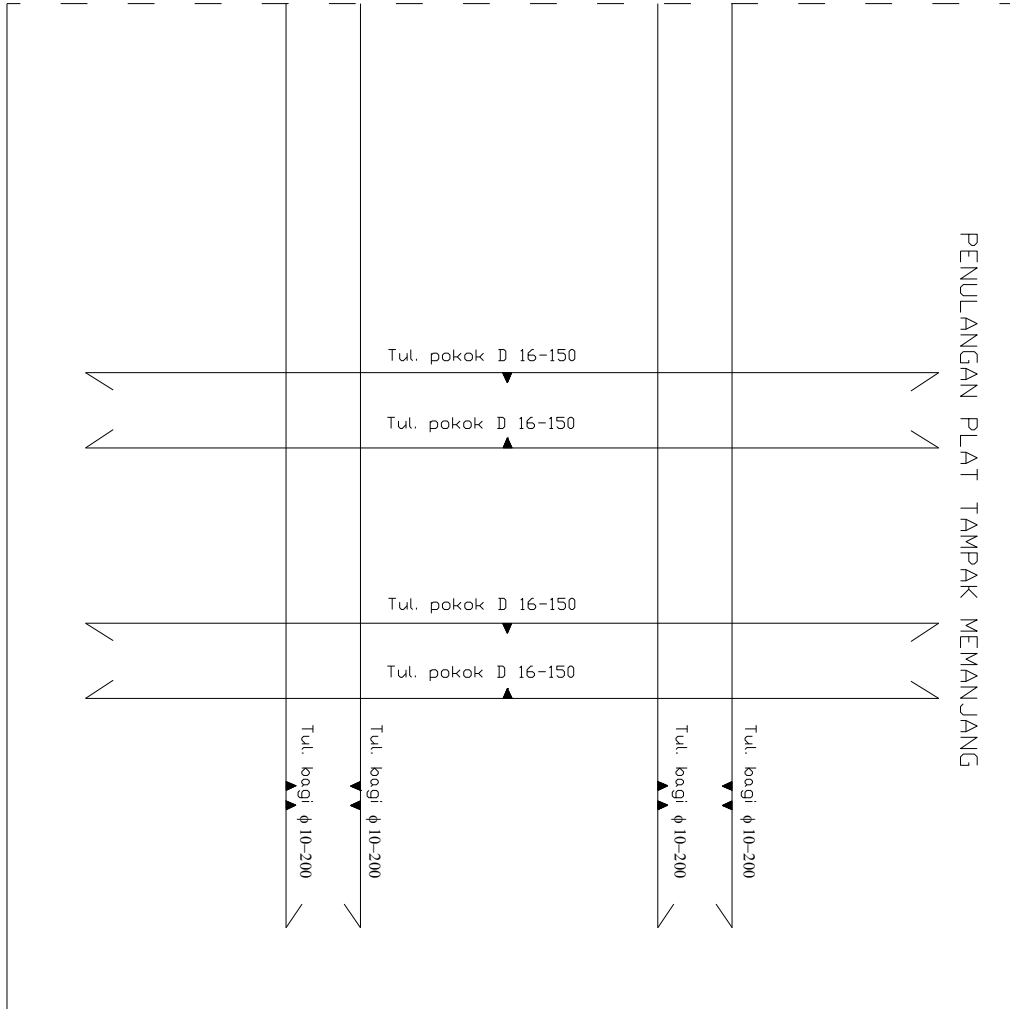
$$A_{s \phi 10} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} \quad n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{s.\phi 10}} = \frac{232,066}{78,5} = 2,956 \quad \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} \quad s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{3} = 333,33 \quad \approx 200 \text{ mm}$$

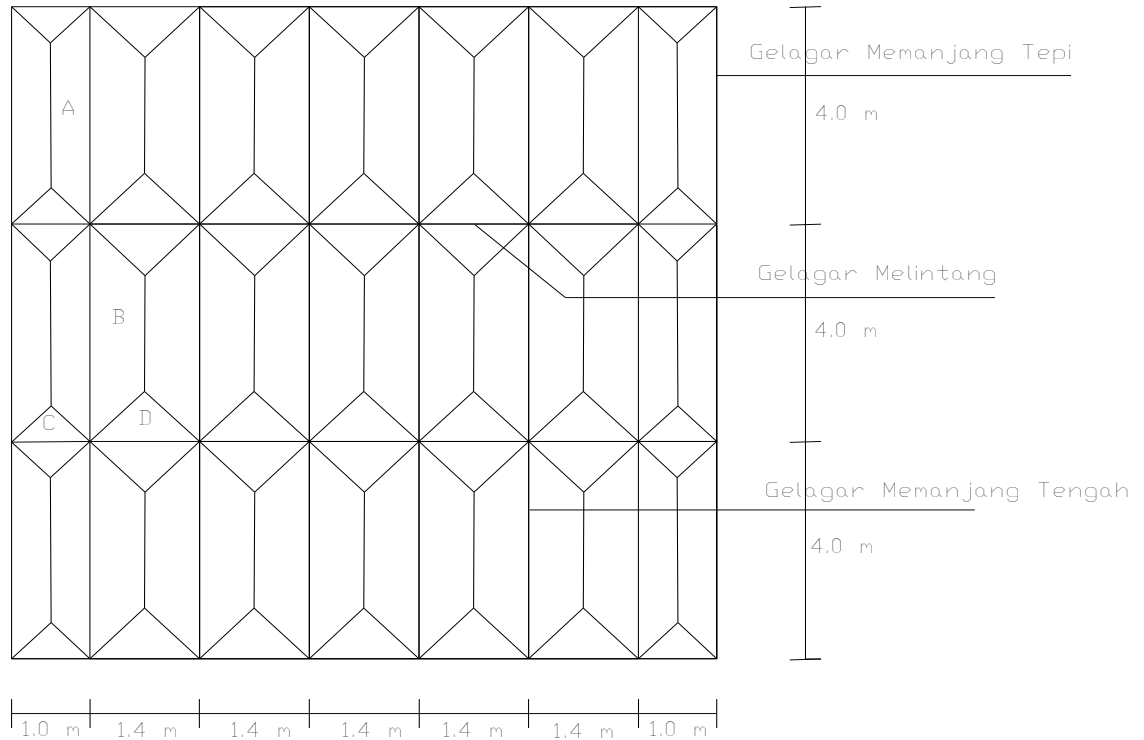
Maka dipakai tulangan $\phi 10 - 200 \text{ mm}$

$$A_{s_{\text{ada}}} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 235,62 \text{ mm}^2$$



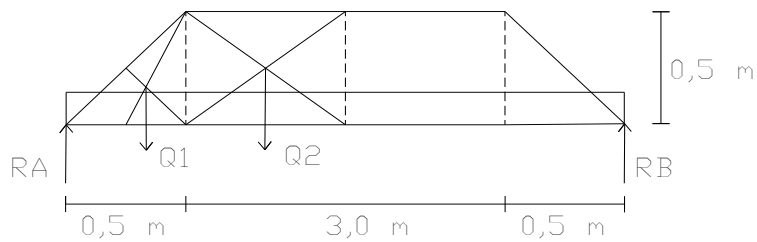
PENULANGAN PLAT TAMPAK MELINTANG

3.4 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 3.9 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoir

1. Perataan Beban Tipe A



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,125$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 0,5 = 0,75$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,125 + 0,75 = 0,875$$

$$M_1 = (R_A \times 2) - [(Q_1 \times ((1/3) \times 0,5 + \frac{1}{2} \times 3,0)) + (Q_2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 3,0)]$$

$$= (0,875 \times 2) - [(0,125 \times (0,167 + 1,5)) + (0,75 \times 0,75)]$$

$$= 0,979$$

$$M_{II} = 1/8 \cdot h \cdot l^2$$

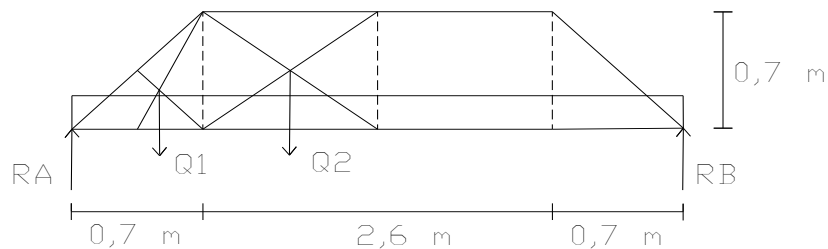
$$= 1/8 \cdot h \cdot 4^2 = 2 h$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,979 = 2 h$$

$$h = 0,489$$

2. Perataan Beban Tipe B



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,245$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 2,6 \cdot 0,7 = 0,91$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,245 + 0,91 = 1,155$$

$$M_1 = (R_A \times 2) - [(Q_1 \times ((1/3) \times 0,7 + \frac{1}{2} \times 2,6)) + (Q_2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2,6)]$$

$$= (1,155 \times 2) - [(0,245 \times (0,233 + 1,6)) + (0,91 \times 0,65)]$$

$$= 1,269$$

$$M_{II} = 1/8 \cdot h \cdot l^2$$

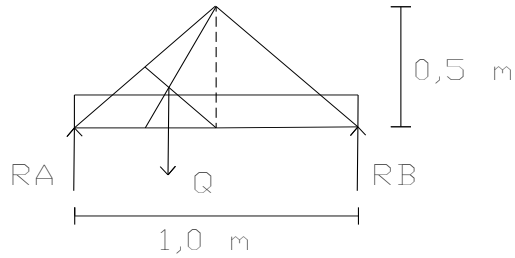
$$= 1/8 \cdot h \cdot 4^2 = 2 h$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$1,269 = 2 h$$

$$h = 0,635$$

3. Perataan Beban Tipe C



$$Q = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,125$$

$$R_A = R_B = 0,125$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,0) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,0) \\ &= (0,125 \cdot 0,5) - (0,125 \cdot 0,167) \\ &= 0,042 \end{aligned}$$

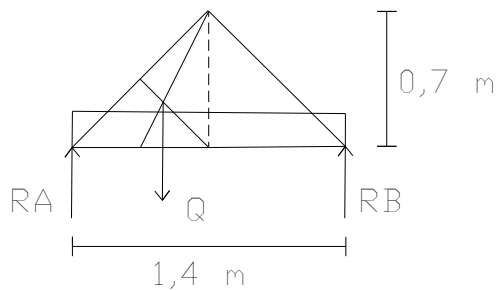
$$\begin{aligned} M_{II} &= \frac{1}{2} \cdot h \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot h \cdot 1,0^2 = 0,5 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,042 = 0,5 h$$

$$h = 0,084$$

4. Perataan Beban Tipe D



$$Q = \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 0,245$$

$$R_A = R_B = 0,245$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= (R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,4) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,4) \\
 &= (0,245 \cdot 0,7) - (0,245 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,7) \\
 &= 0,114
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{II} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 1,4^2 = 0,245 h
 \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,114 = 0,245 h$$

$$h = 0,465$$

3.5 Perencanaan Gelagar memanjang

- Jarak gelagar memanjang = 1,4 m
- Jarak gelagar melintang = 4,0 m

3.5.1 Perhitungan pembebanan

a. Beban Mati

- Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat trotoir})$$

$$q_u = (0,489 \times 1913,8)$$

$$q_u = 938,831 \text{ kg/m}$$

- Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)

$$q_u = (\text{peretaan beban tipe B} \times q \text{ plat lantai kendaraan})$$

$$q_u = (2 \times 0,635 \times 983)$$

$$q_u = 1248,410 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup "D"

Secara umum beban D akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lajur kendaraan sebesar 2,75 m. (Buku BMS Bag 2, 1992 : 2-21)

$$L = 60 \text{ m} \rightarrow L \geq 30 \text{ m (Buku BMS Bag 2, 1992 : 2-22)}$$

$$q = 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6 \text{ kPa} = 600 \text{ kg/m}^2$$

- Muatan terbagi rata ; factor beban 2,0

$$q = 600 \text{ kg/m}^2$$

- Akibat beban garis P = 44 kN/m = 4400kg/m ; factor beban 2,0

(Buku BMS Bag 2, 1992 : 2-22)

$$P_u = 4400 \times 2$$

$$= 8800 \text{ kg/m}$$

- Faktor beban dinamis / koefisien kejut

Dari gambar 2.8 hal. 2-29 buku BMS, untuk bentang 4 m didapat nilai

$$DLA = 40\% = 0,40$$

$$k = 1 + DLA$$

$$= 1 + 0,40 = 1,40$$

Perbandingan beban hidup gelagar :

- 1) Gelagar tepi

$$q_u = (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{factor beban})$$

$$= (500 \times 0,489 \times 2,0) = 489 \text{ kg/m}$$

- 2) Gelagar tengah

$$q_u = \left(\frac{600}{2,75} \right) \times (2 \times \text{perataan tipe B}) \times 2$$

$$= \left(\frac{600}{2,75} \right) \times (2 \times 0,635) \times 2$$

$$= 905,164 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left(\frac{8800}{2,75} \right) \times \frac{1}{2} \times (1,4 + 1,4) \times k$$

$$= 4480 \times 1,40$$

$$= 6272 \text{ kg}$$

3.5.2 Perhitungan Statika

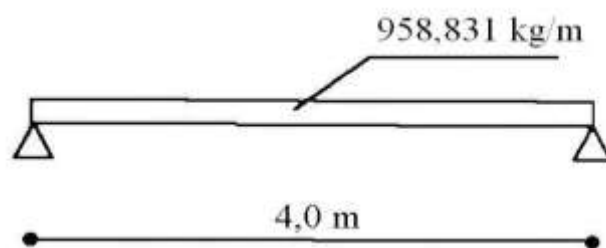
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

a. Gelagar tepi

▪ Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat rantai kendaraan untuk gelagar tepi

$$= 958,831 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 958,831 \cdot 4,0$$

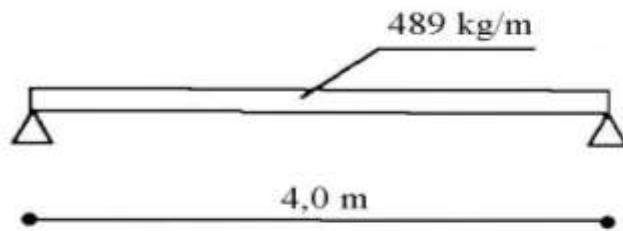
$$= 1917,662 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 958,831 \cdot 4^2$$

$$= 1917,662 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 489 \cdot 4,0$$

$$= 978 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 489 \cdot 4^2$$

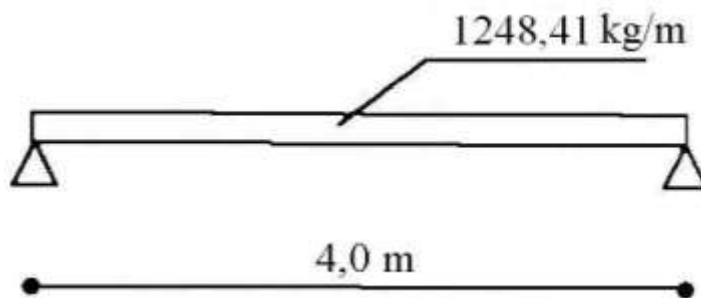
$$= 978 \text{ kgm}$$

- Gelagar tengah

- Akibat beban mati

q_u = beban mati akibat berat rantai kendaraan untuk gelagar tengah

$$= 1248,41 \text{ kg/m}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 1248,410 \cdot 4,0$$

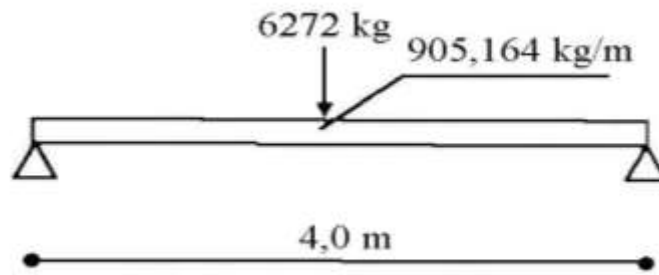
$$= 2496,820 \text{ kg}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 1248,410 \cdot 4^2$$

$$= 2496,820 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot [(905,164 \cdot 4,0) + 6272]$$

$$= 4946,328 \text{ kg}$$

$$M_u = \left(\frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot P_u \cdot l\right)$$

$$= \left(\frac{1}{8} \cdot 905,164 \cdot 4^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot 6272 \cdot 4\right)$$

$$= 8082,292 \text{ kgm}$$

Momen total :

a. Untuk gelagar tepi, $M_{uI} = 1917,662 + 978$

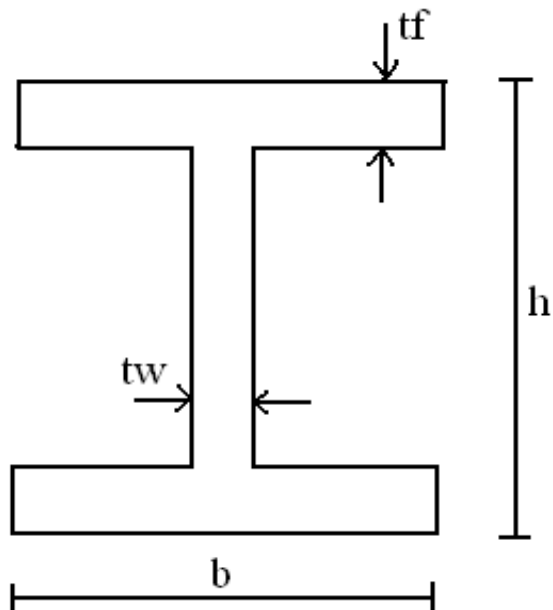
$$= 2895,662 \text{ kgm}$$

b. Untuk gelagar tengah, $M_{uII} = 2496,820 + 8082,292$

$$= 10579,122 \text{ kgm}$$

3.5.3 Perencanaan dimensi gelagar memanjang

Dipilih profil WF 300x300x10x15



$$G = 94 \text{ kg/m}$$

$$A = 119,8 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 20400 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 6750 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 13,1 \text{ cm}$$

$$r_y = 7,51 \text{ cm}$$

$$r = 1,8 \text{ cm}$$

$$S_x = 1360 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 450 \text{ cm}^3$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

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

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

(Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 272)

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2 \cdot \text{faktor beban}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 94 \cdot 4^2 \cdot 1,1$$

$$= 206,8 \text{ kgm}$$

$$Mu \text{ total} = 206,8 + 10579,122$$

$$= 10784,912 \text{ kgm}$$

$$= 1078491,2 \text{ kgcm}$$

Syarat Pemilihan Profil

$\phi M_n \geq Mu$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425)

Dimana :

ϕ = faktor resistensi = 0,9 untuk balok lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$$\phi M_n = \phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times S_x \times f_y$$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

f_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times 1360 \times 3600$$

$$= 4935168 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq Mu$$

$$4935168 \text{ kgcm} \geq 1078491,2 \text{ kgcm} \dots\dots\text{OK!!!}$$

▪ Kontrol Pelat Badan

$$6,36 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 6,36 \sqrt{\frac{21000}{360}}$$
$$= 153,61$$

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{10} = 30$$

$$\frac{h}{tw} < 6,36 \sqrt{\frac{E}{fy}} \Rightarrow \text{tidak perlu pengaku}$$

▪ Kontrol Geser

$$Vu \text{ gelagar tengah} = 2496,820 + 4946,32 + \frac{1}{2} \cdot 94 \cdot 4,0 \cdot 1,1 = 7701,648 \text{ kg}$$

$$kn = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (\text{karena tidak ada pengaku kn diasumsikan} = 5)$$

$$1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \cdot 210000}{360}} = 59,41$$

$$\frac{h}{tw} < 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}}$$

$$30 < 59,41 \dots\dots\text{OK!!!}$$

$$Vn = 0,6 \times fy \times Aw$$
$$= 0,6 \times 3600 \times ((30 - 2 \cdot 1,5) \times 1,0)$$
$$= 58320 \text{ kg}$$

$$Vu = 7701,648 \text{ kg}$$

$$Vu < \phi Vn$$

$$7701,648 \text{ kg} < 0,9 \cdot 58320 \text{ kg}$$

$$7701,648 \text{ kg} < 52488 \text{ kg} \dots\dots\text{OK!!!}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 4,0 \text{ m} = 400 \text{ cm}) \quad (\text{SNI-03-1729-2002})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 400$$

$$= 1,667 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit$$

Nova, hal 68)

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(12,4841 + 9,05164 + 0,94) \cdot 400^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 20400} + \frac{6272 \cdot 400^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 20400}$$

$$= 0,111 + 0,195$$

$$= 0,306 \text{ cm} < 1,667 \text{ cm}$$

1.5.4 Perhitungan Shear Connector

✓ Perhitungan b_{eff}

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$b_{eff} < \frac{1}{4} \cdot L$$

$$< \frac{1}{4} \cdot 400$$

$$< 100 \text{ cm}$$

$$b_{eff} < s \quad s = \text{jarak antar gelagar memanjang}$$

$$< 140 \text{ cm}$$

$$b_{eff} < \frac{1}{2} \cdot S_{kiri} + \frac{1}{2} \cdot S_{kanan}$$

$$< \frac{1}{2} \cdot 140 + \frac{1}{2} \cdot 140$$

$$< 140$$

Jadi b_{eff} diambil sebesar 100 cm

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

E_s = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^5$ Mpa = $2,1 \times 10^2$ kg/cm²)

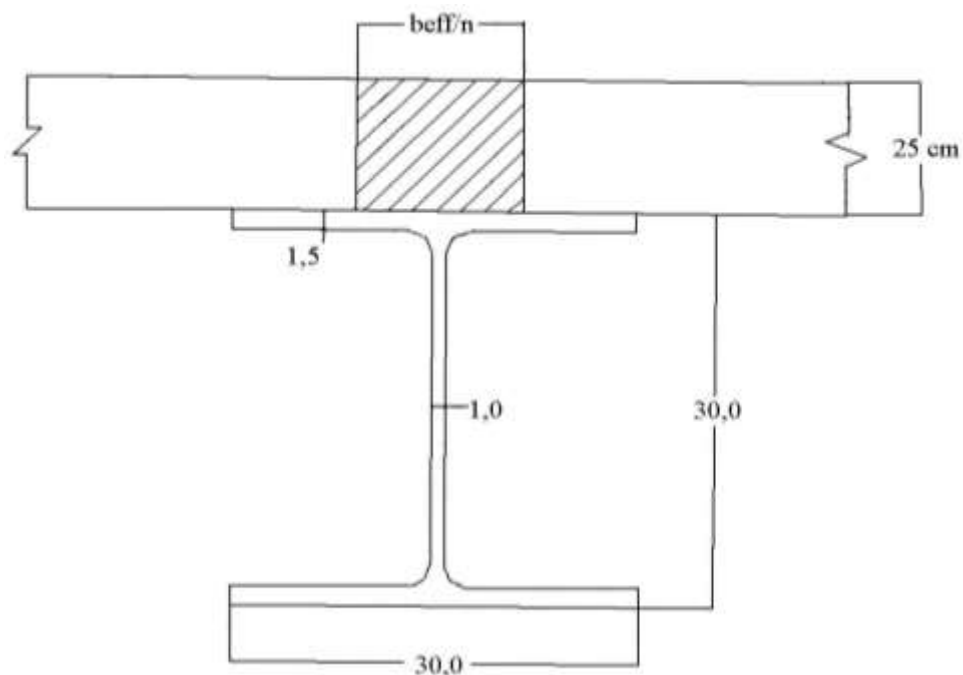
E_c = Modulus elastisitas beton ($4700 \cdot \sqrt{f'c} = 2,574 \times 10^4$ Mpa)

$$n = \frac{2,1 \times 10^5}{2,574 \times 10^4}$$

$$= 8,159$$

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{100}{8,159}$$

$$= 12,256 \text{ cm}$$



✓ Perhitungan Gaya Geser Horizontal (V_h)

a. C_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh beton

$$= 0,85 \times f'c \times A_c$$

$$= 0,85 \times 30 \times (122,56 \times 250)$$

$$= 781320 \text{ N}$$

b. T_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \times f_y$$

$$= 11980 \times 360$$

$$= 4312800 \text{ N}$$

Karena $C_{max} < T_{max}$, maka $V_h = C_{max} = 781320 \text{ N}$

✓ Perhitungan Jumlah Stud

Dipakai stud $\Phi = 19 \text{ mm}$, $A_{sc} = 285 \text{ mm}^2$, $h = 100 \text{ mm}$, $f_u = 360 \text{ Mpa}$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 25742,96 \text{ Mpa}$$

Q_n = kekuatan geser 1 stud

$$= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \cdot E_c} \times r_s < A_{sc} \times f_u \quad (r_s = 1, \text{ plat beton biasa})$$

$$= 0,5 \times 285 \times \sqrt{30 \cdot 25742,960} \times 1 < 285 \times 360$$

$$= 125228,948 \text{ N} > 102600 \text{ N}$$

Karena $Q_n > A_{sc} \cdot f_u$, maka menentukan adalah $A_{sc} \cdot f_u$

▪ Jumlah Stud

$$n = \frac{V_h}{A_{sc} \cdot f_u}$$

$$= \frac{781320}{102600}$$

$$= 7,615 \approx 8 \text{ buah}$$

Dalam pemasangan dipasang 1 stud pada arah memanjang gelagar

▪ Jarak antar stud arah memanjang

$$s = \frac{L}{n}$$

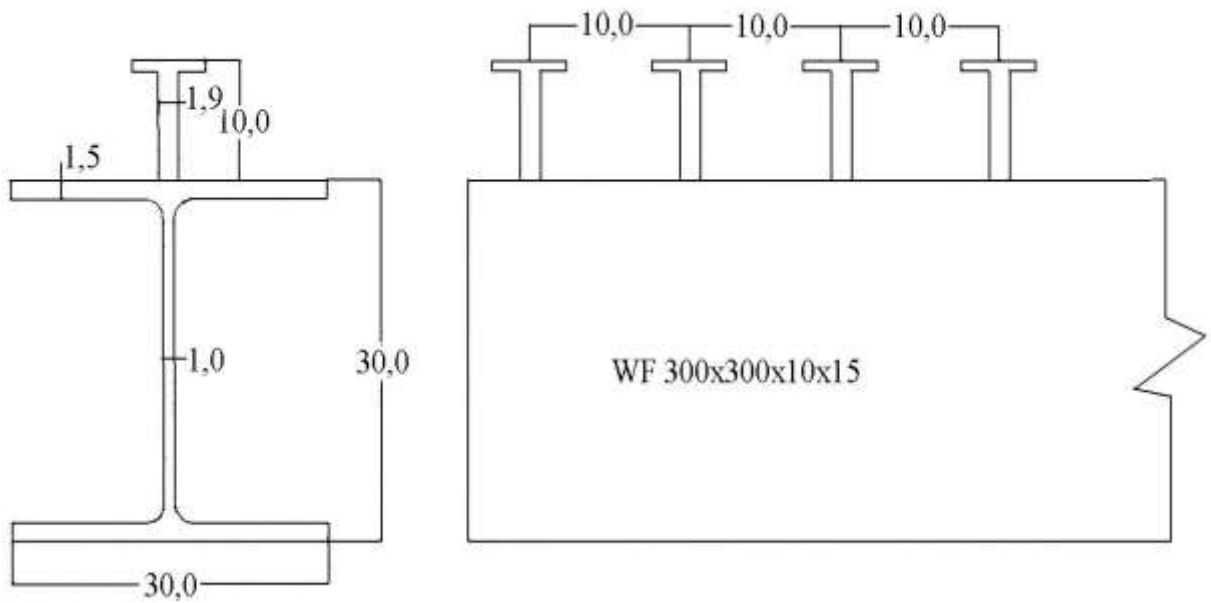
$$= \frac{400}{8}$$

$$= 50 \text{ cm} > 8 \cdot t_s = 8 \cdot 1,5 = 12 \text{ cm}$$

Karena $s > 12$, maka dipakai jarak antar stud, $s = 10 \text{ cm}$

$$n = \frac{400}{10}$$

$$= 40 \text{ buah}$$



3.6 Perencanaan Gelagar Melintang

3.6.1 Perhitungan Pembebanan

a) Beban mati

- Berat lantai kendaraan

$$\begin{aligned}q_u &= (\text{perataan beban D x 2}) \times q_u \text{ lantai kendaraan} \\ &= (0,465 \times 2) \times 983 \\ &= 914,190 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Berat lantai trotoir

$$\begin{aligned}q_u &= (\text{perataan beban C x 2}) \times q_u \text{ trotoir} \\ &= (0,084 \times 2) \times 1913,8 \\ &= 329,414 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Berat gelagar memanjang + Plat + Aspal (WF 300x300) (Faktor beban 1,1; BMS bagian 2, 1992 : 2-14)

$$G = 94 \text{ kg/m}$$

$$P_u = G \times 4,0 \times 1,1$$

$$= 94 \times 4,0 \times 1,1 = 413,6 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}P_{u(\text{tengah}) \text{ total}} &= \frac{413,6}{2} + 2496,820 \\ &= 2703,620 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{u(\text{tepi}) \text{ total}} &= \frac{413,6}{2} + 1917,662 \\ &= 2124,462 \text{ kg}\end{aligned}$$

b) Beban hidup

- Faktor beban dinamik/koeffisien kejut

Dari gambar 2.8 buku BMS bagian 2 hal. 2-29, didapatkan nilai dari

$$DLA = 37\% = 0,37$$

$$k = 1 + DLA$$

$$= 1 + 0,37 = 1,37$$

- Beban terbagi rata

$$L = 60,0 \text{ m} \longrightarrow L \geq 30 \text{ m}$$

$$q = 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right)$$

$$= 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right)$$

$$= 6 \text{ Kpa} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{100\%} = \frac{600}{2,75} \times (0,465 \cdot 2) \times 100\% \times 2 = 473,455 \text{ kg/m}$$

$$q_{50\%} = \frac{600}{2,75} \times (0,465 \cdot 2) \times 50\% \times 2 = 236,728 \text{ kg/m}$$

- Beban Garis, $p = 44 \text{ KN/m} = 4400 \text{ kg/m}$ (BMS bagian 2, Hal. 2-14)

$$P_{100\%} = \frac{4400}{2,75} \times k \times 2,0 \times 100\%$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times 1,37 \times 2,0 \times 100\%$$

$$= 4480 \text{ kg/m}$$

$$P_{50\%} = \frac{4400}{2,75} \times k \times 2,0 \times 50\%$$

$$= \frac{4400}{2,75} \times 1,37 \times 2,0 \times 50\%$$

$$= 2240 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup “D”, factor beban = 2,0, lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75 (BMS bagian 2, Hal. 2-21)

$$D_{100\%} = 473,455 + 4480$$

$$= 4953,455 \text{ kg/m}$$

$$D_{50\%} = 236 + 2240$$

$$= 2476,728 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup terpusat yang diterima gelagar memanjang

$$P_{\text{Tepi}} = (500 \times 0,489 \times 2,0) \times \frac{1}{2} \cdot 4,0$$

$$= 978 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Tengah}} = \left\{ \frac{600}{2,75} \times (2 \times 0,635) \times 21,40 \right\} + \frac{1}{2} \cdot 6272$$

$$= 4946,328 \text{ kg}$$

- Beban Truk "T" (Beban Gandar)

Beban truk diambil sebesar $T = 10$ ton, Faktor beban = 2,0 (lebar gandar = 1,75 m), (BMS bagian 2 hal 27)

$$T_u = 10t \times 2,0$$

$$= 20t = 20000 \text{ kg}$$

- Beban hidup trotoir, factor beban = 2,0

$$q = 5 \text{ Kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$$

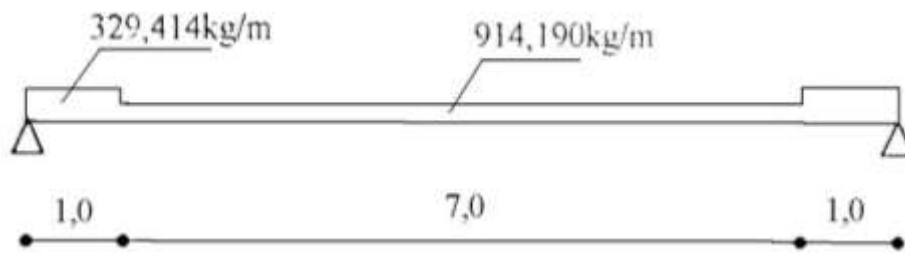
$$q_u = 500 \times 2,0 \times (0,084 \cdot 2)$$

$$= 168 \text{ kg/m}$$

3.6.2 Perhitungan Statika

Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar melintang.

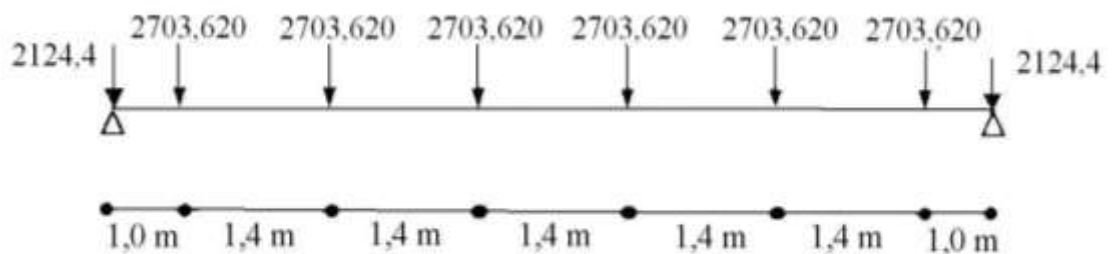
- Momen akibat berat lantai kendaraan, lantai trotoir.



$$R_A = (329,41 \cdot 1,0) + (914,190 \times 3,5) = 3529,075 \text{ kg}$$

$$M_{u1} = (3529,075 \cdot 4,5) - (329,41 \cdot 1,0 \cdot 4,0) - (914,190 \cdot 3,5 \cdot 1,75) \\ = 8963,784 \text{ kgm}$$

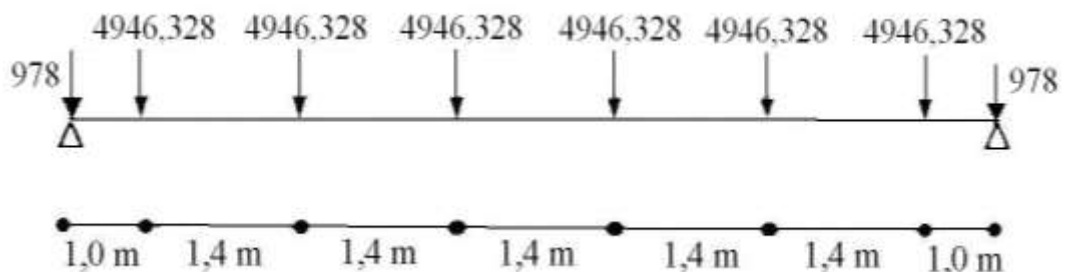
- Momen akibat pembebanan gelagar memanjang (mati)



$$R_A = \frac{1}{2} \cdot 2703,620 \cdot 6 + 2124,462 = 10235,322 \text{ kg}$$

$$M_{u2} = (10235 \cdot 322 \cdot 4,5) - (2124,462 \cdot 4,5) - (2703,620 \cdot 3,5) - (2703,620 \cdot 2,1) \\ - (2703,620) \\ = 19466,064 \text{ kgm}$$

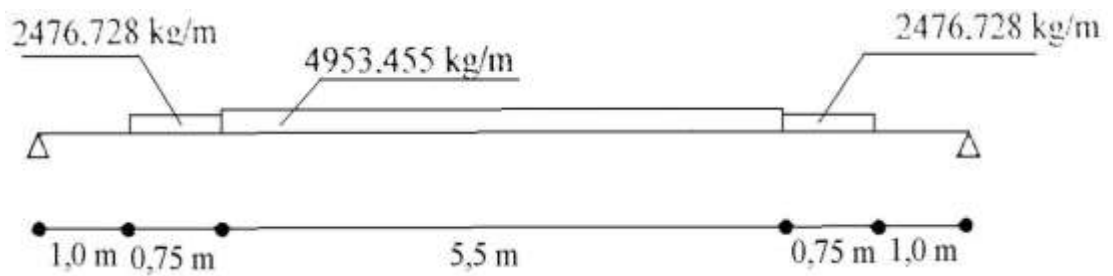
- Momen akibat beban hidup terpusat yang diterima gelagar memanjang



$$R_A = \frac{1}{2} \cdot 4946,328 \cdot 6 + 978 = 15816,984 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u3} &= (15816,984 \cdot 4,5) - (4946,328 \cdot 3,5) - (4946,328 \cdot 2,1) - (4946,328 \cdot \\
 & \quad 0,7) \\
 &= 40014,562 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

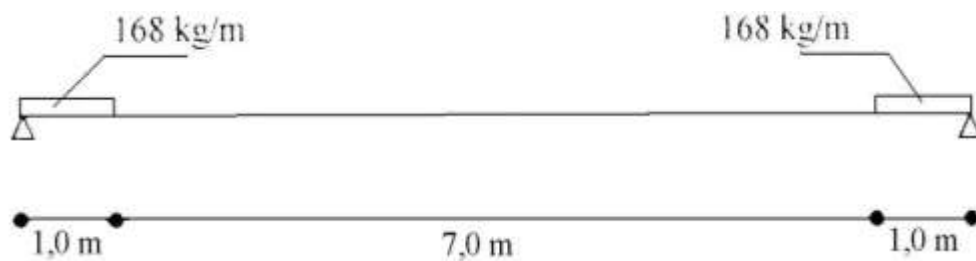
- Momen akibat beban hidup "D"



$$R_A = (2476,728 \cdot 1,0) + (4953,455 \cdot 5,5) + (2476,728 \cdot 1,0) = 15479,547 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u4} &= (15479,547 \cdot 4,5) - (2476,728 \cdot 0,75 \cdot 3,125) - (4953,455 \cdot 2,75 \cdot \\
 & \quad 1,375) \\
 &= 45122,879 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

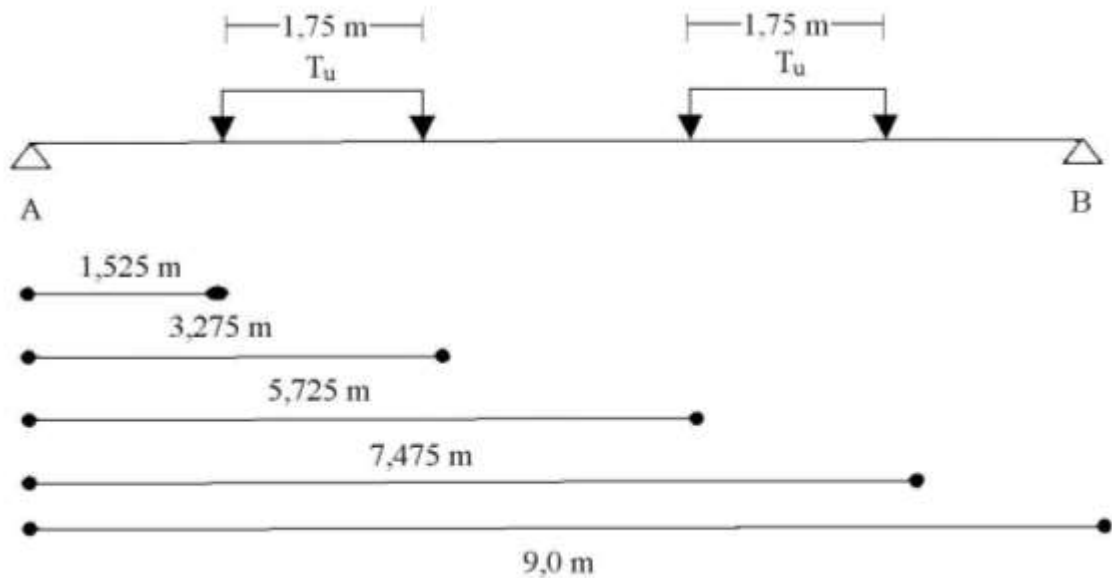
- Momen akibat beban hidup trotoir



$$R_A = \frac{1}{2} \cdot (168 \cdot 1,0 \cdot 2) = 168 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u5} &= (168 \cdot 4,5) - (168 \cdot 1,0 \cdot 4,0) \\
 &= 84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Momen akibat beban truk “T”



$$R_A = \frac{1}{2} \cdot (T_u \cdot 4) = 40000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{u6} &= (40000 \cdot 4,5) - (20000 \cdot 2,975) - (20000 \cdot 1,225) \\ &= 82000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

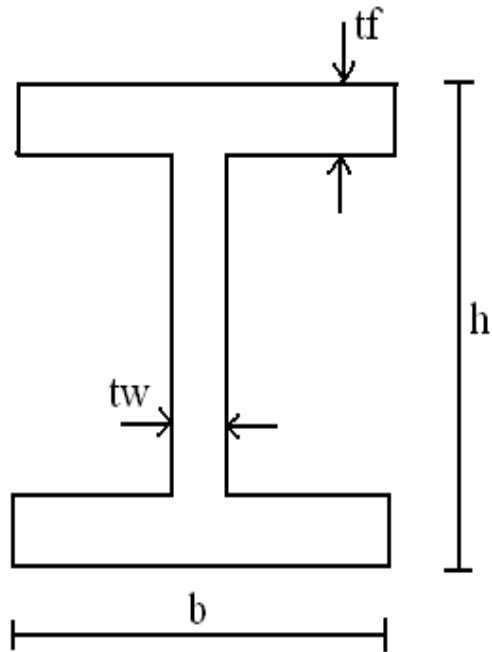
Karena momen akibat beban truk $>$ momen akibat beban hidup “D”, maka diambil momen akibat beban truk.

Jadi momen yang terjadi pada gelagar melintang :

$$\begin{aligned} M_{u \text{ total}} &= M_{u1} + M_{u2} + M_{u3} + M_{u5} + M_{u6} \\ &= 8963,784 + 19466,064 + 40014,562 + 84 + 82000 \\ &= 150528,401 \text{ kgm} \\ &= 15052841 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

3.6.3 Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang

Dipilih baja profil WF 700x300x13x24



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

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

$$I_x = 201000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 10800 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 29,3 \text{ cm}$$

$$r_y = 6,78 \text{ cm}$$

$$r = 2,8 \text{ cm}$$

$$S_x = 5760 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 722 \text{ cm}^3$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 24 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$t_w = 13 \text{ mm}$$

$$\sigma = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan leleh baja)}$$

$$M_{BS} = \frac{1}{8} \cdot G \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 185 \cdot 9^2$$

$$= 2060,438 \text{ kgm} = 206043,8 \text{ kgcm}$$

$$M_u \text{ total} = 15052841 + 206043,8$$

$$= 15258884,8 \text{ kgcm}$$

Syarat Pemilihan Profil

$\phi M_n \geq M_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 425)

Dimana :

ϕ = factor resistensi = 0,9 untuk balpk lentur

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layan terfaktor

$\phi M_n = \phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times S_x \times f_y$

M_p = kekuatan momen plastis

1,12 = koefisien penampang plastis untuk profil WF

f_y = untuk mutu baja St 52 = $3600 \text{ kg/cm}^2 = 360 \text{ Mpa}$

$$\phi M_p = 0,9 \times 1,12 \times 5760 \times 3600$$

$$= 20901888 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$20901888 \text{ kgcm} \geq 15258884,8 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK!!!}$$

▪ Kontrol Pelat Badan

$$6,36 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 6,36 \sqrt{\frac{21000}{240}}$$

$$= 188,131$$

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{10} = 30$$

$$\frac{h}{tw} < 6,36 \sqrt{\frac{E}{fy}} \Rightarrow \text{tidak perlu pengaku}$$

▪ Kontrol Geser

$$Vu \text{ gelagar tengah} = 3529,075 + 10235,322 + 15816,984 + 168 + (185 \cdot 1,1 \cdot \frac{9}{2}) + 40000$$

$$= 70665,131 \text{ kg}$$

$$kn = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \text{ (karena tidak ada pengaku kn diasumsikan = 5)}$$

$$1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \cdot 210000}{240}} = 72,758$$

$$\frac{h}{tw} < 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{fy}}$$

$$53,846 < 72,758 \text{OK!!!}$$

$$Vn = 0,6 \times fy \times Aw$$

$$= 0,6 \times 3600 \times ((70 - 2 \cdot 2,4) \times 1,3)$$

$$= 183081,6 \text{ kg}$$

$$Vu < \phi Vn$$

$$70665,131 \text{ kg} < 0,9 \cdot 183081,6 \text{ kg}$$

$$70665,131 \text{ kg} < 164773,44 \text{ kgOK!!!}$$

▪ Kontrol Lendutan

$$M_{\text{tot}} = \frac{1}{8} \times qu \times l^2$$

$$15258884,8 = \frac{1}{8} \times qu \times 900^2$$

$$qu = 150,705 \text{ kg/cm}$$

$$f_{\text{ijin}} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (L = 9,0 \text{ m} = 900 \text{ cm})$$

$$= \frac{1}{240} \cdot 900$$

$$= 3,750 \text{ cm}$$

$$f_{\text{ada}} = \frac{5 \cdot Qu \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad (\text{Ir. Sunggono kh, Buku Teknik Sipil, Penerbit Nova : 68})$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{150,705 \cdot 900^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 201000}$$

$$= 3,050 \text{ cm} < 3,750 \text{ cm}$$

3.6.4 Perhitungan Shear Connector Pada Gelagar Melintang

✓ Perhitungan b_{eff}

$$L = 900 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < \frac{1}{4} \cdot L$$

$$< \frac{1}{4} \cdot 900$$

$$< 225 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < s \quad s = \text{jarak antar gelagar melintang}$$

$$< 400 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} < \frac{1}{2} \cdot s_{\text{kiri}} + \frac{1}{2} \cdot s_{\text{kanan}}$$

$$< \frac{1}{2} \cdot 400 + \frac{1}{2} \cdot 400$$

$$< 400$$

Jadi b_{eff} diambil sebesar 225 cm

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

E_s = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa}$)

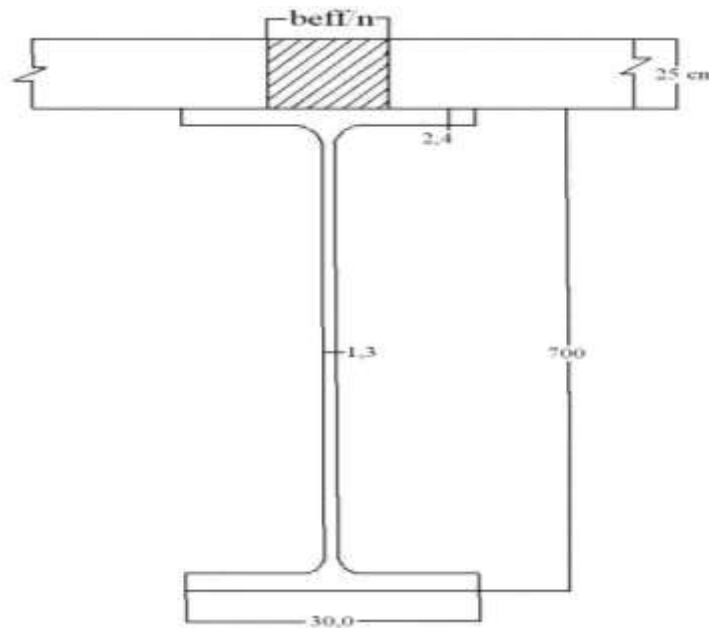
E_c = Modulus elastisitas beton ($4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 2,574 \times 10^4 \text{ Mpa}$
 $= 2,574 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)

$$n = \frac{2,1 \times 10^5}{2,574 \times 10^4}$$

$$= 8,159$$

$$\frac{b_{eff}}{n} = \frac{225}{8,159}$$

$$= 27,6 \text{ cm}$$



✓ Perhitungan Gaya Geser Horizontal (V_h)

a. C_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh beton

$$= 0,85 \times f'_c \times A_c$$

$$= 0,85 \times 30 \times (276 \times 250)$$

$$= 1759500 \text{ N}$$

b. T_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \times f_y$$

$$= 23550 \times 360$$

$$= 8478000 \text{ N}$$

Karena $C_{max} < T_{max}$, maka $V_h = C_{max} = 1759500 \text{ N}$

✓ Perhitungan Jumlah Stud

Dipakai stud $\Phi = 19 \text{ mm}$, $A_{sc} = 285 \text{ mm}^2$, $h = 100 \text{ mm}$, $f_u = 360 \text{ Mpa}$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 25742,96 \text{ Mpa}$$

Q_n = kekuatan geser 1 stud

$$= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'c \cdot E_c} \times r_s < A_{sc} \times f_u \quad (r_s = 1, \text{ plat beton biasa})$$

$$= 0,5 \times 285 \times \sqrt{30 \cdot 25742,96} \times 1 < 285 \times 360$$

$$= 125228,948 \text{ N} < 102600 \text{ N}$$

Karena $Q_n > A_{sc} \cdot f_u$, maka menentukan adalah $A_{sc} \cdot f_u$

▪ Jumlah Stud

$$n = \frac{V_h}{A_{sc} \cdot f_u}$$

$$= \frac{1759500}{102600}$$

$$= 17,149 \approx 18 \text{ buah}$$

Dalam pemasangan dipasang 1 stud pada arah melintang gelagar

▪ Jarak antar stud arah memanjang

$$s = \frac{L}{n}$$

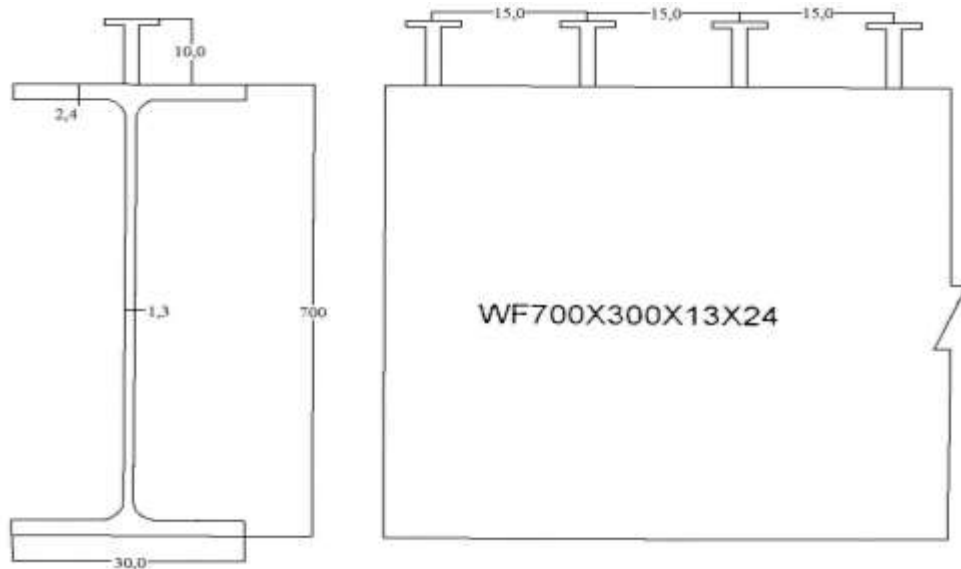
$$= \frac{900}{18}$$

$$= 50 \text{ cm} > 8 \cdot t_s = 8 \cdot 2,4 = 19,2 \text{ cm}$$

Karena $s > 12$, maka dipakai jarak antar stud, $s = 15 \text{ cm}$

$$n = \frac{900}{15}$$

$$= 60 \text{ buah}$$



3.7. Perencanaan Gelagar Induk

Untuk perhitungan gelagar induk direncanakan menggunakan profil baja WF dan untuk ikatan angin menggunakan profil baja siku.

➤ Perhitungan Pembebanan

a. Beban mati

1. Berat sendiri gelagar induk

Didalam menghitung berat sendiri gelagar induk penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).

2. Berat sendiri gelagar memanjang (G_2)

$$\begin{aligned}G_2^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (7 \times 94 \times 60) \\ &= 39480 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Berat sendiri gelagar melintang (G_3)

$$\begin{aligned}G_3^u &= (n \times G_2 \times L) \\ &= (16 \times 185 \times 9) \\ &= 26640 \text{ kg}\end{aligned}$$

4. Berat lantai kendaraan (G_4)

$$\begin{aligned}G_4^u &= (q \times a \times L) \\ &= (760 \times 7 \times 60) \\ &= 319200 \text{ kg}\end{aligned}$$

5. Berat lantai trotoir (G_5)

$$\begin{aligned}G_5^u &= 2 \cdot (q \times a \times L) \\ &= 2 \cdot (1476 \times 1,0 \times 60)\end{aligned}$$

$$= 177120 \text{ kg}$$

6. Berat sendiri pipa sandaran, $D = 76,3 \text{ mm}$, $t = 2,8 \text{ mm}$ (G_6)

$$\begin{aligned} G_6^u &= 2 \cdot (q \times n \times L) \\ &= 2 \cdot (5,08 \times 2 \times 60) \\ &= 1219,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

7. Berat sendiri ikatan angin (G_6); factor beban 1,1

Didalam menghitung berat sendiri ikatan angin penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 \rightarrow self weight).

- Total beban mati yang bekerja

$$\begin{aligned} G_{\text{total}}^u &= G_2^u + G_4^u + G_5^u + G_6^u \\ &= 39480 + 319200 + 177120 + 1219,200 \\ &= 537019,200 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{G_{\text{total}}^u}{2} \\ &= \frac{537019,200}{2} = 268509,600 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{\text{tengah}} &= \frac{G}{15} \\ &= \frac{268509,600}{15} = 17900,640 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{17900,640}{2} = 8950,320 \text{ kg}$$

b. Beban Hidup

1. Koefisien kejut

Diketahui panjang bentang jembatan 60,0 m

Dari gambar 2.8 hal. 2-29 buku BMS bag 2, didapat nilai koefisien kejut

(DLA) sebesar $37\% = 0,37$

$$k = 1 + \text{DLA}$$

$$= 1 + 0,37 = 1,37$$

2. Beban terbagi rata

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 22, untuk jembatan dengan panjang $L =$

$60,0 \text{ m} > 30 \text{ m}$, maka :

$$q = 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$= 8 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kPa}$$

$$= 6 \text{ kPa} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$q_1 = \frac{q}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= 1200 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = \frac{q}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= \frac{600}{2,75} \times 2 \times 0,75 \times 50\%$$

$$= 163,636 \text{ kg/m}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$\begin{aligned} G &= \frac{q_{total} \cdot xL}{2} \\ &= \frac{(1200 + 163,636)}{2} \times 60,0 \\ &= 40909,080 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned} P_{tengah} &= \frac{G}{n} \\ &= \frac{40909,080}{15} \\ &= 2727,272 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned} P_{tepi} &= \frac{P}{2} \\ &= \frac{2727,272}{2} \\ &= 1363,636 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Beban garis

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 22, beban garis diambil sebesar $P = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$, dengan lebar lantai kendaraan 7 m dibagi menjadi 2 jalur.

$$\begin{aligned} P &= \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times k \\ &= \frac{4400}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \times 1,37 \\ &= 12056 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times k \\
 &= \frac{4400}{2,75} \times (2 \times 0,75) \times 50\% \times 1,37 \\
 &= 1644 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P_1 + P_2}{2} \\
 &= \frac{12056 + 1644}{2} \\
 &= 6850 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul

$$P = 6850 \text{ kg}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tengah}} &= 2727,272 + 6850 \\
 &= 9577,272 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tepi}} &= 1363,636 + 6850 \\
 &= 8213,636 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Beban Hidup Trotoir

Berdasarkan buku BMS bag 2 hal. 2 – 31, beban hidup trotoir diambil sebesar

$P = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$, dengan lebar lantai trotoir 1,0 m.

$$\begin{aligned}
 P &= 500 \times 1,0 \times 60,0 \times 2 \\
 &= 60000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap gelagar induk

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{P}{2} \\
 &= \frac{60000}{2} \\
 &= 30000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tengah

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tengah}} &= \frac{P}{n} \\
 &= \frac{30000}{15} \\
 &= 2000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tepi}} &= \frac{P}{2} \\
 &= \frac{2000}{2} \\
 &= 1000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Gaya Rem

Diketahui :

Panjang jembatan = 60,0 m

Berdasarkan gambar 2.9 buku BMS bag 2 hal. 2 – 31 didapatkan gaya rem sebesar $(G) = 250 \text{ kN} = 25000 \text{ kg}$

- Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{G}{2} \\
 &= \frac{25000}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 12500 \text{ kg}$$

- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah

$$P_{\text{tengah}} = \frac{P}{n}$$

$$= \frac{12500}{15}$$

$$= 833,333 \text{ kg}$$

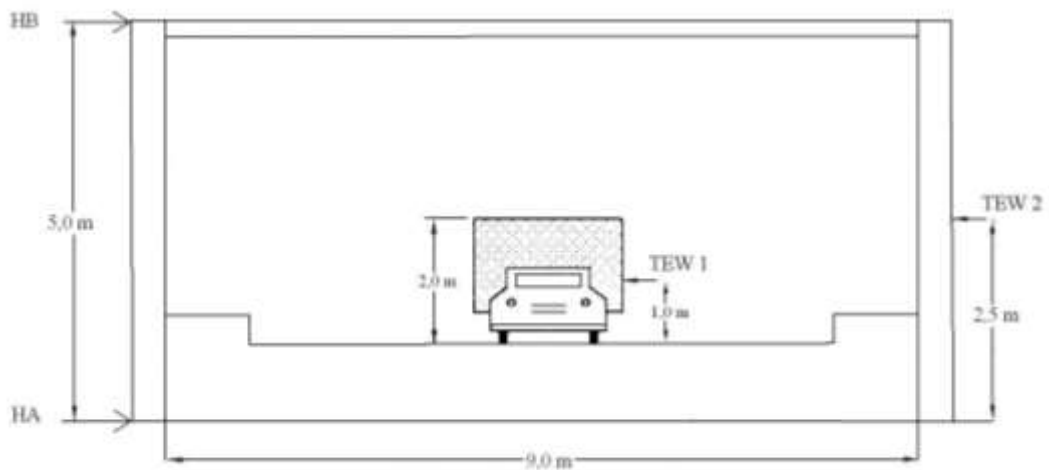
- Beban yang diterima tiap titik buhul tepi

$$P_{\text{tepi}} = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{833,333}{2}$$

$$= 416.667 \text{ kg}$$

e. Beban Angin



$$T_{EW1} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2$$

$$= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot (30)^2$$

$$= 1,296 \text{ kN} = 129,6 \text{ kg}$$

$$T_{EW2} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b$$

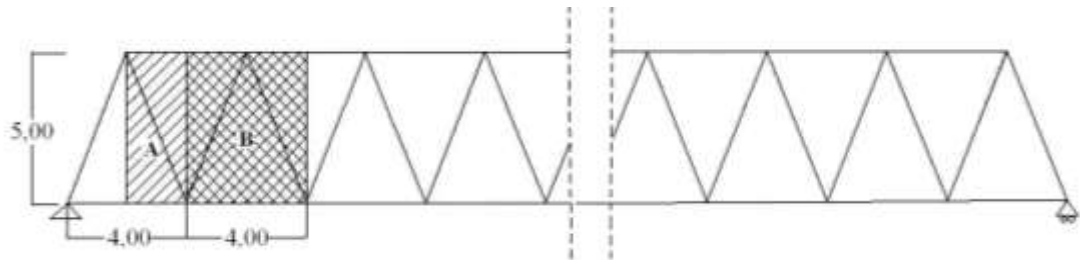
Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (30 m/dt).

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$), BMS bag 2
1992, hal. 2 - 44

A_b = Luasan koefisien bagian samping jembatan (m^2)

▪ Perhitungan bagian samping jembatan



$$A_{bA} = \frac{1}{2} \times 4,0 \times 5,0 \\ = 10,0 \text{ m}^2$$

$$A_{bB} = 4,0 \times 5,0 \\ = 20,0 \text{ m}^2$$

➤ **Perhitungan Gaya Angin Pada Ikatan Angin Atas dan Bawah**

$$T_{EW1} = 129,6 \text{ kg}$$

$$T_{EW2} = 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 30\% \\ = 3,888 \text{ kN} = 388,8 \text{ kg}$$

$$\sum M_{H_A} = 0$$

$$H_B \cdot 5 = T_{EW1} \cdot (0,05 + 0,25 + 1) + T_{EW2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 5$$

$$5 H_B = 129,6 \cdot (1,3) + 388,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \\ = 1140,480$$

$$H_{B \text{ tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

$$H_{B \text{ tepi}} = \frac{228,096}{2} \\ = 114,048 \text{ kg}$$

$$H_B + H_A - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$H_{A \text{ tengah}} = T_{EW1} + T_{EW2} - H_A$$

$$= 129,6 + 388,8 - 228,096$$

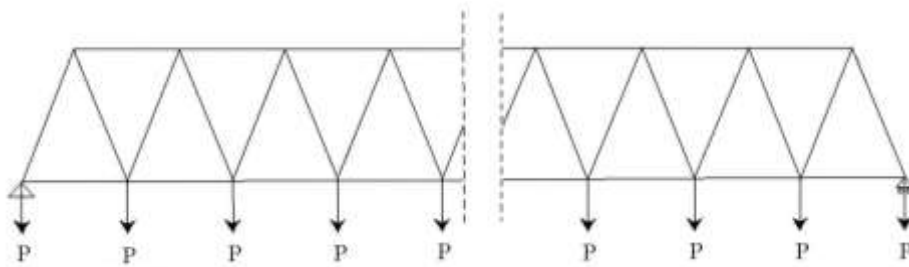
$$= 290,304 \text{ kg}$$

$$H_{A \text{ tepi}} = \frac{290,304}{2}$$

$$= 145,152 \text{ kg}$$

3.8 Statika

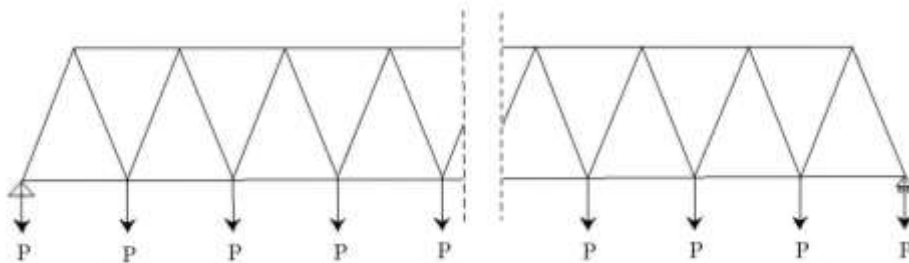
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{\text{tepi}} = 8950,320 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 17900,640 \text{ kg}$$

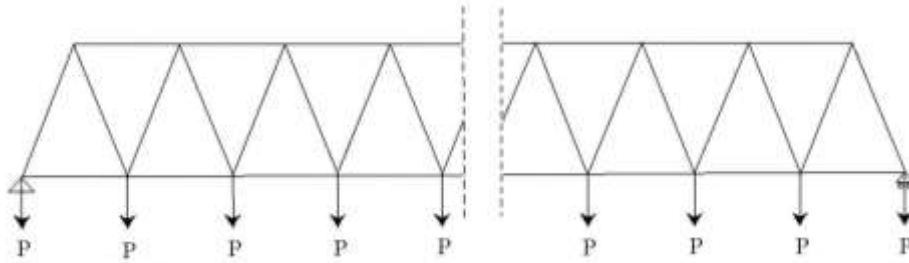
B. Skema pembebanan akibat beban hidup



$$P_{\text{tepi}} = 8213,636 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 9577,272 \text{ kg}$$

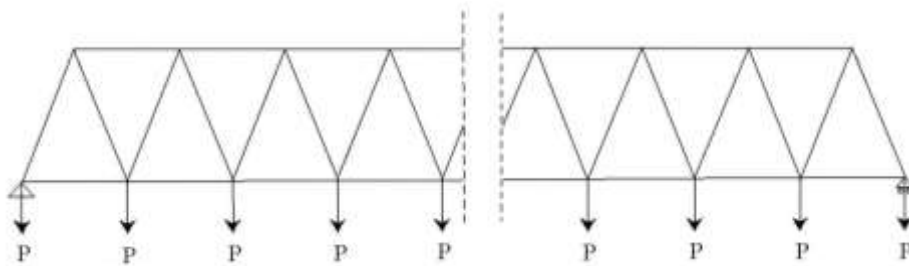
C. Skema pembebanan akibat beban trotoir



$$P_{\text{tepi}} = 1000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 2000 \text{ kg}$$

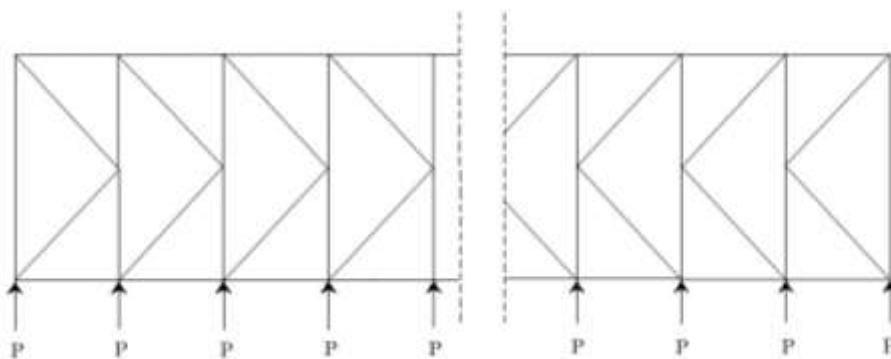
D. Skema pembebanan akibat beban rem



$$P_{\text{tepi}} = 416,667 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 833,333 \text{ kg}$$

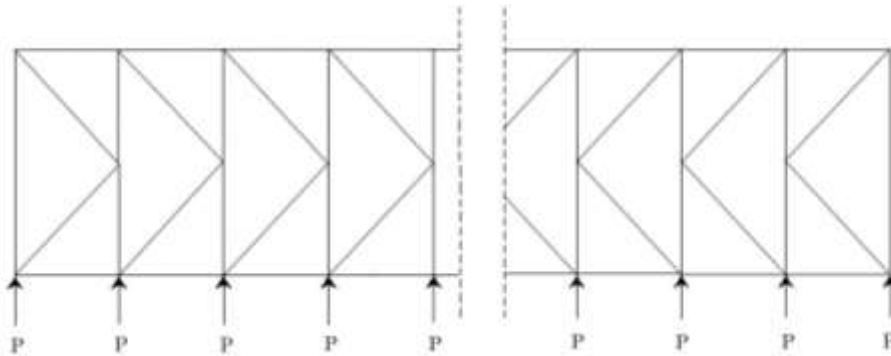
E. Skema pembebanan akibat beban angin atas



$$P_{\text{tepi}} = 145,152 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 290,304 \text{ kg}$$

F. Skema pembebanan akibat beban angin bawah



$$P_{\text{tepi}} = 114,048 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tengah}} = 228,096 \text{ kg}$$

Hasil perhitungan analisa STAAD PRO 2004 penulis melampirkan pada bagian akhir dari skripsi ini.

3.9 Perencanaan Dimensi Profil

A. Gelagar Induk

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 22)

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan baja Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1176897,50 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{298000}{770,1}} \\ &= 19,671 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{94400}{770,1}}$$

$$= 11,072 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}}$$

$$= \frac{1 \times 400}{11,072} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}}$$

$$= 0,595$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{0,595^2}) \cdot 3600$$

$$= 2806,283 \text{ kg/cm}^2$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 2806,283 \cdot 770,1 \geq 1176897,50 \text{ kg}$$

$$1837016,075 \text{ kg} \geq 1176897,50 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (batang 8)**

Dimensi Batang Profil WF 400x400x45x70

Digunakan BJ-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}$

$$G = 605 \text{ kg/cm}$$

$$A_g = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$L = 4,00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1197554,25 \text{ kg}$

Lebar lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 400 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{400}{11,072} = 36,1272 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 770,1 - 4 \cdot (2,01 \cdot 7) \\ &= 713,820 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 713,820)$$

$$= 2366313,3 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 2366313,3 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$2366313,3 \text{ kg} > 1197554,25 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

B. Gelagar Melintang Bawah

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 150)

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

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

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

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 201000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 10800 \text{ cm}^4$$

$$W = 5760 \text{ cm}^3$$

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

$$1421,64 \text{ kg}$$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned}
 r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \\
 &= \sqrt{\frac{201000}{235,5}} \\
 &= 29,215 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\
 &= \sqrt{\frac{10800}{235,5}} \\
 &= 6,772 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal.338})$$

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}}$$

$$= \frac{1 \times 900}{6,772} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}}$$

$$= 1,7524$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow \quad F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \frac{0,887}{1,7524^2} \cdot 3600$$

$$= 1039,8235 \text{ kg/cm}^2$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1039,8235 \cdot 235,5 \geq 1421,64 \text{ kg}$$

$$208146,67 \text{ kg} \geq 1421,64 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- Kontrol tegangan

$$M = 10579,112 \text{ kgm}$$

$$= 1057911,2 \text{ kgcm}$$

$$\lambda_c = 1,7524 \quad \rightarrow \quad \omega = 1$$

$$\sigma = \omega \cdot \frac{P}{A} + \frac{M}{W}$$

$$= 1 \cdot \frac{3250,76}{235,5} + \frac{1057911,2}{5760}$$

$$= 197,47 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{ijin} = 3600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{aman})$$

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 119)

Dimensi Batang Profil WF 700x300x13x24

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

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

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

$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$

$I_x = 201000 \text{ cm}^4$

$I_y = 10800 \text{ cm}^4$

$t_f = 70 \text{ mm} = 7 \text{ cm}$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u = 0,00 \text{ kg}$

Lebar lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.92)

Dimana :

$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 900 \text{ cm}$

$r = \text{radius girasi terkecil}$

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{6,722} = 132,9 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 6 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 235,5 - 6 \cdot (2,01 \cdot 2,4) \\ &= 206,556 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 770,1 \\ &= 2495124 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 206,556) \\ &= 684733,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 684733,14$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$684733,140 \text{ kg} > 0,00 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

C. Gelagar Melintang atas

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 173)

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

$$1085,89 \text{ kg}$$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1640}{40,14}} \\ &= 6,392 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{563}{40,14}} \\ &= 3,745 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.338)

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 900 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 900}{3,745} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 3,169 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\begin{aligned} \lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow \quad F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{3,169^2} \cdot 3600 \\ &= 317,967 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$

$0,85 \cdot 317,967 \cdot 40,14 \geq 1085,89 \text{ kg}$

$$10848,716 \text{ kg} \geq 1085,89 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Batang 143)**

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$L = 9,00 \text{ m} = 900 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial sebesar $P_u =$

$$13755,88 \text{ kg}$$

$$\text{Lebar lubang baut} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal.92)

Dimana :

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 900 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{900}{3,745} = 240,320 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 2 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})]$$

$$= 40,14 - 2 \cdot (2,01 \cdot 0,7)$$

$$= 37,326 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

a. Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 40,14 \\ &= 130053,600 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$$

$$\begin{aligned} \phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5200 \cdot (0,85 \cdot 37,326) \\ &= 123735,690 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 123735,690 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$123735,690 \text{ kg} > 13755,88 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

D. Ikatan Angin Dengan Profil WF 200x200x8x11

➤ Perencanaan Dimensi Batang Tekan (Batang 219)

Dimensi Batang Profil WF 200x200x7x10

Digunakan Bj-52, $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

$$G = 45,73 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 58,24 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 4309,73 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1467,43 \text{ cm}^4$$

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 28463,20 \text{ kg}$

▪ Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{4309,73}{58,24}} \\ &= 8,601 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{1467,43}{58,24}} \end{aligned}$$

$$= 5,02 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 602,1 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \\ &= \frac{1 \times 602,1}{5,02} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,58 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\begin{aligned} \lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow \quad F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{1,58^2} \cdot 3600 \\ &= 1279,12 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$

$$0,85 \cdot 1279,12 \cdot 58,24 \geq 28463,20 \text{ kg}$$

$$63321,56 \text{ kg} \geq 28463,20 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

E. Ikatan Angin Dengan Profil L11011010

➤ Kekuatan Tekan Batang (Batang 177)

Dimensi Batang Profil L11011010

$$G = 16,6 \text{ kg/m}$$

$$A_g = 21,2 \text{ cm}^2$$

$$L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$$

$$I_x = 239 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 239 \text{ cm}^4$$

Tebal plat siku, $d = 10 \text{ mm} = 1,0 \text{ cm}$

Panjang bentang, $L = 6,021 \text{ m} = 602,1 \text{ cm}$

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial tekan terbesar $P_u =$

$$1747,01 \text{ kg}$$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{239}{21,2}}$$

$$= 3,35$$

Lebar untuk baut $= 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Rasio kerampingan (λ_c)

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 602,1}{3,35} \sqrt{\frac{3600}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 2,37\end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis batang (F_{cr})

$$\begin{aligned}\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow \quad F_{cr} &= \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y \\ F_{cr} &= \frac{0,887}{2,37^2} \cdot 3600 \\ &= 568,499 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Maka $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 568,499 \cdot 21,2 \geq 1747,01 \text{ kg}$$

$$10253,2 \text{ kg} \geq 1747,01 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Kekuatan tarik batang (Batang 178)**

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial batang tarik terbesar adalah $P_u = 1926,66 \text{ kg}$

Lebar untuk lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

- Luas bersih penampang

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 2 \times (\text{lebar untuk lubang baut} \times \text{tebal flens}) \\ &= 21,2 - 2 \times (2,01 \times 1) \\ &= 17,18 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Luas efektif penampang

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \times A_n \\
 &= 0,85 \times 17,18 \\
 &= 14,603 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Rasio kerampingan

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

$$\begin{aligned}
 \frac{L}{r} &= \frac{602,1}{3,35} \\
 &= 179,73 < 300 \quad \text{OK!!!}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

- a. Retakan pada penampang bersih :

$$\begin{aligned}
 \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \\
 &= 0,75 \cdot 5200 \cdot 14,603 \\
 &= 56951,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- b. Pelelehan pada penampang bruto :

$$\begin{aligned}
 \phi_t \cdot T_n &= \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \\
 &= 0,9 \cdot 3600 \cdot 21,2 \\
 &= 68688 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari dua criteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 57951,7 \text{ kg}$$

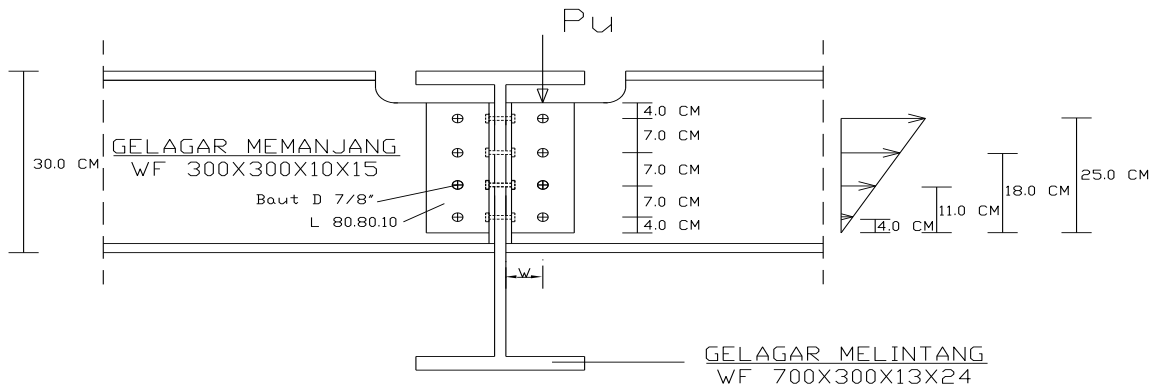
Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$56951,7 \text{ kg} \geq 1926,66 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

3.10 Perencanaan Sambungan

3.10.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Gambar 3.10 Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$).

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar memanjang adalah :

$$V_u = 52488 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2$$

$$= 3,87 \text{ cm}^2$$

➤ Diameter lubang baut = $2,22 + 0,1 = 2,31 \text{ cm}$

$$\text{Jarak tepi baut} = 1,5(2,22) - 3(2,22)$$

$$= 3,33 - 6,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3(2,22) - 7(2,22)$$

$$= 6,66 - 15,54 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 7 \text{ cm}$$

➤ Sambungan irisan tunggal (pada gelagar melintang)

➤ Kekuatan tarik desain :

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87$$

$$= 22514,33 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87$$

$$= 15609,94 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm.

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

$$= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200)$$

$$= 27012,96 \text{ kg}$$

- Kekuatan nominal :

$$T_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug}$$

$$= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4))$$

$$= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 52488 \text{ kg}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$M_u = P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 52488 \cdot 4,5$$

$$= 236196 \text{ kgcm}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P =$ Jarak minimum sumbu baut = 7 cm

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \cdot 236196}{15609,94 \cdot 7}}$$

$$= 3,60 \approx 4 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\
 &= \frac{52488/4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
 &= 0,84 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,00 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$Ru_t < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{236196 \cdot 25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)} \\
 &= 5437,29 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$Ru_t < \phi \cdot R_n$$

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Pu}{n} \\
 &= \frac{52488}{4} \\
 &= 13122 < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Sambungan irisan ganda (pada gelagar memanjang)

➤ Kekuatan tarik desain (LRFD, hal : 100) :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87 \\ &= 31219,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 1,0 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,0 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

▪ Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,0 \cdot (30 - 2 \cdot 1,5)) \\ &= 58320 \text{ kg} > T_u = 52488 \text{ kg}\end{aligned}$$

Aug adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned} Mu &= Pu \cdot w && (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 52488 \cdot 4,5 \\ &= 236199 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : Mu = Momen Ultimate

$R = \phi R_n$ (kekuatan desain yang menentukan)

$P =$ Jarak minimum sumbu baut = 5 cm

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{R \cdot P}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \cdot 236096}{22514,33 \cdot 7}} \\ &= 2,998 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &= \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &= \frac{52488 / 4}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &= 0,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 80.80.10 dengan tebal 1,0 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

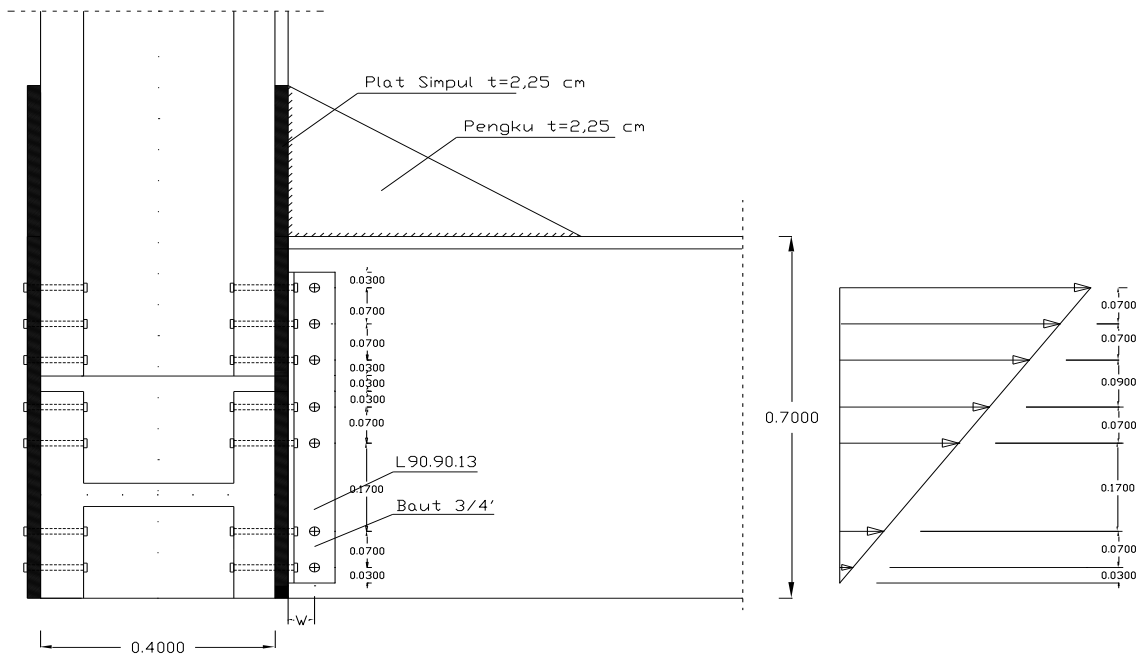
$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{236096.25}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)} \\ &= 5434,99 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Pu}{n} \\ &= \frac{52488}{4} \\ &= 13122 < \phi \cdot R_n = 31219,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.10.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk



Gambar 3.11 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk

Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$.

kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$. ($1 \text{ ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar melintang adalah :

$$V_u = 164773,44 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned}
 A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\
 &= 3,87 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

➤ Sambungan irisan tunggal (pada gelagar induk)

➤ Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\
 &= 22514,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,87 \\
 &= 15609,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan sayap gelagar induk yaitu 7,0 cm.

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\
 &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 7,0 \cdot 5200) \\
 &= 145454,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

▪ Kekuatan nominal :

$$T_n = 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug}$$

$$= 0,60 \cdot 3600 \cdot (7,0 \cdot 40)$$

$$= 604800 \text{ kg} > Tu = 164773,44 \text{ kg}$$

Aug adalah luas sayap gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$Mu = Pu \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 164773,44 \cdot 5,0$$

$$= 823867,2 \text{ kgcm}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : Mu = Momen Ultimate

$$R = \phi R_n \text{ (kekuatan desain yang menentukan)}$$

$$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \cdot 823867,2}{15609,94 \cdot 7}}$$

$$= 6,73 \approx 7 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$= \frac{164773,44 / 7}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$= 1,51 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.16 dengan tebal = 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- ✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{823867,2 \cdot 58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)} \\ &= 4756,08 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- ✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$\begin{aligned} R_{u_t} &= \frac{Pu}{n} \\ &= \frac{164773,44}{7} \\ &= 14967,63 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 15609,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,87 \\ &= 22514,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,87 \\ &= 31219,87 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1,3 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5200) \\ &= 27012,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

▪ Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 183081,6 \text{ kg} > T_u = 164773,44 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

▪ Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 164773,44 \cdot 5,0 \\ &= 823867,2 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : Mu = Momen Ultimate

R = ϕ R_n (kekuatan desain yang menentukan)

P = Jarak minimum sumbu baut = 7 cm

$$\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\ &= \sqrt{\frac{6.823867,2}{22514,33 \cdot 7}} \\ &= 5,60 \approx 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\ &= \frac{164773,44}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &= 1,51 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 90.90.13 dengan tebal 1,6 cm

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

✓ Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned} Ru_t &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{823867,2 \cdot 58}{(4^2 + 11^2 + 28^2 + 35^2 + 44^2 + 51^2 + 58^2)} \\ &= 4756,08 \text{ kg} < \phi \cdot Rn = 16638,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

Syarat :

$$Ru_v < \phi \cdot Rn$$

$$\begin{aligned} Ru_v &= \frac{Pu}{n} \\ &= \frac{164773,44}{7} \\ &= 23539,06 \text{ kg} < \phi \cdot Rn = 31219,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.10.3 Sambungan Batang Gelagar Induk WF400x400x45x70

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = 3/4 \text{ inch} = 19,1 \text{ mm}$. Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 1034,25 \text{ N/mm}^2$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

➤ Luas Baut :

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,91^2 \\ &= 2,864 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 2,864 \\ &= 11551,185 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

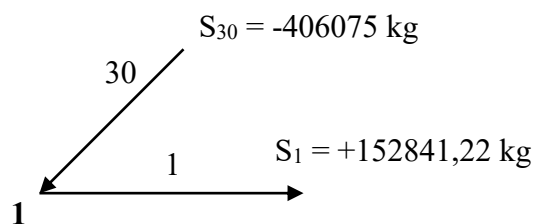
Tebal plat simpul = 2,25 cm.

Diameter lubang = $1,91 + 0,1 = 2,01$ cm

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (\phi = 0,75 ; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,01 \cdot 2,25 \cdot 5200) \\ &= 42330,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Perhitungan kebutuhan baut**

✓ Joint 1



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 16 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned}
\text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\
&= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\
&= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\
&\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\
&\geq 0,612 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned}
\text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\
&\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\
&\geq 2,04 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\
&= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\
&= 57,3 - 133,7 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

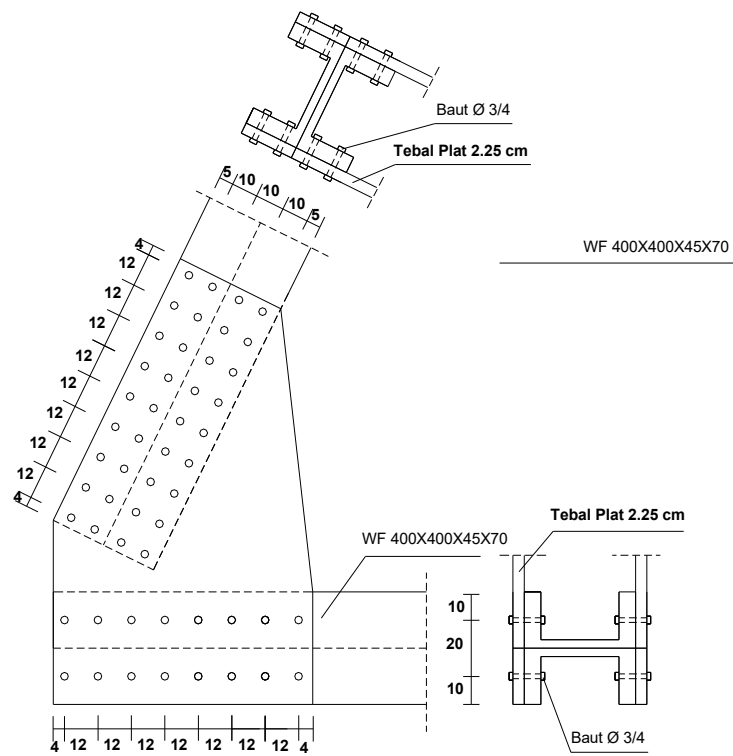
$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{406075,03}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,723 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{406075,03}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

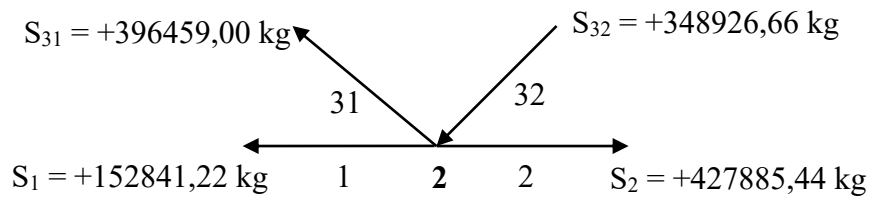
$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.



SIMPUL 1
1 : 15

✓ **Joint 2**



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S1} = \frac{152841,22}{11551,185} = 13,23 \approx \text{dipasang 20 buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\text{Syarat jarak ujung} = 1,5d - 3d$$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,49 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{152841,22}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 1,826 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{s2} = \frac{427885,44}{11551,185} = 37,04 \approx \text{dipasang } 40 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{427885,44}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,686 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{Db}{2}$

$$\geq \frac{427885,44}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,174 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,31 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \cdot \frac{1}{36}$$

$$\geq 0,706 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{F_u \cdot t} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,21 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S32} = \frac{348926,66}{11551,185} = 30,21 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{348926,66}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,621 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{F_u t} + \frac{Db}{2}$

$$\geq \frac{348926,66}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

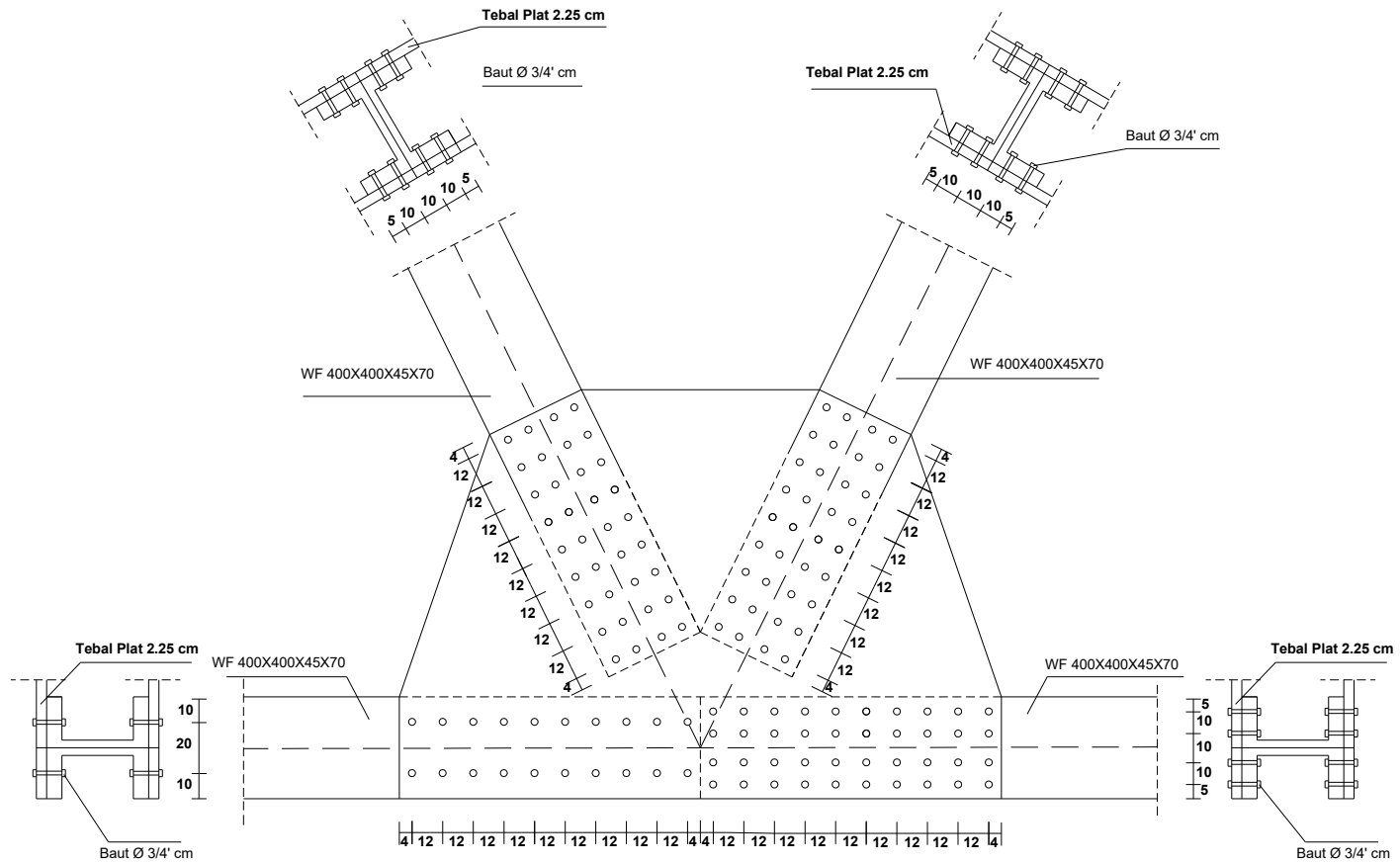
$$\geq 2,06 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

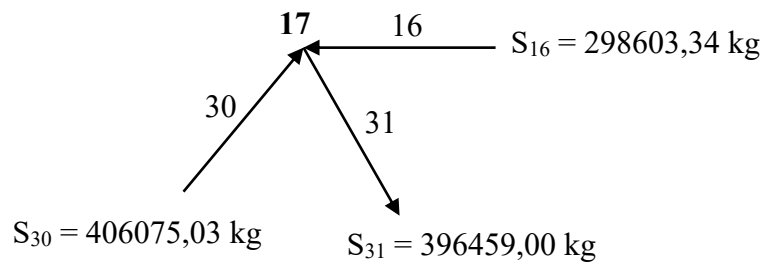
$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.



SIMPUL 2
1 : 15

✓ Joint 17



- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S30} = \frac{406075,03}{11551,185} = 35,15 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} \\ &\geq \frac{406075,03 / 36}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,723 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fut} + \frac{Db}{2}$$

$$\geq \frac{406075,03}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2}$$

$$\geq 2,24 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1$$

$$= 57,3 - 133,7 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S31} = \frac{396459,00}{11551,185} = 34,32 \approx \text{dipasang } 36 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1$$

$$= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$\geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4}$$

$$\geq 0,706 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{F_{u,t}} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{396459,00}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,21 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan

$$N_{S16} = \frac{298603,34}{11551,185} = 25,85 \approx \text{dipasang } 32 \text{ buah}$$

- Tebalan plat penyambung yang diperlukan

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{3}{4}$ inch adalah 25,4 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 19,1 - 3 \cdot 19,1 \\ &= 28,65 - 57,3 \text{ mm, digunakan } L = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

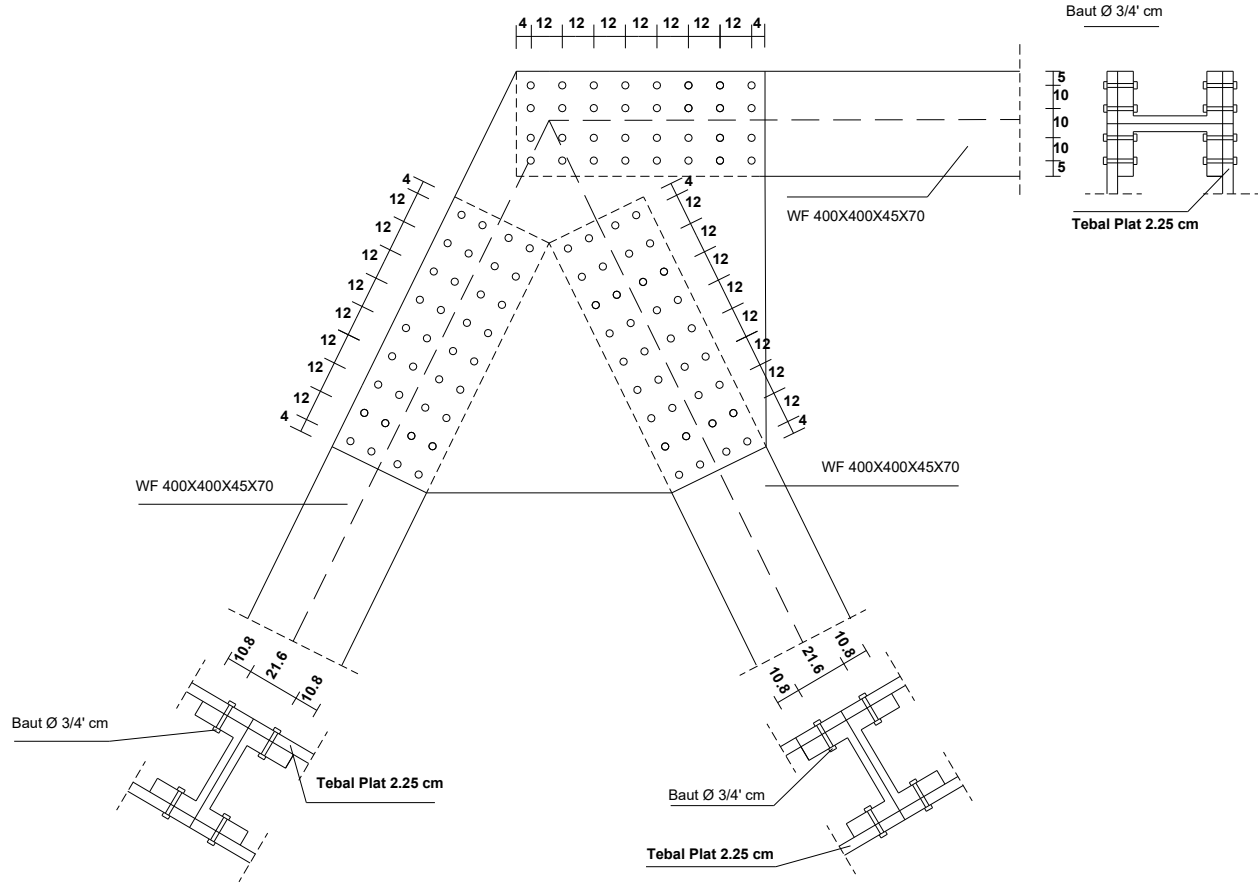
$$\begin{aligned} t &\geq \frac{298603,34}{0,75 \cdot 5200 \cdot 4} \\ &\geq 0,598 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 2,25 cm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &\geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{Db}{2} \\ &\geq \frac{298603,34}{0,75 \cdot 5200 \cdot 2,25} + \frac{1,91}{2} \\ &\geq 2,018 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak antar baut : } L &= 3d - 7d \\ &= 3 \cdot 19,1 - 7 \cdot 19,1 \\ &= 57,3 - 133,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 12 \text{ cm}$.



SIMPUL 17
1 : 15

3.10.4 Sambungan Batang Ikatan Angin

A. Ikatan Angin Yang Menggunakan W200x200x8x12

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

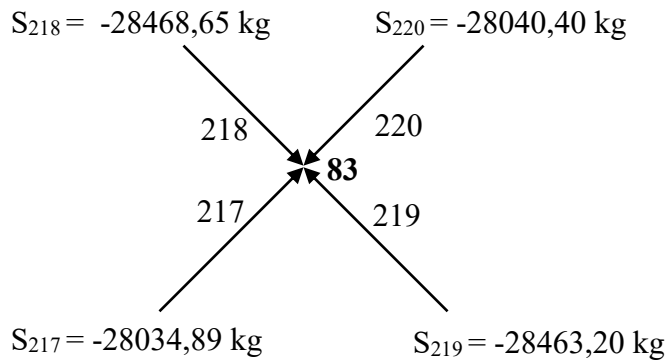
Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) && (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kekuatan Baut**

✓ **Joint 83**



- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S_{217}} = \frac{28034,89}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{1}{2}$ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7 \\ &= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{28034,89}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3} \\ &\geq 0,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{db}{2}$$

$$\geq \frac{28034,89}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,833 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S218} = \frac{28468,65}{5106,506} = 5,575 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{1}{2}$ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28468,65}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,406 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{db}{2}$

$$\geq \frac{28468,65}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,85 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S219} = \frac{28463,20}{5106,506} = 5,57 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{1}{2}$ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28463,20}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,405 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{db}{2}$

$$\geq \frac{28463,20}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

$$\geq 1,85 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.

- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S220} = \frac{28040,40}{5106,506} = 5,49 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{1}{2}$ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

Syarat jarak ujung = $1,5d - 3d$

$$= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7$$

$$= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \text{ cm}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t \geq \frac{28040,40}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3}$$

$$\geq 0,40 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

Jarak antar baut $\geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{db}{2}$

$$\geq \frac{28040,40}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

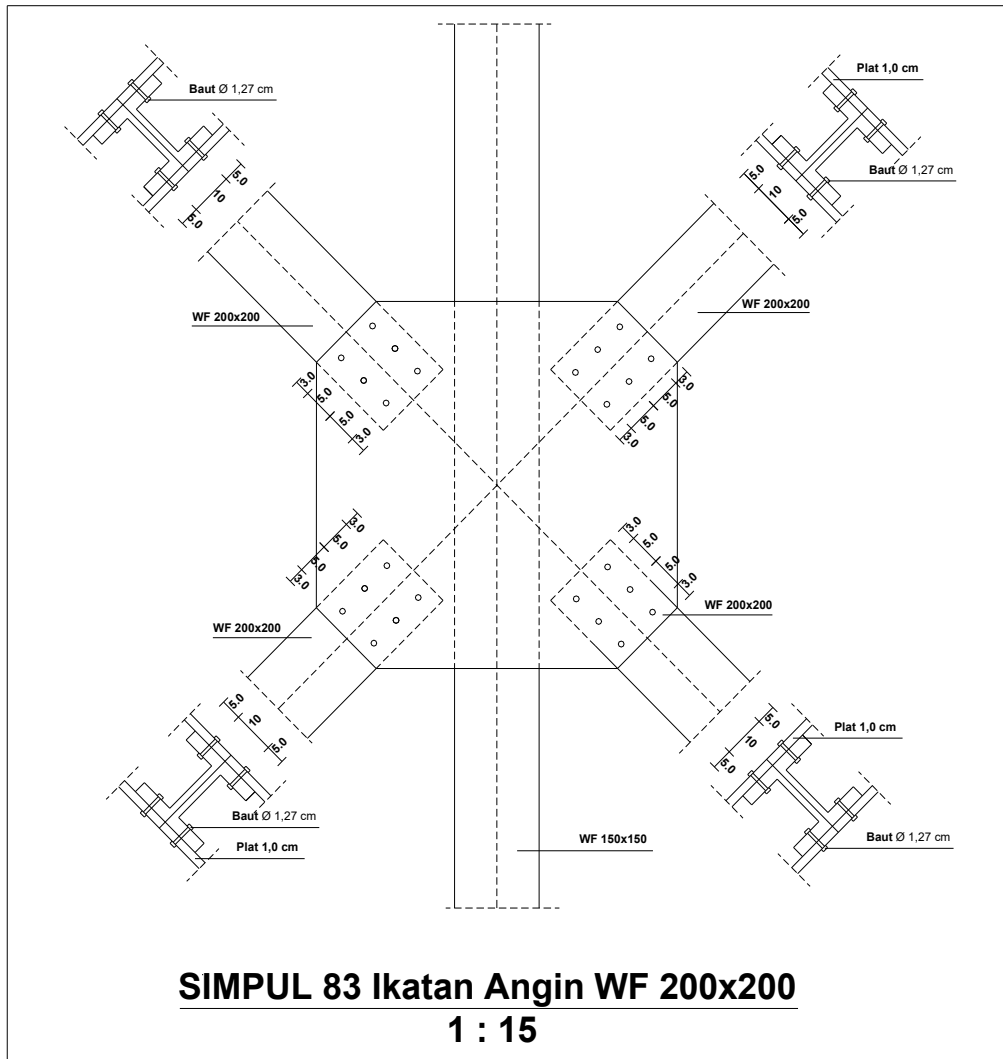
$$\geq 1,83 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 5 \text{ cm}$.



SIMPUL 83 Ikatan Angin WF 200x200

1 : 15

B. Ikatan Angin Yang Menggunakan L11011010

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $d = \frac{1}{2} \text{ inch} = 1,27 \text{ cm}$.

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$ (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 114)

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra,

Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14).

❖ Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 \\ &= 1,266 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

❖ Kekuatan geser desain

Merupakan sambungan irisan tunggal sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ Kekuatan tumpu desain :

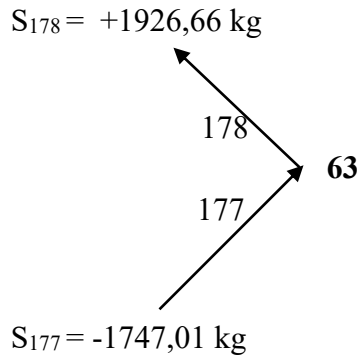
Tebal plat simpul = 1,00 cm

Diameter lubang = $1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) && (\phi = 0,75; F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 1,37 \cdot 1,00 \cdot 5200) \\ &= 12823,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Kekuatan Baut

✓ Joint 63



- Jumlah baut yang diperlukan :

$$N_{S177} = \frac{1747,01}{5106,506} = 0,342 \approx 2 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

Jarak ujung minimum untuk baut berdiameter $\frac{1}{2}$ inch adalah 19,1 mm (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 136).

$$\begin{aligned} \text{Syarat jarak ujung} &= 1,5d - 3d \\ &= 1,5 \cdot 12,7 - 3 \cdot 12,7 \\ &= 19,05 - 38,1 \text{ mm, digunakan } L = 3 \end{aligned}$$

Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} t &\geq \frac{1747,01/2}{0,75 \cdot 5200 \cdot 3} \\ &\geq 0,075 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan digunakan plat dengan ketebalan 1,00 cm

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{F_{u.t}} + \frac{db}{2}$$

$$\geq \frac{1747,01/2}{0,75 \cdot 5200 \cdot 1,00} + \frac{1,27}{2}$$

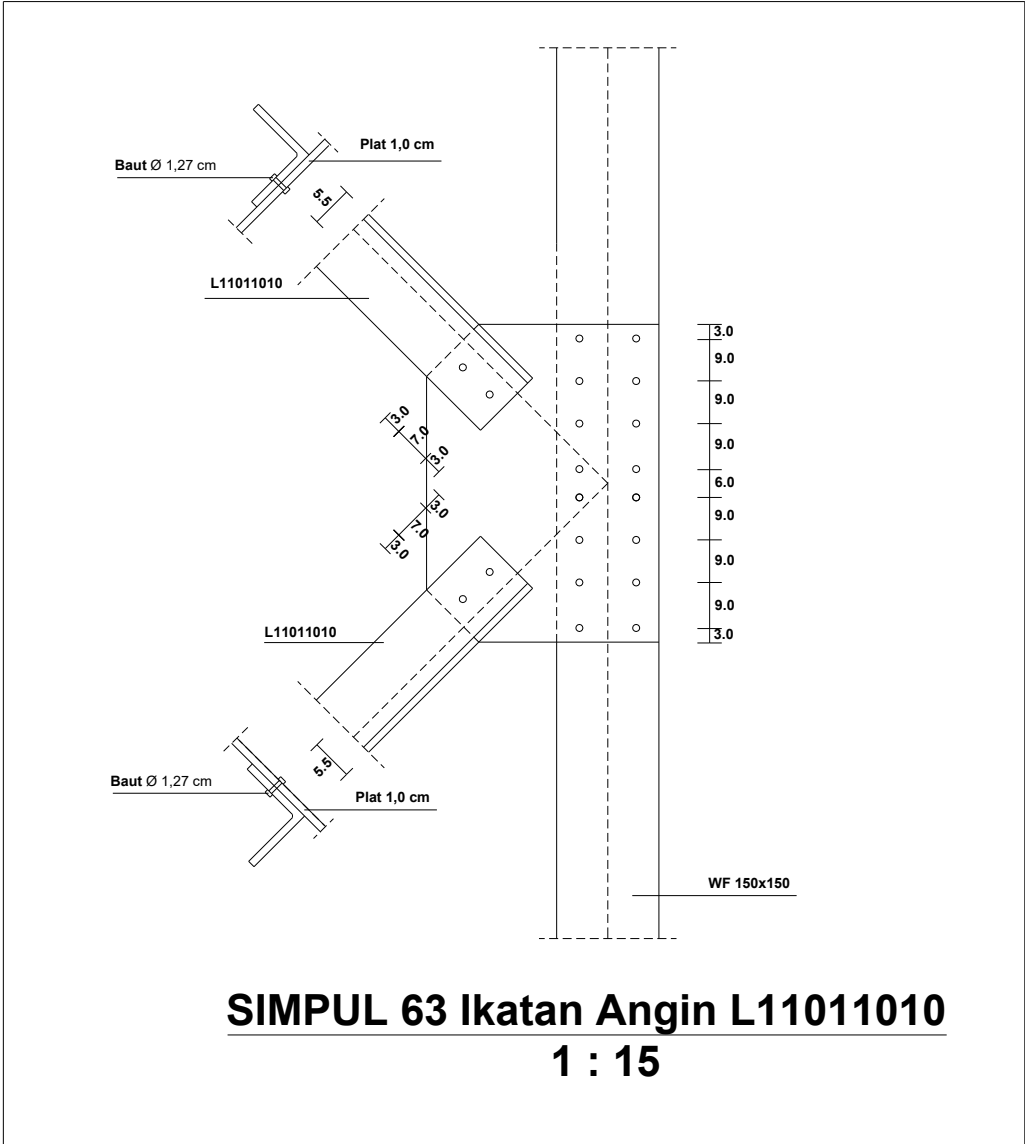
$$\geq 0,859 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut : $L = 3d - 7d$

$$= 3 \cdot 12,7 - 7 \cdot 12,7$$

$$= 38,1 - 88,9 \text{ mm}$$

Dalam perencanaan digunakan jarak antar baut $L = 7 \text{ cm}$



SIMPUL 63 Ikatan Angin L11011010
1 : 15

- **Kontrol Plat Simpul**
- ✓ **Gelagar Induk W400x400x45x70**

A. Simpul 1

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4}$ inch = 1,91 cm

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150$ ksi = 10342,5 kg/cm²

Kekuatan tarik putus plat Bj 52, $F_u = 5200$ kg/cm²

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600$ kg/cm²

Diameter lubang $d = 1,91 + 0,1 = 2,01$ cm

- Batang no. 1

$$P_{+1} = \frac{152841,22}{2}$$

$$= 76420,61 \text{ kg}$$

$$P_1 \cdot \cos 80^0 = 76420,61 \cdot \cos 80^0$$

$$D_1 = 13270,30 \text{ kg}$$

$$P_1 \cdot \sin 80^0 = 76420,61 \cdot \sin 80^0$$

$$N_1 = 75259,61 \text{ kg}$$

- Batang no. 30

$$P_{-30} = \frac{406075,03}{2}$$

$$= 203037,515 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \cos 80^0 = 203037,515 \cos 37^0$$

$$D_{30} = 162152,97 \text{ kg}$$

$$P_{30} \cdot \sin 80^0 = 203037,515 \cdot \sin 37^0$$

$$N_{30} = 122191,03 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 75259,61 - 122191,03$$

$$\begin{aligned}
 &= -46931,42 \text{ kg (tekan)} \\
 D_{\text{Total}} &= 13270,30 + 162152,97 \\
 &= 175423,27 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya tekan

$$\phi P_n \geq P_u \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342})$$

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

$$P_u = 46931,42 \text{ kg}$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur}$$

Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

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

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poison = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

ϕ = 0,75 untuk desain tekan

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (104 / 2,25)^2} \\
 &= 888,372 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= (104 \times 2,25) \\
 &= 234 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,75 \cdot 888,372 \cdot 234 \\
 &= 155909,286 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$155909,286 > 46931,42 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

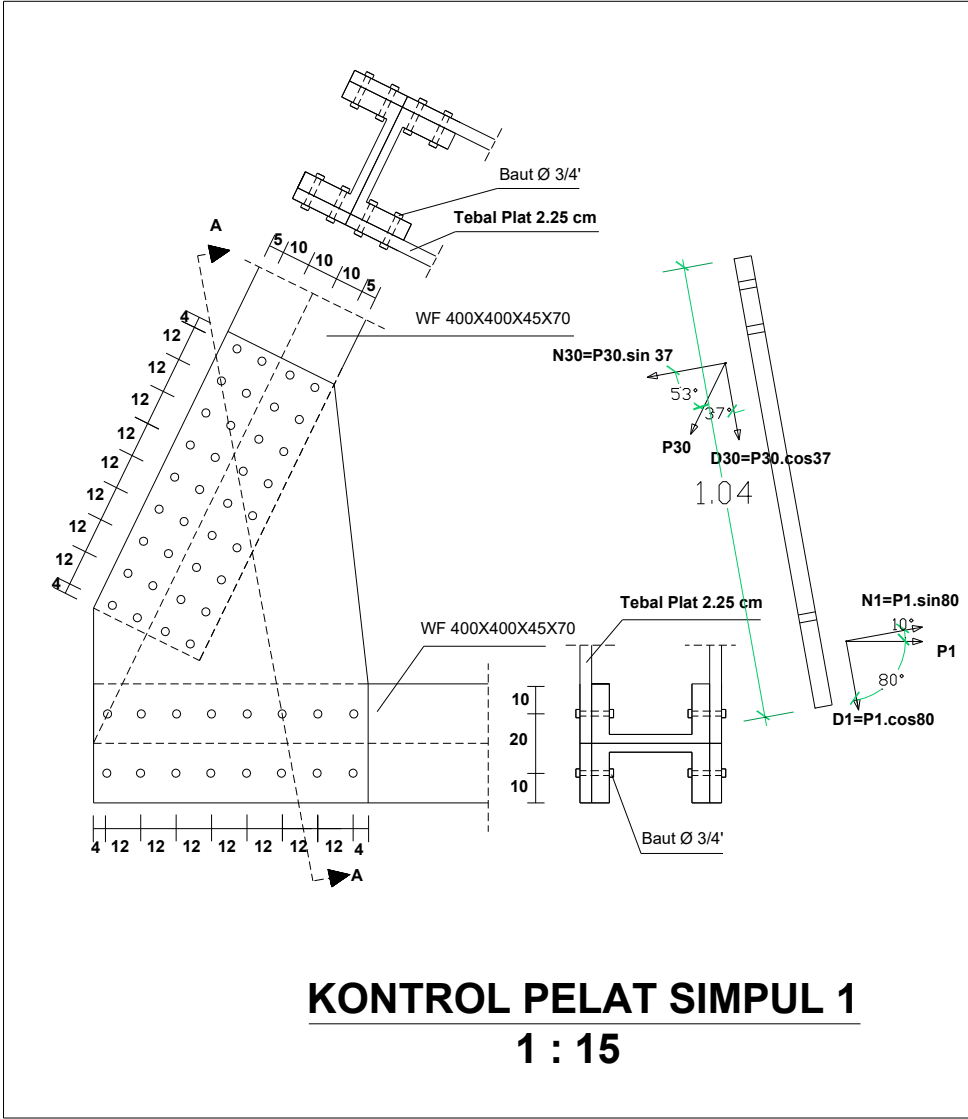
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w & A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\ &= 0,6 \times 3600 \times (104 - 6 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\ &= 446828,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 175423,27 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$175423,27 \text{ kg} < 0,9 \cdot 446828,4 \text{ kg}$$

$$175423,27 \text{ kg} < 402145,56 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$



KONTROL PELAT SIMPUL 1

1 : 15

B. Simpul 2

Diameter baut yang digunakan, $D = \frac{3}{4} \text{ inch} = 1,91 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150 \text{ ksi} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik putus Bj 52, $F_u = 5200 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $\frac{3}{4} = 1,91 + 0,1 = 2,01 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 2,25 \times 158,3 \\ &= 356,175 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana : $t = \text{tebal plat simpul} = 2,25 \text{ cm}$

- Luas bersih pelat :

$$\begin{aligned} A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\ &= (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\ &= 319,995 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

• Batang no. 2

$$\begin{aligned} P_{+2} &= \frac{427885,44}{2} \\ &= 213942,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_2 \cdot \cos 63^\circ = 213942,72 \cdot \cos 63^\circ$$

$$D_2 = 97127,96 \text{ kg}$$

$$P_2 \cdot \sin 63^\circ = 213942,72 \cdot \sin 63^\circ$$

$$N_2 = 190624,36 \text{ kg}$$

• Batang no. 32

$$P_{-32} = \frac{348926,66}{2}$$

$$= 174463,33 \text{ kg}$$

$$P_{32} \cdot \cos 53^0 = 174463,33 \cdot \cos 53^0$$

$$D_{32} = 104994,653 \text{ kg}$$

$$P_{32} \cdot \sin 53^0 = 174463,33 \cdot \sin 53^0$$

$$N_{32} = 139332,61 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 190624,36 - 139332,61$$

$$= 51291,75 \text{ kg (tarik)}$$

$$D_{\text{Total}} = 97127,96 + 104994,653$$

$$= 202122,613 \text{ kg}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya tarik

- Kekuatan nominal plat terhadap pelemahan penampang bruto :

$$\phi R_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 0,90 \cdot 3600 \cdot 356,175$$

$$= 1154007 \text{ kg}$$

- Kekuatan nominal plat terhadap retakan penampang bersih :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_u \cdot A_e$$

$$= 0,75 \cdot 5200 \cdot 319,995$$

$$= 1247980,5 \text{ kg}$$

Dari hasil diatas diambil nilai terkecil yaitu $\phi R_n = 1154007 \text{ kg}$.

$$\phi R_n > T_u = N$$

$$1154007 \text{ kg} > 51291,75 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

➤ Kontrol kekuatan terhadap gaya geser

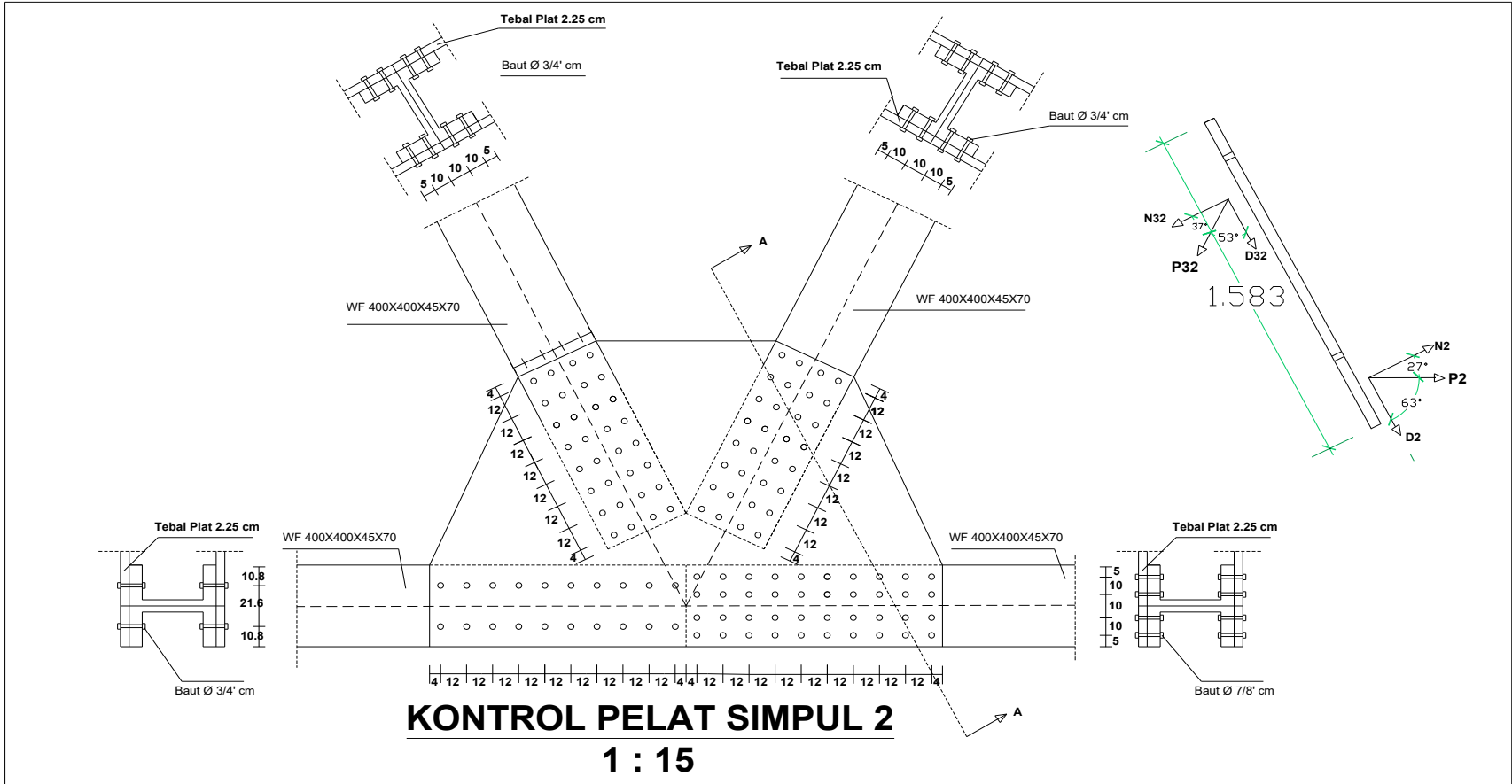
$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times F_y \times A_w & A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\ &= 0,6 \times 3600 \times (158,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\ &= 691189,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 202122,613 \text{ kg} = D_{\text{Total}}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$202122,613 \text{ kg} < 0,9 \cdot 691189,2 \text{ kg}$$

$$202122,613 \text{ kg} < 622070,28 \text{ kg} \quad \dots \text{Ok!!!}$$



Tebal Plat 2.25 cm

Baut Ø 3/4' cm

Tebal Plat 2.25 cm

Baut Ø 3/4' cm

WF 400X400X45X70

WF 400X400X45X70

N32

P32

1.583

N2

P2

D2

Tebal Plat 2.25 cm

WF 400X400X45X70

WF 400X400X45X70

Tebal Plat 2.25 cm

10.8

21.6

10.8

Baut Ø 3/4' cm

4 12 12 12 12 12 12 12 12 4 4 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 4

5

10

10

10

5

Baut Ø 7/8' cm

C. Simpul 17

Diameter baut yang digunakan, $d = \frac{3}{4}$ inch = 1,91 cm

Kekuatan tarik baut A490, $F_u^b = 150$ ksi = 10342,5 kg/cm²

Kekuatan tarik putus plat, $F_u = 5200$ kg/cm²

Diameter lubang = 1,91 + 0,1
= 2,01 cm

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 2,25 \times 140,3 \\ &= 315,675 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana : t = tebal plat simpul = 2,25 cm

- Luas bersih pelat :

$$\begin{aligned} A_w &= (b - n \cdot d) \cdot t \\ &= (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25 \\ &= 279,495 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

▪ Batang no. 16

$$\begin{aligned} P_{-16} &= \frac{298603,34}{2} \\ &= 149301,67 \text{ kg (sudut } 0^\circ) \end{aligned}$$

$$N_{16} = 149301,67 \text{ kg}$$

▪ Batang no. 16

$$\begin{aligned} P_{+31} &= \frac{396459,00}{2} \\ &= 198229,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{31} \cdot \cos 64^0 = 198229,5 \cdot \cos 64^0$$

$$N_{31} = 86898,09 \text{ kg}$$

$$P_{31} \cdot \sin 64^0 = 198229,5 \cdot \sin 64^0$$

$$D_{31} = 178167,49 \text{ kg}$$

$$N_{\text{Total}} = 149301,67 - 86898,09$$

$$= 62403,58 \text{ kg (tekan)}$$

$$D_{\text{Total}} = 178167,49 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya tekan

$\phi P_n \geq P_u$ (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342)

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

$$P_u = 62403,58 \text{ kg} = N$$

$$F_{cr} = k \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot (b/t)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja$$

Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 383)

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

k = koefisien jenis tumpuan, sendi – sendi = 1

μ = rasio poison = 0,3

b/t = rasio lebar/tebal

ϕ = 0,75 untuk desain tekan

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot (140,3 / 2,25)^2}$$

$$= 490,236 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 490,236 \cdot 315,675$$

$$= 116066,437 \text{ kg}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$116066,437 \text{ kg} > 62403,58 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

➤ Kekuatan terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w$$

$$= 0,6 \times 3600 \times (140,3 - 8 \cdot 2,01) \cdot 2,25$$

$$= 603709,2 \text{ kg}$$

$$V_u = 178167,49 \text{ kg} = D$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$178167,49 \text{ kg} < 0,9 \cdot 603709,2 \text{ kg}$$

$$178167,49 \text{ kg} < 543338,28 \text{ kg} \quad \dots\text{Ok!!!}$$

3.11 Perencanaan perletakan

A. Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S₁)

Direncanakan :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 60 + 40 \\ &= 100 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406043,31 \text{ kg}$$

$$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Bj 52, Buku Nova Hal. 211)}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot l}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad \text{(Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W,$$

Ir. Prof., hal 249)

$$= \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot 406043,31 \cdot 100}{50 \cdot 0,90 \cdot 3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14 \text{ cm}$$

2. Tebal Bantalan (S₂)

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 406043,31 \cdot 100$$

$$= 5075541,375 \text{ kg cm}$$

$$W = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{5075541,375}{0,9 \cdot 3600}$$

$$= 1566,53 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S_2 , S_3 , S_4 , dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 249

$$\text{Diambil } \frac{h}{S_2} = 4; \frac{b}{a \cdot S_2} = 4,2$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{b}{4,2 \cdot a} = \frac{50}{4,2 \cdot 4} = 2,976 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$$

$$= 0,2251 \cdot 4 \cdot h^2 \cdot 3$$

$$W = 0,2701 \cdot h^2$$

$$1566,53 \text{ cm}^3 = 0,2701 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{1566,53}{0,2701} = 579,98$$

$$h = \sqrt{579,98} = 24,08 \approx 24,5 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{25}{4} = 6,25 \sim 6,5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{25}{6} = 4,17 \sim 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{25}{9} = 2,78 \approx 3 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f \cdot y \cdot L} \quad (\text{Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W,}$$

Ir. Prof., hal 250)

$$= \frac{0,8 \cdot 406043,31}{0,90 \cdot 3600 \cdot 100}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = 1,003 \text{ cm}$$

$$d_1 = 0,501 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} x d_1$$

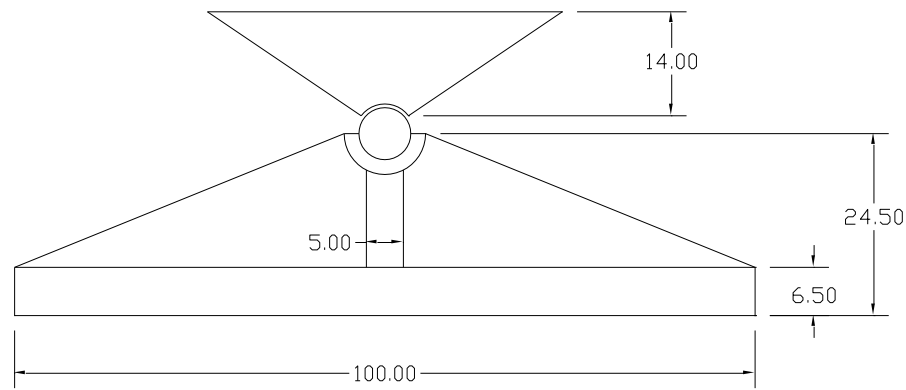
$$= \frac{1}{4} x 7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

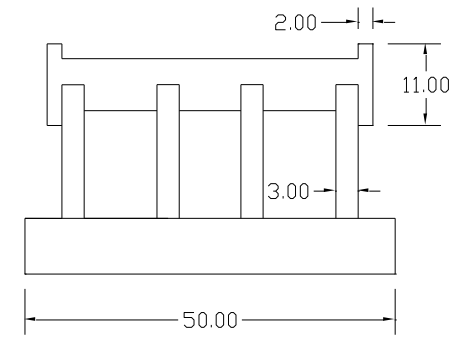
$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$



Penumpuan Engsel



Kursi Dari Penumpuan Engsel

PERLETAKAN SENDI

B. Perletakan Rol

- Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 60 + 40 \\ &= 100 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$P_u = 406001,09 \text{ kg}$$

- Tebal bantalan :

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (\text{Struyk H.,J.,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 406001,09 \cdot 100}{50 \cdot 0,90 \cdot 3600}}$$

$$= 13,71 \approx 14 \text{ cm}$$

- Diameter rol :

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2} \quad (\text{Struyk H.,J.,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.}$$

Prof., hal 250)

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{406001,09}{100 \cdot (0,9 \cdot 8500)^2}$$

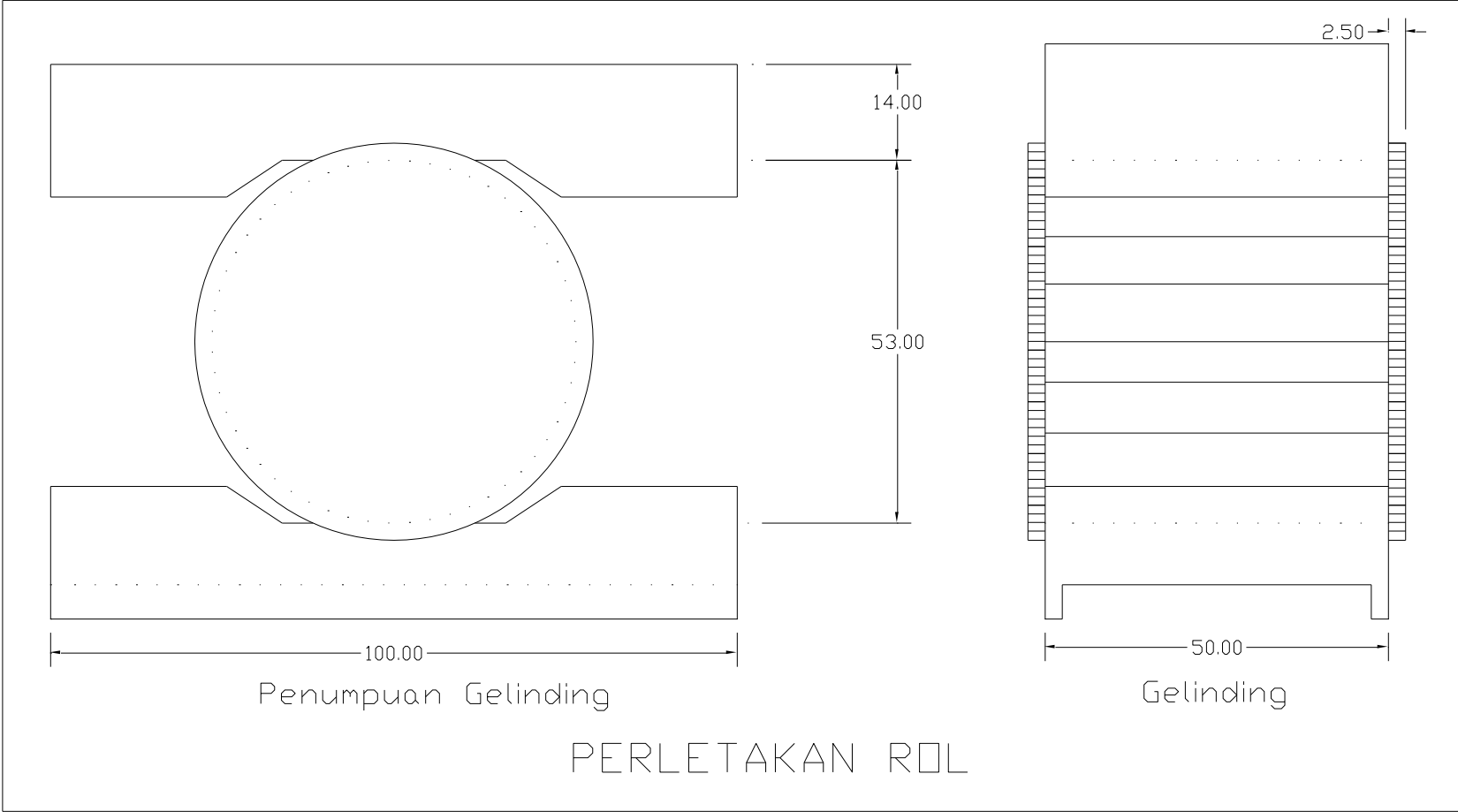
$$= 52,03 \text{ cm} \approx 53 \text{ cm}$$

- Tebal bibir rol :

$$d_6 = \text{diambil sebesar } 2,5 \text{ cm}$$

- Tinggi total rol :

$$\begin{aligned}d_5 &= d_4 + 2 \cdot d_6 \\ &= 53 + 2 \cdot 2,5 \\ &= 58 \text{ cm}\end{aligned}$$



BAB IV
KEBUTUHAN BAHAN

4.1 Profil Baja

A. Gelagar Memanjang

✚ Profil yang digunakan	= 300 x 300 x 10 x 15
✚ Berat profil	= 94 kg/m
✚ Panjang bentang	= 60 m
✚ Jumlah batang	= 6 buah
✚ Berat gelagar memanjang	= 94 x 60 x 6
	= 33840 kg

B. Gelagar Melintang

1. Batang Bawah

✚ Profil yang digunakan	= 700 x 300 x 13 x 24
✚ Berat profil	= 185 kg/m
✚ Panjang bentang	= 9 m
✚ Jumlah batang	= 16 buah
✚ Berat gelagar melintang	= 185 x 9 x 16
	= 26640 kg

2. Batang Atas Tengah

✚ Profil yang digunakan	= 150 x 150 x 7 x 10
✚ Berat profil	= 31,52 kg/m
✚ Panjang bentang	= 9 m
✚ Jumlah batang	= 12 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat gelagar melintang} &= 31,52 \times 9 \times 12 \\ &= 3404,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Batang Atas Tepi

$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 200 \times 200 \times 8 \times 11 \\ \text{Berat profil} &= 45,74 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 9 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 3 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar melintang} &= 45,74 \times 9 \times 3 \\ &= 1234,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

C. Gelagar Induk

1. Batang Bawah

$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\ \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 30 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 30 \\ &= 72560,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Batang Atas

$$\begin{aligned} \text{Profil yang digunakan} &= 400 \times 400 \times 45 \times 70 \\ \text{Berat profil} &= 604,67 \text{ kg/m} \\ \text{Panjang bentang} &= 4 \text{ m} \\ \text{Jumlah batang} &= 28 \text{ buah} \\ \text{Berat gelagar induk} &= 604,67 \times 4 \times 28 \\ &= 67723,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Batang Diagonal

✚ Profil yang digunakan	= 400 x 400 45 x 70
✚ Berat profil	= 604,67 kg/m
✚ Panjang bentang	= 5,38 m
✚ Jumlah batang	= 60 buah
✚ Berat gelagar induk	= 604,67 x 5,385 x 60
	= 195368,877 kg

D. Ikatan Angin

1. Batang Bawah

✚ Profil yang digunakan	= L11011010
✚ Berat profil	= 16,5 kg/m
✚ Panjang bentang	= 6,02 m
✚ Jumlah batang	= 28 buah
✚ Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 28
	= 2781,24 kg

2. Batang Atas

✚ Profil yang digunakan	= L11011010
✚ Berat profil	= 16,5 kg/m
✚ Panjang bentang	= 6,02 m
✚ Jumlah batang	= 24 buah
✚ Berat ikatan angin	= 16,5 x 6,02 x 24
	= 2383,92 kg

3. Batang Atas Tengah

✚ Profil yang digunakan	= 200 x 200 x 8 x 11
-------------------------	----------------------

✚ Berat profil	= 45,74 kg/m
✚ Panjang bentang	= 6,02 m
✚ Jumlah batang	= 4 buah
✚ Berat ikatan angin	= 45,74 x 6,02 x 4
	= 1101,42 kg

E. Pipa Sandaran

✚ Diameter	= 76,3 mm
✚ Berat	= 5,08 kg/m
✚ Luas	= 6,465 m
✚ Tebal	= 2,8 mm
✚ Panjang	= 60 m
✚ Berat pipa	= 5,08 x 60 x 4
	= 1219,2 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kebutuhan bahan total} &= 33840 \text{ kg} + 26640 \text{ kg} + 3404,16 \text{ kg} + 1234,98 \\
 &\quad \text{kg} + 72560,4 \text{ kg} + 67723,04 \text{ kg} + 195368,877 \\
 &\quad \text{kg} + 2781,24 \text{ kg} + 2383,92 \text{ kg} + 1101,42 \text{ kg} + \\
 &\quad 1219,2 \text{ kg} \\
 &= 408257,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2 Kebutuhan Baut dan Plat Simpul

A. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

✚ Ukuran baut yang digunakan	= 7/8 inch
✚ Jumlah titik simpul	= 95 buah
✚ Jumlah baut tiap simpul	= 4 x 4 buah

$$\begin{aligned} \text{✚ Jumlah baut} &= 4 \times 4 \times 95 \\ &= 1520 \text{ buah} \end{aligned}$$

B. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian bawah)

$$\begin{aligned} \text{✚ Ukuran baut yang digunakan} &= 7/8 \text{ inch} \\ \text{✚ Jumlah titik simpul} &= 32 \text{ buah} \\ \text{✚ Jumlah baut tiap simpul} &= 3 \times 6 \text{ buah} \\ \text{✚ Jumlah baut} &= 3 \times 6 \times 32 \\ &= 576 \text{ buah} \end{aligned}$$

C. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk (bagian atas)

$$\begin{aligned} \text{✚ Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{✚ Jumlah titik simpul} &= 30 \text{ buah} \\ \text{✚ Jumlah baut tiap simpul} &= 3 \times 2 \text{ buah} \\ \text{✚ Jumlah baut} &= 3 \times 2 \times 30 \\ &= 180 \text{ buah} \end{aligned}$$

D. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil WF 200 x 200 x 8 x 11

$$\begin{aligned} \text{✚ Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{✚ Jumlah baut} &= (8 \times 4 \text{ buah}) + 16 \text{ buah} \\ &= 48 \text{ buah} \end{aligned}$$

E. Sambungan Simpul Ikatan Angin Profil L11011010

$$\begin{aligned} \text{✚ Ukuran baut yang digunakan} &= 1/2 \text{ inch} \\ \text{✚ Jumlah baut} &= (104 \times 2 \text{ buah}) + (26 \times 12 \text{ buah}) \\ &= 520 \text{ buah} \end{aligned}$$

F. Sambungan Gelagar Induk

$$\text{✚ Ukuran baut yang digunakan} = 3/4 \text{ inch}$$

Tabel 4.1 Kebutuhan baut pada sambungan gelagar induk

Titik Simpul	Kebutuhan Baut (buah)			Kebutuhan Baut (buah)
	Btg Atas	Btg Bawah	Btg Diagonal	
1		16	36	52
2		60	72	132
3		80	72	152
4		80	72	152
5		80	72	152
6		80	72	152
7		80	72	152
8		80	72	152
9		80	72	152
10		80	72	152
11		80	72	152
12		80	72	152
13		80	72	152
14		80	72	152
15		60	72	132
16		16	36	52
17	32		72	104
18	64		72	136
19	64		72	136
20	64		72	136

21	64		72	136
22	64		72	136
23	64		72	136
24	64		72	136
25	64		72	136
26	64		72	136
27	64		72	136
28	64		72	136
29	64		72	136
30	64		72	136
31	32		72	104
Total kebutuhan baut				4168

Jadi total kebutuhan baut :

 **Ukuran 1/2 inch = 748 buah**

 **Ukuran 3/4 inch = 4168 buah**

 **Ukuran 7/8 inch = 2096 buah**

G. Kebutuhan Plat Simpul

 **Tebal plat 2,25 cm = 10% x 335652,317**
= 33565,232 kg

 **Tebal plat 1,0 cm = 10% x 30766,58**
= 3076,658 kg

4.3 Kebutuhan Bahan Untuk Lantai Kendaraan dan Trotoir

4.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan (Fy 260 Mpa)

1 Lonjor = 12 m

✚ Tulangan pokok D16 - 150 mm

$$\begin{aligned}\text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{60,0}{0,15} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,15} \times 60,0 \right) \right] \\ &= 7200 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{7200}{12} \\ &= 600 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

✚ Tulangan bagi ϕ 10 – 200 mm

$$\begin{aligned}\text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{60,0}{0,20} \times 9,0 \right) + \left(\frac{9,0}{0,20} \times 60,0 \right) \right] \\ &= 5400 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{5400}{12} \\ &= 450 \text{ lonjor}\end{aligned}$$

4.3.2 Kebutuhan Beton (f'c = 30 Mpa)

1. Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned}\text{✚ Lebar lantai} &= 7,0 \text{ m} \\ \text{✚ Panjang lantai} &= 60,0 \text{ m} \\ \text{✚ Tebal lantai} &= 0,25 \text{ m} \\ \text{✚ Volume beton} &= 7,0 \times 60,0 \times 0,25 \\ &= 105 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Lantai Trotoir

$$\begin{aligned} \text{Lebar lantai} &= 2 \times 1,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Panjang lantai} = 60,0 \text{ m}$$

$$\text{Tebal lantai} = 0,55 \text{ m}$$

$$\text{Volume beton} = 2,0 \times 60,0 \times 0,55$$

$$= 66 \text{ m}^3$$

$$\text{Jadi total kebutuhan beton} = 105 + 66$$

$$= 171 \text{ m}^3$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan plat lantai kendaraan :
 - Tebal plat beton : 250 mm
 - Dipakai tulangan pokok : D16 – 150 mm
 - Dipakai tulangan bagi : ϕ 10 – 200 mm
2. Pada perencanaan gelagar memanjang :
 - Dipakai profil : WF 300 x 300 x 10 x 15
 - Berat total profil : 33840 kg
3. Pada perencanaan gelagar melintang bawah :
 - Dipakai profil : WF 700 x 300 x 13 x 24
 - Berat total profil : 26640 kg
4. Pada perencanaan gelagar melintang atas tengah :
 - Dipakai profil : WF 150 x 150 x 7 x 10
 - Berat total profil : 3404,16 kg
5. Pada perencanaan gelagar melintang atas tepi :
 - Dipakai profil : WF 200 x 200 x 8 x 11
 - Berat total profil : 1234,98 kg
6. Pada perencanaan gelagar induk :
 - Dipakai profil : WF 400 x 400 45 x 70

- Berat total profil : 335652,317 kg
7. Pada perencanaan ikatan angin atas tengah :
- Dipakai profil : WF 200 x 200 x 8 x 11
 - Berat total profil : 1101,42 kg
8. Pada perencanaan ikatan angin :
- Dipakai profil : L11011010
 - Berat total profil : 5165,16 kg
9. Pada perhitungan perletakan jembatan :
- b : 50 cm
 - l : 100 cm

Berdasarkan hasil uraian diatas dari analisa perencanaan, maka penyusun dapat mengambil kesimpulan :

1. Pada perencanaan jembatan rangka baja tipe bukaka, dengan menggunakan metode LRFD dihasilkan konstruksi yang lebih kuat didalam menahan beban ultimate sehingga lendutan yang dihasilkan akibat kombinasi beban mati dan beban hidup yang bekerja lebih kecil
2. Pada perencanaan jembatan dengan menggunakan rangka baja tipe bukaka pada Jembatan Karangates didapatkan berat total profil baja yang dibutuhkan sebagai konstruksi yaitu sebesar 408257,237 kg
3. Pada perencanaan jembatan rangka baja tipe bukaka dengan menggunakan metode LRFD pada Jembatan Karangates dihasilkan lendutan maksimal pada tengah bentang yaitu masing-masing pada joint 8 sebesar 12,1921 cm, joint 9 sebesar 12,1923 cm, joint 39 sebesar 12,2068 cm, joint 40 sebesar 12,2068 (akibat kombinasi beban mati + beban hidup "D" + Rem) lebih

kecil dari lendutan yang diijinkan sebesar $\frac{1}{240} \cdot L = \frac{1}{240} \cdot 60 = 0,25 \text{ m} = 25$

cm (SNI-03-1726-2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, hal 15 dari 183)

4. Pada perencanaan jembatan rangka baja tipe bukaka dengan menggunakan perencanaan struktur truss mempunyai beberapa kelebihan.

Kelebihannya di Truss yaitu :

- a. Tahan terhadap beban kejut (untuk jembatan) yang besar / bagus untuk mengantisipasi gaya kejut yang besar.
- b. Lebih tahan terhadap deformasi, kurang lebih 2,48 kali kalau tidak di Truss.

5.2 Saran

Saran penulis adalah sebagai berikut :

1. Analisa dengan menggunakan program bantu STAAD Pro 2004 sangat tepat dalam menganalisa suatu struktur jembatan rangka baja tipe bukaka, sebab waktu yang diperlukan akan lebih singkat dengan tingkat kesalahan yang relative sangat kecil dari perhitungan secara manual.
2. Mengingat begitu pentingnya fungsi dari jembatan, maka dalam setiap perencanaan konstruksi jembatan banyak hal yang harus diperhatikan terutama dalam hal sambungan yang sangat riskan sekali dalam kegagalan struktur, karena kekuatan jembatan pada dasarnya sangat ditentukan oleh kekuatan konstruksinya.
3. Jembatan rangka baja tipe bukaka memiliki kelemahan didalam menahan lendutan yang terjadi, gaya tarik paling dominan terjadi pada batang

bagian bawah sehingga profil baja yang digunakan besar. Untuk mengatasi lendutan yang terjadi oleh sebab itu pada beberapa bagian harus menggunakan struktur Truss.

4. Pada jembatan peraturan pembebanannya sangat berbeda dengan model pembebanannya pada gedung. Untuk itu perlu diperhatikan pembagian pembebanannya berdasarkan peraturan yang berlaku. Setiap Negara mempunyai standart peraturan yang berbeda-beda antara negara yang satu dan negara yang lainnya. Peraturan pembebanan yang bisa dipakai yaitu buku peraturan perencanaan teknik jembatan (BMS 1992) yang memang berlaku di Timor-Leste.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 2002., *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.*, SNI - 03 - 2847 - 2002., Bandung.
- Anonim., 2002., *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.*, SNI - 03 - 1729 - 2002
- Anonim, 1992. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS 1992, Jakarta. Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2000. Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD, Institut Teknologi Bandung, Pusat Penelitian Antar Universitas Bidang Ilmu rekayasa.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid I, Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. Jembatan Terjemahan Soemargono, Jakarta, PT. Pradnya Paramita.
- Sunggono kh, V, Ir, 1995. Buku Teknik Sipil, Bandung, Penerbit Nova.

LAMPIRAN