

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH* DENGAN
MENGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER
DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

SKRIPSI



Di Susun Oleh :

Ruffino Da Silva Ximenes

12 21 001

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

2016

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH* DENGAN
MENGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER
DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

SKRIPSI



Di Susun Oleh :

Rufino Da Silva Ximenes

12 21 001

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS
JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110
METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

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

Disusun Oleh :

RUFINO DA SILVA XIMENES

12.21.001

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Sudirman Indra, M.sc

Ir. Ester Priskasari, MT

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



Ir. A. Agus Santosa, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS
JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110
METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

*Dipertakan dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)*

Pada hari : Rabu

Tanggal : 10 Agustus 2016

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

Disusun Oleh :

RUFINO DA SILVA XIMENES

12.21.001

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi

Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT

Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1



Ir. Munasib, MT

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



Ir. A. Agus Santosa, MT

Dosen Penguji II



Ir. Bambang Wedyantadji, MT

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

MALANG

2016

ABSTRAKSI

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG THROUGH ARCH DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA”, Oleh : Rufino Da Silva Ximenes (Nim : 12.21.001), Pembimbing I : Ir. Sudirman Indra, MSc. Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Jembatan jalan raya secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak seimbang. Pada daerah Kalimantan pembuatan jembatan rangka baja lebih bagus sebagai pendekat dari pada jembatan beton. Karena susahnya material seperti batu, pasir, dan material yang lainnya untuk membuat jembatan beton, maka dari itu memilih jembatan rangka karena mudah dalam pelaksanaan dan material nya.

Jembatan rangka terdiri dari dua rangka bidang utama yang diikat bersama balok – balok melintang dan pengaku – pengakunya. Berat jembatan rangka relatif ringan dan mudah dalam pembangunannya, dimana jembatan bisa dirakit bagian demi bagian (stryuk dan van deer, jembatan, 1995 : 12). Salah satunya adalah jembatan pelengkung tipe Through arch . Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan struktur bangunan atas Jembatan Rangka Baja Tipe Through Arch dengan menggunakan profil baja WF. Dalam hal ini perencanaan menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) RSNI T 02-2005 untuk peraturan pembebanannya.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang, pada perencanaan plat lantai kendaraan menggunakan tebal plat beton 250 mm, dipakai tulangan pokok D13-250 mm, dan dipakai tulangan bagi D 13 – 250 mm. Pada perencanaan gelagar memanjang dipakai profil WF 350 X 150 X 8 X 13. Pada perencanaan gelagar melintang dipakai profil WF 350 X 175 X 7 X 11. Pada perencanaan gelagar melintang atas dipakai profil WF 150 X 150 X 7 X 10. Pada perencanaan gelagar melintang bawah dipakai profil WF 250 X 250 X 9 X 14. Pada perencanaan gelagar induk dipakai profil WF 458 X 417 X 30 X 50. Pada perencanaan ikatan angina dipakai profil LD 120.120.12. Pada sambungan menggunakan menggunakan tebal plat simpul 4 cm dan diameter 1 1/8”. Pada perhitungan perletakan didapatkan panjang (l) 150 cm dan lebar (b) 70 cm.

Kata Kunci : Jembatan, Jembatan Rangka Baja, Jembatan Rangka Tipe Trough Petit Truss, Struktur Bangunan Atas.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan BerkatNya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

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.

Tak lepas dari hambatan dan rintangan dan kesulitan dalam penyusunan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

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

1. Bpk.Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA, selaku Rektor Insitut Teknologi Nassional Malang
2. Bpk. Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan sekaligus Selaku Dosen pembimbing I
3. Ir. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Ibu. Ir. Ester Priskasari, MT selaku Dosen pembimbing II.

Para teman–teman teknik Sipil Angkatan 12’ yang ikut membantu dalam penyelesaian Proposal Skripsi ini dan juga orang-orang yang ada dibalik layar.

Dengan penuh kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari harapan dan kesempurnaan. Untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pembaca, akhir kata harapan penyusun adalah semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca.

Malang, September 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Jembatan Secara Umum	5
2.1.1 Tipe-tipe Jembatan	5
2.1.2 Bagian-bagian Jembatan	7
2.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung	7
2.2.1 Plat Lantai Kendaraan	7
2.2.2 Steel Arch (Pelengkung)	8
2.2.3 Gelagar Induk	9
2.2.4 Kabel	9

2.2.5	Sockets.....	10
2.2.6	Perencanaan Gelagar Memanjang.....	10
2.2.7	Perencanaan Gelagar Melintang	10
2.2.8	Ikatan Angin.....	11
2.2.9	Konstruksi Perletakan	12
2.3	Pembebanan.....	15
2.3.1	Beban Primer.....	15
2.3.2	Beban Sekunder..	18
2.4	Teori Desain Struktur Baja Metode LRFD	22
2.5	Desain Batang Tarik.....	23
2.6	Perencanaan Kabel	27
2.7	Perencanaan sambungan.....	29
2.6.1	Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser.....	30
2.6.2	Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser..	31
2.6.3	Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut..	31
2.6.4	Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut..	32
2.6.5	Jarak Minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya.....	33
2.6.6	Jarak Ujung Minimum Pada Arah Transmisi Gaya.....	35
2.6.7	Menentukan Tebal Plat Simpul.....	35
2.7	Diagram Alir Perencanaan	37

BAB III ANALISA DATA DAN PEMBEBANAN

3.1	Data Perencanaan	38
3.2	Data Pembebanan.....	38
3.3	Perhitungan Plat Lantai Kendaraan Dan Trotoir	42
3.3.1	Perhitungan Pembebanan.....	42

3.3.2	Perhitungan Statika	43
3.3.3	Perhitungan Penulangan Plat Lantai	45
3.3.4	Penulangan Trotoir.....	51
3.4	Perhitungan Perataan beban	56
3.5	Perencanaan Gelagar Memanjang	59
4.5.1	Perhitungan Statika	62
4.5.2	Perencanaan Dimensi Gelagar Memanjang	64
3.6	Perencanaan Gelagar Melintang.....	72
3.7.1	Perhitungan Pembebanan.....	72
3.7.2	Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang	74
3.7.3	Perencanaan Dimensi Gelagar Melintang.....	78
3.8	Perencanaan Gelagar Induk.....	94
3.8.1	Perhitungan Pembebanan.....	94
3.9	Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk	108
3.10	Perencanaan Ikatan Angin.....	127
3.11	Perencanaan Sambungan	128
3.11.1	Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.	138
3.11.2	Sambungan Gelagar Induk dan Gelagar Melintang.	136
3.11.3	Sambungan Batang Gelagar Induk WF700x300.....	142
3.11.4	Sambungan Batang Ikatan Angin.	171
3.12	Perhitungan Dimensi Penampang Kabel.....	178
3.13	Sambungan Pada Kabel.....	179
3.13.1	Sambungan Antara Socket Dengan Gelagar Induk.	179
3.14	Perencanaan Perletakan	184

BAB IV KEBUTUHAN BAHAN

4.1 Profil Baja.....	194
4.2 Kebutuhan Beton dan Tulangan	195

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	196
5.2 Saran.....	198

DAFTAR PUSTAKA	x
-----------------------------	----------

GAMBAR

LAMPIRAN

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

DAFTAR GAMBAR

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 pelengkung.....	18
Gambar 2.12	Diagram Regangan Tegangan	19
Gambar 2.13	Daigram Tegangan Regangan	19
Gambar 2.14	Penampang lintang batang- batang tarik	21
Gambar 2.15	Penampang batang lentur.....	24
Gambar 2.16	Kegagalan baut tanpa ulir	25
Gambar 2.17	Kegagalan baut ada ulir	26
Gambar 2.18	Kegagalan tarik baut.....	27
Gambar 2.19	Kegagalan tumpu baut ada ulir.....	28
Gambar 2.20	jarak dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan	29
Gambar 2.21	Jarak baut dari pusat ke pusat.....	29
Gambar 2.22	Jarak ujung baut.....	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Dapat dikatakan bahwa perkembangan jembatan sejalan dengan waktu peradaban manusia. Dalam pemilihan struktur jembatan perlu diperhatikan beberapa aspek yang nanti akan sangat diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan, antara lain aspek kekuatan struktur, aspek ekonomis, aspek estetika, aspek kondisi setempat. Jembatan rangka batang merupakan gabungan dari rangka yang diikat membentuk unit segitiga. Semua elemen rangkanya memikul beban – beban yang bekerja sehingga terjadi gaya tarik maupun gaya tekan ataupun keduanya.

Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe baja menggunakan rangka baja, dengan berbagai macam bentuk di antaranya *pratt, howe, lattice, baltimore, pennsylvania, parker, camelback, warren, dan k-truss*. Keunggulan dari jembatan rangka baja diantaranya konstruksi jembatan rangka, Jembatan rangka efektif untuk bentang 30 meter sampai 60 meter, Untuk bentang lebih dari 60 meter kita bisa memodifikasi model jembatan rangka seperti tipe rangka through arch selain itu pengangkutan bahan baja lebih mudah dilakukan pelaksanaan dilapangan lebih mudah dan lebih cepat.

Selain keunggulan-keunggulan tersebut, terdapat kekurangan pada jembatan rangka baja diantaranya dibutuhkan biaya pemeliharaan yang lebih besar sehubungan dengan kegagalan struktur misalnya korosi pada bahan jembatan dan dibutuhkan ketepatan serta ketelitian dalam proses pelaksanaan sebagai contoh pembuatan lubang pada pelat buhul maupun profil hal ini menyebabkan diperlukan tenaga ahli. Dalam perencanaan jembatan

ada beberapa aspek yang patut di perhatikan sehingga dapat diperoleh hasil perencanaan yang baik dan ekonomis.

Maka dari itu disini penyusun berusaha perencanaan konstruksi Baja tipe through arch pada pembangunan Jembatan kabupaten nunukan provinsi kalimantan utara.

Selain dari pemilihan bentuk konstruksi, pemikiran lain yang harus di perhatikan adalah metode yang sesuai untuk diterapkan, banyak metode perencanaan yang digunakan, tetapi dalam hal ini penulis menggunakan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini diharapkan maupun memberikan pemilihan rancangan yang bisa diterapkan dilapangan guna pencapaian kualitas yang baik, aman dan ekonomis.

Berdasarkan dari tinjauan di atas maka penulisan proposal skripsi ini penulis menggunakan judul **“Studi Alternatif Perencanaan Bangunan atas Jembatan Rangka Tipe Pelengkung (*through arch*) dengan menggunakan Metode LRFD Total Bentang 110 meter di Nunukan Kalimantan Utara”**

Adapun latar belakang pemilihan tipe jembatan pelengkung (*through arch*) ini yaitu alternatif lain bagi konstruksi jembatan rangka baja yang sudah ada dan karena jembatan tipe pelengkung cocok untuk jembatan dengan bentang panjang dan jembatan pelengkung (*through arch*) mempunyai nilai estetika yang menarik dibandingkan dengan jembatan biasa.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Berapa dimensi dari gelagar memanjang, melintang dan induk pada jembatan tersebut?
- b. Berapa dimensi kabel yang diperlukan pada jembatan tersebut?
- c. Berapa jumlah dan dimensi alat penyambung?
- d. Berapa dimensi ikatan angin jembatan tersebut?
- e. Berapa besar lendutannya?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan proposal skripsi ini adalah untuk merencanakan suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dari hasil perencanaan lebar jembatan, panjang jembatan sudah minimum dan maksimum dengan menggunakan jembatan tipe pelengkung.

Tujuan dari penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung dimensi gelagar memanjang, melintang dan induk pada jembatan tersebut.
- b. Menghitung dimensi kabel pada jembatan tersebut.
- c. Menghitung jumlah dan dimensi alat penyambung pada jembatan tersebut.
- d. Menghitung dimensi ikatan angin pada jembatan tersebut.
- e. Mencari besar lendutan.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Pembahasan dalam konstruksi bangunan jembatan, maka perlu adanya lingkup pembahasan tanpa mengurangi penjelasan dari proposal skripsi ini. Pada dasarnya jembatan terdiri dari dua bagian yang utama, yaitu bangunan atas dan bangunan bawah, maka penulisan membatasi pembahasan pada struktur bangunan atas sebagai berikut :

- a. Perencanaan lantai kendaraan
- b. Perencanaan trotoir
- c. Perencanaan gelagar memanjang
- d. Perencanaan gelagar melintang
- e. Perencanaan gelagar induk
- f. Perencanaan kabel penggantung
- g. Perencanaan sambungan
- h. Perencanaan perletakan

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 :

RSNI-T-03-2005, tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan;

RSNI-T-02-2005, tentang Standar Pembebanan untuk jembatan;

Program bantu *Staad Pro*, untuk perhitungan statika jembatan rangka baja tipe pelengkung (*through arch*) dengan perhitungan 3 – D.

BAB II

DASAR TEORI

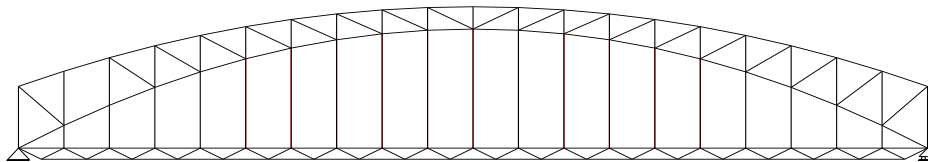
2.1 Jembatan Secara Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai atau saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Secara umum suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika.

2.1.1 Tipe-tipe jembatan busur/pelengkung

1. Jembatan pelengkung (*Through Arch*)

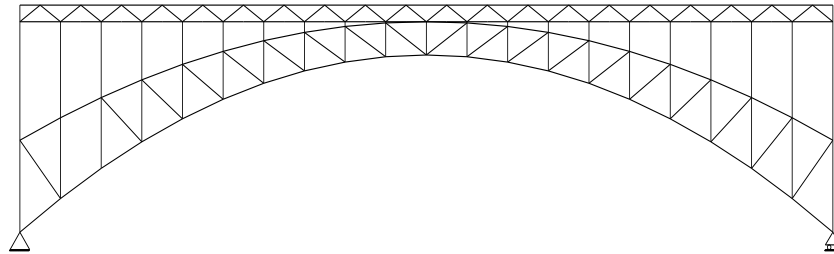
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di springline busurnya



Gambar 2.1 Jembatan pelengkung (*Through Arch*)

2. Jembatan pelengkung (*Deck Arch*)

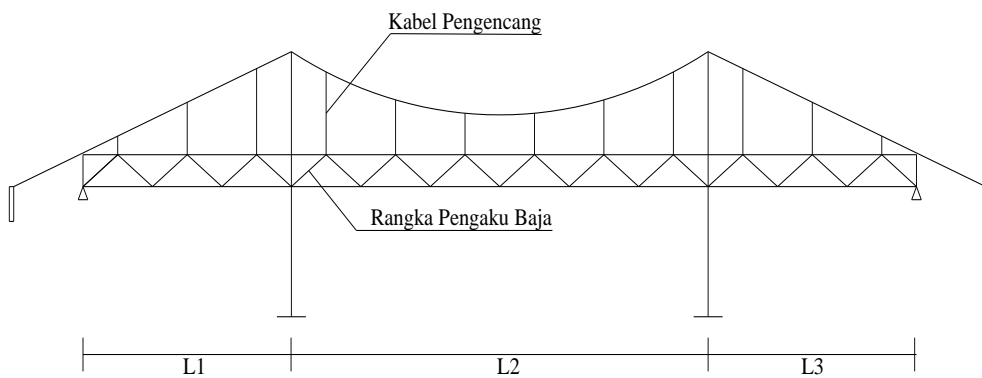
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada pada bagian paling atas busur.



Gambar 2.2. Jembatan pelengkung (*Deck Arch*)

3. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

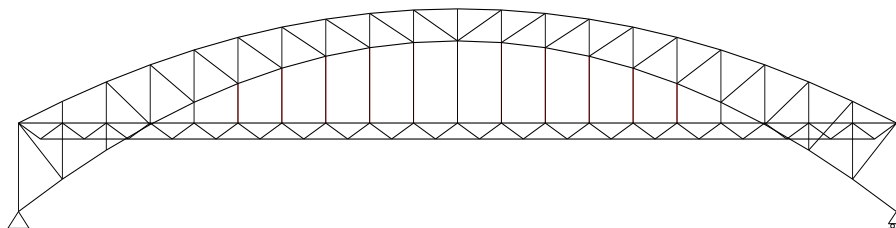
Konstruksi utama dari jembatan ini terdiri dari kabel yang terbentang diatas menara atau tiang penegar, kabel penggantung / hanger, balok-balok penegar gelagar, anker.



Gambar 2.3. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

4. Jembatan pelengkung (*A Half – Through Arch*)

Salah satu jenis jembatan busur dimana lantainya kendaraannya berada di antara springline dan bagian busur jembatan, atau berada di tengah-tengah.



Gambar 2.4. Jembatan lengkung (*A Half – Through Arch*)

1.2.2. Bagian-bagian Jembatan

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu struktur bagian atas atau super struktur dan struktur bagian bawah atau sub struktur. Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas. Struktur bagian atas dari jembatan itu sendiri meliputi :

- a. Lantai trotoir dan kendaraan
- b. Gelagar memanjang
- c. Gelagar melintang
- d. Gelagar induk
- e. Pipa sandaran
- f. Plat simpul
- g. Peletakan / sandaran

2.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan Pelengkung

2.2.1 Plat lantai kendaraan

Plat lantai kendaraan merupakan komponen jembatan tempat berpijaknya keadaan. Dalam skripsi ini plat lantai kendaraan direncanakan terbuat dari struktur beton.

Perhitungan pembebanan plat lantai kendaraan meliputi :

1. Pembebanan Plat Lantai
2. Pembebanan totoir

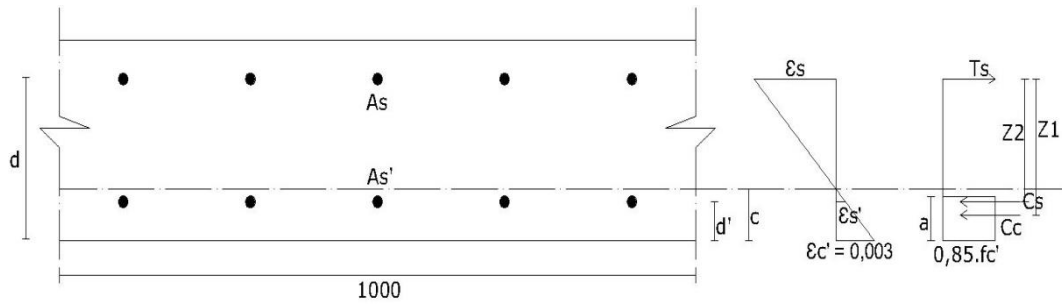
Penulangan plat lantai

Mu didapat dengan menggunakan *Software Staad Pro*

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

As = $(1/4 \times \pi \times D^2 \times b) /$ jarak yang direncanakan

Untuk perhitungan tulangan rangkap



$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot xb} \quad (2.1)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$Cc = 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b \quad (2.2)$$

Tegangan tekan pada serat baja:

$$Cs = As' (fs' - 0,85 \cdot fc) \quad (2.3)$$

Kekuatan momen yang terjadi:

$$Mn = Cc \cdot Z1 + Cs \cdot Z2 \quad (2.4)$$

Kekuatan momen rencana:

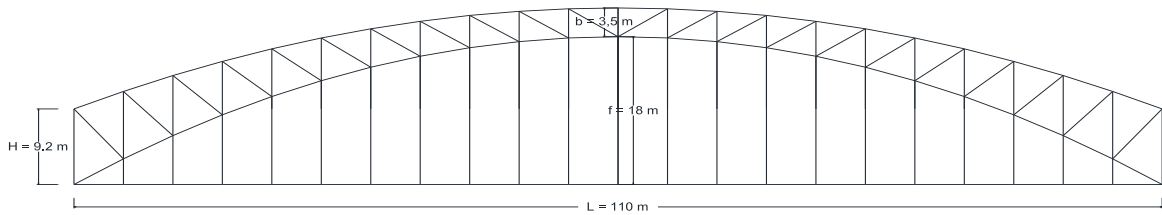
$$Mr = \phi \cdot Mn, \text{ dimana } \phi = 0,8 \quad (2.5)$$

Kekuatan momen rencana ϕMn harus lebih besar atau sama dengan momen luar rencana (Mu).

$$Mr = \phi Mn > Mu \quad (2.6)$$

2.2.2 Steel Arch (Pelengkung)

Steel Arch merupakan gelagar yang di pasang melengkung diatas dua tumpuan. Untuk memperoleh bentuk yang baik dimana lantai kendaraan berada dibawah busur maka ketinggian busur pertama diambil 1/5 sampai 1/8 dari panjang bentang, dan ketinggian busur kedua terhadap busur pertama diambil sebesar 1/25 sampai 1/45 bentang³⁾



Gambar 2.6. Jembatan Busur (*Through Arch*)

2.2.3 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 melalui gelagar melintang.

2.2.4 Kabel

Kabel pada konstruksi ini berfungsi sebagai penggantung yaitu menghubungkan gelagar induk dengan gelagar busur, menurut bentuknya kabel dibedakan menjadi :

a. *Wire Ropes*

Untuk jembatan dengan bentang lebih pendek. Setiap *rope* (tali) terdiri dari 7 strand, dan setiap strand berisi 7, 19, 37, atau 61 *wires* (kawat). Setiap *rope* tidak boleh berisi lebih dari 250 – 300 *wires*, agar tidak terlalu kaku pada waktu pemasangan.

(*Ir. Hannis Burhan, "Suspension Bridge I" Hal. 6*)

b. *Parallel Wire Cables*

Untuk system ini kira-kira 250 – 300 kawat yang sejajar satu dengan yang lain sehingga merupakan sebuah strand. Sebuah *cable* dapat terdiri dari 7, 9, 37, atau 61 *strands* yang disatukan. Kawat yang biasa dipakai adalah diameter 5,0 milimeter untuk bentang yang lebih pendek dapat pula dipakai diameter 4,5 mm atau 4,0 mm.

2.2.5 Sockets

Pada dasarnya ada dua tipe alat penyambung yang memungkinkan digunakan untuk memdahkan sambungan kabel ke struktur utama yaitu:

- a. *Closed Strand Sockets*
- b. *Open Strand Sockets*

2.2.6 Perencanaan 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.

Beban- beban yang bekerja pada gelagar memanjang adalah :

- a. Beban mati lantai kendaraan

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

- b. Beban hidup "D"

Dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar, beban hidup yang harus dipertimbangkan adalah beban "D" atau beban jalur. Beban "D" terdiri dari beban terbagi rata "q" tanpa koefisien kejut dan beban garis "P" yang harus dikalikan dengan koefisien kejut.

Setelah gelagar memanjang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan.

2.2.7 Perencanaan 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 dan berat sendiri gelagar melintang.

b. Beban Hidup

Beban yang harus diperhitungkan yaitu beban “D” yang terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dan beban garis “P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejut.

Setelah gelagar melintang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

- Lendutan (Buku teknik Sipil, hal 48)

$$f_{\text{ada}} = \frac{5 \cdot Q_u \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I_x}$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

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

$$\bar{f} = \frac{1}{240} \cdot L \quad (2.7)$$

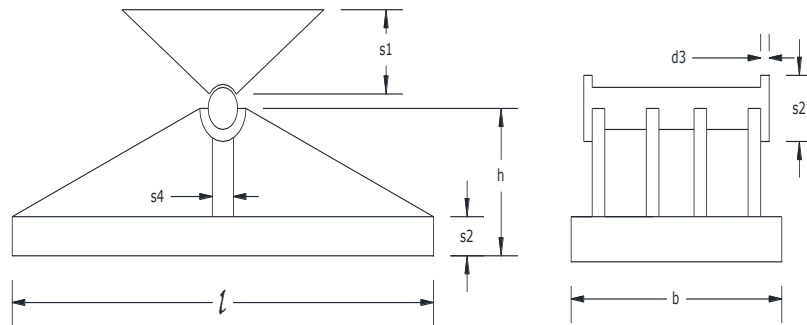
2.2.8. Ikatan Angin

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.

2.2.9. Konstruksi Perletakan / Landasan dan Tumpuan

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 2.7 Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- o Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.8)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- o Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (2.9)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

f_y = Mutu baja BJ 55 = 410 Mpa = 4100 kg/cm²

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

Tabel 2.1 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

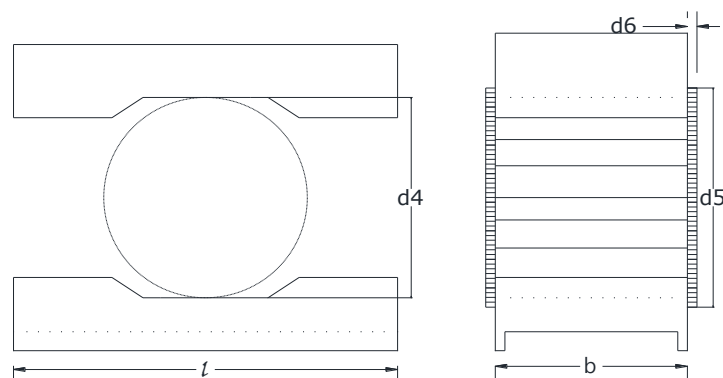
- Jumlah rusuk (a), maka S_2 dan S_3 dapat diambil dengan tabel diatas, dimana W adalah momen tahanan, perbandingan h/S_2 hendaknya dipilih antara 3 dan 5, tebal S_4 biasanya diambil = $h/6$, dan $S_5 = h/4$

$$M_{ada} = \frac{1}{8} \cdot Pu \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{max}}{\phi \cdot fy} \sqrt{\frac{3 \cdot Pu \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot fy}} \quad (2.10)$$

- Jari- Jari garis tengah sendir

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_1 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot fy \cdot \ell} \end{aligned} \quad (2.11)$$

a. Perletakan Rol



Gambar 2.8 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.12)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (2.13)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

f_y = Mutu baja BJ 55 = 410 Mpa = 4100 kg/cm²

Selanjutnya untuk ukuran d_3 , d_4 , dan d_5 dapat direncanakan dengan menghitung :

- Jari- Jari garis tengah rol

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_4 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot \ell} \end{aligned} \quad (2.14)$$

- Diameter rol

$$\begin{aligned} d_4 &= 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{\ell \cdot \phi \cdot \sigma_y} \rightarrow \sigma_y = \text{tegangan tarik putus baja} \\ &= 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Baja A529)} \end{aligned}$$

- Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \quad (2.15)$$

- o Tebal bibir rol

d_6 = diambil sebesar 2,5 cm

2.3 Pembebanan

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 *Bridge Managemen System (BMS) bagian II*.

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan : “*Bridge Managemen System (BMS) bagian II*.”

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

1.3.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban utama dalam perhitungan tegangan perencanaan jembatan . Beban primer terdiri dari :

a. Beban berat sendiri

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

Tabel 2.2. Faktor Beban untuk berat sendiri

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

RSNI-T-02-2005 Pembebana untuk Jembatan hal.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 2.3. 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 Pembebanan untuk jembatan hal.12

c. 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

$$L < 30 \text{ m ; } q = 8.0 \text{ kPa}$$

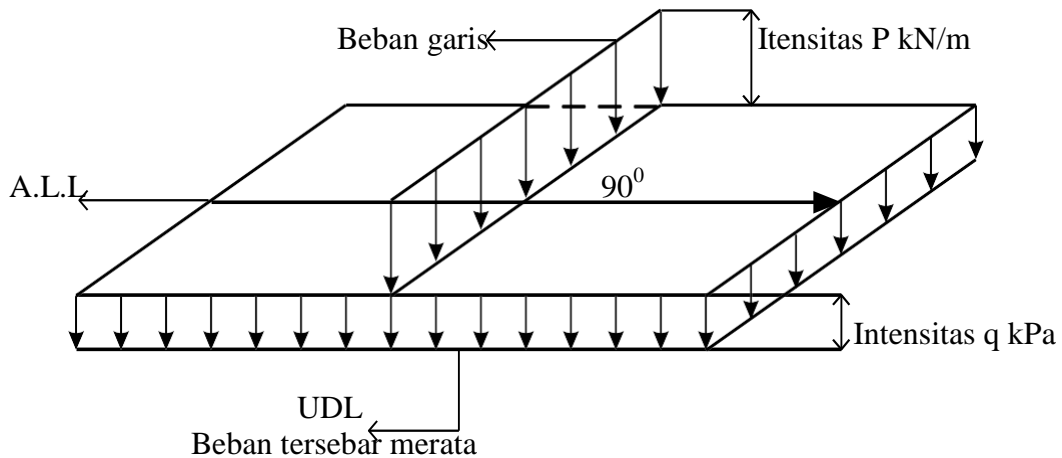
$$L > 30 \text{ m ; } q = 8.0 [0.5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad (2.16)$$

Beban garis KEL dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas $P = 44.0$ 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 2.4. Faktor Beban lajur “D”

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 17



Gambar 2.9. Beban Lajur "D"

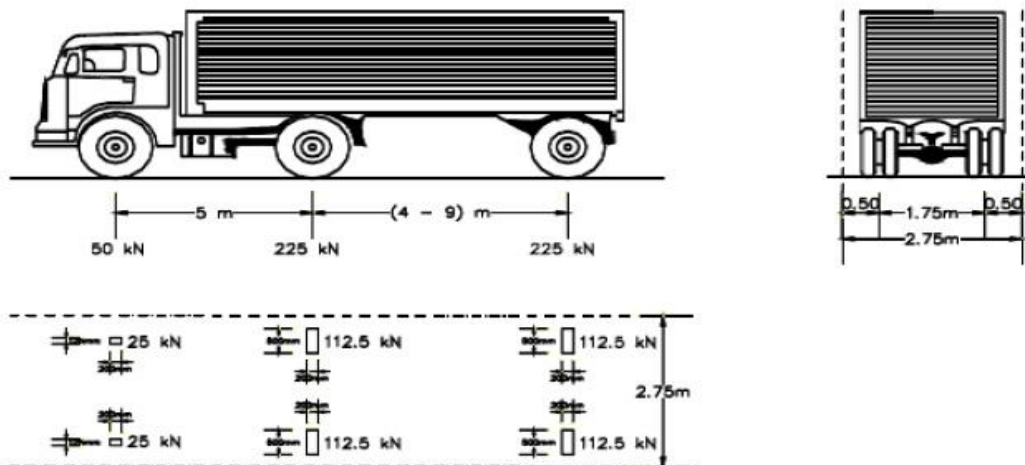
d. **Beban truk "T"**

Beban truk "T" adalah suatu beban kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Ukuran-ukuran serta kedudukan seperti pada gambar diatas. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Tabel 2.5. Faktor beban untuk beban truk "T"

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 22



RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 22

Gambar 2.10. Pembebanan Truk “T”

Dimana : $a_1 = a_2 = 30 \text{ cm}$

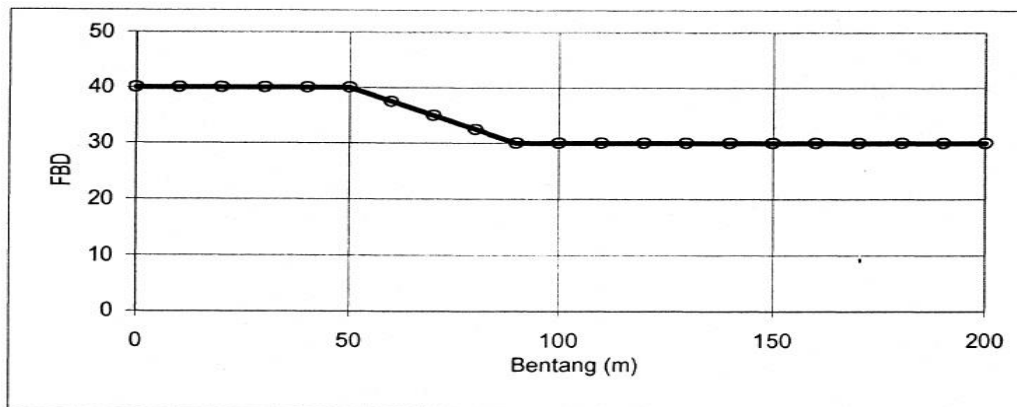
$b_1 = 12,5 \text{ cm}$

$b_2 = 50,00 \text{ cm}$

$m_s = \text{muatan rencana sumbu} = 20 \text{ ton}$

e. 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 :



RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 25

Gambar 2.11. Faktor beban dinamis

f. Beban trotoar

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk memikul $5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$.

Tabel 2.6. Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 27

1.3.2. 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

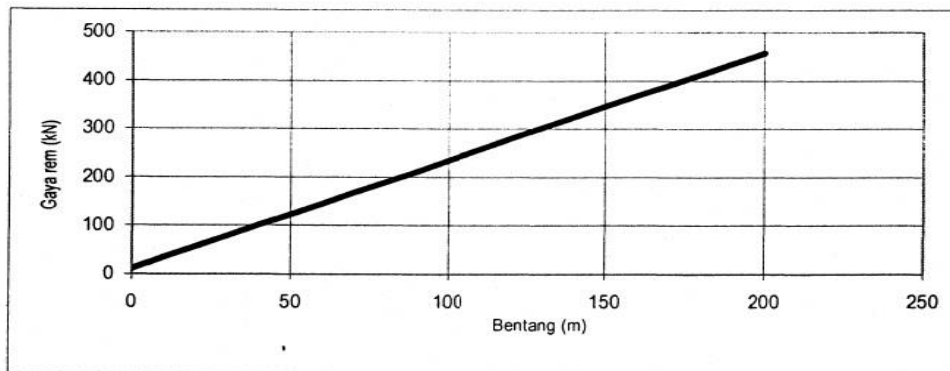
Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

Tabel 2.7. Faktor Beban untuk gaya rem

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1,8

RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 25

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



RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 26

Gambar 2.12. Grafik Gaya rem

a. Gaya Angin

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

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \tag{2.17}$$

Dimana :

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

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 :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.18)$$

Tabel 2.8. Faktor beban untuk beban angin

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Sementara	1.2

RSNI-T-03-2005 Pembebanan untuk jembatan hal. 36

b. Kombinasi beban

Kombinasi beban pada keadaan batas ultimate terdiri dari jumlah pengaruh aksi tetap dan satu pengaruh aksi sementara. Sebagai ringkasan dari kombinasi beban yang lazim diberikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 2.9. Kombinasi beban

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/ hanyutan/ hidro/ daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang di perbolehkan ros	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

RSNI-T-02-2005, Pembebanan untuk Jembatan; hal.54

Keterangan :

- 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.
- 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.

2.4. Dasar Perencanaan LRFD (*Load and Resistance Design*)

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 (Struktur Baja Desain dan Perilaku, CG

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.6)$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (factor reduksi kekuatan)

R_n = kekuatan nominal (kekuatan)

Dimana ruas kiri dari persamaan tersebut mewakili resistensi, atau kekuatan dari komponen atau sistem, sedangkan sisi kanan mewakili beban yang diharapkan akan ditanggung. Pada sisi kekuatan, harga nominal resistensi R_n dikalikan dengan faktor resistensi (*reduksi kekuatan*) untuk mendapatkan kekuatan design. Pada sisi beban dari persamaan diatas, berbagai faktor-faktor kelebihan beban γ ; untuk mendapatkan jumlah $\sum \gamma_i Q_i$ dari beban-beban terfaktor.

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 :

2.5 Desain Batang Tarik

1.5.1 Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik

Tidak ada batasan kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangssingan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik. (*SNI 1729-2015 Pasal D*).

1.5.2 Desain Kekuatan Tarik

Perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang yang cukup untuk menahan beban yang diberikan. batang tarik tanpa lubang akan mencapai kekuatan maksimum apabila semua serat penampang lintang batang meleleh, dengan kata lain distribusi tegangan tarik sudah merata pada penampang. Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal B4.3*) desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi bila kekuatan desain setiap komponen sturktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK.

$$Ru \leq \phi Rn \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana :

Ru = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

Rn = Kekuatan nominal, di syatkan dalam bab B sampai Bab K

ϕ = Factor ketahanan, di syatkan dalam bab B sampai Bab K

ϕRn = Kekuatan desain

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal D2) Kekuatan tarik desain, $\Phi_t P_n$, dan Kekuatan tarik tersedia, P_n/Ω_t , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

(a.) Menghitung tegangan leleh tarik pada penampang Bruto

$$P_n = F_y \times A_g \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

(b.) Untuk keruntuhan Tarik (Putus) pada penampang Netto

$$P_n = F_u \times A_e \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\Phi_t = 0,75 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 2.00 \text{ (DKI)}$$

Dimana :

A_e = Luas Neto Efektif, in² (mm²)

A_g = Luas Bruto dari komponen Struktur, in² (mm²)

f_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

f_u = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

P_n = Tegangan nominal aksial, ksi (MPa)

1.5.3 Desain Kekuatan Tekan

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal E1) Kekuatan tekan desain, $\Phi_c P_n$, dan Kekuatan Tekan tersedia, P_n/Ω_c , di tentukan sebagai berikut : Ketentuan tekan nominal, P_n harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur.

$$Ru \leq \phi Rn \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (DKI)}$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen nonlansing atau penampang elemen lansing. Untuk profil elemen nonlansing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen-lansing.

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-lansing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, λ_p . Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p . Tetapi tidak boleh melebihi λ_r , maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_r , di sebut penampang dengan elemen lansing.

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk PSB Bulat:

- Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar D/t
- Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar = $0.11 \times \frac{E}{F_y}$

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen tekan Komponen Struktur Menahan Lentur untuk PSB Bulat :

- Rasio Ketebalan-terhadap-lebar D/t
- $\lambda_p = 0.07 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots(2.31)$
- $\lambda_r = 0.31 \times \frac{E}{F_y} \dots\dots\dots(2.32)$

Dimana :

$$E = \text{Modulus elastisitas baja} = 29.000 \text{ ksi (200.000 Mpa)}$$

F_y = tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)

1.5.4 Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$(K.L)/r < 200 \dots\dots\dots(2.33)$$

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai.

$$P_n = A_g \times f_{cr} \dots\dots\dots(2.34)$$

Tegangan Kritis, F_{cr} , harus di tentukan sebagai berikut :

a. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$)

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \dots\dots\dots(2.35)$$

b. Bila $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{Q \cdot F_y}{F_e} > 2.25$)

$$F_{cr} = 0.877 \cdot F_e \dots\dots\dots(2.36)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)

A_g = Luas penampang bruto

K = Faktor panjang efektif

L = Panjang batang tekuk

r = Radius girasi atau jari – jari girasi

2.6 Perencanaan Kabel

Kabel pada konstruksi ini berfungsi sebagai penggantung yaitu menghubungkan gelagar induk dengan gelagar busur, menurut bentuknya kabel dibedakan menjadi:

1. *Wire Ropes*

Untuk jembatan dengan bentang lebih pendek. Setiap *rope* (tali) terdiri dari 7 strand, dan strand berisi 7, 19, 37 atau 61 *wires* (kawat). Setiap *rope* tidak boleh berisi lebih dari 250 – 300 *wires*, agar tidak terlalu kaku pada waktu pemasangannya. (Ir. Hannis Burhan, "Suspension Bridge" Hal :6)

2. *Parallel Wire Cables*

Untuk sistem ini kira-kira 250 – 300 kawat sejajar satu dengan yang lain sehingga merupakan sebuah strand. Sebuah *cable* dapat terdiri dari 7, 19, 37, atau 61 strand yang disatukan. Kawat yang biasa dipakai adalah diameter 5,0 milimeter untuk bentang yang lebih pendek dapat pula dipakai diameter 4,5 mm atau 4,0 mm.

▪ **Dimensi Kabel**

Kontrol Kabel :

$$T_{max} \leq \text{Breaking Strength}$$

$$(\text{Axial Cable} + \text{Berat Cable}) \leq \text{Breaking Strength}$$

▪ **Sambungan Pada Kabel**

Sambungan antara sockets dengan gelagar induk

Sambungan diperhitungkan terhadap kekuatan geser, tarik, dan tumpu

- Kekuatan nominal penyambung geser²⁹⁾

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

Dimana : ϕ = Faktor resistensi 0,65 untuk geser

m = bidang geser

- Kekuatan nominal penyambung tarik³⁰⁾

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.75 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

Dimana : ϕ = Faktor resistensi 0,75 untuk geser

m = bidang geser

- Kekuatan nominal penyambung dalam tumpu

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.24 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

Dimana :

ϕ = Faktor resistensi 0,75 untuk tumpu

m = bidang geser

d = diameter nominal baut

t = ketebalan bagian yang disambung (tebal flens)

F_u = kekuatan tarik baja pada bagian yang disambung

- Menentukan jumlah baut

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n}$$

Dimana:

n = jumlah baut

P_u = gaya aksial yang bekerja (kg)

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik dari bahan pelat (kg)

- Menentukan jarak minimum antar baut

Syarat penyusunan baut

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$

- Menghitung fraying force

$$Q = P \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right)$$

- Syarat desain untuk tebal flens

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb}{\phi \cdot wfy(1 + \alpha\delta)}}$$

➤ Dua syarat desain yang harus dipenuhi

2.3.5 Kontrol kekuatan Momen Flans Penampang T

$$\phi M_n = M_1$$

$$\phi \cdot \frac{wfy}{4} Fy^2 \geq M_1$$

2.3.6 Kontrol Kekuatan Tarik Baut

$$\phi R_n \geq B$$

Dimana, B adalah gaya beban terfaktor pada suatu baut

2.7 Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan.

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 jembatan rangka tipe pelengkung ini sambungan direncanakan dengan menggunakan baut mutu tinggi (A490).

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :
(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 131)

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.38)$$

Dimana :

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

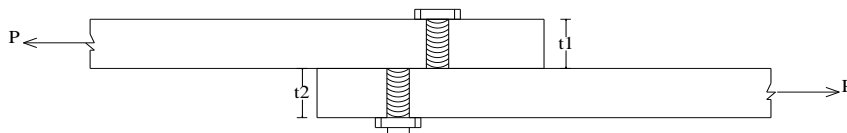
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

2.6.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser

Kekuatan ϕR_n , berdasarkan kekuatan geser penyambung tanpa ada ulir pada bidang geser menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \end{aligned} \quad (2.39)$$



Gambar 2.15 Kegagalan geser baut tanpa ulir

Dimana :

ϕ = 0,65, suatu harga yang dipilih untuk mengkalibrasi

F_u^b = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

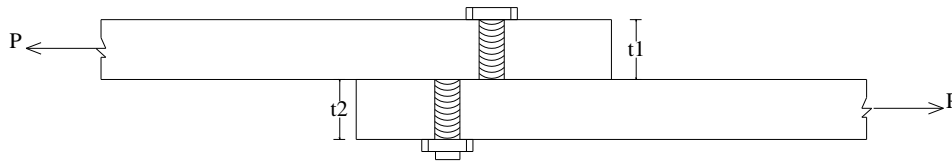
m = banyaknya bidang geser yang terlibat

A_b = luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut

2.6.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser

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

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \end{aligned} \quad (2.40)$$



Gambar 2.16 Kegagalan geser baut ada ulir

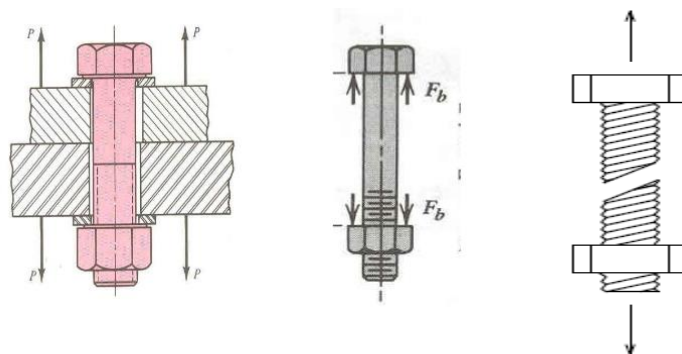
2.6.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tarik penyambung menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) adalah :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot F_u^b (0,75 \cdot A_b) \\ &= 0,75 \cdot F_u^b (0,75 \cdot A_b) \end{aligned}$$

Atau :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.41)$$



Gambar 2.17 Kegagalan tarik baut

Dimana :

$\phi = 0,75$, suatu harga untuk bentuk kegagalan tarik

F_u^b = kekuatan tarik bahan baut (120 ksi untuk baut A325, 150 ksi untuk baut A490)

1 ksi = 68.95 kg/cm²

A_b = luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang berulir.

2.6.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut

Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tumpu pada lubang baut menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132) 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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.42)$$

Dimana :

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

d = diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

t = ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

F_u = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

2. Untuk lubang beralur pendek yang tegak lurus terhadap arah trasmisi 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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.43)$$

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

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

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

Dimana :

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

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

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.44)$$

Dimana :

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

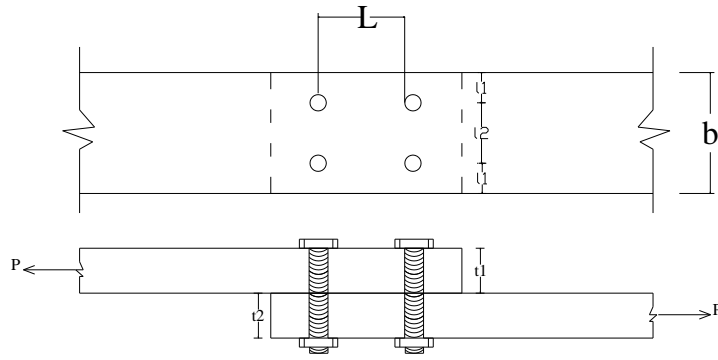


Gambar 2.18 Kegagalan tumpu baut ada ulir

2.6.5 Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

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

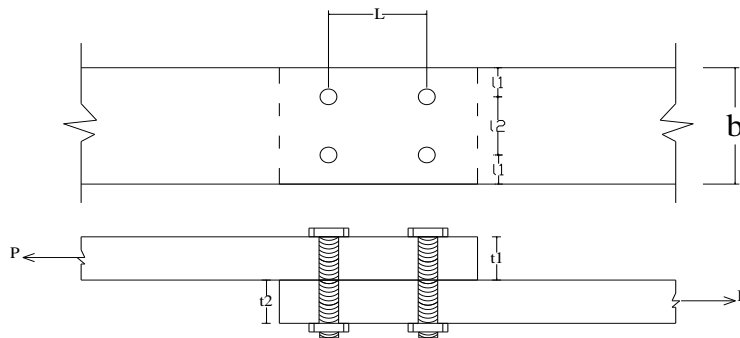
$$1992 : 135): L \geq \frac{R_n}{F_u \cdot t} \quad (2.45)$$



Gambar 2.19 jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan

Dan kemudian penambahan radius $db/2$ lubang baut kepersamaan tersebut akan memberikan jarak minimum dari pusat ke pusat :

$$\text{Jarak antara baut} \geq \frac{Rn}{Fu} + \frac{Db}{2} \quad (2.46)$$



Gambar 2.20 jarak baut dari pusat sampai kepusat

Karena Rn pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan, yang sama dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$\text{Jarak antara baut} \geq \frac{Rn}{\phi Fu} + \frac{Db}{2} \quad (2.47)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

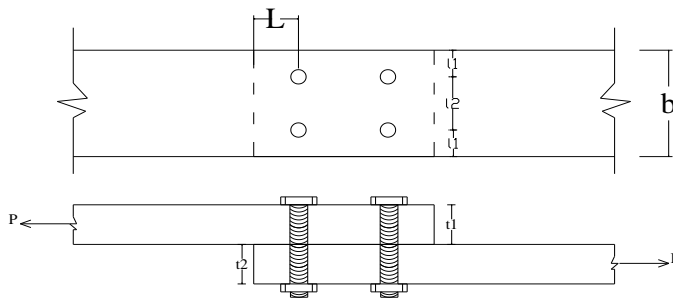
Db = diameter lubang baut

Jarak minimum baut dalam satu garis lebih disukai sebesar 3 x diameter baut dan tidak boleh kurang dari $2 \frac{2}{3}$ x diameter baut.

2.6.6 Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan : L

$$L \geq \frac{Rn}{Fu \cdot t} \quad (2.48)$$



Gambar 2.21 jarak ujung baut

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :

$$L \geq \frac{Rn}{\phi \cdot Fu \cdot t} \quad (2.49)$$

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk kegagalan tarik atau sisi lubang pada pelat

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

2.6.7 Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.50)$$

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 :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \quad (2.51)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \quad (2.52)$$

(Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :40)

diambil yang terkecil – menentukan : $\phi \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

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

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

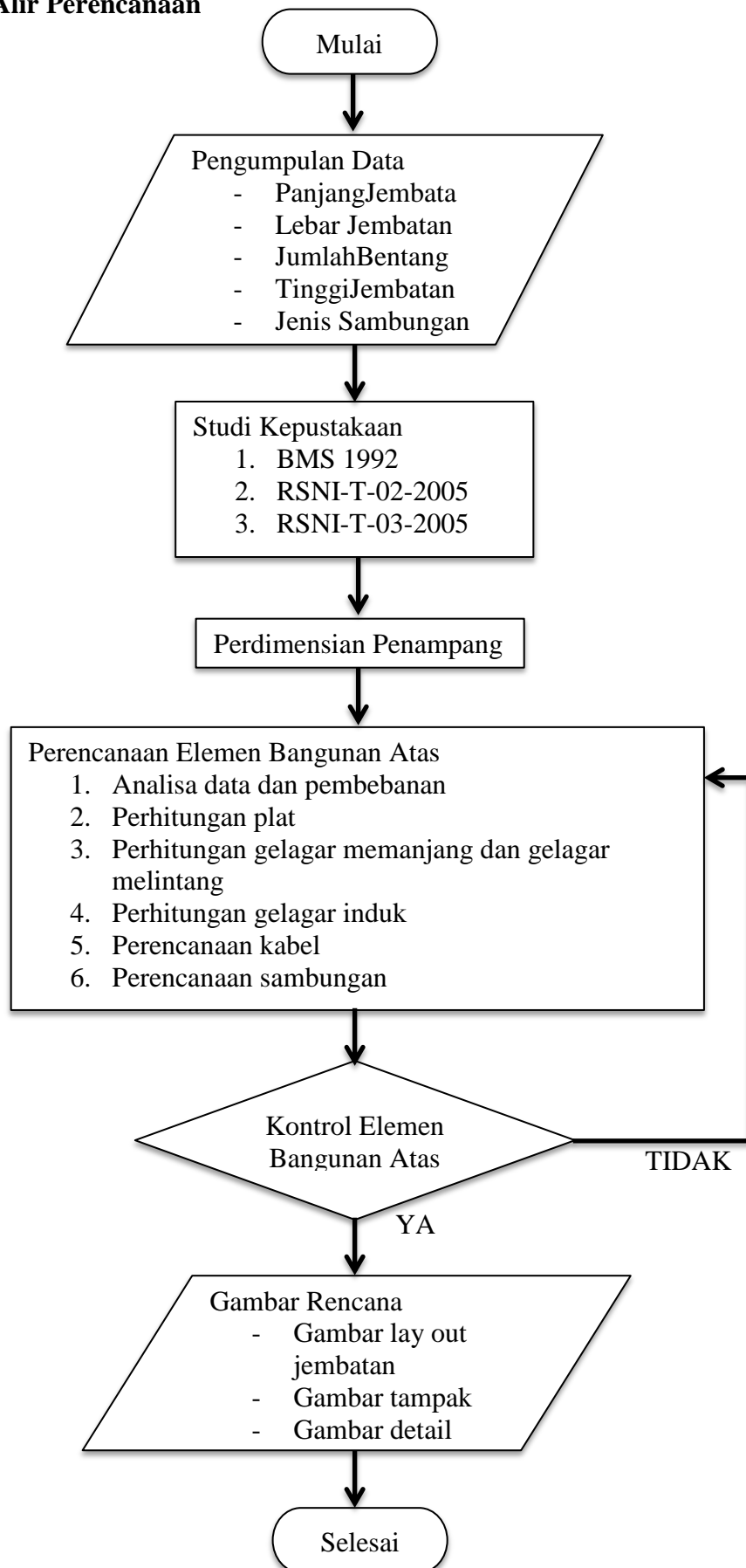
A_g = luas bruto penampang lintang (cm²)

A_e = luas efektif antara batang tarik (cm²) T_n

= kekuatan nominal batang tarik (kg)

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

Diagram Alir Perencanaan



BAB III

ANALISA DATA DAN PEMEBEBANAN

3.1. Data Perencanaan

Data Perencanaan Bangunan Atas Jembatan Nunukan Kalimantan Utara

1. Kelas Jembatan : A
2. Panjang Jembatan : 110,00 meter
3. Lebar Lantai Kendaraan : 6,00 meter
4. Lebar Trotoir : 2 x 0.75 meter
5. Type Jembatan : Rangka baja pelengkung through arch
6. Jarak antar Gelagar Melintang : 5,00 meter
7. Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,50 meter
8. Mutu baja tulangan ulir (fy) : 320,00 Mpa
9. Mutu Beton (fc') : 35,00 Mpa
10. Mutu baja konstruksi BJ 55 (fy) : 410,00 Mpa
11. Mutu baut A 490 kuat tarik baut : 1035,0 Mpa

3.2. Data Pembebanan

Lapisa aspal lantai kendaraan :

1. Tebal Lapisan Aspal : 0,05 meter (tepi)
2. Berat Jenis Aspal : 2240,00 kg/m³

Pelat beton trotoir :

1. Tebal Plat Beton : 0,55 meter
2. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400,00 kg/m³

Pelat Beton lantai kendaraan :

1. Tebal Plat Beton Kendaraan : 0,25 meter
2. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400,00 kg/m³

Air Hujan :

1. Tinggi Air Hujan (diasumsikan) : 0,05 meter

2. Berat Air Hujan

: 1000,00 kg/m³

Perhitungan Koordinat Steel Arch

Gelagar Steel Arch di letakan sejajar dengan gelagar induk dihitung dengan menggunakan rumus

$$f = \frac{1}{5} \cdot L \text{ sampai } \frac{1}{8} \cdot L$$

$$= \frac{1}{5} \cdot 110 \text{ m} = 22 \text{ meter} \quad \text{s/d} \quad \frac{1}{8} \cdot 110 \text{ m} = 13,8 \text{ meter} \quad \text{Diambil } f = 14 \text{ meter}$$

$$b = \frac{1}{25} \cdot L \text{ sampai } \frac{1}{45} \cdot L$$

$$= \frac{1}{25} \cdot 110 \text{ m} = 4,4 \text{ meter} \quad \text{s/d} \quad \frac{1}{45} \cdot 110 \text{ m} = 2,44 \text{ meter} \quad \text{Diambil } b = 1,5 \text{ meter}$$

$$H = \frac{1}{12} \cdot L = \frac{1}{12} \cdot 110 = 9,2 \text{ meter} \quad \text{Jarak minimum } \geq 5.5, \text{ diambil jarak } 6,00 \text{ meter}$$

(Struyk H. J. Ir Van Deer. H. C. W. Ir. Prof, Smoemargono Hal.194)

$$\text{Rumus Parabola} = \frac{4 \cdot f \cdot X (L-X)}{L^2}$$

Keterangan : Y = Koordinat batang sumbu Y

X = Koordinat batang sumbu X

f = Ketinggian busur

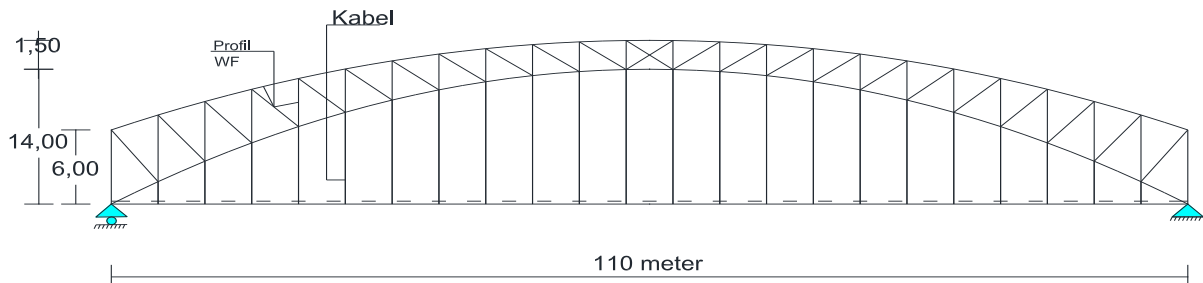
L = Bentang Jembatan

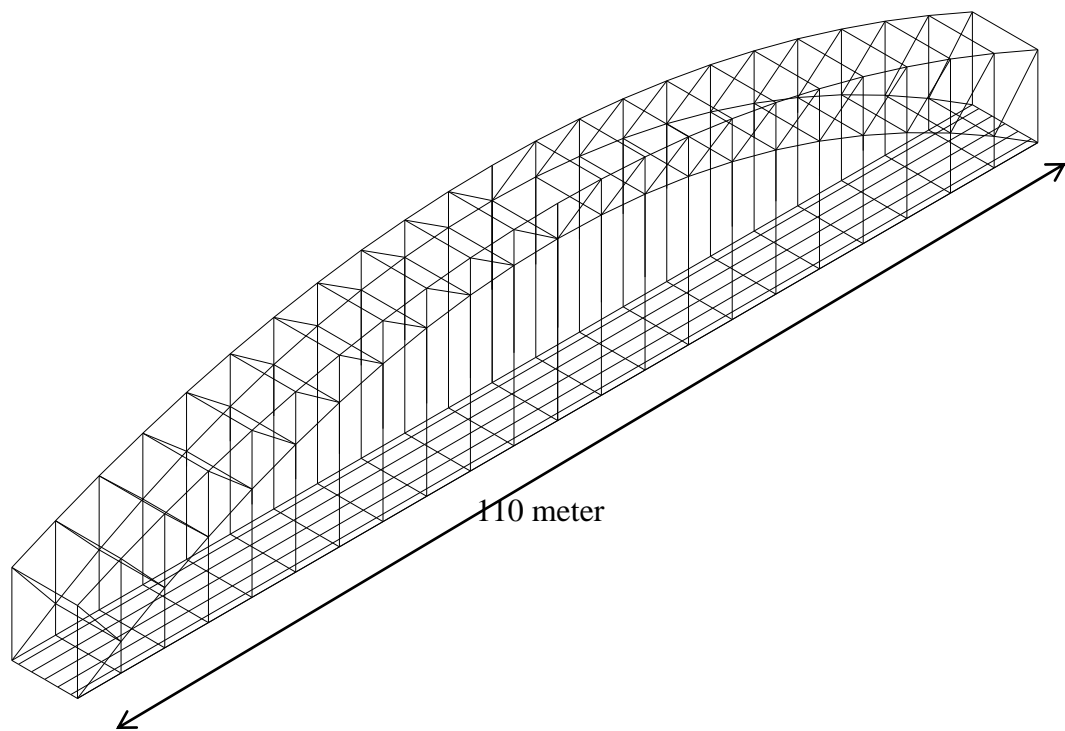
Tabel 3.1 Koordinat Pelengkung ke (I)

x	f (m)	L (m)	Y (m)
0	14	110	0.00
5	14	110	2.43
10	14	110	4.63
15	14	110	6.60
20	14	110	8.33
25	14	110	9.83
30	14	110	11.11
35	14	110	12.15
40	14	110	12.96
45	14	110	13.54
50	14	110	13.88
55	14	110	14.00
60	14	110	13.88
65	14	110	13.54
70	14	110	12.96
75	14	110	12.15
80	14	110	11.11
85	14	110	9.83
90	14	110	8.33
95	14	110	6.60
100	14	110	4.63
105	14	110	2.43
110	14	110	0.00

Tabel 3.2 Koordinat Pelengkung ke(II)

x	f (m)	L (m)	Y (m)
0	9.5	110	6.00
5	9.5	110	7.65
10	9.5	110	9.14
15	9.5	110	10.48
20	9.5	110	11.65
25	9.5	110	12.67
30	9.5	110	13.54
35	9.5	110	14.24
40	9.5	110	14.79
45	9.5	110	15.19
50	9.5	110	15.42
55	9.5	110	15.50
60	9.5	110	15.42
65	9.5	110	15.19
70	9.5	110	14.79
75	9.5	110	14.24
80	9.5	110	13.54
85	9.5	110	12.67
90	9.5	110	11.65
95	9.5	110	10.48
100	9.5	110	9.14
105	9.5	110	7.65
110	9.5	110	6.00





3.3 Perhitungan Plat Lantai Kendaraan dan Trotoir

3.3.1 Perhitungan Pembebanan

a. Pembebanan Plat Lantai Kendaraan (diambil pias 1 m)

Beban Mati

- Berat sendiri lantai kendaraan = $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat steel deck (0,76 mm) = $8,48 \times 1 \times 1,1 = 9,328 \text{ kg/m}$

$$q_d = 1034,928 \text{ kg/m}$$

$$q_{u1} = q_d$$

$$= 1034,928 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

Beban hidup "T" adalah beban gandar truk maksimum sebesar 112,5 kN dengan faktor bebannya = 1,8 (SK.SNI T-02-2005 hal. 22)

$$T_u = 112,5 \times 1,8 = 202,50 \text{ kN} = 20250 \text{ kg}$$

b. Pembebanan Trotoir (diambil pias 1 m)

Beban Mati

- Berat sendiri lantai trotoir = $0,55 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}$
- Berat tegel + spesi = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,60 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat steel deck (0,76 mm) = $8,48 \times 1 \times 1,1 = 9,328 \text{ kg/m}$

$$q_{u1} = 1970,928 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

Beban Hidup Trotoir

Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup (pembebanan untuk pejalan kaki) sebesar $q = 5 \text{ kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$ faktor beban 1,8 (RSNI-T-02-2005 hal. 27), Yaitu beban guna sebesar $q = 500 \text{ kg/m}^2$

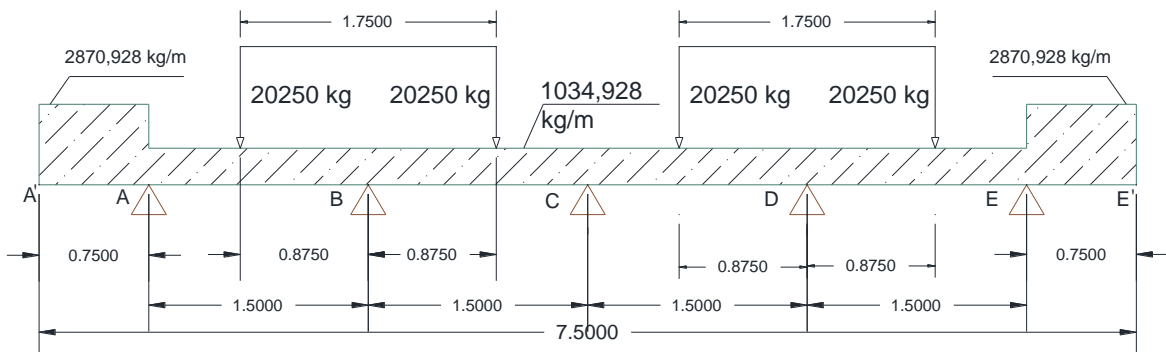
$$qu_2 = 500 \times 1 \times 1,8 = 900 \text{ kg/m}$$

$$\text{Maka } qu_{tr} = qu_1 + qu_2$$

$$= 1970,928 + 900 = 2870,928 \text{ kg/m}$$

3.3.2 Perhitungan statika

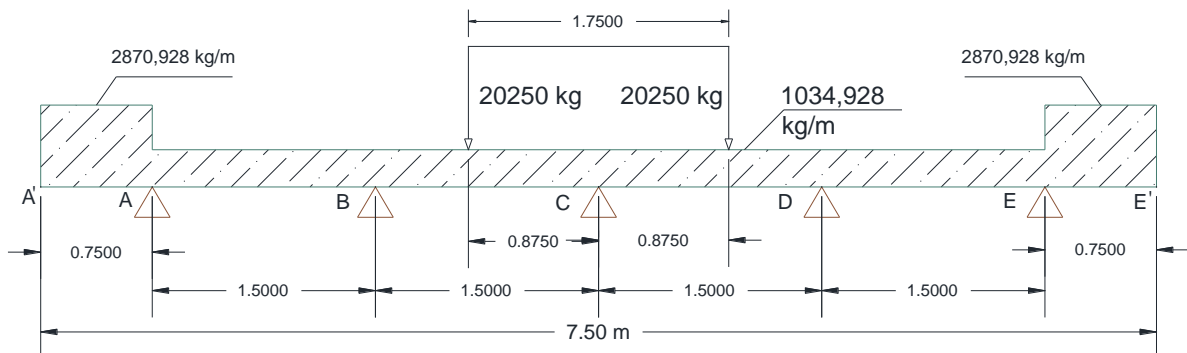
Kondisi I



Gambar 3.3. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro V8i).

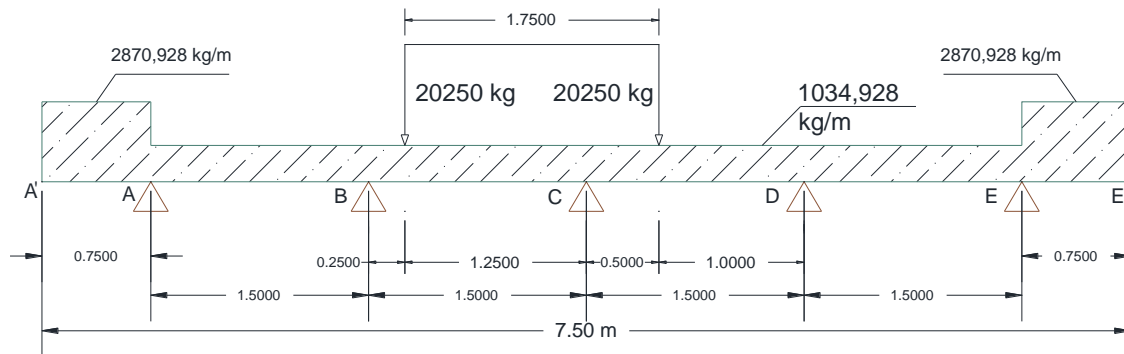
Kondisi II



Gambar 3.4. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang: (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro V8i).

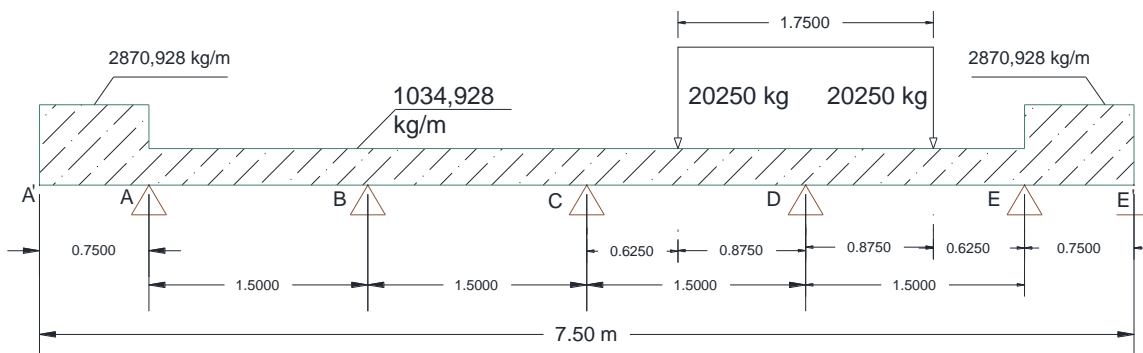
Kondisi III



Gambar 3.5. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro V8i).

Kondisi IV



Gambar 3.6. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika STAAD Pro V8i).

Tabel 3.3 rekap momen maximum

TITIK	KONDISI I (kgm)		KONDISI II (kgm)		KONDISI III (kgm)		KONDISI IV (kgm)		TUMPUAN MAX (kgm)	LAPANGAN MAX (kgm)
	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.		
A'	0		0		0		0		0	
A'A		201.862		201.862		201.862		201.862		201.862
A	807.449		807.449		807.449		807.449		807.449	
AB		-5410		-4253		666		-93.945		-5410
B	4141		3730		1161		-413		4141	
BC		-2987		-2606		-2807		379.56		-2987
C	3961		1384		3638		2154		3961	
CD		-3576		285		-4109		-4453		-4453
D	4269		-231		1424		4695		4695	
DE		-5416		-234		743		-5238		-5416
E	807.449		807.449		807.449		807.449		807.449	
EE'		201.862		201.862		201.862		201.862		201.862
E	0		0		0		0		0	

3.3.3. Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD PRO V8i didapat momen maximum pada kondisi 1

Kontrol momen negatif (-)

$$M_{max} = 53,114 \text{ kN.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 53114000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 203,6 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203,6 = 46,4$$

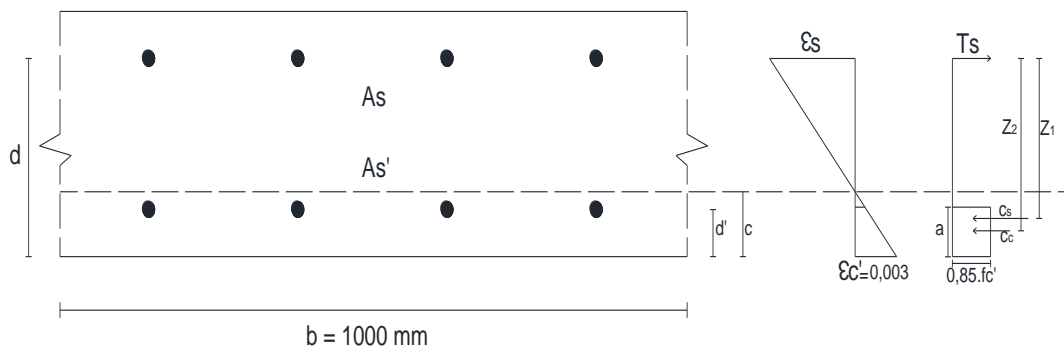
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000 \right) / 200 = 203,6 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663,325 \text{ mm}^2$$

Mencari letak garis netral :

Dimisalkan garis netral $> d'$:



$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \varepsilon_c' \cdot E_s = \frac{c-d'}{c} \cdot 0,003 \cdot 210000 = \frac{c-d'}{c} \cdot 600$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \cdot \varepsilon_c' \cdot E_s = \frac{d-c}{c} \cdot 0,003 \cdot 210000 = \frac{d-c}{c} \cdot 600$$

$$(f'c > 30, \beta = 0,85 - (f'c - 30) 0,005/7)$$

$$\beta = 0,85 - (35 - 30) 0,005/7)$$

$$\beta = 0,84642857 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') - A_s \cdot f_s = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \cdot 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-46,4}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35\right) - 663,325 \cdot \frac{203,6-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c-18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782-397995c}{c}\right) = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c-18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782-397995c}{c}\right) \cdot c$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081c - 18466968 - 81031782 + 397995c = 0$$

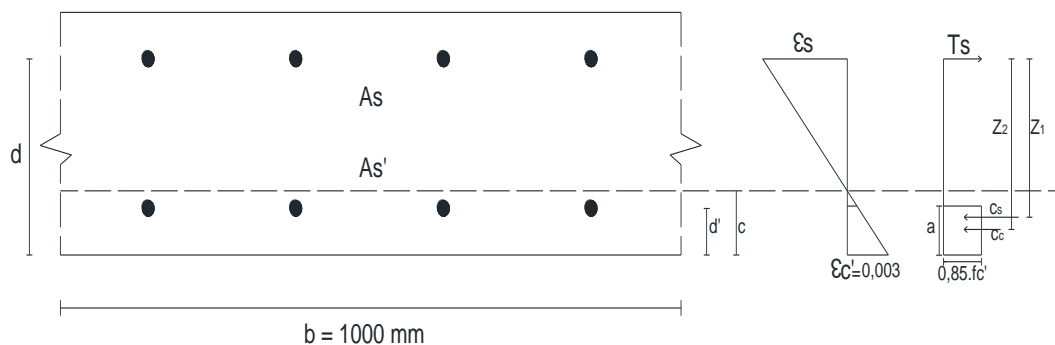
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081 - 99498750$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c_2 = -79,926 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 49,229 = 49,229 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229-46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s' < f_y$, maka dipakai $f_s' = 34,480 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203-49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \times f_s \\ &= 663,325 \times 320 \\ &= 212264 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 41,845 \times 1000 \\ &= 1244888,750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' (f_s' - 0,85 f_c') \\ &= 663,325 \times (34,480 - 0,85 \times 35) \\ &= 3137,527 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - (\frac{1}{2} \times a) \\ &= 203,6 - (\frac{1}{2} \times 41,845) \\ &= 182,678 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 203,6 - 46,4 \\ &= 157,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $a < d$, maka :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\ &= (1244888,750 \times 182,678) + (3137,527 \times 157,2) \\ &= 21573380,5 + 2330236,14 \\ &= 227907006,3 \text{ Nmm} = 227,907 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n = 0,8 \times 227,907 = 193,721 \text{ kNm}$$

Kontrol

$$M_r = 193,721 \text{ kN.m} > M_u = 53,114000 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm (untuk tulangan tarik)

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

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

$$= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{S_{\text{bagi}}}}{A_{S_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : Ø13 – 250 mm

Kontrol momen positif (+) (Lapangan)

$$M_{\text{max}} = 46,043 \text{ kN.m (kondisi pembebanan 4)}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 46045000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 203,6 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 503,5 = 46,4 \text{ mm}$$

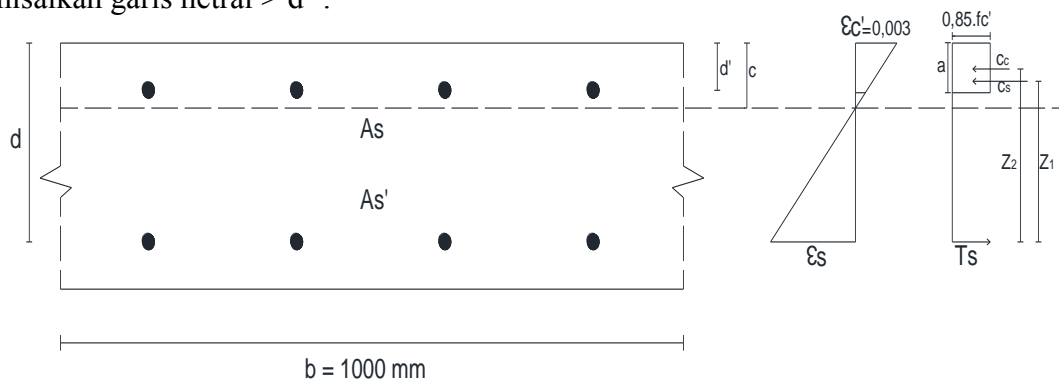
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000) / 200 = 663,325 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s'} = 663,325 \text{ mm}^2$$

Mencari letal garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



$$f_{s'} = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_{c'} \times E_s = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c' \times E_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$(f_c > 30, \beta = 0,85 - (f_c - 30) \cdot 0,005/7)$$

$$\beta = 0,85 - (35 - 30) \cdot 0,005/7)$$

$$\beta = 0,84642857 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') - A_s \cdot f_s = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-46,4}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35\right) - 663,325 \cdot \frac{203,6-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right) \cdot c = 0$$

$$25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18466968}{c}\right) - \left(\frac{81031782 - 397995c}{c}\right) \cdot c = 0$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081c - 18466968 - 81031782 + 397995c = 0$$

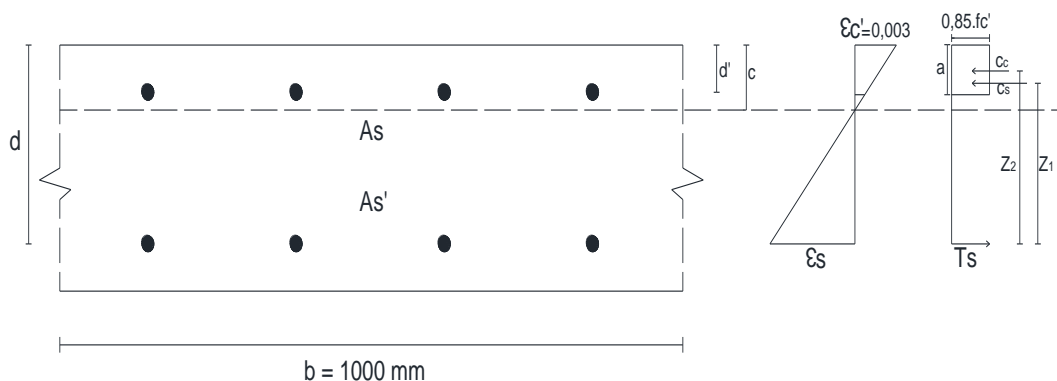
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c_2 = -79,926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \text{ atau } a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 49,229 = 41,845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{49,229-46,4}{49,229} \times 600 = 34,480 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s' < f_y$, maka dipakai $f_s' = 34,480 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{203,6-49,229}{49,229} \times 600 = 1881,464 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s' \times f_s' \\ &= 663,325 \times 320 \\ &= 212264 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 41,845 \cdot 1000 \\ &= 1244888,750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 663,325 (34,480 - 0,85 \cdot 35) \\ &= 3137,527 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - \left(\frac{1}{2} \cdot a \right) \\ &= 203,6 - \left(\frac{1}{2} \cdot 41,845 \right) \\ &= 182,678 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 203,6 - 46,4 \\ &= 157,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \\ &= (1244888,750 \times 182,670) + (3137,527 \times 157,2) \\ &= 227413787,1 + 493219,244 \\ &= 227907006,3 \text{ N.mm} = 227,907 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n = 0,85 \times 227,907 = 193,721 \text{ kN.m}$$

$$M_r = 193,721 \text{ kN.m} > M_u = 46,045 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm (untuk tulangan tarik)

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{bagi}}} &= 20\% \cdot A_{s_{\text{perlu}}} \\ &= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$n = \frac{A_{s_{\text{bagi}}}}{A_{s_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : Ø13 – 250 mm

3.3.4. Penulangan Trotoir

Kontrol momen Positif (+)

$$M_{\text{max}} = 7,918 \text{ kN.m}$$

$$\text{Jadi, } M_u = 7918000 \text{ N.mm}$$

$$d = 550 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 203,6 \text{ mm}$$

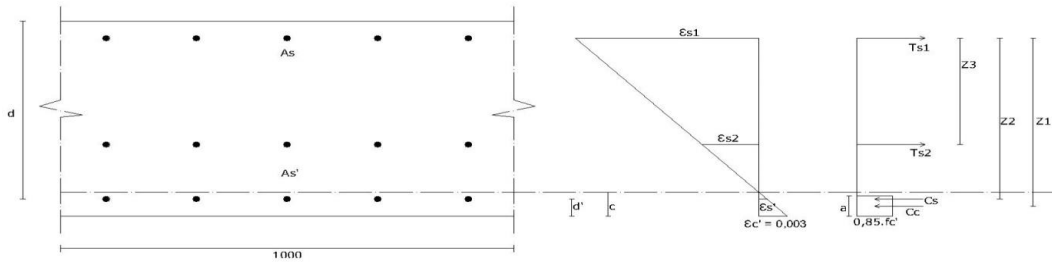
$$d' = 550 - 503,5 = 46,5 \text{ mm}$$

Diambil D13 dengan jarak 200 mm

$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000)/200 = 663,325 \text{ mm}^2$$

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon c' \times E_s = \frac{c-d'}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon c' \times E_s = \frac{d-c}{c} \times 0,003 \times 210000 = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_{s2} - T_{s1} = 0$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b + A_{s'} \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') - A_{s2} \cdot f_{s2} - A_{s1} \cdot f_{s1} = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c'\right) - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$- 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-46,5}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35\right) - 663,325 \cdot \frac{503,5-c}{c} \times 600 - 663,325 \cdot$$

$$\frac{503,5-c}{c} \times 600 = 0$$

$$\left(25287,5 \cdot c + \left(\frac{378261,081c - 18506767,50}{c}\right) - \left(\frac{200390482,5 - 397995c}{c}\right) - \left(\frac{200390482,5 - 397995c}{c}\right)\right) \cdot c = 0$$

$$25287,5 \cdot c^2 + 378261,081 \cdot c - 18506767,5 - 200390482,4 + 397995c - 200390482,5 + 397995c = 0$$

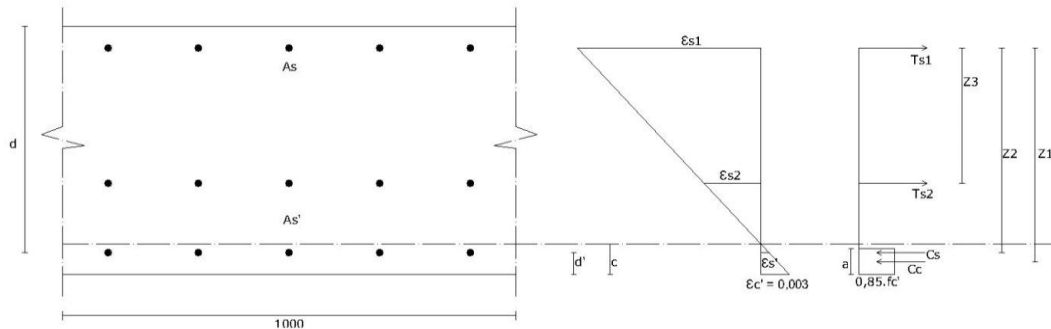
$$25287,5 \cdot c^2 + 1174251,081 \cdot c - 419287732,5 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 107,625 \text{ mm}$$

$$c_2 = -154,061 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 107,625 = 91,483 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{107,625-46,5}{107,625} \times 600 = 340,766 \text{ Mpa} < f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s' > f_y$, maka dipakai $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600 = \frac{503,5-107,625}{107,625} \times 600 = 2206,970 \text{ Mpa} > f_y = 320 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 91,483 \cdot 1000 \\ &= 2721619,250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 663,325 (320 - 0,85 \cdot 35) \\ &= 192530,081 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s2} &= A_s \cdot f_s \\ &= 663,325 \cdot 320 \\ &= 212264 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 503,5 - (1/2 \cdot 91,483) \\ &= 457,759 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 503,5 - 46,5$$

$$= 457 \text{ mm}$$

$$Z3 = d - d' - Z2_{\text{plat lantai}}$$

$$= 503,5 - 46,5 - 157,2$$

$$= 399,8 \text{ mm}$$

$$Mn = Cc \cdot Z1 + Cs \cdot Z2 - Ts \cdot Z3$$

$$= (2721619,250 \times 457,759) + (192530,081 \times 457) - (212264 \times 299,8)$$

$$= 1270195206 \text{ N.mm}$$

$$= 1270,195 \text{ kN.m}$$

$$Mr = \phi \cdot Mn = 0,8 \times 1270,195 = 1079,666 \text{ kN.m}$$

$$Mr = 1079,666 \text{ kN.m} > Mu = 7,918 \text{ kN.m!!}$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D13 – 200 mm (untuk tulangan tarik)

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi Ø 13 mm

$$As_{\text{bagi}} = 20\% \cdot As_{\text{perlu}}$$

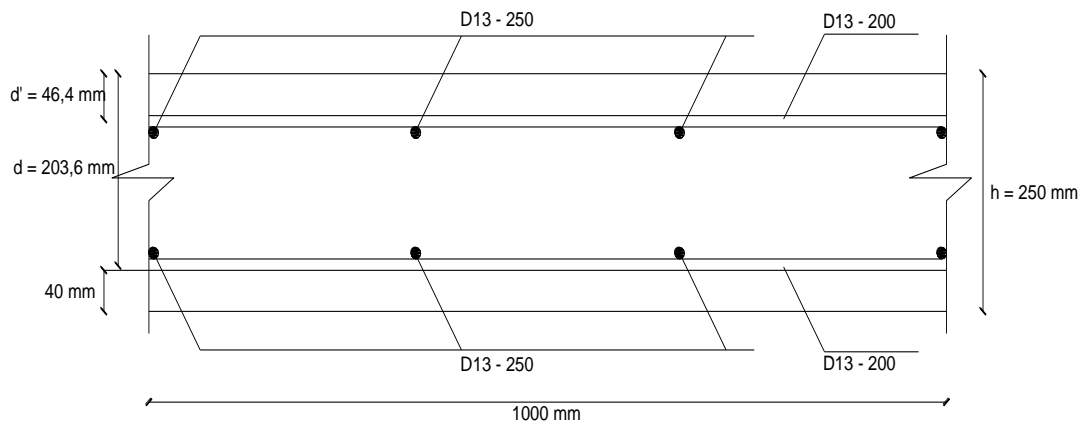
$$= 0,2 \cdot 663,325 = 132,665 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

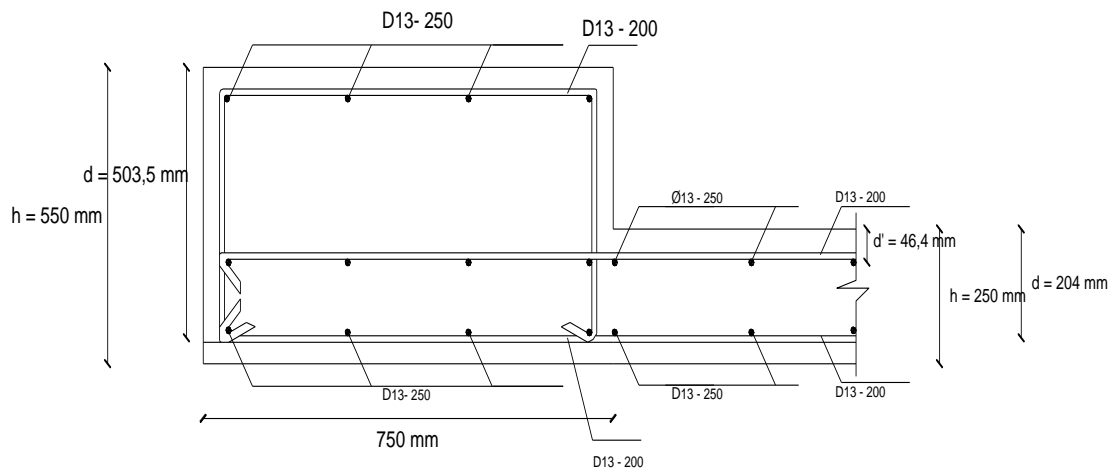
$$n = \frac{As_{\text{bagi}}}{As_{\text{ada}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

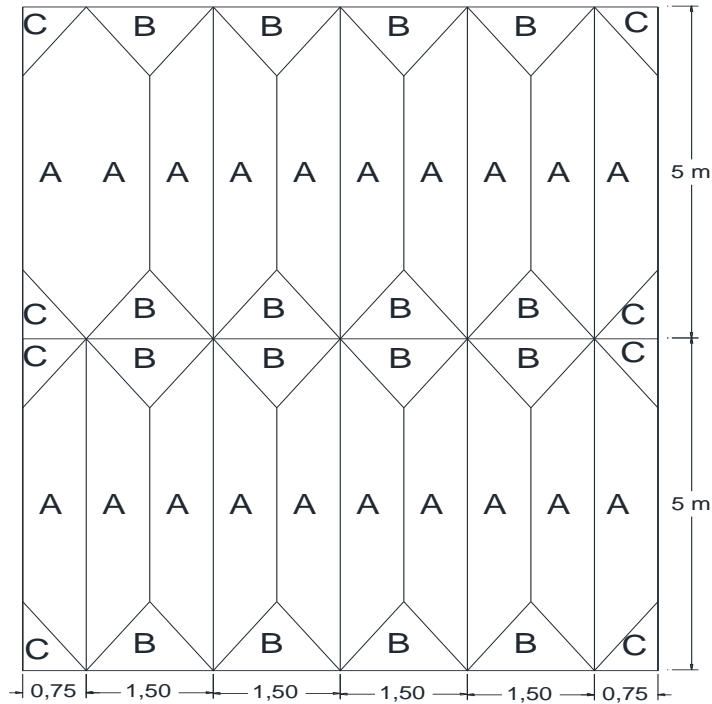
Dipakai tulangan : Ø13 – 250 mm



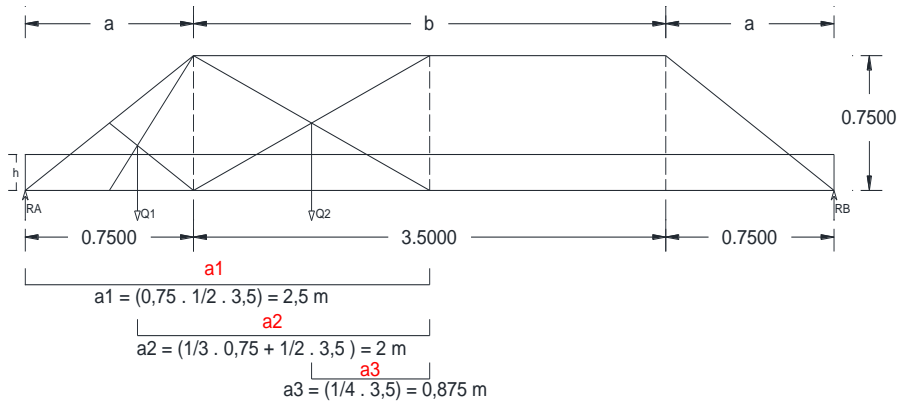
Penulangan Plat lantai per 1 meter



3.4. Perhitungan Perataan Beban



➤ Perataan Beban Tipe A



$$Q_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,281$$

$$Q_2 = \frac{1}{2} \cdot 3,5 \cdot 0,75 = 1,313$$

$$R_A = R_B = Q_1 + Q_2$$

$$= 0,281 + 1,313 = 1,594$$

$$M_1 = (R_A \times a_1) - [(Q_1 \times a_2) + (Q_2 \times a_3)]$$

$$= (1,594 \times 2,5) - [(0,281 \times 2) - (1,313 \times 0,875)]$$

$$= 2,274$$

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

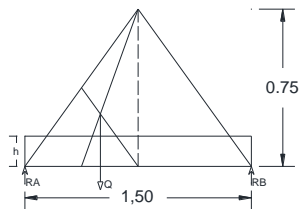
$$= 1/8 \cdot h \cdot 5^2 = 3,125 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$2,274 = 3,125 h$$

$$h = 0,728 \text{ m}$$

➤ Perataan Beban Tipe B



$$Q = \frac{1}{2} \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,281$$

$$R_A = R_B = 0,281$$

$$M_I = (R_A \cdot 0,75) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75)$$

$$= (0,281 \cdot 0,75) - (0,281 \cdot 0,25)$$

$$= 0,141$$

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

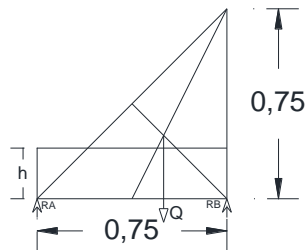
$$= 1/8 \cdot h \cdot 1,5^2 = 0,281 h$$

$$M_I = M_{II}$$

$$0,141 = 0,281 h$$

$$h = 0,50 \text{ m}$$

➤ Perataan Beban Tipe C



$$Q = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,75 = 0,281$$

$$R_A = R_B = Q = 0,281$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75) - (Q \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75) \\ &= 0,281 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,75 - 0,281 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,75 \\ &= 0,035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{II} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 0,75^2 = 0,070 h \end{aligned}$$

$$M_1 = M_{II}$$

$$0,035 = 0,070 h$$

$$h = 0,50 \text{ m}$$

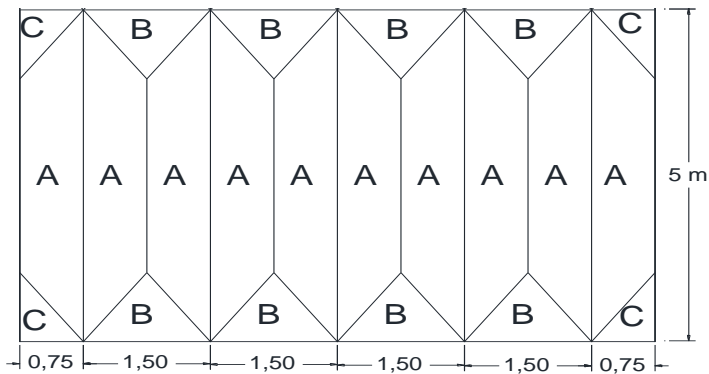
3.5 Perencanaan Gelagar Memanjang

Jarak gelagar memanjang = 1,5 m q Plat Lantai = 1034,928 kg/m

Jarak gelagar melintang = 5,0 m q Trotoar = 1970,928 kg/m

a. Beban Mati

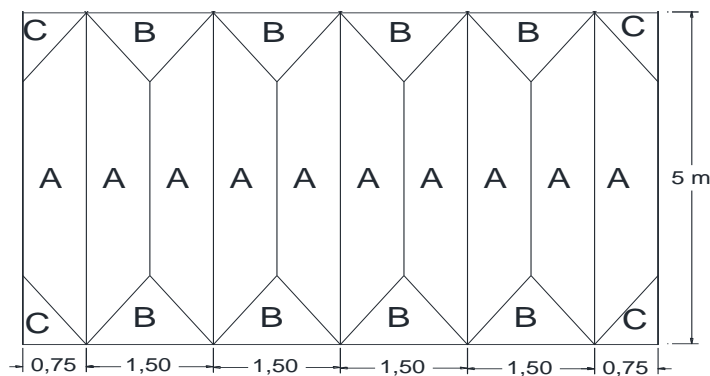
- Akibat berat lantai trotoir (untuk gelagar tepi)



$q_u = (\text{peretaan bbn. tipe A} \times q \text{ plat trotoir}) + (\text{Perataan bbn tipe A} \times q \text{ lantain kendaraan})$

$$q_u = (0,728 \times 1970,928) + 0,728 \times 1034,928 = 2186,760$$

- Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)



$q_u = (2 \times \text{peretaan beban tipe A} \times q \text{ plat lantai kendaraan})$

$$q_u = (2 \times 0,728 \times 1034,928) = 1505,820 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup “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 :

$$L = 110 \text{ m} \rightarrow L > 30 \text{ m (RSNI T - 02 - 2005/ 18)}$$

$$\begin{aligned} q &= 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \\ &= 9,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{110} \right) \text{ kPa} \\ &= 5,727 \text{ kPa} = 572,7 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

➤ Muatan terbagi rata ; faktor beban 1,8 (RSNI T - 02 - 2005/ 18)

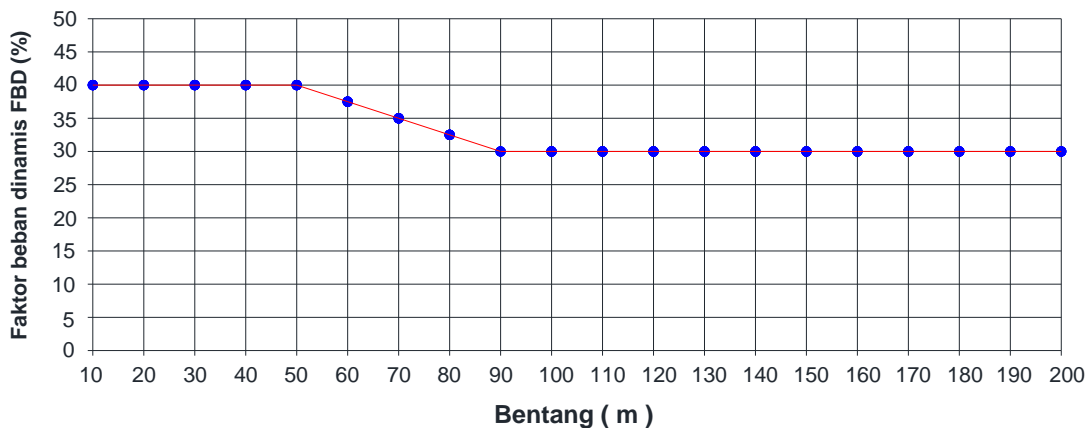
$$q = 573 \text{ kg/m}^2$$

➤ Akibat beban garis $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$; faktor beban 1,8 (RSNI T - 02 - 2005/ 18)

$$\begin{aligned} P_u &= 4900 \times 1,8 \\ &= 8820 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

➤ Faktor beban dinamis / koefisien kejut

Berdasarkan (RSNI-T-02-2005/ 25), nilai dari factor beban dinamis tergantung pada panjang bentangan jembatan (L).



$$\text{Utuk } L = 110 \text{ m} \longleftrightarrow \text{FBD} = (0,525 - 0,0025 \times 110) = 0,30$$

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

$$= 1 + 0,30 = 1,30$$

Perbandingan beban hidup gelagar akibat beban lajur "D":

1) Gelagar tengah

$q_u = (2 \times \text{perataan tipe A} \times \text{faktor beban})$

$$= \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (2 \times \text{perataan tipe A}) \times 1,8$$

$$= \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (2 \times 0,728) \times 1,8$$

$$= 545,445 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left(\frac{8820}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times k$$

$$= \left(\frac{8820}{2,75} \right) \times (1,456) \times 1,30$$

$$= 6066,556 \text{ kg}$$

2) Gelagar tepi

$$q_u = \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (\text{perataan tipe A}' + \text{perataan tipe A}) \times 1,8$$

$$= \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times 1,8$$

$$= 545,445 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (0,728 + 0,728) \times k$$

$$= \left(\frac{8820}{2,75} \right) (1,456) \times 1,30 = 6066,556 \text{ kg}$$

Karena hasil perhitungan beban lajur "D" yang bekerja pada gelagar tepi dan gelagar tengah memiliki nilai yang sama maka diambil salah satu nilai.

c. Akibat beban hidup yang bekerja pada gelagar tepi (gelagar hidup trotoar + beban hidup terbagi rata lantai kendaraan "BGT")

$q_l = (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A}' \times \text{faktor beban}) + \text{beban terbagi rata lantai kendaraan}$

$$q_l = (500 \times 0,728 \times 1,8) + \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times \text{perataan A} \times 1,8$$

$$= 655,20 + \left(\frac{572,727}{2,75} \right) \times (0,728 \times 1,8)$$

$$= 1013,8812 \text{ kg/m}$$

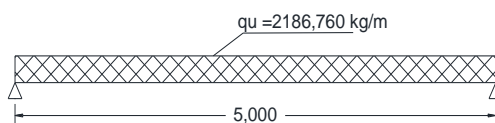
4.5.1. Perhitungan Statika

Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

➤ Akibat beban mati

$q_u = \text{beban mati akibat berat lantai kendaraan untuk gelagar tepi}$

$$= \mathbf{2186,760 \text{ kg/m}}$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 2186,760 \cdot 5,0$$

$$V_1 = 5466,901 \text{ kg}$$

$$M_{u1} = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

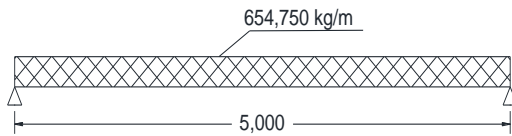
$$= \frac{1}{8} \cdot 2186,760 \cdot 5^2 = 6833,625 \text{ kg.m}$$

$$M_{u1} = 6833,625 \text{ kg.m}$$

➤ Akibat beban hidup (trotoar + beban terbagi rata)

q_u = beban hidup yang bekerja pada trotoar

$$= 1013,8812$$



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 1013,8812 \cdot 5,0$$

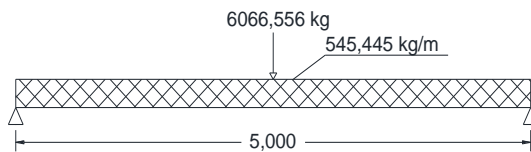
$$V_2 = 2534,703 \text{ kg}$$

$$M_{u_2} = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 1013,8812 \cdot 5^2$$

$$= 3168,37875 \text{ kgm}$$

➤ Akibat beban lajur "D"



$$R_A = R_B = \frac{1}{2} ((545,445 \cdot 5,0) + 6066,556)$$

$$= 4399,9109 \text{ kg}$$

$$M_{u_3} = (\frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2) + (\frac{1}{4} \cdot P_u \cdot l)$$

$$= (\frac{1}{8} \cdot 545,445 \cdot 5^2) + (\frac{1}{4} \cdot 6066,556 \cdot 5)$$

$$= 9294,092 \text{ kg.m}$$

Momen total :

a. Untuk momen total = 6833,625 + 3168,379 + 9294,092

$$= \mathbf{19296,096 \text{ kg.m}}$$

b. Untuk Gaya geser total = 5466,901 + 2534,703 + 4399,911

$$= \mathbf{12401,515 \text{ kg}}$$

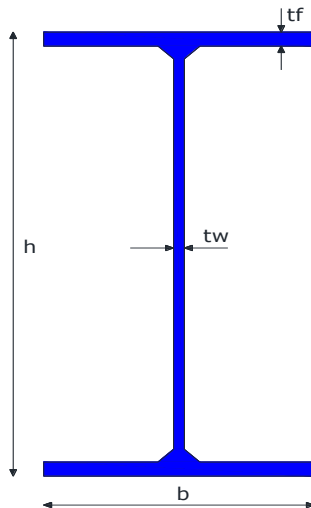
4.5.2 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

1. Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11

(sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja 8.3.2 SNI 03-1729-2002).

Mutu baja BJ-55 dengan $f_y = 4100 \text{ kg/m}^2 = 410 \text{ Mpa}$



Gambar 3.13 Profil baja WF gelagar Memanjang

Factor beban untuk baja = 1,1

$$G = 49,56 \text{ kg/m}$$

$$B = 175 \text{ mm}$$

$$A = 63,14 \text{ cm}^2$$

$$H = 350 \text{ mm}$$

$$I_x = 13600 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 7 \text{ mm}$$

$$I_y = 984 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 11 \text{ mm}$$

$$Z_x = 775 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z_y = 112 \text{ cm}^3$$

$$r = 1,4 \text{ cm}$$

➤ **Desain struktur sebelum komposit**

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\Phi M_n > M_u$$

Dengan : $\Phi = 0,90$

M_n = kuat lentur nominal penampang

M_u = Momen lentur akibat beban terfaktor

Φ = faktor reduksi kekuatan 0,9

$$\begin{aligned} M_u^{profil} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \times 1,1 \\ &= \frac{1}{8} \times 49,56 \times 5^2 \times 1,1 \\ &= 170,3625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen total (M_{Total}^u) yang bekerja pada gelagar memanjang

$$(M_{Total}^u) = \text{Momen total} + M_{u_{bs \text{ profil}}}$$

$$\begin{aligned} M_{Total}^u &= 19296,096 + 170,3625 = \mathbf{19466,363 \text{ kg.m}} \\ &= 19,466 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

➤ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$B_o = 1,5 \text{ m} = 150 \text{ cm} \text{ (jarak antara gelagar memanjang)}$$

$$bE \leq L/4 = 500/4 = 125 \text{ cm}$$

$$bE \leq b_f + 16 t_s = 18 + 16 \times 25 = 417,5 \text{ cm}$$

Diambil nilai bE yang terkecil = 125 cm, maka bE ditransformasikan menjadi

$$bE' = \frac{bE}{n}$$

Elastisitas :

$$E_{beton} = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

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

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210000}{27805,575} = 7,552$$

$$bE' = \frac{125}{7,5524} = 16,551 \text{ cm}$$

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

Control kekuatan penampang

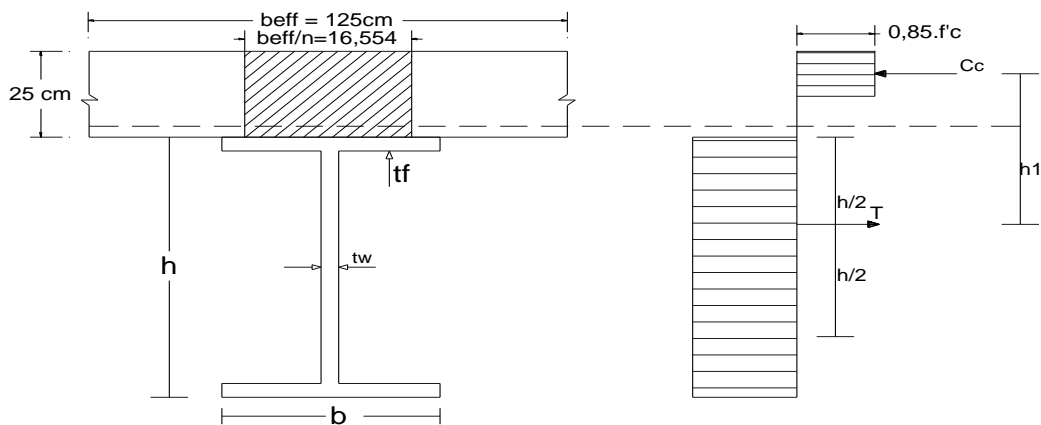


Diagram penampang plastis

No	Luas Penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
01	Beton = 16,55 x 25 = 413,773	25/2 = 12,50	5172,168
02	Baja = 63,14	35/2 + 25 = 43,00	2683,45
A = 476,913			A . Y = 7855,618

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{8958,525}{476,913} = 16,472 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 35 - 11,472 = 43,528 \text{ cm}$$

Menentukan momen inesia beton dan baja

No	A (cm ²)	Y (cm ⁴)	lo (cm ⁴)	d (cm)	lo + Ad ² (cm ⁴)
01	413,773	12,50	$1/12 \times 16,55 \times 25^3 = 21550,700$	$24,74 - 12,50 = 3,972$	28078,024
02	63,14	42,50	13600	$43,53 - (40/2) = 26,028$	56375,312
A = 476,913					Ix = 84453,335

Karena $Y_a = 16,472 \text{ cm} <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan gaya C=T, maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot f_s}{0,85 \cdot f'_{c.be}} = \frac{6314 \cdot 410}{0,85 \cdot 35 \cdot 125} = 69,613 \text{ mm}$$

Tebal plat beton 250 mm $>$ a = 69,613 mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_e = 0,85 \times 35 \times 69,613 \times 1250 = 2588740 \text{ N}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$T = A_s \cdot f_y = 6314 \times 410 = 2588740 \text{ N}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah;

$$M_n = C_c \cdot h_1 = 2588740 \times \left(\frac{1}{2} \times h + t - \frac{1}{2} \times a \right)$$

$$M_n = C_c \cdot h_1 = 2588740 \times \left(\frac{1}{2} \times 350 + 250 - \frac{1}{2} \times 69,613 \right) = 1010109292772 \text{ N.mm}$$

$$= 101010929 \text{ kg.m}$$

Kuat lentur rencana :

Kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang Komposit. $\phi_b = 0,85$.

$$\phi_b \cdot Mn = 0,85 \times 101010929 = 85859,290 \text{ kg.m}$$

Kontrol kekuatan penampang:

$$\phi_b \cdot Mn \geq M_{total} \quad 85859,290 \text{ kg.m} \geq 19296,096 \text{ kg.m}$$

(Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.291) Control geser

❖ **Control terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total} = 12401,515 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$V_y = 0,55 \cdot d \cdot t_w \cdot f_y = 0,55 \times 35 \times 7 \times 4100 = 55247,5 \text{ kg}$$

Control : $V_y \geq V_{total}$
 $55247,5 \text{ kg} \geq 12401,515 \text{ kg}$

Control Lendutan (Setiawan, Agus 2008 Perencanaan struktur baja.

Hal.89)

$$= \frac{1}{360} L \quad L = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm} \quad (\text{C.G. Salmon''struktur baja II/393})$$

$$f_{ijin} = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \cdot 500 = 1,389 \text{ cm}$$

$$f_{ada} = \frac{5 \times qu \times L^4}{384 \times E \times I_x} + \frac{P \times L^3}{192 \times E \times I_x} = \frac{5 \times (21,868 + 5,4541) \times 500^4}{384 \times 2100000 \times 84453353} +$$

$$\frac{6066,556 \times 500^3}{192 \times 2100000 \times 844533353} = 0,148 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = 1,389 \text{ cm} > f_{ada} = 0,148 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

❖ **Perencanaan shear conector**

Balok induk Memanjang

Digunakan konektor geser berkepala (stud diameter 19,05 mm dengan tinggi 100 mm) yang dilaskan pada flens

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,05^2$$

$$A_{sc} = 284,878 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$Ec = 4700\sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

$$Qn = 0,5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{fc' \times Ec}$$

$$Qn = 0,5 \times 284,878 \times \sqrt{35 \times 27805,575}$$

$$Qn = 140517,231 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (Vh)

$$Vh = 0,85 \text{ fc}' \times B_e \times t \text{ (plat)}$$

Dimana perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala (stud $\frac{3}{4}$ =19,05 mm dengan tinggi stud 10 cm)

$$Vh = (0,85 \times 35 \times 1250 \times 250)$$

$$Vh = 9296875,00 \text{ N}$$

$$Vh = C_{max} = 9296875,00 \text{ N}$$

Tmax = gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \cdot f_y = 6314 \times 410 = 2588740 \text{ N}$$

$C_{\max} = 9296875,00 \text{ N} > T_{\max} = 2588740 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 2588740 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$N = \frac{C_{\max}}{Q_n} = \frac{2588740}{140517,231} = 18,4229 \approx 20 \text{ buah}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid III, 1992 : 595)

Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah :

❖ Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuh

$$S_{\min} = 6 \times d = 6 \times 19,05 = 114,3 \text{ mm} = 11,43 \text{ cm}$$

❖ Jarak maximum longitudinal :

$$S_{\max} = 8 \times t \text{ (plat beton)} = 8 \times 25 = 200 \text{ cm}$$

Digunakan jarak stud = 19 cm

❖ Jarak transversal (jarak minimum tegak lurus sumbu longitudinal) :

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

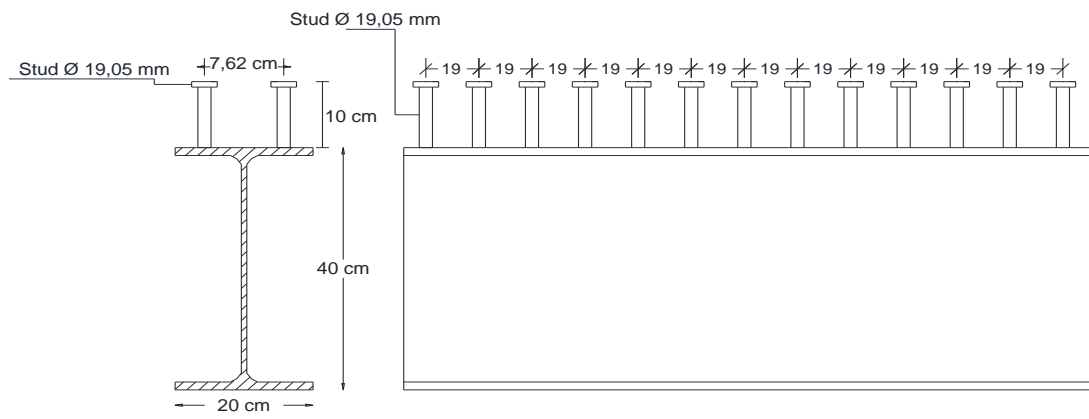
$$4 \times d = 4 \times 19,05 = 76,2 \text{ mm} = 7,62 \text{ cm}$$

digunakan jarak 11,5 cm

Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama = 13 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{250}{13} = 19,231 \approx 19 \text{ cm}$$



3.6 Perhitungan Gelagar Melintang

3.7.1 Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

- q Plat lantai = 1034,928 kg/m², q Trotoar = 1970,928 kg/m²
- Jarak Gelagar Melintang = 5 m, Jarak Gelagar Memanjang = 1,5 m

- Akibat Berat Trotoar

$$q_{d1}^u = (\text{Perataan beban tipe D x 2}) \times (q_u \text{ Trotoar}) \\ = (0,50 \times 2) \times (1970,928) = 1970,928 \text{ kg/m}$$

- Akibat Berat lantai Kendaraan

$$q_{d2}^u = (\text{perataan tipe C x 2}) \times (q \text{ plat lantai}) \\ = (0,50 \times 2) \times (1034,928) = 1034,928 \text{ kg/m}$$

- Akibat Beban Profil Memanjang (WF 350 x 175 x 7 x 11)

Factor beban = 1,1

$$W = 49,56 \text{ kg/m, } L = 5 \text{ m}$$

$$P_1^u = W \times L \times \text{Faktor beban} \\ = 49,56 \times 5 \times 1,1 = 363,165 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

- Akibat Beban Lajur “ 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.

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis (BGT).

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 17)

A. Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1,8

Dimana : L = 110 m > 30 m

$$q = 9,0 \times (0,5 + \frac{15}{L}) kpa$$

$$q = 9,0 \times (0,5 + \frac{15}{110}) kpa$$

$$q = 5,73 kPa = 572,7 \text{ kg/m}^2$$

$$q_3 = \frac{573}{2,75} \times (2 \times 0,50) \times 1,8 \times 100\% = 375,055 \text{ kg/m}$$

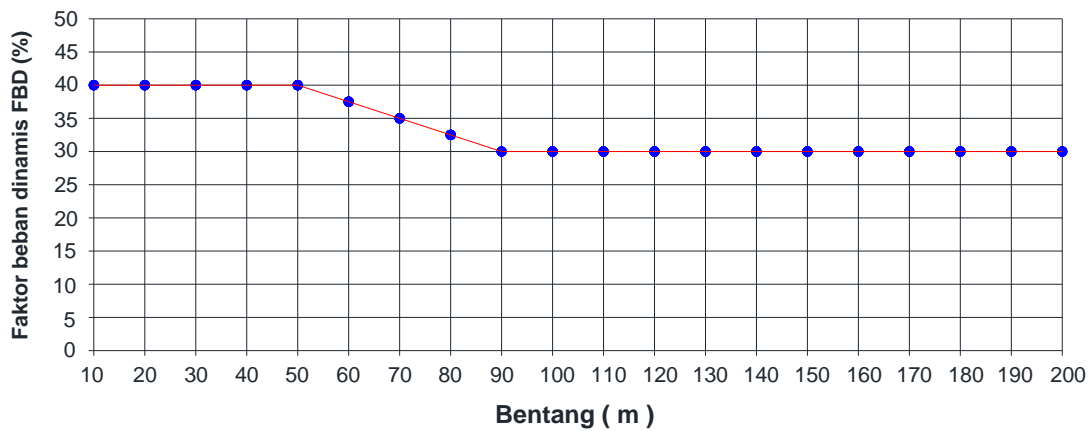
$$q_4 = \frac{573}{2,75} \times (2 \times 0,50) \times 1,8 \times 50\% = 187,527 \text{ kg/m}$$

B. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1,8

Bentang jembatan 110 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\text{FBD} = (0,525 - 0,0025 \times 110) = 0,30$$



Gambar 3.16 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 25)

$$K = 1,0 + \text{FBD}$$

$$= 1,0 + 0,30 = 1,30$$

$$\text{Beban Garis } P = 49 \text{ KN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

$$P_2'' = \frac{4900}{2,75} \times 1,30 \times 1,8 \times 100\% = 4169,455 \text{ kg/m}$$

$$P_3'' = \frac{4900}{2,75} \times 1,30 \times 1,8 \times 50\% = 2084,727 \text{ kg/m}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q_5 100\% = 375,055 + 4169,455 = 4544,510 \text{ kg/m}$$

$$q_6 50\% = (187,527 + 2084,727) = 2272,254 \text{ kg/m}$$

- **Akibat muatan beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar melintang**

Faktor beban = 1,8

$$q = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}$$

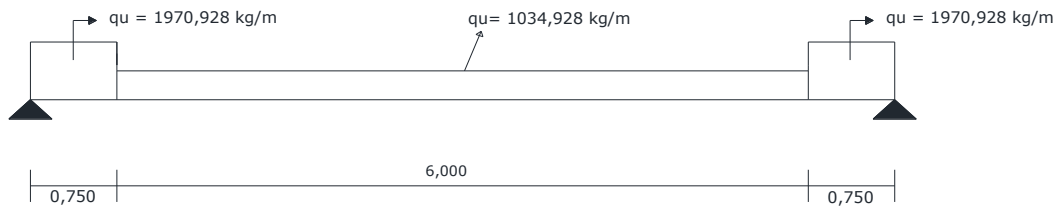
(Sumber : RSNI T 02-2005, halaman 27)

$$q_7^u = 500 \times (\text{perataan} D \times 2) L \times 1,8$$

$$= 500 \times (2 \times 0,50) \times 1,8 = 900 \text{ kg/m}$$

3.7.2 Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang

• Akibat Beban mati lantai Kendaraan dan Trotoar



$$RA = (q_1 \times 0,75) + \left(q_2 \times \frac{6}{2} \right) = (1970,928 \times 0,75) + (1034,928 \times 3)$$

$$= 4582,980 \text{ kg}$$

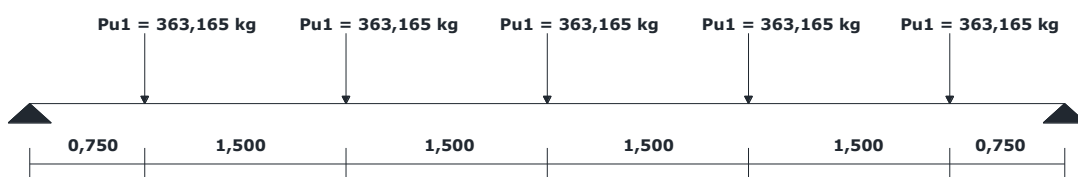
$$M_1 = (RA \times 3,75) - (q_1 \times 3 \times 1,5) - (q_2 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$= (4582,980 \times 3,75) - (1034,928 \times 3 \times 1,5) - (1970,928 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$- (1034,928 \times 3,75 \times 1,875)$$

$$= 6583,397 \text{ kg.m}$$

• Akibat berat Gelagar Memanjang



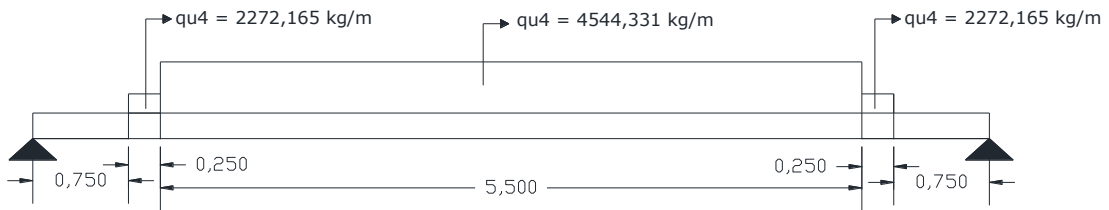
$$RA = \frac{P_1 \times 5}{2} = \frac{363,165 \times 5}{2} = 907,913 \text{ kg}$$

$$M_2 = (RA \times 3,75) - (P_1 \times 3) - (P_1 \times 1,5)$$

$$= (907,913 \times 3,75) - (363,165 \times 3) - (363,165 \times 1,5)$$

$$= 1770,429 \text{ kgm}$$

• Akibat beban lajur “D”



$$\sum MB = 0$$

$$RA \times 7,50 - (q_5 \times 5,50 \times 3,750) - (q_6 \times 0,25 \times 0,870)$$

$$7,50 RA - (4544,330 \times 5,50 \times 3,750) - (2272,165 \times 0,25 \times 0,875) = 0$$

$$7,50 RA - 94223,842 = 0$$

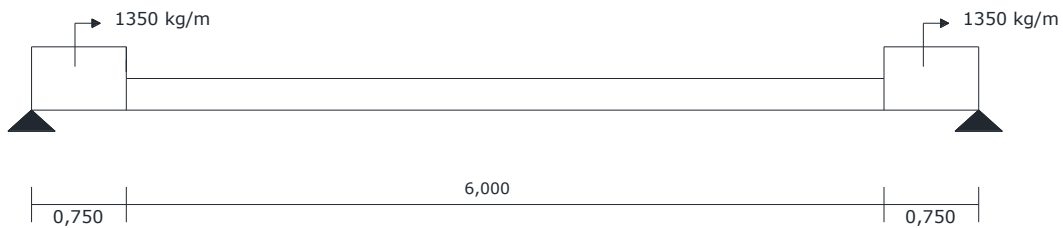
$$RA = 12563,179 \text{ kg}$$

$$M_3 = (RA \times 3,75) - (q_5 \times 0,25 \times 0,875) - (q_4 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$= (12563,179 \times 3,75) - (2272,165 \times 0,25 \times 2,875) - (4544,331 \times 2,75 \times 1,375)$$

$$= 28295,551 \text{ kg.m}$$

• Akibat muatan Hidup Trotoar



$$RA = q_u \times L$$

$$= 900 \times 0,75$$

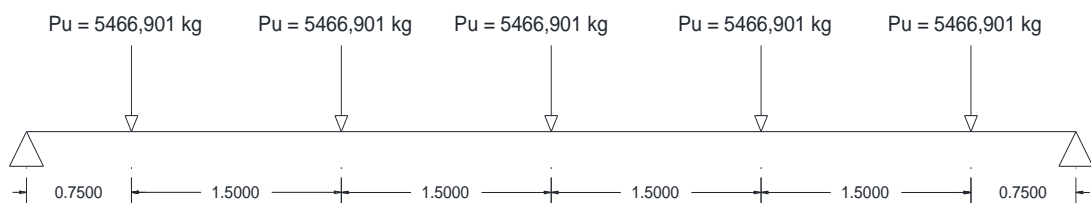
$$= 675 \text{ kg}$$

$$M_4 = (RA \times 3,75) - (q_7 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$M_4 = (675 \times 3,75) - (900 \times 0,75 \times 3,375)$$

$$= 253,125 \text{ kg.m}$$

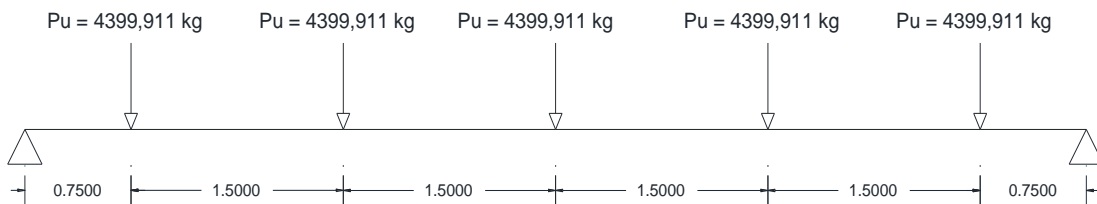
• Akibat beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang



$$RA = \frac{V_1 \times 5}{2} = \frac{5466,901 \times 5}{2} = 13667,253 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_5 &= (RA \times 3,750) - (V_1 \times 3) - (V_1 \times 1,50) \\ &= (13667,253 \times 3,750) - (5466,901 \times 3) - (5466,901 \times 1,50) \\ &= 34031,144 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

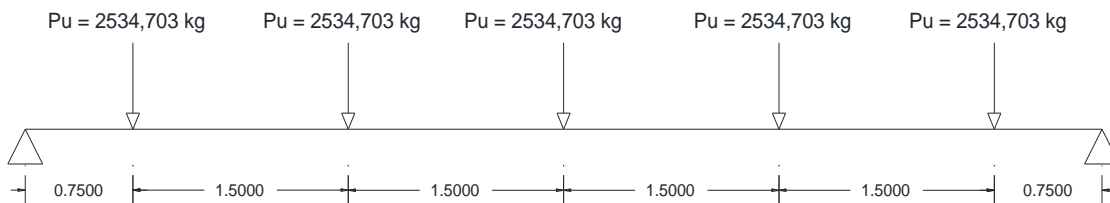
• **Akibat beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang**



$$RA = \frac{V_1 \times 5}{2} = \frac{4399,911 \times 5}{2} = 10999,778 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_6 &= (RA \times 3) - (V_1 \times 3) - (V_1 \times 1,5) \\ &= (10999,778 \times 3,750) - (4399,911 \times 3) - (4399,911 \times 1,50) \\ &= 21449,568 \end{aligned}$$

• **Akibat muatan hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang**



$$RA = \frac{V_1 \times 5}{2} = \frac{2534,703 \times 5}{2} = 2534,703 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_7 &= (RA \times 3,750) - (P_1 \times 3) \\ &= (2534,703 \times 3,750) - (2534,703 \times 3) \\ &= 1897,277 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}M_{\max}^u &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \\&= 6583,397 + 1770,492 + 28295,551 + 253,125 + 34031,144 + 21449,568 \\&\quad + 1897,277 \\&= 94280,554 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}V_{\max}^u &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 \\&= 4582,980 + 907,913 + 12563,179 + 675 + 13667,253 + 10999,778 + 2534,703 \\&= 45930,806 \text{ kg}\end{aligned}$$

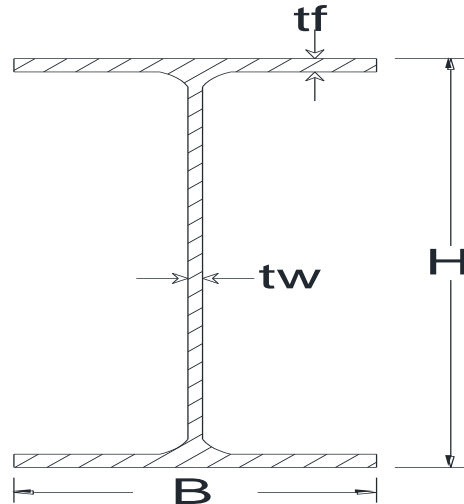
3.7.3 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

2. Dimensi Gelagar Melintang

Dicoba profil baja WF 700 x 300 x 13 x 24

(sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja 8.3.2 SNI 03-1729-2002).

Mutu baja BJ-55 dengan $f_y = 4100 \text{ kg/m}^2 = 410 \text{ Mpa}$



Gambar 3.29 Profil baja WF gelagar Melintang

Factor beban untuk baja = 1,1

$$W = 184,87 \text{ kg/m}$$

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

$$r = 28 \text{ mm}$$

$$A = 215,50 \text{ cm}^2$$

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

$$Z_x = 6249 \text{ cm}^3$$

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

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

$$Z_y = 1108 \text{ cm}^3$$

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

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

- **Desain struktur sebelum komposit**

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\phi M_n > M_u \quad (\text{sumber : RSNI-02-2005,halaman : 30})$$

Dengan : $\phi = 0,90$

M_n = Tahanan momen nominal

M_u = Momen lentur akibat beban terfaktor

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

$$M_u^{profil}_{WF} = \frac{1}{8} \times q \times L^2 \times 1,1$$

$$= \frac{1}{8} \times 184,87 \times 7,5^2 \times 1,1$$

$$= 1429,854 \text{ kg.m}$$

Momen total = 1429,854 + 94280,554

$$= 95710,408 \text{ kg.m}$$

$$= \mathbf{95,710408 \text{ ton.m}}$$

❖ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\lambda_f = \frac{B}{2.t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6,25 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,396$$

$$\lambda_f = \frac{B}{2.t_w} = \frac{300}{2 \times 13} = 11,54 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969$$

❖ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 7,5 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

$$Bo = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm (jarak antara gelagar$$

$$bE \leq \frac{L}{4} = \frac{750}{4} = 187,5 \text{ cm melintang)}$$

$$bE \leq bo = 500 \text{ cm}$$

$$bE \leq bf + 16.ts = 24 + 16 \times 25 = 424 \text{ cm}$$

Diambil nilai bE yang terkecil = 187,5 cm, maka bE ditransformasikan menjadi

$$bE' = \frac{bE}{n}$$

Elastisitas :

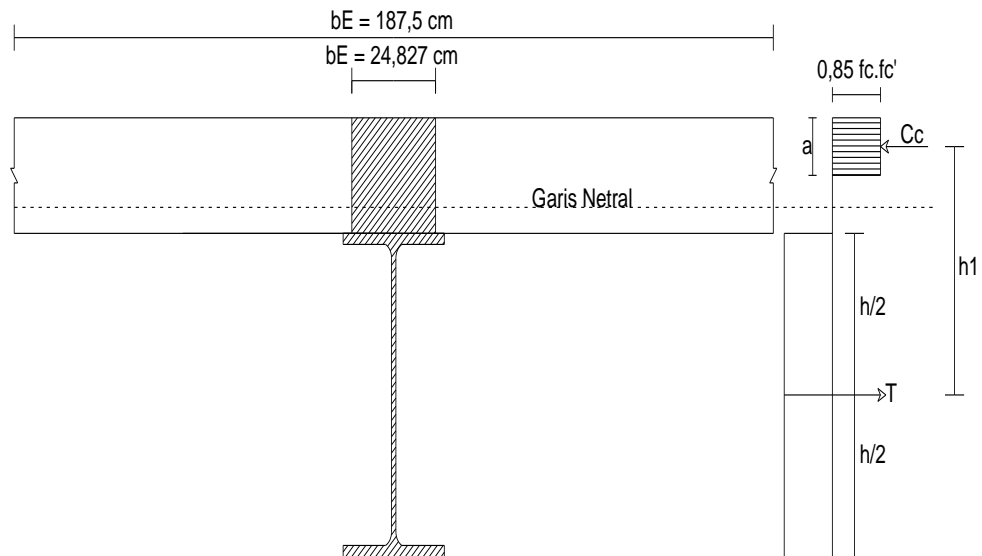
$$E_{beton} = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

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

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210000}{27805,575} = 7,5524$$

$$bE' = \frac{187,5}{7,5524} = 24,827 \text{ cm}$$

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



Gambar 3.30 Diagram penampang plastis

Table 3.4 Menentukan letak garis netral :

No	Luas Penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
01	Beton = 24,827 x 25 = 620,675	25/2 = 12,50	7758,252
02	Baja = 215,50	70/2 + 25 = 60	12930
A = 836,16			A . Y = 20688,252

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{20688,252}{836,16} = 24,724 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a = 25 + 70 - 24,724 = 70,276 \text{ cm}$$

Table 3.5 Menentukan momen inersia beton dan baja :

No	A (cm ²)	Y (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
01	620,660	12,50	1/12 x 16,55 x 25 ³ = 32326,049	24,74 - 12,50 = 12,242	125341,8435
02	215,50	60	201000	70,26 - (70/2) = 35,258	468894,1858
A = 836,16					Ix = 594236,033

Karena $Y_a = 24,724 \text{ cm} < \text{tebal plat beton}$ maka garis netral terletak pada plat beton.

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

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bE} \\
 &= \frac{2155 \times 410}{0,85 \times 35 \times 187,5} \\
 &= 158,396 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal plat beton 250 mm > a = 158,396 mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $As \cdot fs$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned}
 Cc &= 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bE \\
 &= 0,85 \times 35 \times 158,396 \times 1875 \\
 &= 8835526875 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned}
 T &= As \cdot fy \\
 &= 2155 \times 410 \\
 &= 883550 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc \cdot h_1 \\
 &= 8835526875 \times \left(\frac{1}{2} \times 700 + 250 - \frac{1}{2} \times 158,396 \right) \\
 &= 4601548199440 \text{ N.mm} \\
 &= 460154820 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

Kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang Komposit. $\phi_b = 0,85$.

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot Mn &= 0,85 \times 460154820 \\
 &= 391131597 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot Mn &\geq M_{total} \\
 391132606 \text{ kg.m} &\geq 94280,554 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

(Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.291)

❖ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 45930,806 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned} V_y &= 0,55 \cdot d \cdot t_w \cdot f_y \\ &= 0,55 \times 70 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 205205 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_y &\geq V_{total}^u \\ 205205 \text{ kg} &\geq 45930,806 \text{ kg} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol Lendutan**

$$L = 7,5 \text{ m} = 750 \text{ cm} \quad (\text{C.G. Salmon, "struktur baja II", hal : 393})$$

$$f_{ijin} = \frac{1}{360} \cdot L = \frac{1}{360} \times 750 = 2,083 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi adalah

$$f_{ada} = \frac{(q^u) \times L^4}{384 \times EI} + \frac{P^u \times L^3}{192 \times EI x}$$

❖ **Akibat beban mati**

$$\begin{aligned} q^u &= q_{d1}^u \text{ trotoar} + q_{d2}^u \text{ kendaraan} + q_{profil} \\ &= 1970,928 + 1034,928 + 184,87 \\ &= 3190,726 \text{ kg/m} = 31,907 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$P_u = P$ profil memanjang + P beban mati gelagar memanjang

$$P_u = P_1^u = 363,165 + 5466,901 = 5830,066 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} f_{ada}^1 &= \frac{5 \times 31,907 \times 750^4}{384 \times 2100000 \times 594236033} + \frac{5830,066 \times 750^3}{48 \times 2100000 \times 594236033} \\ &= 0,146 \text{ cm} \end{aligned}$$

❖ **Akibat beban hidup**

$$q^u = q_l \text{ tepi (trotoar)}$$

$$= 900 \text{ kg/m} = 9,00 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} P_u &= P \text{ truck} + P \text{ hidup trotoar pada memanjang} + P \text{ lajur d memanjang} \\ &= 20250 + 2534,703 + 4399,911 \\ &= 27184,614 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ada} 2 &= \frac{5 \times 9,00 \times 750^4}{384 \times 2100000 \times 594148079} + \frac{27184,614 \times 750^3}{48 \times 2100000 \times 594236033} \\ &= 0,192 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{total} = f_{ada} 1 + f_{ada} 2$$

$$f_{total} = 0,146 + 0,192 = 0,102 \text{ cm}$$

Kontrol

$$f_{ijin} \geq f_{total}$$

$$2,083 \text{ cm} \geq 0,338 \text{ cm}$$

3.4.3.2 Perencanaan shear conector

Balok induk Memanjang

Digunakan konektor geser berkepala (stud diameter 19,05 mm dengan tinggi 100 mm) yang dilaskan pada flens.

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times 19,05^2$$

$$A_{sc} = 284,878 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$E_c = 4700\sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c}$$

$$Q_n = 0,5 \times 284,878 \times \sqrt{35 \times 27805,575}$$

$$Q_n = 140517,231 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$V_h = 0,85 f_c' \times b \times t \text{ (plat)}$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala (stud ¾" = 1,905 cm dengan tinggi stud 15 cm)

$$V_h = (0,85 \times 35 \times 187,5 \times 250)$$

$$V_h = 139453,125 \text{ N}$$

$$V_h = C_{\max} = 13976649,131 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= \text{Gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil} \\ &= A_s \cdot f_y \\ &= 21550 \times 410 \\ &= 8835500 \text{ N} \end{aligned}$$

$C_{\max} = 13976649,131 \text{ N} > T_{\max} = 8835500 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 13976649,131 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$N = \frac{C_{\max}}{Q_n} = \frac{139453,125}{140517,2311} = 62,8784 \approx 64 \text{ buah}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid III, 1992 : 595)

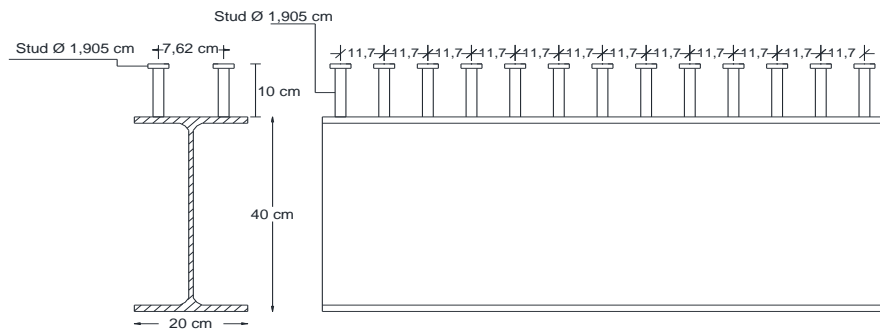
Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah :

- Jarak minimum longitudinal :
Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuh
 $S_{\min} = 6 \times d = 6 \times 19,05 = 114,3 \text{ mm} = 11,34 \text{ cm}$
- Jarak maximum longitudinal :
 $S_{\max} = 8 \times t \text{ (plat beton)} = 8 \times 25 = 200 \text{ cm}$
Digunakan jarak stud = 12 cm
- Jarak transversal (jarak minimum tegak lurus sumbu longitudinal) :
Digunakan sebagai jarak antar baris stud :
 $4 \times d = 4 \times 19,05 = 76,2 \text{ mm} = 76,6 \text{ mm} = 7,62 \text{ cm}$
digunakan jarak 11,5 cm = 1,15 cm

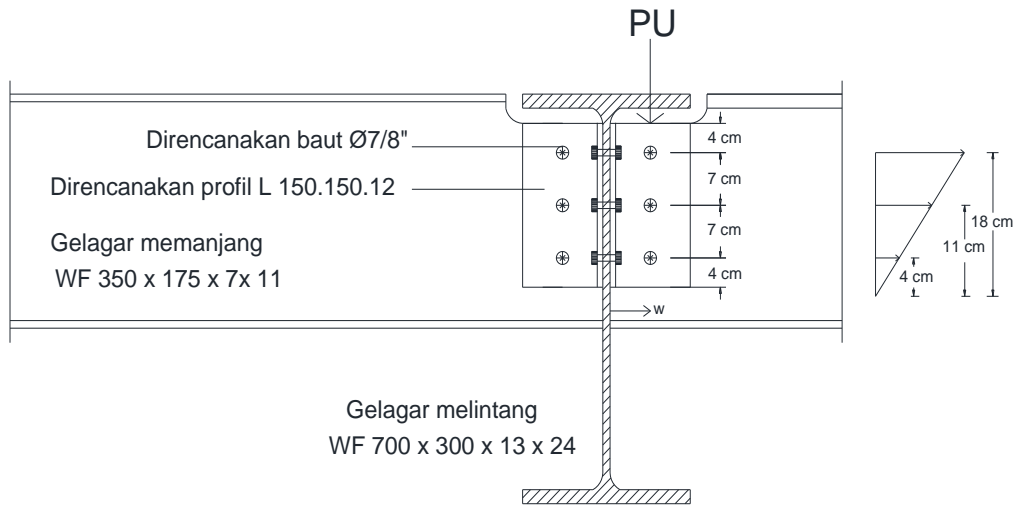
Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama = 32 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{375}{32} = 11,7 \text{ cm} \approx 11,7 .$$



3.4.4 Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



- Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2,222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang baut (db)} = 2,222 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 10342,50 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = \text{Tegangan putus minimum} = 550 \text{ Mpa, Bj 55}$$

$$\text{Luas baut } A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,22^2 = 3,868 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 150.150.12 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

- Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (Pu)

$$V_u = 12401,515 \text{ kg (} V_u \text{ Total gelagar memanjang)}$$

3.4.4.1. Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

- **Kekuatan tarik desain**

$$\begin{aligned} \phi . R_n &= \phi \times (0,75 \times F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,50) \cdot 2 \cdot 3,868 \end{aligned}$$

$$= 22558,034 \text{ kg}$$

- **Kekuatan geser desain**

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$

$$\begin{aligned} \phi.Rn &= \phi.(0,60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0,65 . (0,60 . 10342,50) . 2 . 3,868 \\ &= 31280,470 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **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 ($t_w = 1,3 \text{ cm}$).

$$\begin{aligned} \phi.Rn &= \phi.(2,4 . d . t_w . Fu^p) \\ &= 0,75 . (2,4 \times 22,22 \times 13 \times 550) \\ &= 28597,14 \text{ N} = 28597,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Kekuatan nominal**

$$\begin{aligned} Tn &= 0,60 . Fy . A_{ug} \\ &= 0,60 . 410 . (1,3 . (700 - 2.240)) \\ &= 208509,60 \text{ kg} \\ &= 208509,60 > P_u = 12401,515 \text{ kg} \end{aligned}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

- **Momen ultimit**

$$\begin{aligned} M_u &= P_u . w \\ &= 12401,515 . 5,50 = 68208,333 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

- **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < 3d_b$

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 7 d_b$

❖ Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1,5 d_b = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 4 cm.

❖ Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2,222 = 15,554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

▪ **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$n = \sqrt{\frac{6 \times Mu}{\phi R n . p}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut 7 cm

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 68208,333}{30540,3745 \times 7}}$$

$$n = 1,384 \approx 3 \text{ buah}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

syarat

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$1 \geq \frac{12401,515\beta}{0,75 \times 4100 \times 3} = 0,448cm$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.12
dengan tebal 1 cm.

▪ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

✚ **Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :**

$$\phi_t \cdot R_{nt} \geq R_{ut}$$

Dimana :

$\phi_t \cdot R_{nt}$ = kekuatan tarik desain

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{Mu \times y}{\sum y^2} = \frac{68208,333 \times 18}{(4^2 + 11^2 + 18^2)} = 2663,232 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot R_n \geq R_{ut}$$

$$22547,8976 \text{ kg} \geq 2663,232 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

▪ **Kekuatan geser desain $>$ beban geser terfaktor baut :**

$$\phi_v \cdot R_{nv} > R_{uv}$$

$$R_{uv} = \frac{Pu}{\sum n} = \frac{12401,515}{3} = 4233,778 \text{ kg}$$

Control; $\phi \cdot R_{nv} \geq R_{uv} = 22547,8976 \text{ kg} \geq 4233,778 \text{ kg} \quad (\text{Aman})$

3.4.4.2. Sambungan irisan Ganda (memanjang)

▪ **Kekuatan tarik desain**

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot (0,75 \cdot Fu^b) \cdot Ab$$

$$= 0,75 (0,75 \cdot 1034,250) \cdot 387,577$$

$$= 225478,976 \text{ N} = 22547,8976 \text{ kg}$$

- **Kekuatan geser desain baut**

$$\phi \cdot Rn = \phi \cdot (0,60 \cdot Fu^b) \cdot m \cdot Ab$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 1034,250) \cdot 2 \cdot 387,577$$

$$= 312664,180 = 31266,4180$$

- **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan

ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang

diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 0,8 cm = 8 mm (Salmon

: 134)

$$\phi \cdot Rn = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot Fu^p)$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 22,22 \times 8 \times 550)$$

$$= 1759824 \text{ N} = 17598,24 \text{ kg}$$

- **Kekuatan nominal**

$$Tn = 0,60 \times Fy \times A_{ug}$$

$$= 0,60 \cdot 410 \cdot (0,8 (400 - 2 \cdot 130))$$

$$= 73603 \text{ kg}$$

$$Tn = 73603 \text{ kg} > Pu = 12401,515 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

- **Momen ultimit**

$$Mu = Pu \cdot w$$

$$= 12401,515 \cdot 5,5 = 68208,333 \text{ kg cm}$$

- **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < d_b$

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 7 d_b$

❖ Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1,5 d_b = 1,5 \cdot 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 4 cm.

❖ Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \cdot 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \cdot 2,222 = 15,554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

▪ **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$n = \sqrt{\frac{6 \times Mu}{\phi Rn.p}}$$

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

201)

Dimana :

n = jumlah baut

Mu = Momen ultimit

P = jarak antar baut = 7 cm

R = $\phi \cdot R_n$ kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil

dari persamaan kuat desain baut yang nialinya lebih kecil), (N)

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 68208,333}{31266,4180 \times 7}} = 1,367 \approx 3 \text{ buah}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

syarat

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$1 \geq \frac{12401,515\beta}{0,75 \times 4100 \times 3} = 0,448 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.12

dengan tebal 1 cm.

▪ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

✚ Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :

$$\phi_t \cdot R_{nt} \geq R_{ut}$$

Dimana :

$\phi_t \cdot R_{nt}$ = kekuatan tarik desain

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{Mu \times y}{\sum y^2} = \frac{68208,333 \times 18}{(4^2 + 11^2 + 18^2)} = 2663,232 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot R_n \geq R_{ut}$$

$$22547,8976 \text{ kg} \geq 2663,232 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

✚ Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain = 31266,4180 kg

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{Pu}{\sum n} = \frac{12401,515}{3} = 4133,838 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\varphi v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

$$31266,4180 \geq 4133,838 \text{ kg}$$

(aman)

3.8. Perencanaan Gelagar Induk

3.8.1. Perhitungan pembebanan

A. Beban mati

- ✚ Berat sendiri gelagar induk (faktor beban = 1,1)

Berat sendiri gelagar Induk, gelagar Memanjang, gelagar Melintang, ikatan angin, pengaku melintang atas. Didalam menghitung berat sendiri penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD Pro → self weight).

- ✚ Berat lantai kendaraan (qd plat lantai kendaraan = 1034,928)

$$\begin{aligned}G_2 &= (b \times L \times qd) \\ &= (6 \times 110 \times 1034,928) \\ &= 683052,48 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Berat lantai trotoir, (faktor beban = 1,3), karena sudah menggunakan beban ultimit, maka pengalihan faktor beban 1,3 tidak digunakan lagi, karena sudah dikalikan sebelumnya.

$$\begin{aligned}G_3 &= (2b \times L \times q) \\ &= ((2 \times 0,75) \times 110 \times 1970,928) \\ &= 325203,120 \text{ kg}\end{aligned}$$

- ✚ Pipa Sandaran

Dipasang pipa Ø 73,3 mm; ($q_u = 5,05 \text{ kg/m}$) faktor beban = 1,1)

$$\begin{aligned}G_4 &= (q_u \times n \times L \times 1,1) \\ &= (5,08 \times 2 \text{ (bh pipa)} \times 110 \times 1,1) \times 2 \text{ (pipa kiri dan kanan)} \\ &= 2458,720 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi berat total beban mati yang bekerja:

$$G_{\text{total}}^u = G_2 + G_3 + G_4$$

$$= 683052,480 + 325203,120 + 2458,720$$

$$= 1010714,320 \text{ kg}$$

- Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{\text{total}}}{2} = \frac{1010714,320}{2} = 505357,160 \text{ kg}$$

- Beban mati ,yang diterima tiap titik buhul tengah :

$$P_1 = \frac{G}{22} = \frac{505357,160}{22} = 22970,780 \text{ kg}$$

- Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2} = \frac{22970,780}{2} = 11485,390 \text{ kg}$$

B. Beban hidup (faktor beban = 1,8)

✚ Beban Lajur D

- ✓ Beban terbagi rata

Berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 halaman 17, besarnya beban terbagi rata bergantung pada panjang bentangan dari jembatan.

Untuk panjang bentang (L) = 110 m, maka intensitas beban terbagi rata dapat dihitung menggunakan rumus dengan factor beban (1,8) sebagai berikut :

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kpa}$$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{110}\right) \text{ kpa}$$

$$q = 5,727 \text{ kPa} = 573 \text{ kg/m}^2$$

Maka, $q' = q \times \text{faktor beban}$

$$= 573 \times 1,8$$

$$= 1031 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban } 100 \% , q = \frac{1031}{2,75} \times 5,5 \times 100\%$$

$$= 2062 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban } 50 \% , q &= \frac{1031}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 50\% \\ &= 93,727 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban yang diterima gelagar induk sepanjang $L = 110 \text{ m}$ adalah :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{(q \text{ total})}{2} \times L \\ &= \frac{(2062 + 93,727)}{2} \times 110 \\ &= 118564,985 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tengah

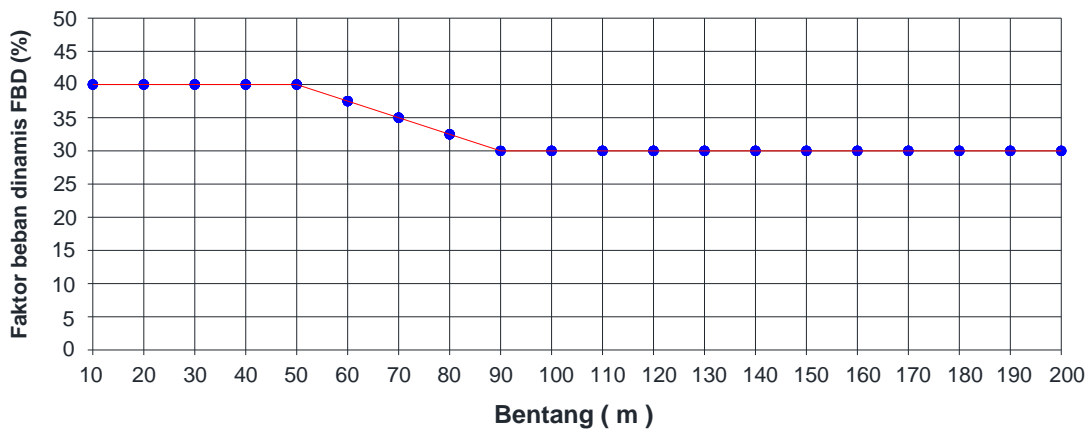
$$Q_u = \frac{Q_t}{\sum \text{titik buhul}} = \frac{118564,985}{22} = 5389,318 \text{ kg}$$

- Beban hidup yang diterima tiap titik buhul tepi

$$Q_u = \frac{Q_u}{2} = \frac{5389,318}{2} = 2694,659 \text{ kg}$$

✓ Beban garis (P)

- Berdasarkan RSNI T - 02 - 2005 halaman 18, besarnya intensitas beban garis (P) = 49 kN/m = 4900 kg/m, dengan faktor beban 1,8.
- Besarnya faktor beban dinamis untuk $L = 110 \text{ m}$, dapat diperoleh dari grafik FBD berikut ini.



Gambar 3.18 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

Berdasarkan grafik tersebut diatas, maka besarnya nilai FBD untuk panjang bentang (L) = 110 m adalah = 0,30

$$K = 1 + \text{FBD}$$

$$= 1 + 0,30 = 1,30 \text{ m}$$

- Beban garis P = 4900 kg/m

$$P^u = 4900 \times 1,8 = 8820 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u (100\%) = \frac{8820}{2,75} \times 1,30 \times 100\% = 4169,455 \text{ kg/m}$$

$$P_2^u (50\%) = \frac{8820}{2,75} \times 1,30 \times 50\% = 2084,727 \text{ kg/m}$$

C. Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005, hal 27. Beban hidup trotoir diambil sebesar 5 kPa = 500 kg/m² dengan faktor beban sebesar 1,8.

$$\begin{aligned} \checkmark P &= 500 \times 2 \times 0,75 \times 110 \times 1,8 \\ &= 148500 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Beban hidup trotoar yg dipikul oleh tiap gelagar induk:

$$\begin{aligned} P_t &= \frac{P_{total}}{2} \quad (2 = \text{jumlah gelagar induk}) \\ &= \frac{148500}{2} = 74250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{P_t}{22} \\ &= \frac{74250}{22} = 3375 \text{ kg} \end{aligned}$$

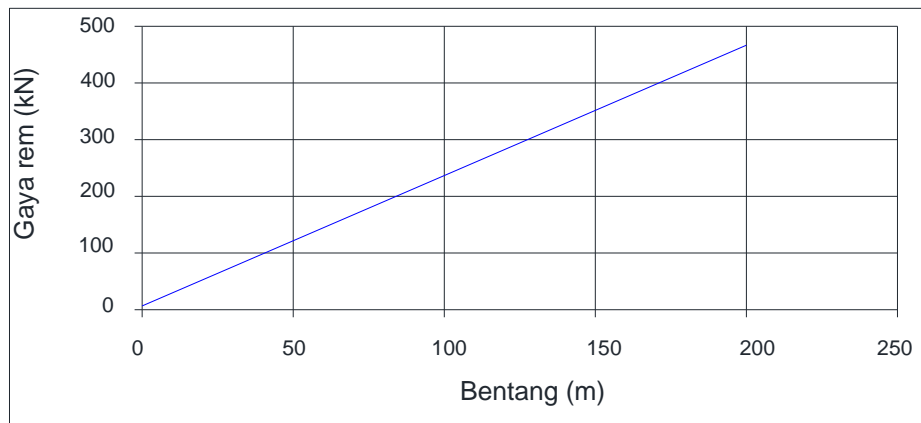
✓ Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$P_u = \frac{P_t}{2}$$

$$= \frac{3375}{2} = 1687,50 \text{ kg}$$

D. Gaya rem

Berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 halaman 26, besarnya nilai gaya rem tergantung pada panjang bentang jembatan (L) dengan faktor beban 1,8.



Gambar 3.19 Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m

Berdasarkan grafik diatas, untuk jembatan dengan bentang $L = 110 \text{ m}$, maka gaya rem sebesar $= 240 \text{ kN} = 24000 \text{ kg}$.

- Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned} P_R &= \frac{P}{2} \times 1,8 \\ &= \left(\frac{24000}{2} \right) \times 1,8 \\ &= 21600 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_1^u &= \frac{P_R}{22} \\ &= \frac{21600}{22} = 981,818 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned} P_2^u &= \frac{P_1^u}{2} \\ &= \frac{981,818}{2} = 490,909 \text{ kg} \end{aligned}$$

E. Beban Angin

Pada sisi rangka terkena angin

$$T_{EW1} = 0,0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \times A_b \times 30 \%$$

$$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30 \%$$

Dimana:

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

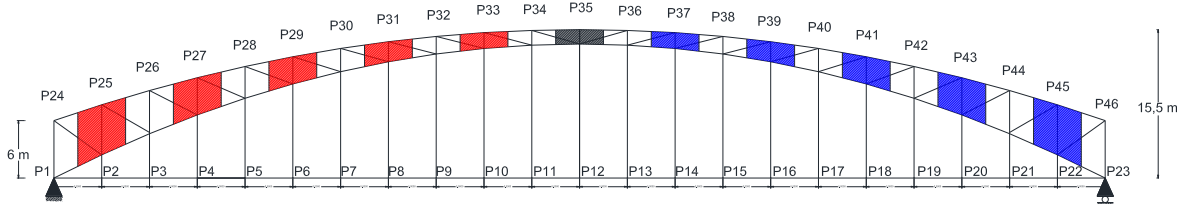
C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1,2$)

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

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Beban angina jembatan tergantung pada kecepatan angina rencana :

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km Dari Pantai	>5 km Dari Pantai
Daya Layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s



Gambar 3.33 Luas beban yang terkena angin

Luas area yang terkena angin dihitung menggunakan program bantu autocad

Tabel 3.5 Luas bidang yang terkena angin;

AREA	LUAS (M ²)	AREA	LUAS (M ²)
P1 = P24	14,5125	P12 = P35	7,5500
P2 = P25	26,1438	P13 = P36	7,7435
P3 = P26	22,6000	P14 = P37	8,2937
P4 = P27	19,4437	P15 = P38	9,2000
P5 = P28	16,6500	P16 = P39	10,5000
P6 = P29	14,2437	P17 = P40	12,1937
P7 = P30	12,1937	P18 = P41	14,2437
P8 = P31	10,5000	P19 = P42	16,2437
P9 = P32	9,2000	P20 = P43	19,4437
P10 = P33	8,2937	P21 = P44	22,6000
P11 = P34	7,7438	P22 = P45	26,1438
		P23 = P46	14,5125

Total luas bidang yang terkena angina adalah 330,598 m² (Ab)

$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 0,0012 \times C_w (V_w)^2 \times A_b \times 30\% \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times 900 \times 330,598 \times 3 \\
 &= 53,328 \text{ kN} = 5332,781 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai Tew2 untuk setiap luasan rangka yang terkena angin

$$\begin{aligned}
 T_{EW2} &= 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30\% \\
 &= 0.0006 \times 1,2 \times (30)^2 \times 14,5125 \times 30\% \\
 &= 2,821 \text{ kN} = 282,123 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\sum_{RV} = - V_A \times 7,50 + T_{EW1} \times 1,5 + T_{EW2} \times \frac{1}{2} \times 6$$

$$7,50 V_A = 5332,781 \times 1,5 + 282,123 \times 3,00$$

$$7,50 V_A = 1179,405$$

$$V_A (P1= P24) = 1179,405 \text{ kg}$$

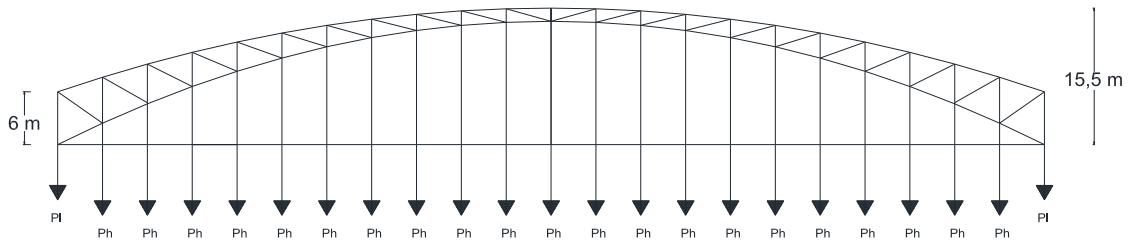
Untuk perhitungan TEW2 dan RVA dapat dilihat pada tabel:

Beban angin yang diterima gelagar induk adalah :

Table 3.6 Beban angina yang diterima

AREA	LUAS (Ab) m ²	cw	V _w ² 30 m/s	h (m)	Tew ₂ (kg)	RVA(kg)
P1	14,5125	1,2	900	6	310,335	1190,690
P2	26,1438	1,2	900	5,22	559,042	1261,103
P3	22,6000	1,2	900	4,51	483,278	1211,862
P4	19,4437	1,2	900	3,88	415,784	1174,106
P5	16,6500	1,2	900	3,32	356,044	1145,360
P6	14,2437	1,2	900	2,84	304,587	1124,225
P7	12,1937	1,2	900	2,43	260,750	1108,798
P8	10,5000	1,2	900	2,09	224,532	1097,841
P9	9,2000	1,2	900	1,83	196,733	1433,943
P10	8,2937	1,2	900	1,65	177,352	1086,065
P11	7,7438	1,2	900	1,54	165,593	1083,557
P12	7,5500	1,2	900	1,50	161,449	1082,701
P13	7,7438	1,2	900	1,54	165,593	1083,557
P14	8,2937	1,2	900	1,65	177,352	1086,065
P15	9,2000	1,2	900	1,83	196,733	1090,558
P16	10,5000	1,2	900	2,09	224,532	1097,841
P17	12,1937	1,2	900	2,43	260,750	1108,798
P18	14,2437	1,2	900	2,84	304,587	1124,225
P19	16,6500	1,2	900	3,32	356,044	1145,360
P20	19,4437	1,2	900	3,88	415,784	1174,106
P21	22,6000	1,2	900	4,51	483,278	1211,862
P22	26,1438	1,2	900	5,22	559,042	1261,103
P23	14,5125	1,2	900	6	310,335	1190,690
P24	14,5125	1,2	900	6	310,335	1190,690
P25	26,1438	1,2	900	5,22	559,042	1261,103
P26	22,6000	1,2	900	4,51	483,278	1211,862
P27	19,4437	1,2	900	3,88	415,784	1174,106
P28	16,6500	1,2	900	3,32	356,044	1145,360
P29	14,2437	1,2	900	2,84	304,587	1124,225
P30	12,1937	1,2	900	2,43	260,750	1108,798
P31	10,5000	1,2	900	2,09	224,532	1097,841
P32	9,2000	1,2	900	1,83	196,733	1090,558
P33	8,2937	1,2	900	1,65	177,352	1086,065
P34	7,7438	1,2	900	1,54	165,593	1083,557
P35	7,5500	1,2	900	1,50	161,449	1082,701
P36	7,7438	1,2	900	1,54	165,593	1083,557
P37	8,2937	1,2	900	1,65	177,352	1086,065
P38	9,2000	1,2	900	1,83	196,733	1090,558
P39	10,5000	1,2	900	2,09	224,532	1097,841
P40	12,1937	1,2	900	2,43	260,750	1108,798
P41	14,2437	1,2	900	2,84	304,587	1124,225
P42	16,6500	1,2	900	3,32	356,044	1145,36
P43	19,4437	1,2	900	3,88	762,271	1263,73
P44	22,6000	1,2	900	4,51	1288,742	1454,038
P45	26,1438	1,2	900	5,22	1956,647	1747,469
P46	14,5125	1,2	900	6	1344,786	1604,471

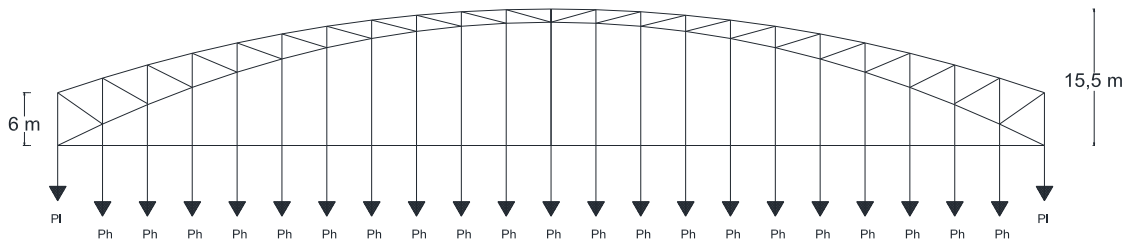
a. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{tepi} = 11485,390\text{kg}$$

$$P_{tengah} = 22970,780\text{kg}$$

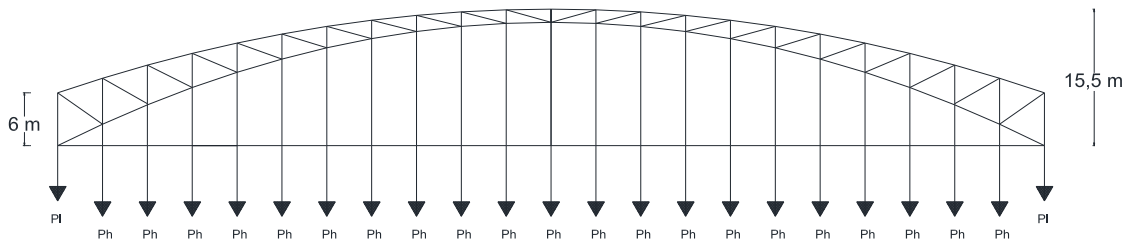
a. Skema pembebanan akibat beban Hidup "D"



$$P_{tepi} = 2694,659\text{kg}$$

$$P_{tengah} = 5389,318\text{kg}$$

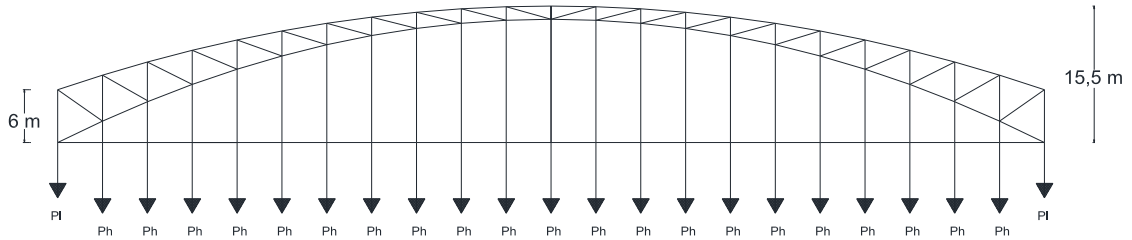
b. Skema pembebanan akibat beban Hidup trotoar



$$P_{tepi} = 1687,50\text{kg}$$

$$P_{tengah} = 3375\text{kg}$$

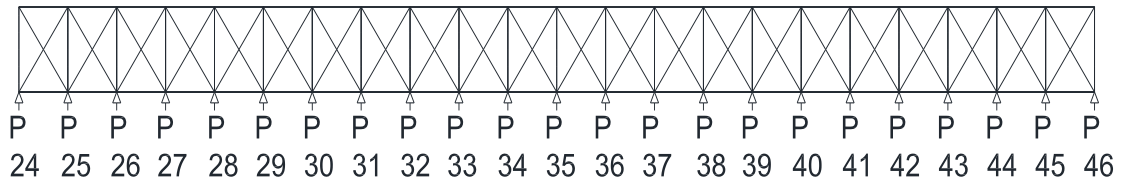
c. Skema pembebanan akibat Gaya rem



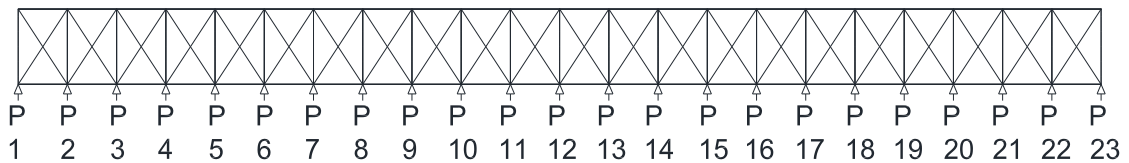
$$P_{tepi} = 490,909\text{kg}$$

$$P_{tengah} = 981,818\text{kg}$$

d. Skema pembebanan akibat Beban angin atas



e. Skema pembebanan akibat Beban angin bawah



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 dan kendaraan :

- Tabal plat lantai kendaraan : 250 mm
- Tabal plat trotoar : 550 mm
- Dipakai tulangan pokok : D13 – 200 mm
- Dipakai tulangan bagi : D13 – 250 mm

2. Pada perencanaan gelagar memanjang :

- Dipakai profil : WF 350 x 175 x 7 x 11
- Berat total profil : 27258,000 kg

Pada perencanaan gelagar melintang :

- Dipakai profil : WF 700 x 300 x 13 x 24
- Berat total profil : 31890,075 kg

Pada perencanaan gelagar induk :

- Dipakai profil : WF 458 x 417 x 30 x 50
- Berat total profil : 419097,5025 kg

Pada perencanaan gelagar melintang (pengaku) atas :

- Dipakai profil : WF 150 x 150 x 7 x 10
- Berat total profil : 5433,75 kg

Pada perencanaan gelagar melintang (pengaku) bawah:

- Dipakai profil : WF 250 x 250 x 9 x 14
 - Berat total profil : 9231,000 kg
3. Pada perencanaan kabel :
- Dipakai diameter kabel : $\varnothing 76$
 - Berat total profil : 987,4848 kg
4. Pada perencanaan sambungan :
- Dipakai diameter baut : 1 1/8"
 - Dipakai tebal plat simpul : 5,0 cm
5. Pada perencanaan ikatan angin atas :
- Dipakai profil : L 150 x 150 x 12
 - Berat total profil : 6921,601 kg
- Pada perencanaan ikatan angin bawah :
- Dipakai profil : L 150 x 150 x 12
 - Berat total profil : 7039,947 kg
6. Pada perhitungan perletakan jembatan :
- b : 70 cm
 - l : 150 cm

5.2 Saran

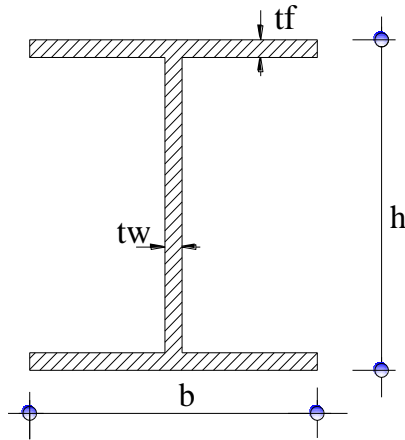
Saran penulis adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan jembatan di kabupaten Nunukan bisa direncanakan dengan menggunakan jembatan Tipe Pelengkung *Through Arch* sebagai salah satu alternatif dengan alasan bahwa jembatan tipe ini bisa memberikan hasil perencanaan yang ekonomis dan kuat.
2. Pemodelan struktur jembatan dengan menggunakan program bantu STAAD Pro V8i sangat tepat sebab waktu yang diperlukan akan lebih singkat dengan tingkat kesalahan yang relative sangat kecil dari perhitungan secara manual.
3. 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.
4. Dalam merencanakan sambungan antar gelagar induk pada baja pelengkung sebaiknya dihitung dan dikontrol tiap simpulnya dikarenakan sudut yang berbeda antara batang yang satu dengan yang lain, dalam hal ini dengan rumus yang ditetapkan dalam metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau kegagalan pada struktur jembatan yang direncanakan.
5. Perlu diperhatikan perencanaan pembebanannya berdasarkan peraturan yang berlaku. Setiap Negara mempunyai standart peraturan yang berbeda-beda antara negara yang satu dan negara yang lainnya. Peraturan pembebanan yang dipakai dipakai di Indonesia RSNI T-02-2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan dan RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.

4.4.1. Perencanaan Dimensi Batang Tarik Batang Pelengkung (Batang nomor 415)

Direncanakan profil WF 458 × 417 × 30 × 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$G = 415 \text{ cm}^2$$

$$H = 458 \text{ mm} \quad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 30 \text{ mm} \quad r = 2,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A = 528,6$$

$$B = 417 \text{ mm}$$

$$L = 5,124 \text{ m} = 512,4 \text{ cm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor (T_u) = 931356,110 kg

Lebar bau = $2,22 + 0,1 = 2,32$ cm

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad \text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 halaman 92}$$

Dimana:

L = panjang batang yang ditinjau = 512,4 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{512,4}{10,7} = 47,888 = 46,1622 \leq 300$$

Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \times (\text{tebal flens})] \\ &= 528,4 - 4 (2,32 \times 5) \\ &= 482,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu:

a. Diasarkan 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 :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,90 \text{ untuk keadaan batas leleh} \end{aligned}$$

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,90 \times 4100 \times 528,6 \\ &= 1950534 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana:

$$\begin{aligned}\phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas leleh}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \times A_n$$

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \times 5500 \times (0,85 \times 482,15) \\ &= 1690538,44 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1690538,44 \text{ kg}$$

Maka:

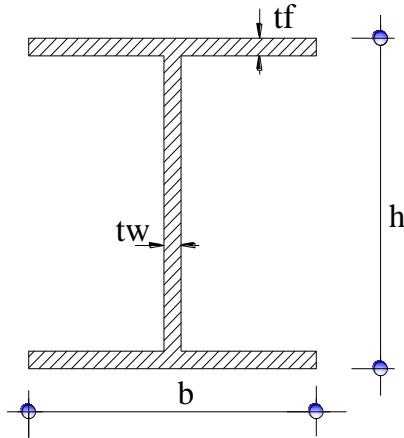
$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1690538,44 \text{ kg} > 931356,1 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{ Profil Aman}$$

4.4.2. Perencanaan Dimensi Batang Tarik diagonal (batang 518)

Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 x 35 x 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$G = 415 \text{ cm}^2 \qquad h = 458 \text{ mm} \qquad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \qquad t_w = 30 \text{ mm} \qquad r = 2,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \qquad t_f = 750 \text{ mm}$$

$$A = 528,6 \qquad b = 417 \text{ mm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor (T_u) =

118633,130 kg

Lebar bau = $2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad \text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 halaman 92}$$

Dimana:

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 518,96 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{518,96}{10,7} = 48,5009 \leq 300$$

✚ Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \times (\text{tebal flens})]$$

$$= 528,6 - 4 (2,32 \times 50)$$

$$= 482,150 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu:

a. Diasarkan 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 :

$$\phi_t = \text{factor resistensi}$$

$$= 0,90 \text{ untuk keadaan batas leleh}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,90 \times 4100 \times 528,69$$

$$= 1950534 \text{ kg}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana:

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas leleh

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 x A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \times 5500 \times (0,85 \times 482,15)$

= 1690538,44 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 1690538,44$ kg

Maka:

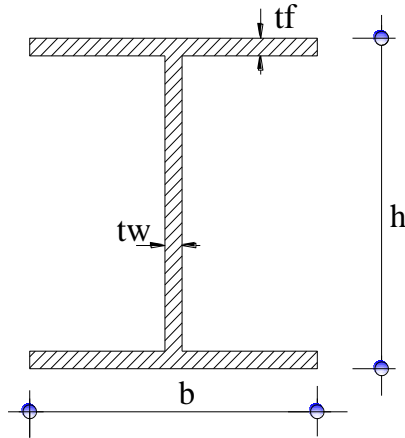
$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

1690538,44 kg > 118633,130 kg..... Profil Aman

4.4.3 Perencanaan Dimensi Batang Tarik Melintang (batang 405)

Dimensi Batang Profil WF 150 x 150 x 7 x 11

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$G = 31,5 \text{ cm}^2 \quad h = 150 \text{ mm} \quad r_y = 3,75 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4 \quad t_w = 7 \text{ mm} \quad r = 1,1 \text{ cm}$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4 \quad t_f = 11 \text{ mm}$$

$$A = 40,14 \quad b = 150 \text{ mm}$$

$$L = 7,5 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor (T_u) =

13027 kg

$$\text{Lebar bau} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad \text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 halaman 92}$$

Dimana:

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 750 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{750}{3,75} = 200 = 200 \leq 300$$

✚ Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \times (\text{tebal flens})]$$

$$= 40,14 - 4 (2,32 \times 1,1)$$

$$= 29,921 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu:

a. Diasarkan 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 :

$$\phi_t = \text{factor resistensi}$$

$$= 0,90 \text{ untuk keadaan batas leleh}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,90 \times 4100 \times 40,14$$

$$= 148116,600 \text{ kg}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana:

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas leleh

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 x A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \times 5500 \times (0,85 \times 29,92)$

= 104910,506 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 104910,506$ kg

Maka:

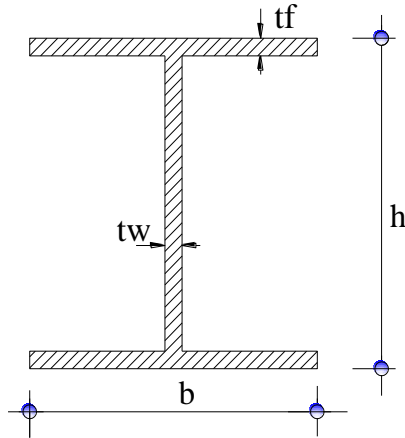
$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

104910,506 kg > 13027 kg..... Profil Aman

4.4.3. Perencanaan Dimensi Batang Tarik Vertikal (batang 370)

Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 x 30 x 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$G = 415 \text{ cm}^2 \qquad h = 458 \text{ mm} \qquad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \qquad t_w = 30 \text{ mm} \qquad r = 2,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 96500 \text{ cm}^4 \qquad t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A = 18,8 \qquad b = 417 \text{ mm}$$

$$L = 1,500 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor (T_u) =

24655,800 kg

$$\text{Lebar bau} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad \text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 halaman 92}$$

Dimana:

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 150 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{150}{10,7} = 14,019 = 14,019 \leq 300$$

✚ Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \times (\text{tebal flens})]$$

$$= 528,6 - 4 (2,32 \times 5,0)$$

$$= 428,150 \text{ cm}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu:

- a. Diasarkan 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 :

$$\phi_t = \text{factor resistensi}$$

$$= 0,90 \text{ untuk keadaan batas leleh}$$

$$F_y = \text{tegangan leleh baja}$$

$$A_g = \text{luas penampang bruto}$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,90 \times 4100 \times 529$$

$$= 1950534 \text{ kg}$$

b. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana:

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas leleh

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 x A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \times 5500 \times (0,85 \times 482,15)$

= 1690538,438 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 1690538,438$ kg

Maka:

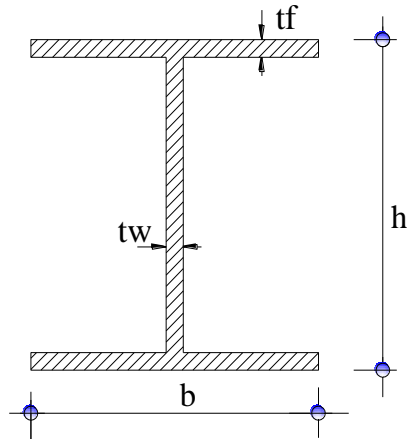
$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

1690538,438 kg > 34655,800 kg..... Profil Aman

4.4.4. Perencanaan Dimensi Batang Tarik Horizontal (batang 14)

Direncanakan profil WF 458 × 417 × 30 × 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$G = 415 \text{ cm}^2 \qquad H = 458 \text{ mm} \qquad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \qquad t_w = 30 \text{ mm} \qquad r = 2,2 \text{ cm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \qquad t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A = 18,8 \qquad B = 417 \text{ mm}$$

$$L = 5,0 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_c \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa program bantu STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor (T_u) = 842835 kg

Lebar lubang baut = $1,91 + 0,1 = 2,01$ cm

✚ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad \text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 halaman 92}$$

Dimana:

L = panjang batang yang ditinjau = 500 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{500}{10,7} = 46,729 = 46,729 \leq 300$$

✚ Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \times (\text{tebal flens})] \\ &= 528,6 - 4 (2,01 \times 5,0) \\ &= 488,40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu:

c. Diasarkan 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 :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,90 untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

$A_g =$ luas penampang bruto

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,90 \times 4100 \times 528,60 \\ &= 1950534 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana:

$\phi_t =$ factor resistensi

$= 0,75$ untuk keadaan batas leleh

$F_u =$ tegangan tarik baja $= 5500 \text{ kg/cm}^2$

$A_e =$ luas efektif penampang $= 0,85 \times A_n$

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \times 5500 \times (0,85 \times 488,40) \\ &= 1712452,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1712452,5 \text{ kg}$$

Maka:

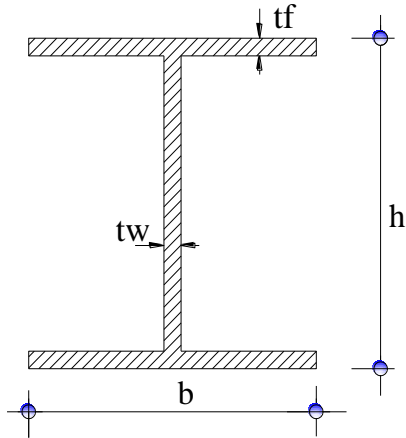
$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1712452,5 \text{ kg} > 842834,8 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Profil Aman}$$

4.4.5. Perencanaan Dimensi Batang Tekan Pelengkung (Batang 287)

Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 x 30 x 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$A = 528,6 \text{ cm}^2$$

$$H = 458 \text{ mm}$$

$$B = 417 \text{ mm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$G = 415 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$L = 5,161 \text{ m} = 516,12$$

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

Dimana :

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

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 1057840 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528,6}} = 18,809 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{60500}{528,6}} = 10,698 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 halaman

92

I_x = Momen inersia arah x (cm^4)

I_y = Momen inersia arah y (cm^4)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm) = 516,12 cm

$F_y =$ Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm²

$E =$ Modulus elastisitas baja (2,1 x 10⁶ kg/cm²)

$\lambda_c =$ Parameter kerampingan

$r =$ Radius girasi (cm)'

$$\lambda_c = \frac{1 \times 516,12}{10,698} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,679 \text{ cm}$$

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$, maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(0,679^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3380,7233 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

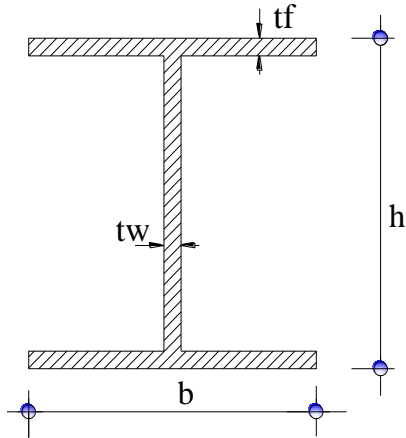
$$0,85 \times 3380,7233 \times 528,6 \geq 1057840 \text{ kg}$$

$$1518992,785 \text{ kg} \geq 1057840 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

4.4.6. Perencanaan Dimensi Batang Tekan Diagonal (Batang 353)

Dimensi Batang Profil WF 458 x 417x 30 x 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$A = 528,6 \text{ cm}^2$$

$$H = 458 \text{ mm}$$

$$B = 417 \text{ mm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$G = 415 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$L = 5,198 \text{ m} = 519,77 \text{ cm}$$

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

Dimana :

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

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 43990,140 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528,6}} = 18,809 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{60500}{528,6}} = 10,698 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 halaman

92

I_x = Momen inersia arah x (cm^4)

I_y = Momen inersia arah y (cm^4)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm) = 519,77 cm

$F_y =$ Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm²

$E =$ Modulus elastisitas baja (2,1 x 10⁶ kg/cm²)

$\lambda_c =$ Parameter kerampingan

$r =$ Radius girasi (cm)'

$$\lambda_c = \frac{1 \times 519,77}{10,698} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,684 \text{ cm}$$

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$, maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(0,684^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3371,470 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

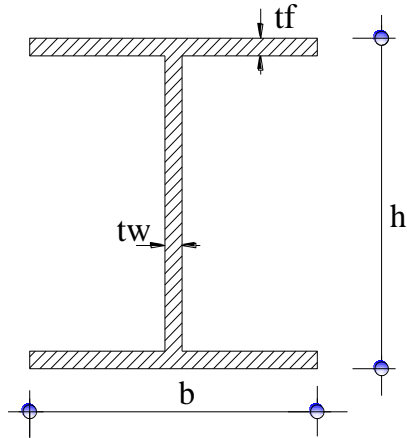
$$0,85 \times 3371,479 \times 770,1 \geq 43990,140 \text{ kg}$$

$$1514839,492 \text{ kg} \geq 43990,140 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

4.4.7. Perencanaan Dimensi Batang Tekan Melintang (Batang 600)

Dimensi Batang Profil WF 150 x 150 x 7 x 11

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$A = 40,14 \text{ cm}^2$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$B = 150 \text{ mm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 7 \text{ mm}$$

$$G = 31,5 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 11 \text{ mm}$$

$$L = 7,500 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

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

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 19334,828 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{1640}{40,14}} = 6,392 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{563}{40,14}} = 3,745 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 halaman 92

I_x = Momen inersia arah x (cm^4)

I_y = Momen inersia arah y (cm^4)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm) = 750 cm

F_y = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja (2,1 x 10⁶ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)²

$$\lambda_c = \frac{1 \times 750}{3,745} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 2,818 \text{ cm}$$

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

Untuk λ_c ≤ 1,5, maka F_{cr} = $\frac{0,887}{\lambda_c^2} \times f_y$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{0,887}{2,818^2} \times 4100 \text{ fy} \\ &= 457,942247 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\phi_c \times P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \times F_{cr} \times A_g \geq P_u$$

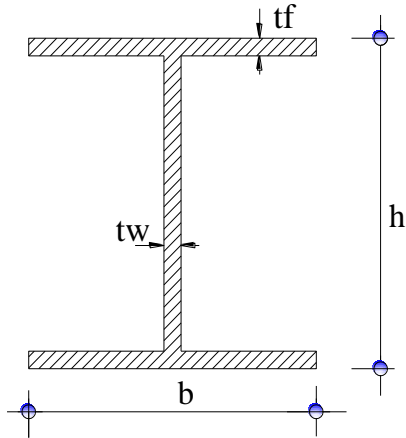
$$0,85 \times 457,942247 \times 40,14 \geq 19334,828 \text{ kg}$$

$$15624,532 \text{ kg} \geq 19334,828 \text{ kg} \dots \text{ Profil tidak aman}$$

4.4.8. Perencanaan Dimensi Batang Tekan Vertikal (Batang 7)

Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 30 x 50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$A = 528 \text{ cm}^2$$

$$H = 458 \text{ mm}$$

$$B = 417 \text{ mm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$G = 415 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$L = 6,000 \text{ m} = 600 \text{ cm}$$

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

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 61239,728 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528}} = 18,819 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{60500}{528}} = 10,704 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 halaman 92

I_x = Momen inersia arah x (cm^4)

I_y = Momen inersia arah y (cm^4)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm) = 600 cm

F_y = Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)²

$$\lambda_c = \frac{1 \times 600}{10,704} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,789 \text{ cm}$$

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$, maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(0,789^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3160,06041 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \times F_{cr} \times A_g \geq P_u$$

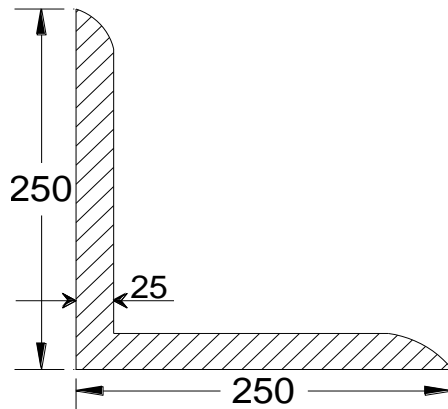
$$0,85 \times 3160,06041 \times 528 \geq 61239,728 \text{ kg}$$

$$1418235,114 \text{ kg} \geq 61239,728 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

4.4.9. Perencanaan Dimensi Batang Tekan Ikatan Angin (Batang 621)

Dimensi Batang Profil L 150 x 150 x 12

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$



$$A = 119,4 \text{ cm}^2 \quad r_x = 7,64 \text{ cm}$$

$$I_x = 6950 \text{ cm}^4 \quad r_y = 7,63 \text{ cm}$$

$$I_y = 6950 \text{ cm}^4 \quad G = 27,3 \text{ kg/m}$$

Tebal plat siku = 12 = 1,2 cm

$$L = 4,589 \text{ m} = 458,92 \text{ cm}$$

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

Dimana :

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

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terfaktor

$$P_u = 15724,940 \text{ kg}$$

✚ Menghitung Radius Girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{740}{34,77}} = 4,61332 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{740}{34,77}} = 4,61332 \text{ cm}$$

CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 halaman 92

I_x = Momen inersia arah x (cm^4)

I_y = Momen inersia arah y (cm^4)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

✚ Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

CG.Salmon JE,Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 338

Dimana :

K = Faktor panjang efektif (sendi – sendi = 1)

$L =$ Panjang bentang yang ditinjau (cm) = 458,92 cm

$F_y =$ Tegangan leleh baja = 4100 kg/cm²

$E =$ Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

$\lambda_c =$ Parameter kerampingan

$r =$ Radius girasi (cm)²

$$\lambda_c = \frac{1 \times 458,92}{4,61} \sqrt{\frac{4100}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 1,401 \text{ cm}$$

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5$, maka $F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(1,401^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 1803,34445 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

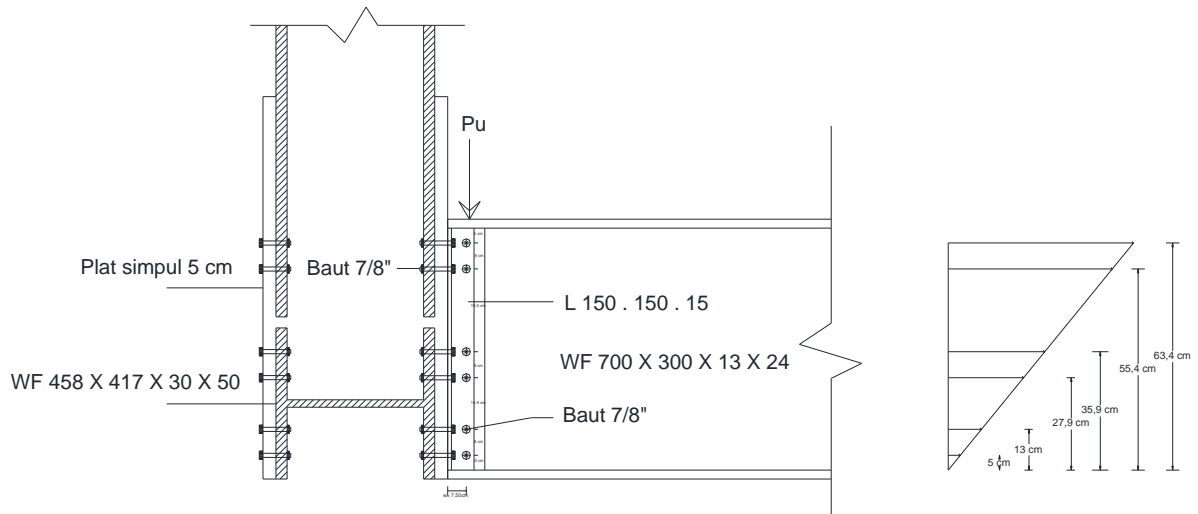
$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \times F_{cr} \times A_g \geq P_u$$

$$0,85 \times 1803,34445 \times 34,77 \geq 15724,940 \text{ kg}$$

$$53296,9435 \text{ kg} \geq 15724,940 \text{ kg} \dots \text{ Profil aman}$$

3.4.4. Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang



Gambar 4.55 Sambungan Gelagar Induk Dan Gelagar Melintang

- ✚ Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2,222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2,222 + 0,1 = 2,322 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 1034,25 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = \text{Tegangan putus minimum} = 550 \text{ Mpa, Bj 55}$$

$$Luas Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,222^2 = 3,868 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 150x150x12 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

- ✚ Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (Pu)

$$P_u = 45930,806 \text{ kg} \quad (V_u \text{ Total gelagar melintang })$$

❖ Sambungan irisan Ganda (Melintang)

✓ **Kekuatan tarik desain**

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0,75.Fu^b). Ab \\ &= 0,75.(0,75.10342,5). 3,868 \\ &= 22558,034kg\end{aligned}$$

✚ **Kekuatan geser desain**

(CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0,60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0,65.(0,60.10342,5). 2.3,868 \\ &= 31280,474kg\end{aligned}$$

✚ **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 induk yaitu 5,0 cm.

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(2,4.d.t.Fu^p) \\ &= 0,75.(2,4 \times 2,22 \times 5,0 \times 550) \\ &= 110013750kg\end{aligned}$$

Fu = Tegangan tarik putus = 5500 kg/cm²

✚ **Kekuatan nominal**

$$\begin{aligned}Tn &= 0,60.Fy.A_{ug} \\ &= 0,60.4100.(5,0 - 41,7)\end{aligned}$$

$$= 512910 \text{ kg}$$

$$= 512910 \text{ kg} > P_u = 45930,806 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

✚ Momen ultimit

$M_u = P_u \cdot w$ (= jarak titik yang perlemahkan)

$$= 45930,806 \cdot 7,5$$

$$= 344481,045 \text{ kg.cm}$$

✚ Menentukan jumlah baut (n) :

$$n = \sqrt{\frac{6 \times M_u}{\phi R n \cdot p}}$$

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut 8 cm

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 344481,045}{22558,034 \times 8}}$$

$$n = 3,384 \approx 6 \text{ buah}$$

▪ Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t = \frac{45930,8066}{0,75 \times 5500 \times 5} = 0,371 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.12

✚ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

✚ **Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :**

$$\phi_t \cdot R_{nt} \geq R_{ut}$$

Dimana :

$\phi_t \cdot R_{nt}$ = kekuatan tarik desain

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2} = \frac{344481,203 \times 63,4}{(5^2 + 13^2 + 27,9^2 + 35,9^2 + 55,4^2 + 63,4^2)} = 3756,608 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot R_n \geq R_{ut}$$

$$22558,034 \text{ kg} > 45930,806 \text{ kg} \quad (\text{aman})$$

✚ **Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :**

$$\phi_v \cdot R_{nv} \geq R_{uv}$$

Dimana :

$$\phi_v \cdot R_{nv} = \text{kekuatan geser desain} = 31266,4180 \text{ kg}$$

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{P_u}{\sum n} = \frac{45930,806}{6} = 7655,134 \text{ kg} \leq 31280,474 \quad \dots \text{ aman}$$

➤ **Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)**

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878 \\ &= 22558,034 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan ganda, sehingga $m = 2$.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,878 \\ &= 31280,474 \text{ kg}\end{aligned}$$

- 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).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5500) \\ &= 28063,575 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 4100 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 208509,600 \text{ kg} > T_u = 45930,806 \text{ kg}\end{aligned}$$

Aug adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$Mu = Pu \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan})$$

$$= 45930,806 \cdot 7,5$$

$$= 344481,045 \text{ kgcm}$$

- 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

$$R = \phi R_n \quad (\text{kekuatan desain yang mementukan})$$

$$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 8 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{R \cdot P}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 344481,045}{22558,034 \cdot 8}} = 3,384 \approx 6$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L} = \frac{45930,806 / 6}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,371 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.15

- 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

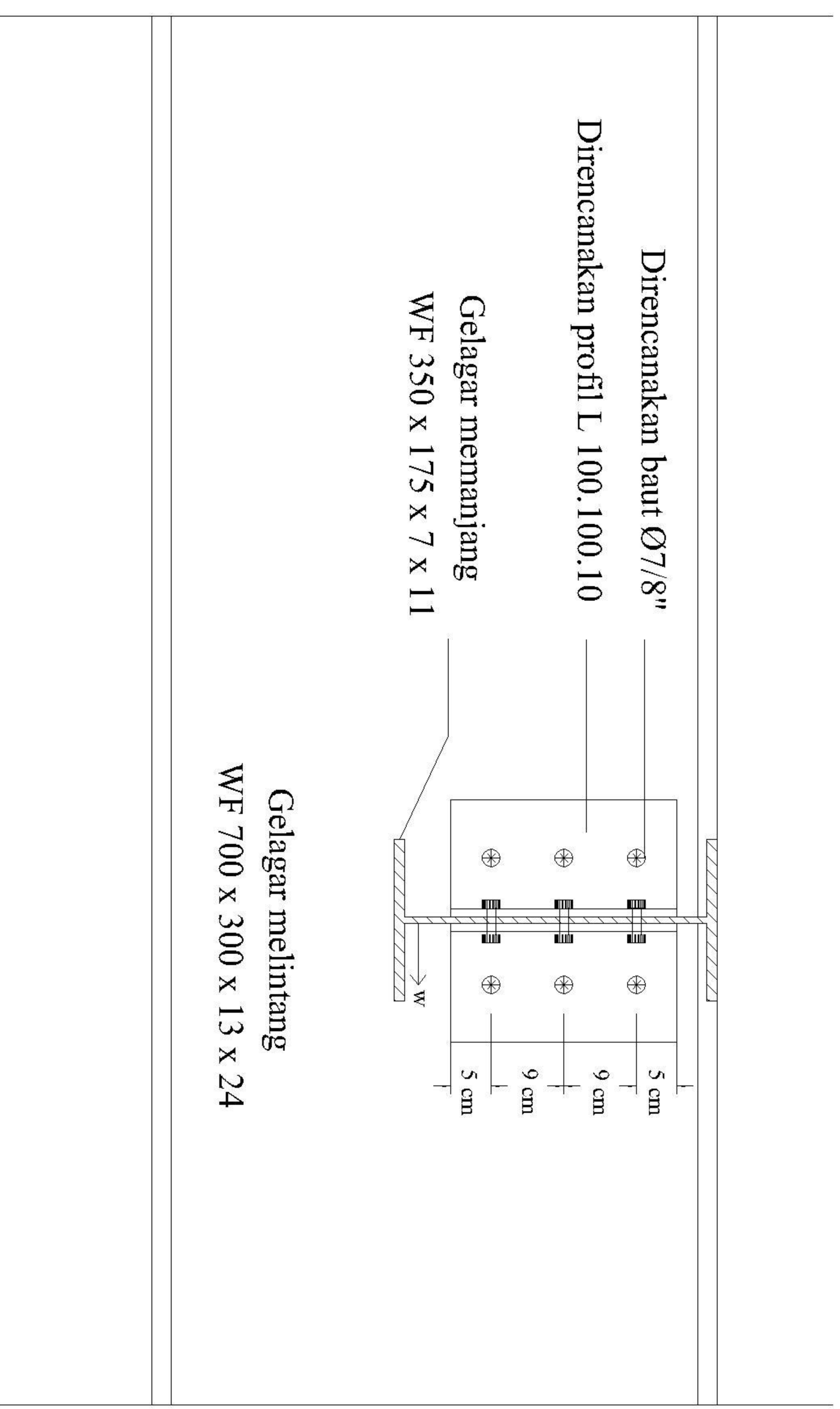
$$\begin{aligned} Ru_t &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\ &= \frac{344481,045 \cdot 63,4}{(5^2 + 13^2 + 27,9^2 + 35,9^2 + 55,4^2 + 63,4^2)} \\ &= 3756,608 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 28603,575 \text{ kg} \end{aligned}$$

✓ Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

Syarat :

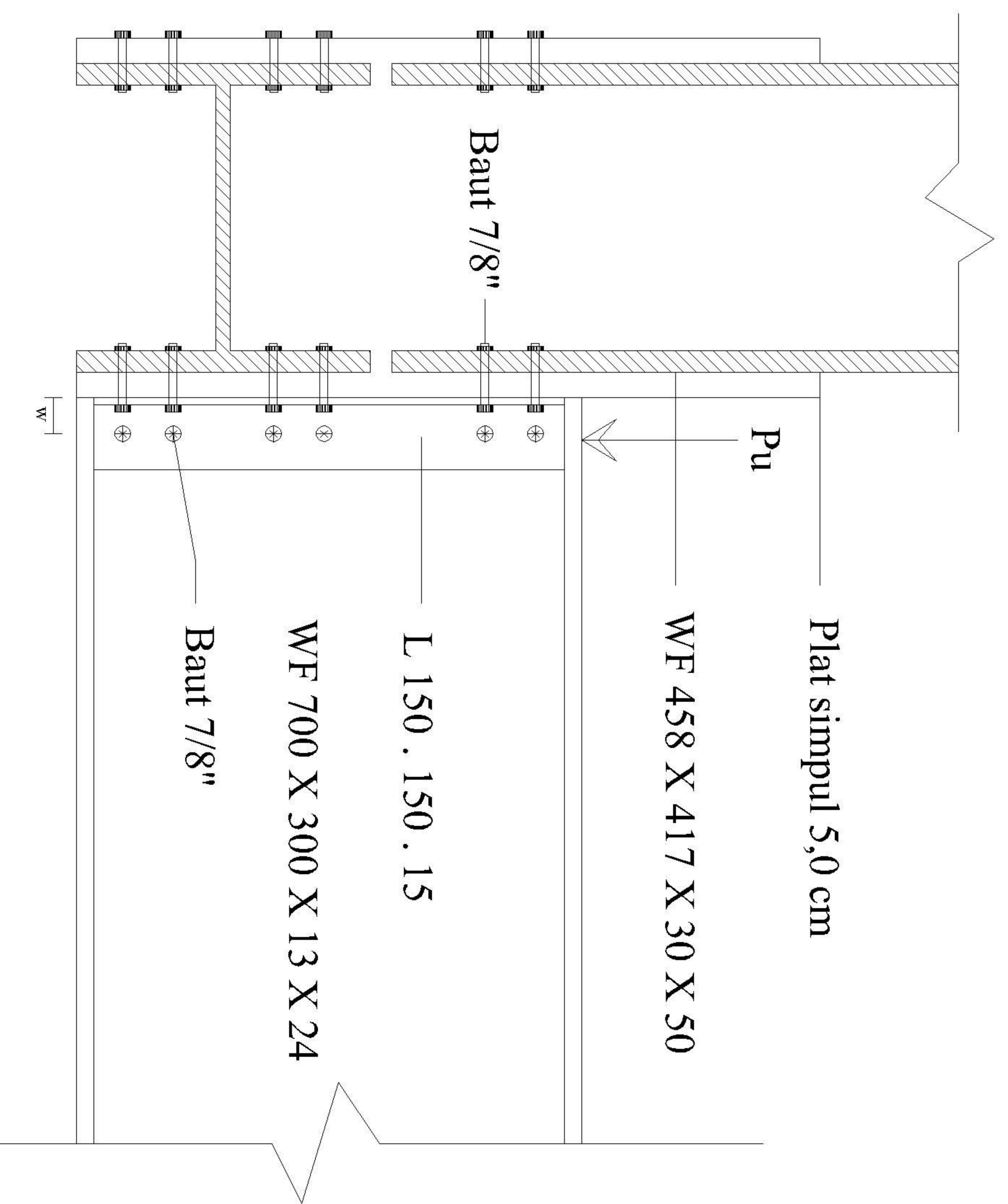
$$Ru_v < \phi \cdot R_n$$

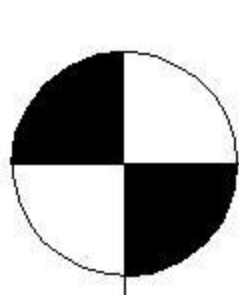
$$Ru_v = \frac{Pu}{n} = \frac{45930,806}{6} = 7655,1343 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 31280,474$$

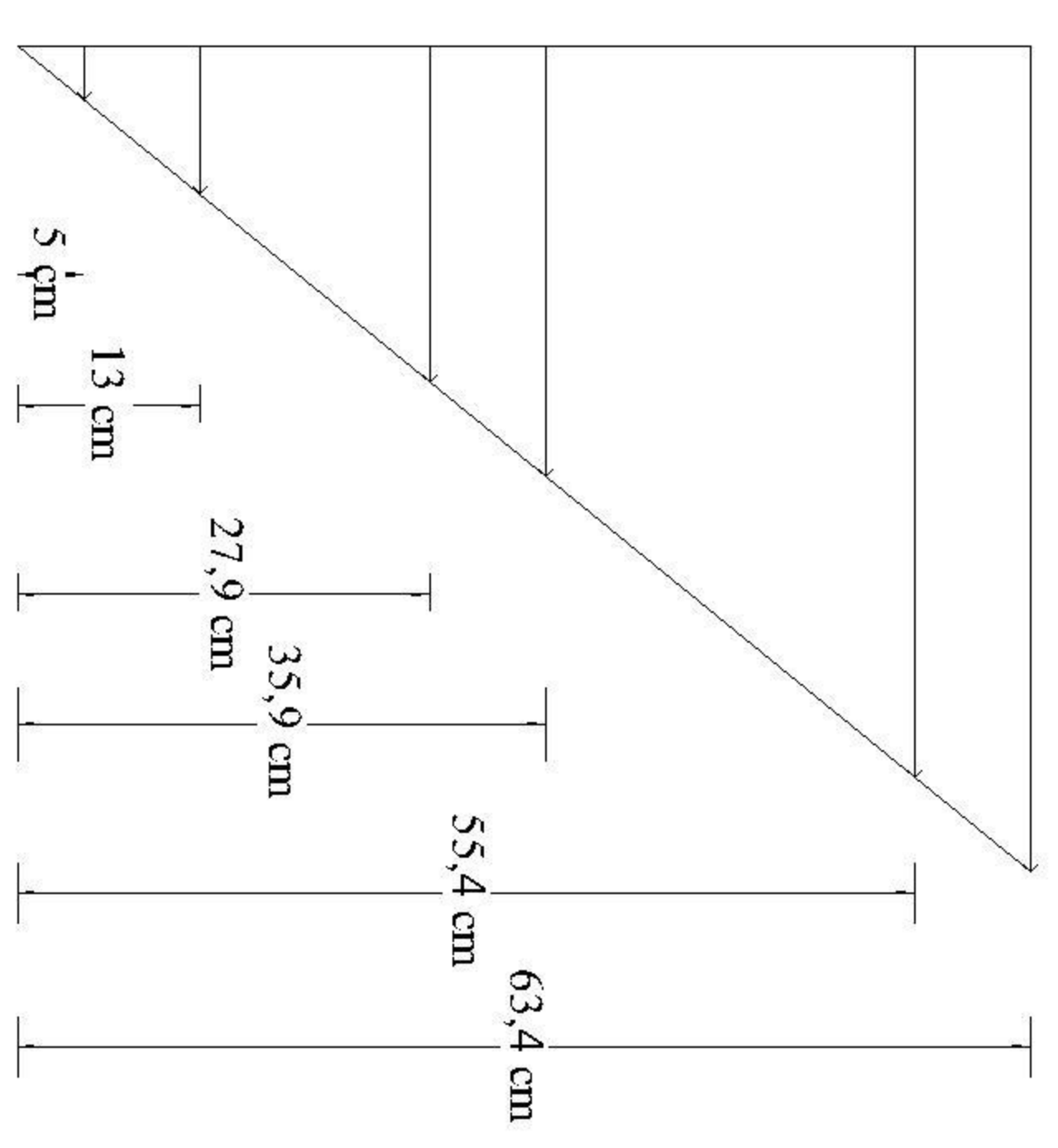



PEMASANGAN SAMBUNGAN GELAGAR
MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG
 Skala 1 : 10

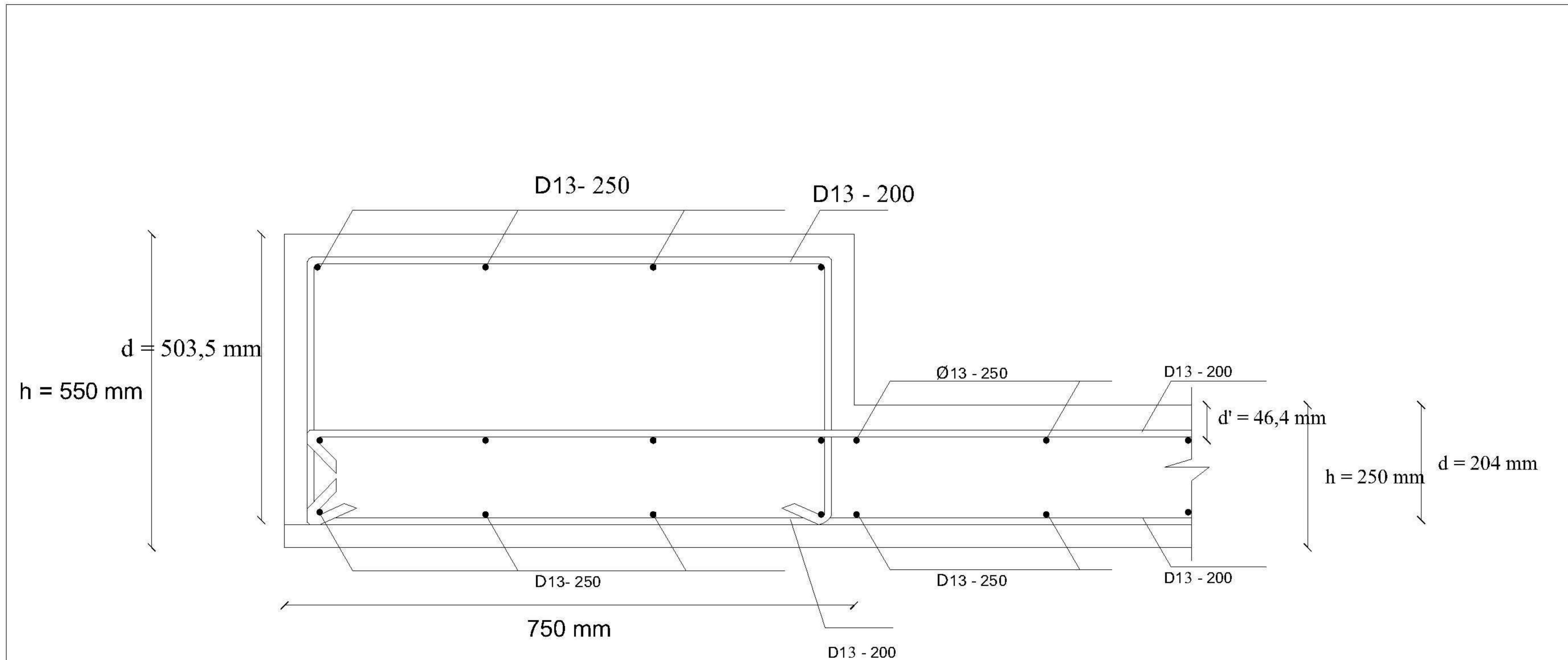
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :
			NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN MEMANJANG & MELINTANG TANGGAL : No Gambar : Skala : 1 : 10	() ()




 SAMBUNGAN ELAGAR INDUK
 DAN MELINTANG
 Skala 1 : 10

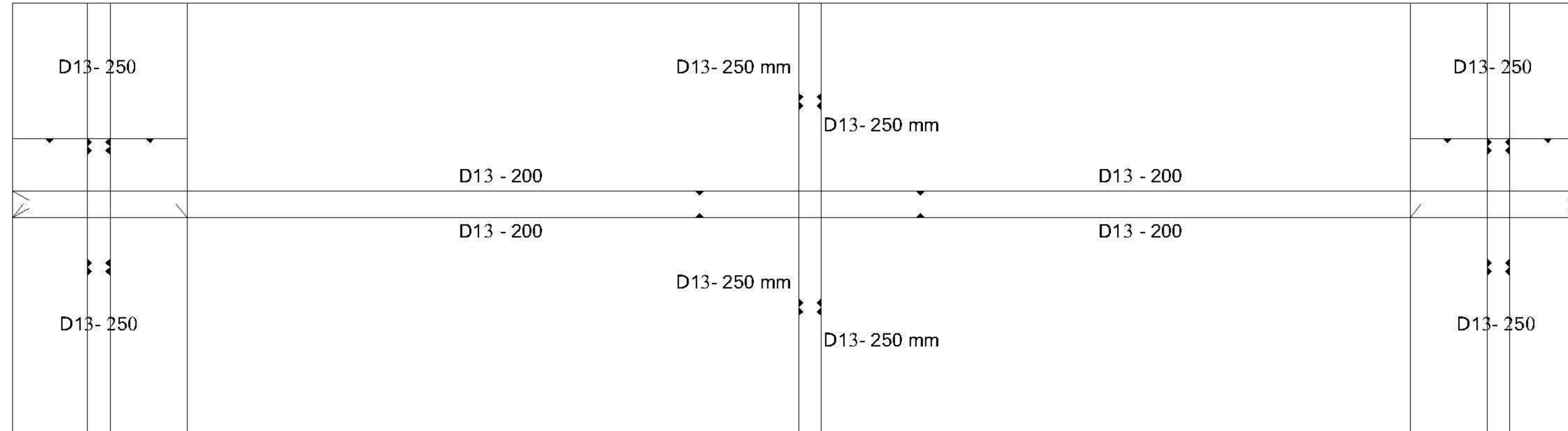


	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
	NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN INDUK & MELINTANG TANGGAL : No Gambar : Skala : 1 : 10			DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :	

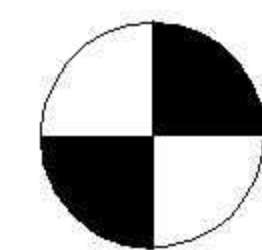
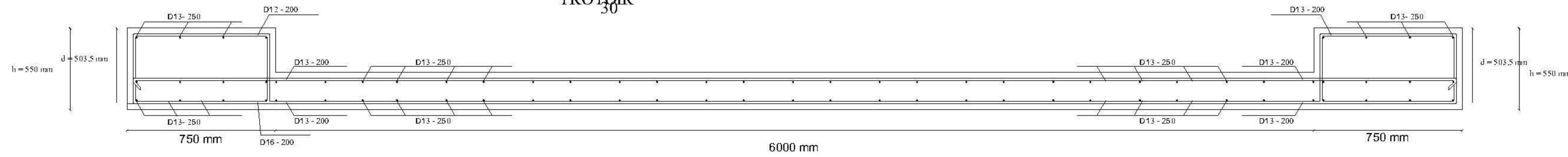


PENULANGAN TROTOIR
 Skala 1 : 5

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001		
	NAMA GAMBAR : PENULANGAN TROTOIR		DOSEN PEMBIMBING 1 :	DOSEN PEMBIMBING 2 :	
	TANGGAL :		()	()	
	No Gambar :				
Skala : 1 : 5					



PENULISAN
 Skala
 LANTAI
 DAN
 TROTOIR
 30



PLAT LANTAI DAN TROTOIR

Skala 1 : 30



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 MALANG**
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
 PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL

URAIAN :

DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001

NAMA GAMBAR :
 PELAT LANTAI DAN TROTOIR

**DOSEN
 PEMBIMBING 1 :**

**DOSEN
 PEMBIMBING 2 :**

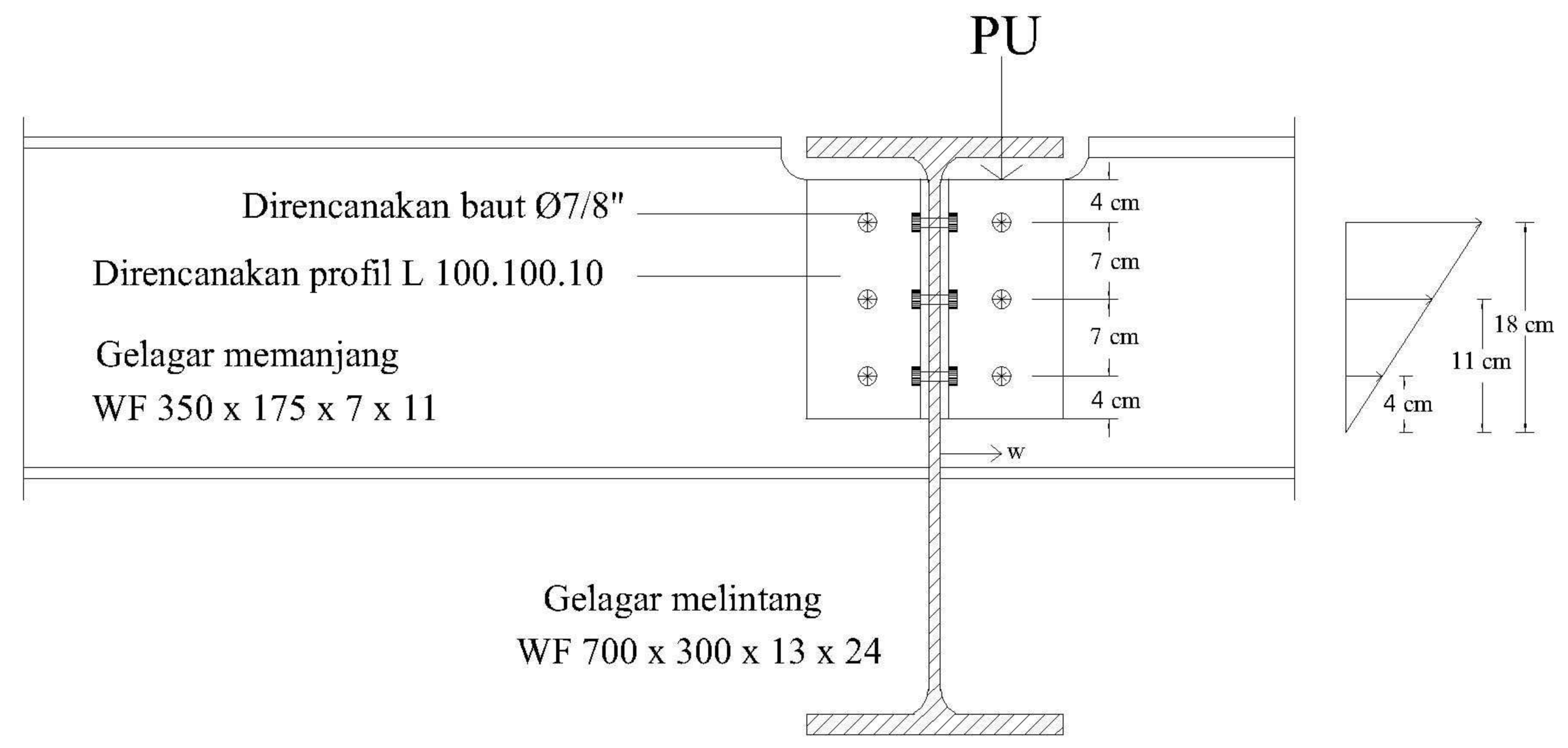
TANGGAL :

No Gambar :

Skala : 1 : 30

()

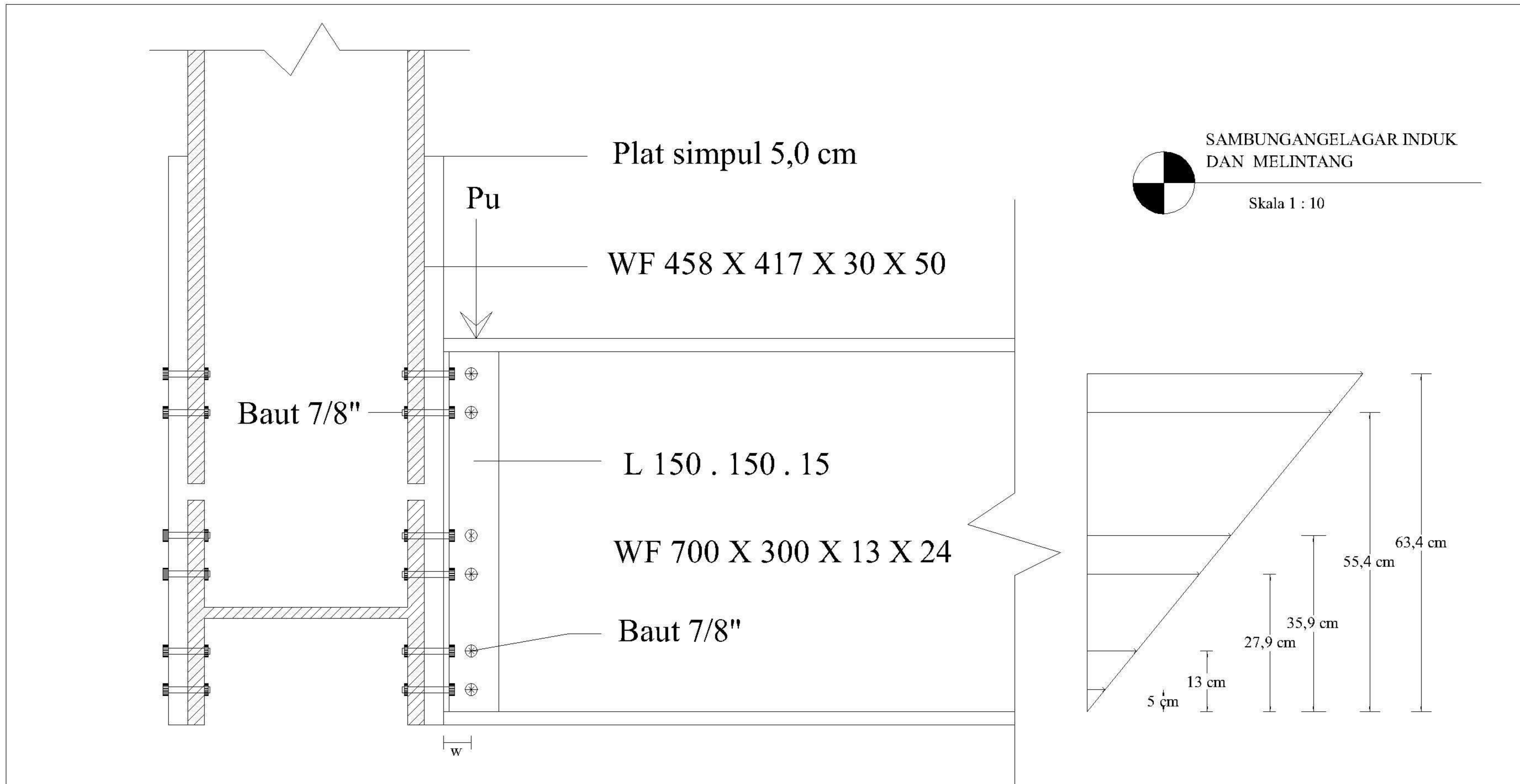
()




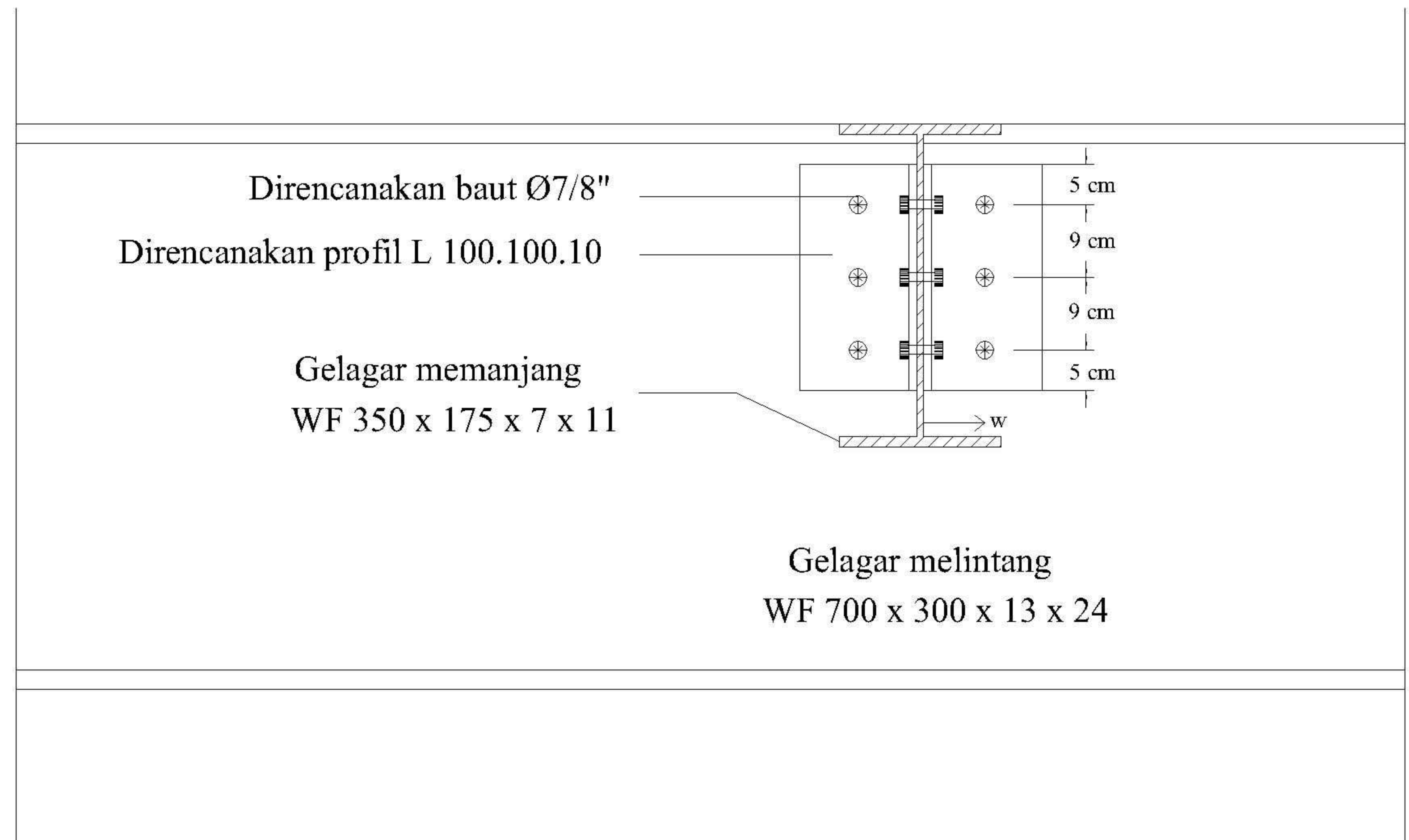
PEMASANGAN SAMBUNGAN GELAGAR
MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG

Skala 1 : 10

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
			NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN MEMANJANG & MELINTANG TANGGAL : No Gambar : Skala : 1 : 100	DOSEN PEMBIMBING 1 : ()



	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
			NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN INDUK & MELINTANG TANGGAL : No Gambar : Skala : 1 : 10	DOSEN PEMBIMBING 1 : ()



PEMASANGAN SAMBUNGAN GELAGAR
MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG
Skala 1 : 10

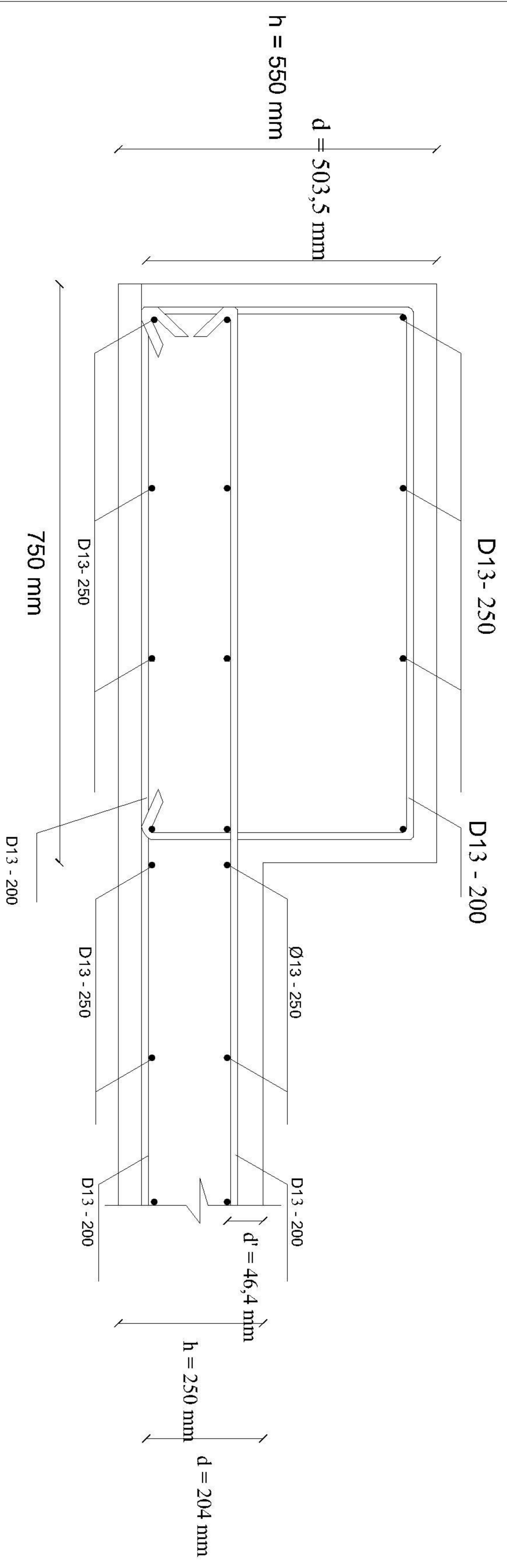


**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**
FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL


URAIAN :

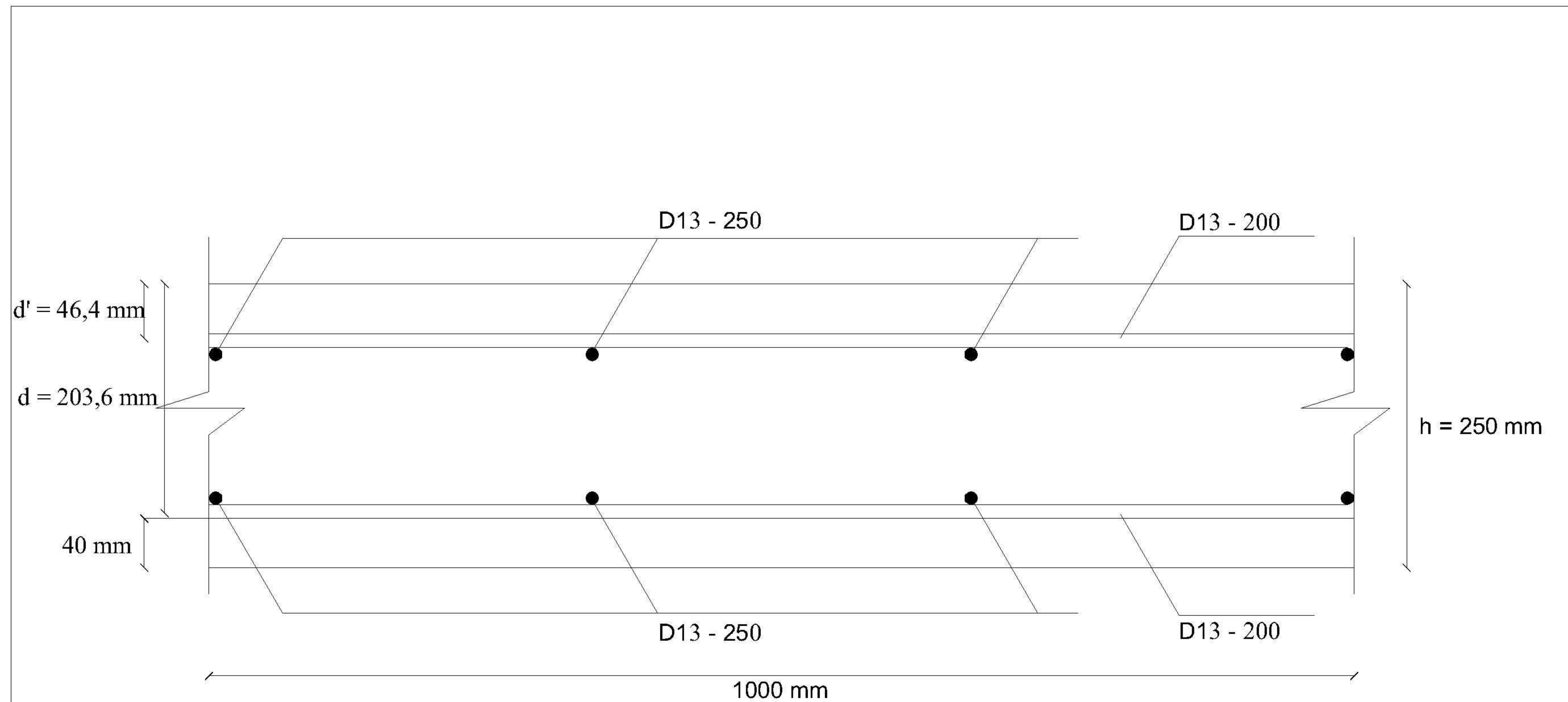
DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001
NAMA GAMBAR :
SAMBUNGAN MEMANJANG &
MELINTANG
TANGGAL :
No Gambar :
Skala : 1 : 10

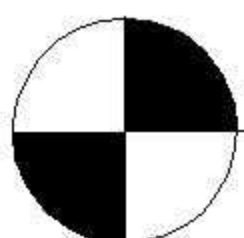
**DOSEN
PEMBIMBING 1 :** ()
**DOSEN
PEMBIMBING 2 :** ()




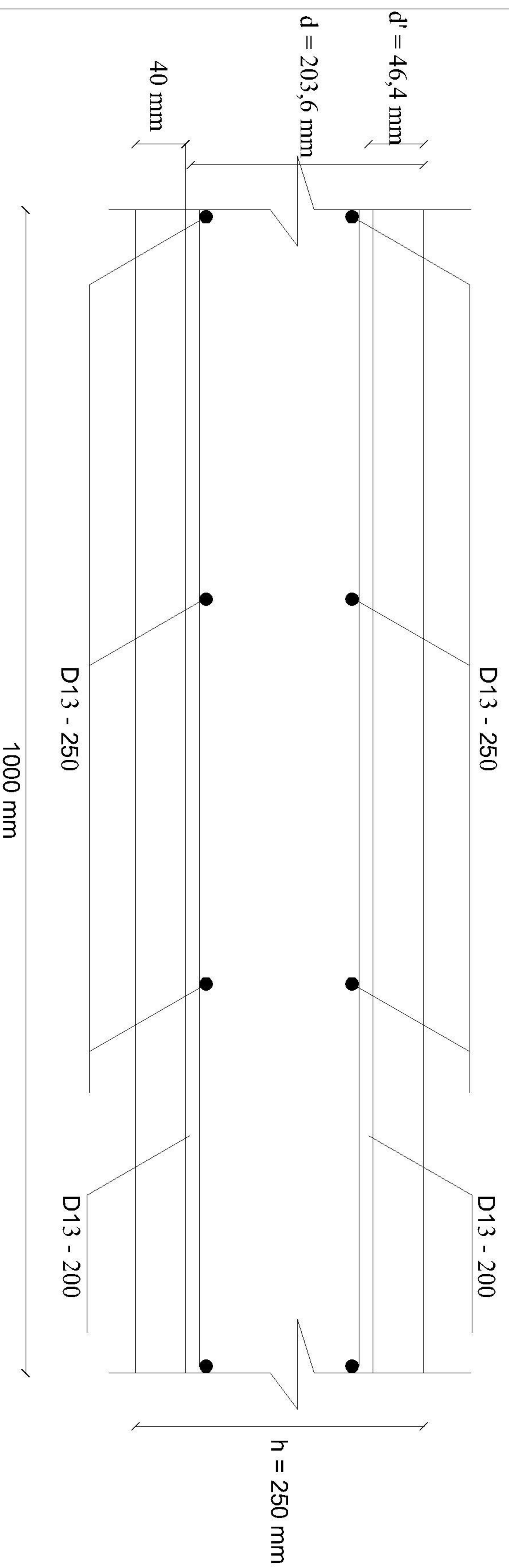

 PENULANGAN TROTOIR
 Skala 1 : 5

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
	NAMA GAMBAR : PENULANGAN TROTOIR			DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :	
TANGGAL :		No Gambar :		() ()	
Skala : 1 : 5					




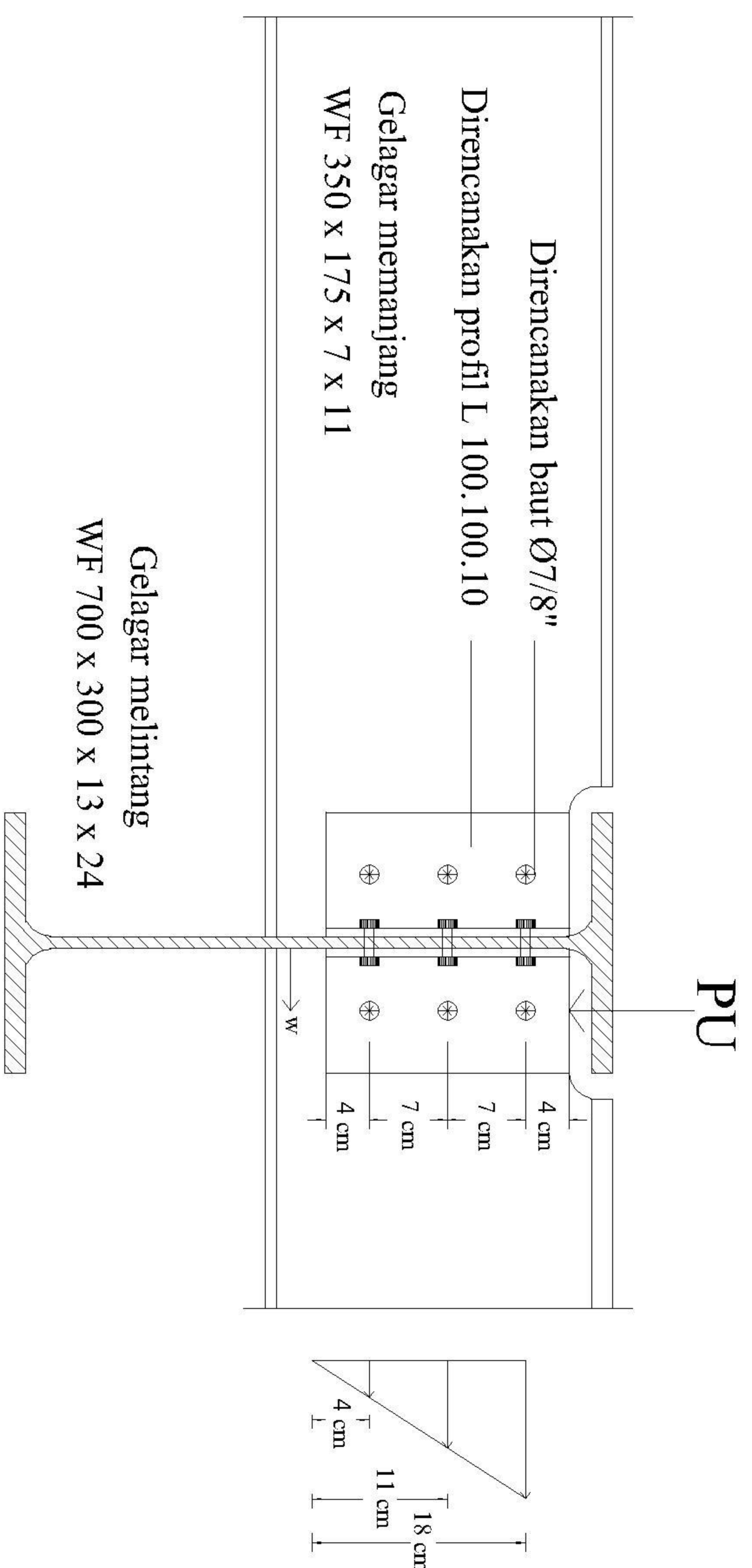

PENULANGAN PLAT LANTAI
 Skala 1 : 5

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001		
			NAMA GAMBAR : PENULANGAN PLAT LANTAI	DOSEN PEMBIMBING 1 :	DOSEN PEMBIMBING 2 :
			TANGGAL :	()	()
			No Gambar :		
			Skala : 1 : 5		



PENJILANGAN PLAT LANTAI
Skala 1 : 5

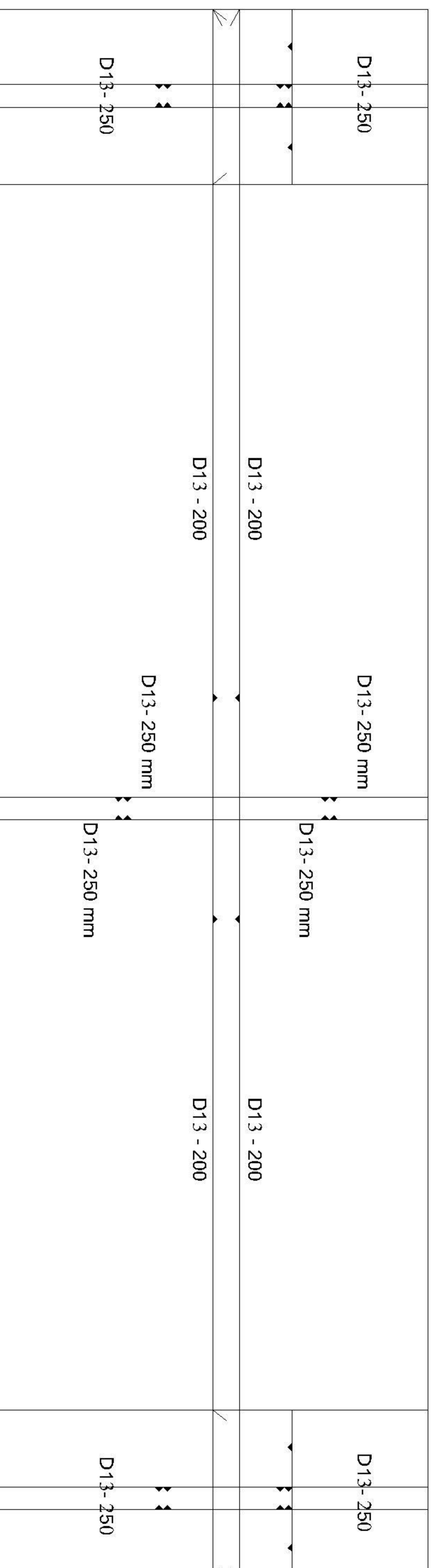
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
	NAMA GAMBAR : PENJILANGAN PLAT LANTAI TANGGAL : No Gambar : Skala : 1 : 5			DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :	



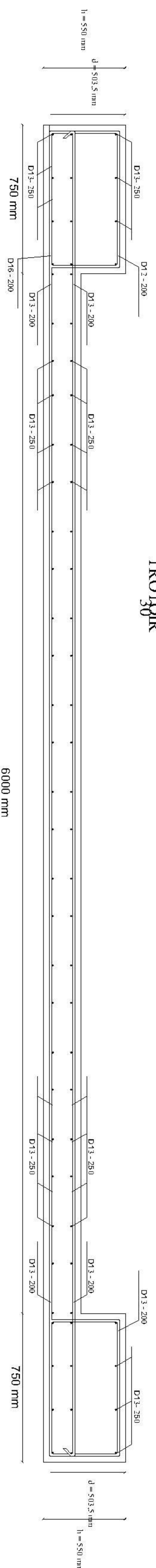
PEMASANGAN SAMBUNGAN GELAGAR
 MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG

Skala 1 : 10

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :
	MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL.			



PENJELASAN
 1. 1/2
 2. 1/2
 3. 1/2
 4. 1/2
 5. 1/2
 6. 1/2
 7. 1/2
 8. 1/2
 9. 1/2
 10. 1/2
 11. 1/2
 12. 1/2
 13. 1/2
 14. 1/2
 15. 1/2
 16. 1/2
 17. 1/2
 18. 1/2
 19. 1/2
 20. 1/2
 21. 1/2
 22. 1/2
 23. 1/2
 24. 1/2
 25. 1/2
 26. 1/2
 27. 1/2
 28. 1/2
 29. 1/2
 30. 1/2



PLAT LANTAI DAN TROTOIR

Skala 1 : 30



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
 PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL

URAIAN :

NAMA GAMBAR :
 PELAT LANTAI DAN TROTOIR

DOSEN PEMBIMBING 1 :
 DOSEN PEMBIMBING 2 :

DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001

TANGGAL :

No Gambar :
 Skala : 1 : 30

() ()



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

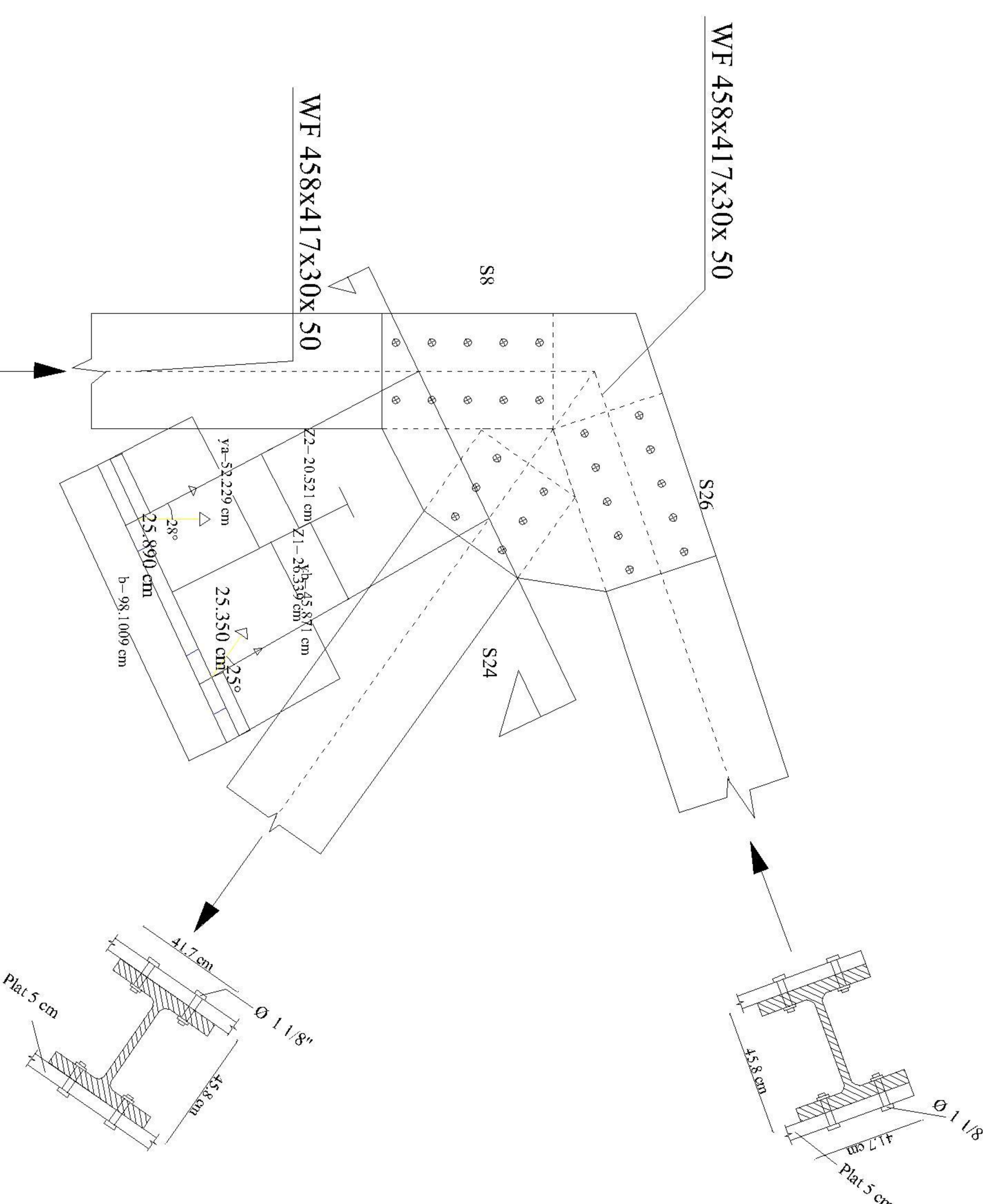
MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN
ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG
(*through arch*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI
NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

URAIAN :



 **SAMBUNGAN GELAGAR INDUK-INDUK JOIN 09 B**
Skala 1 : 25

DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes

NIM : 12.21.001

NAMA GAMBAR :

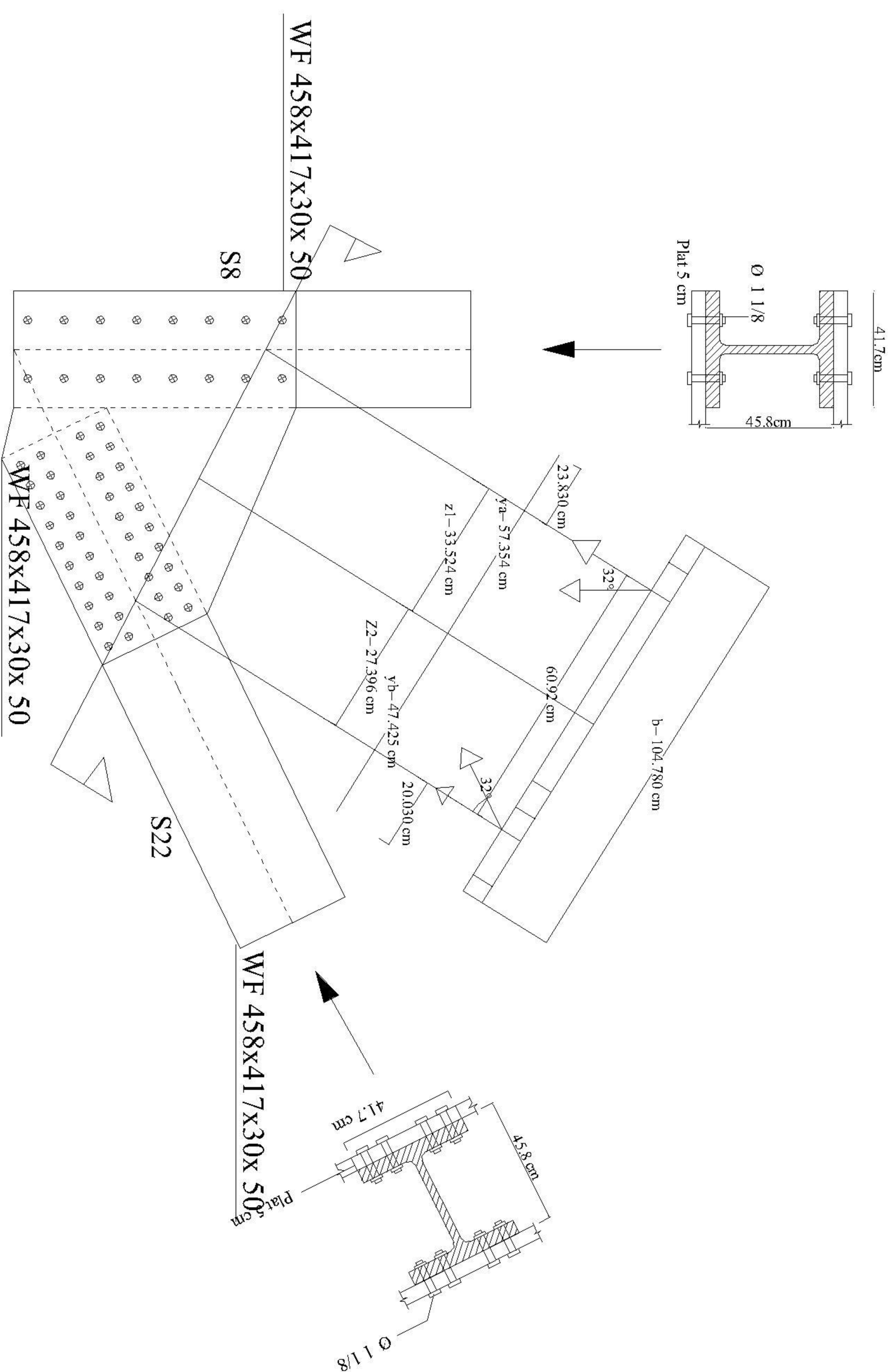
DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :

TANGGAL :


No Gambar :

Skala :

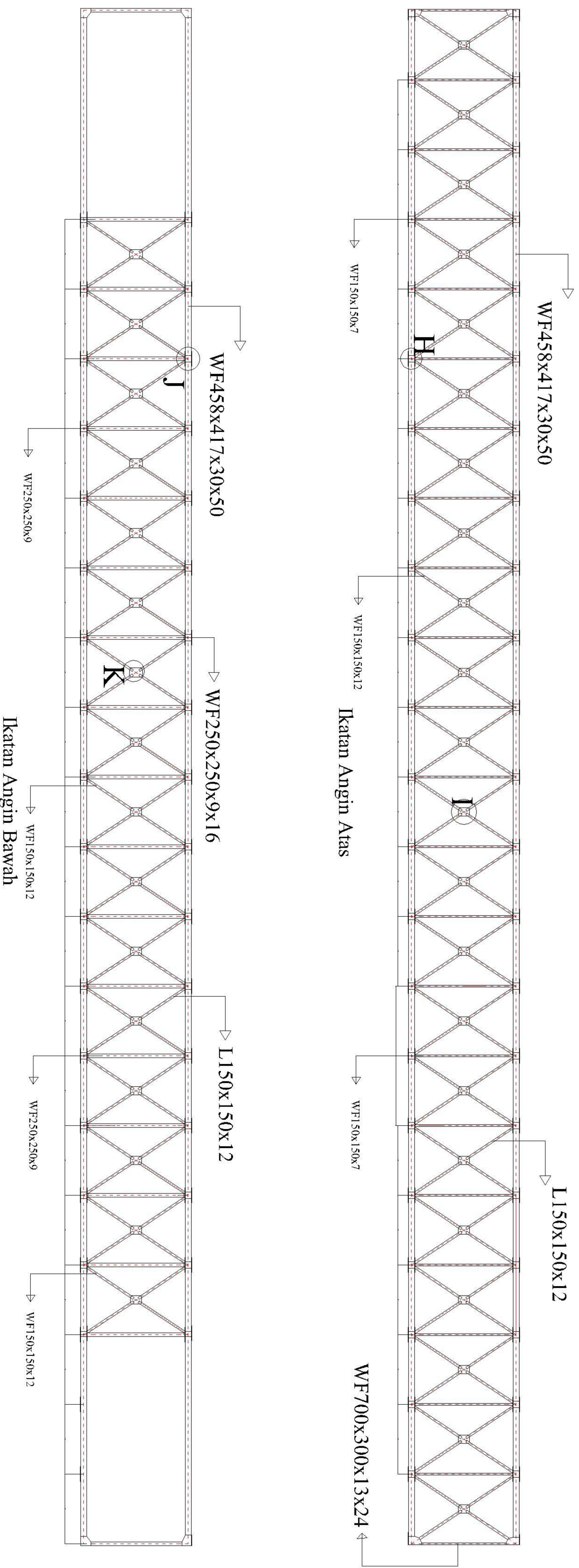
() ()




SAMBUNGAN GELAGAR INDUK-INDUK JOIN 7 A
 Skala 1 : 25

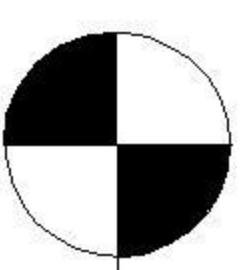
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA	URAIAN :
	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NAMA GAMBAR : TANGGAL : No Gambar : Skala :	NIM : 12.21.001 DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :




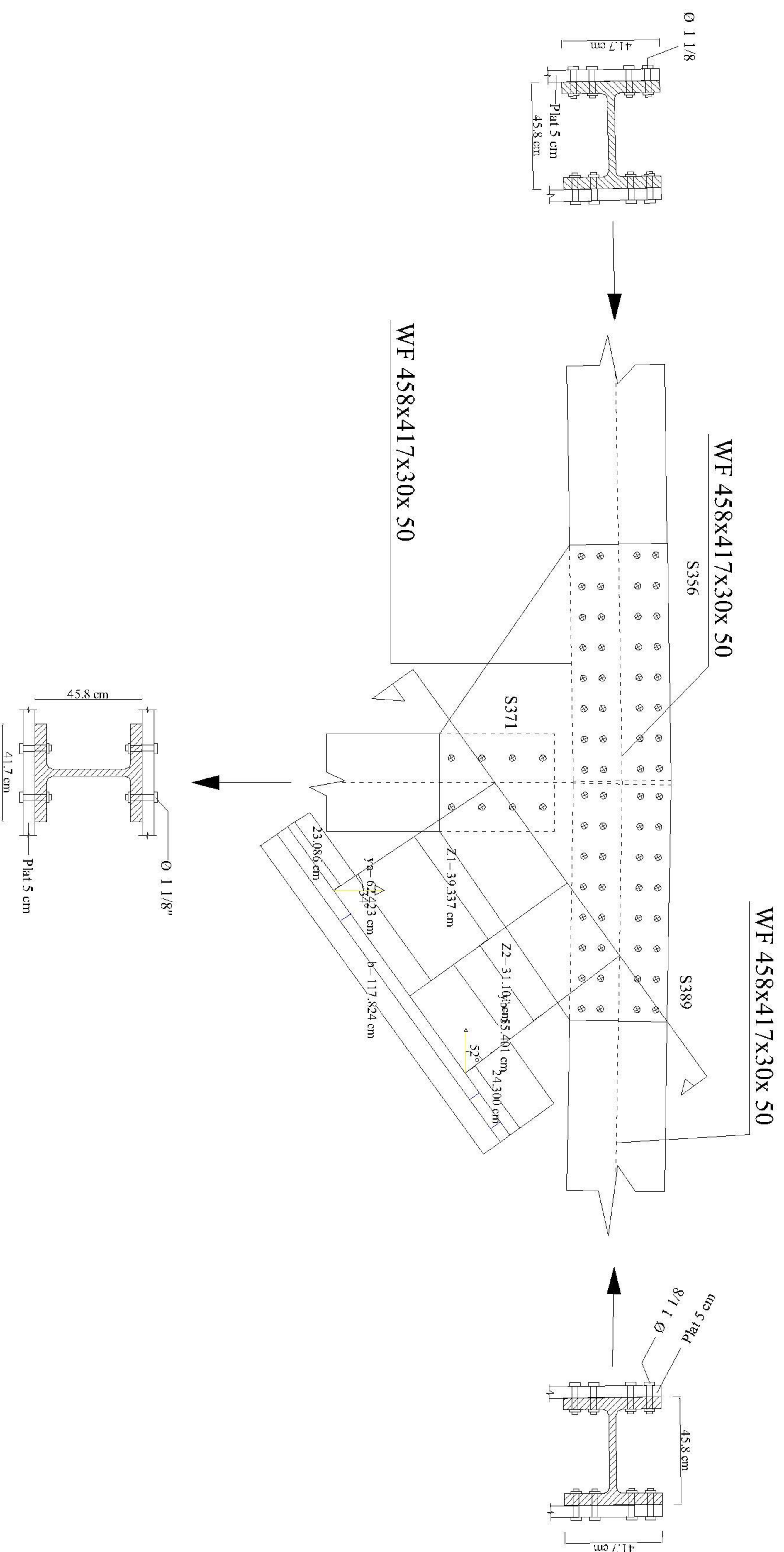


Ikatan Angin


Skala 1 : 25

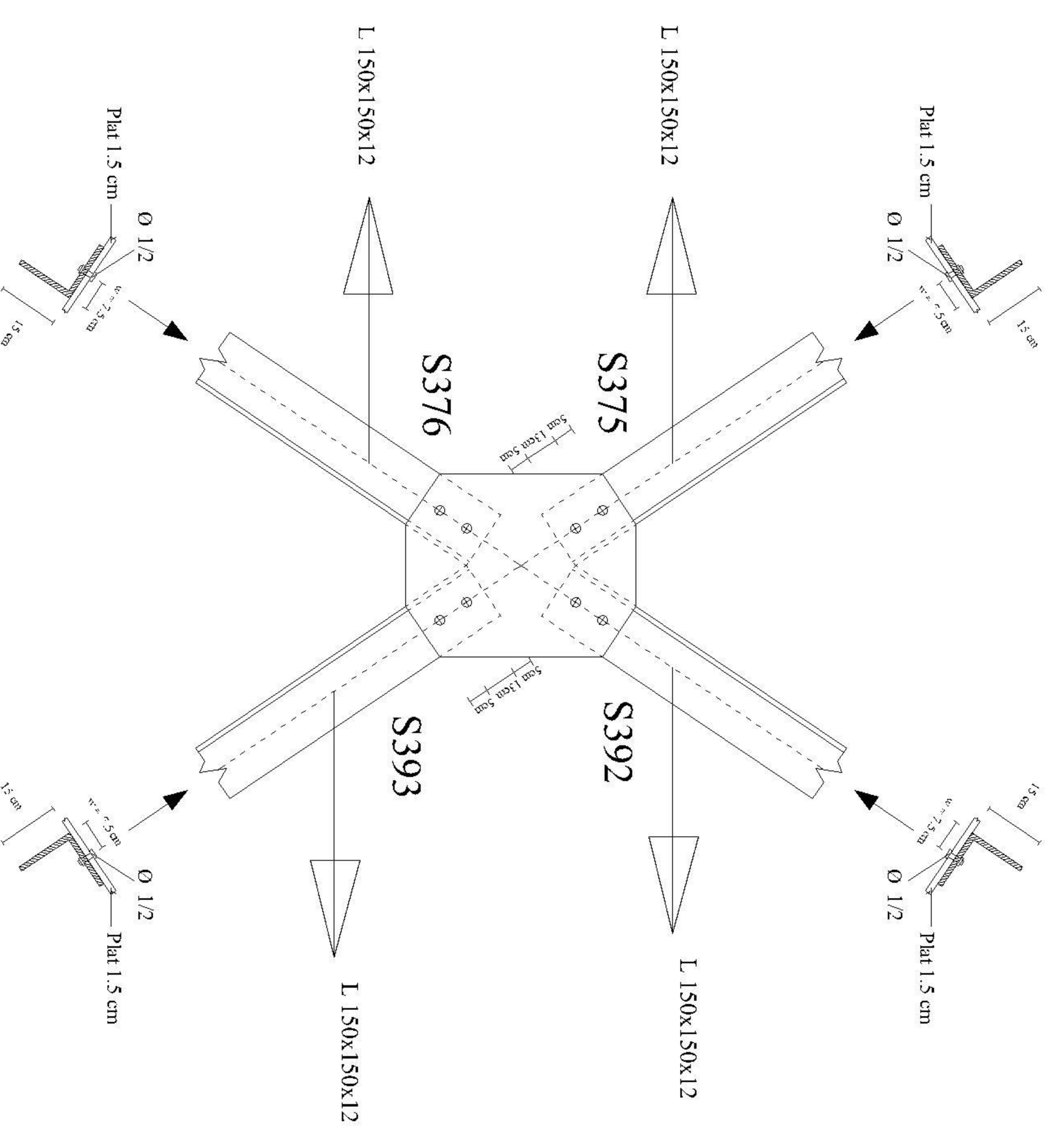
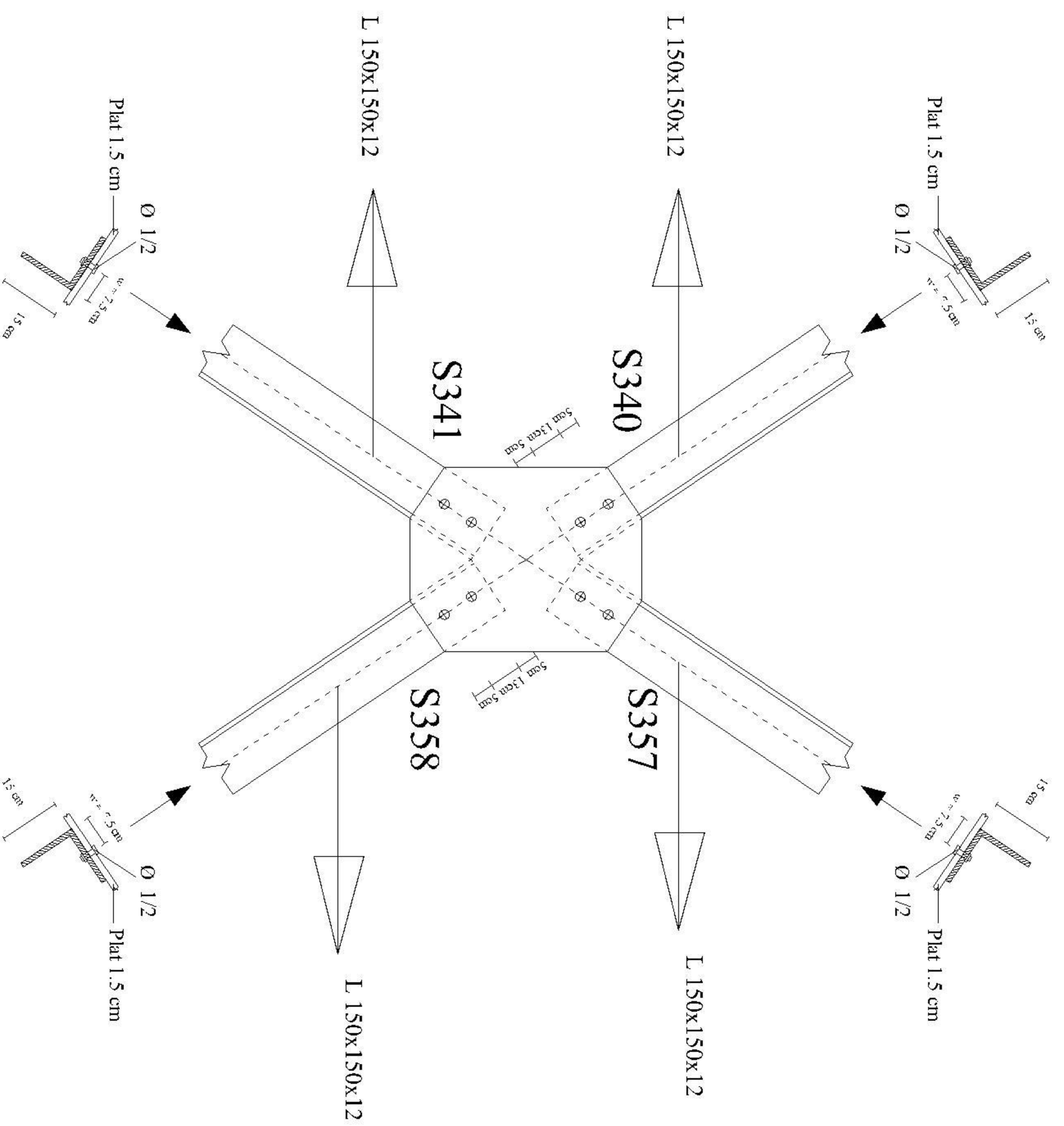


		INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA	
URAIAN :		DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NAMA GAMBAR :	
NIM : 12.21.001		DOSEN PEMBIMBING 1 :	
DOSEN PEMBIMBING 2 :		(_____) (_____)	
TANGGAL :		Skala :	
No Gambar :			




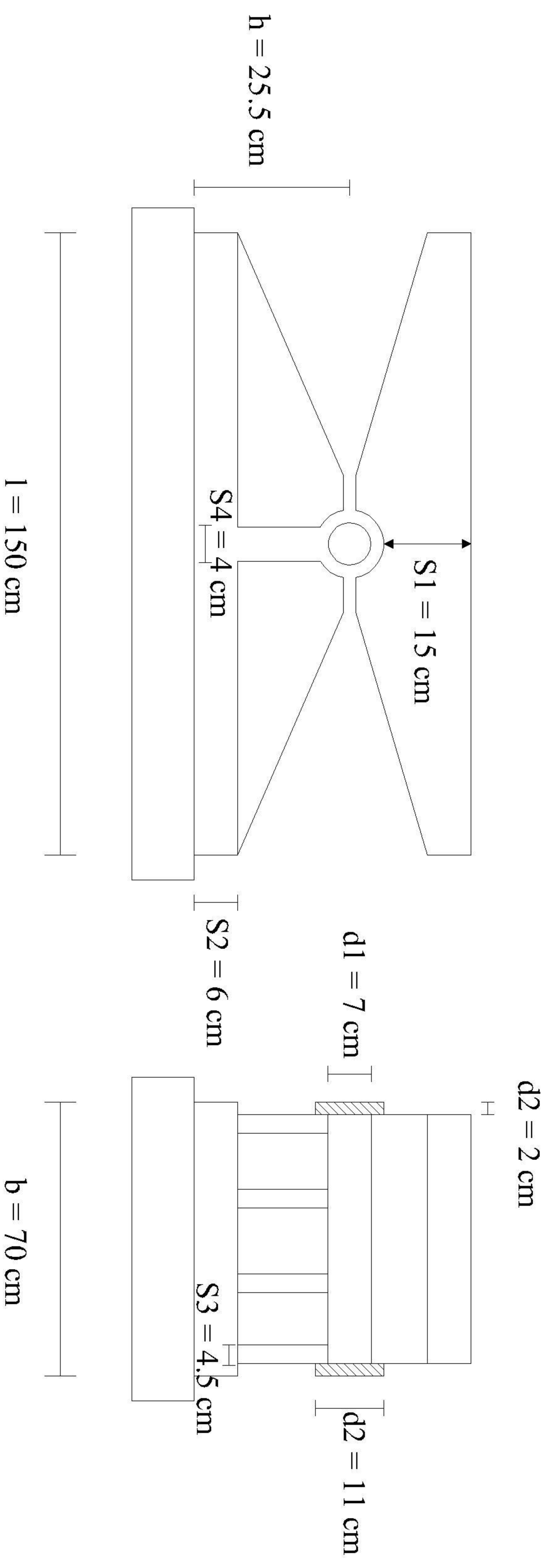

SAMBUNGAN GELAGAR INDUK-INDUK JOIN 154 E
 Skala 1 : 25

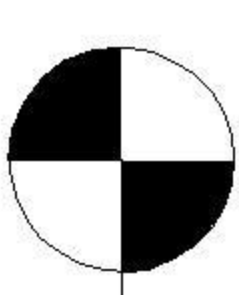
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL SKRIPSI	URAIAN :
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		
		DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001
		NAMA GAMBAR : TANGGAL : No Gambar : Skala :
		DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :




Sambungan
Ikatan Angin Atas dan Bawah
Skala 1 : 25

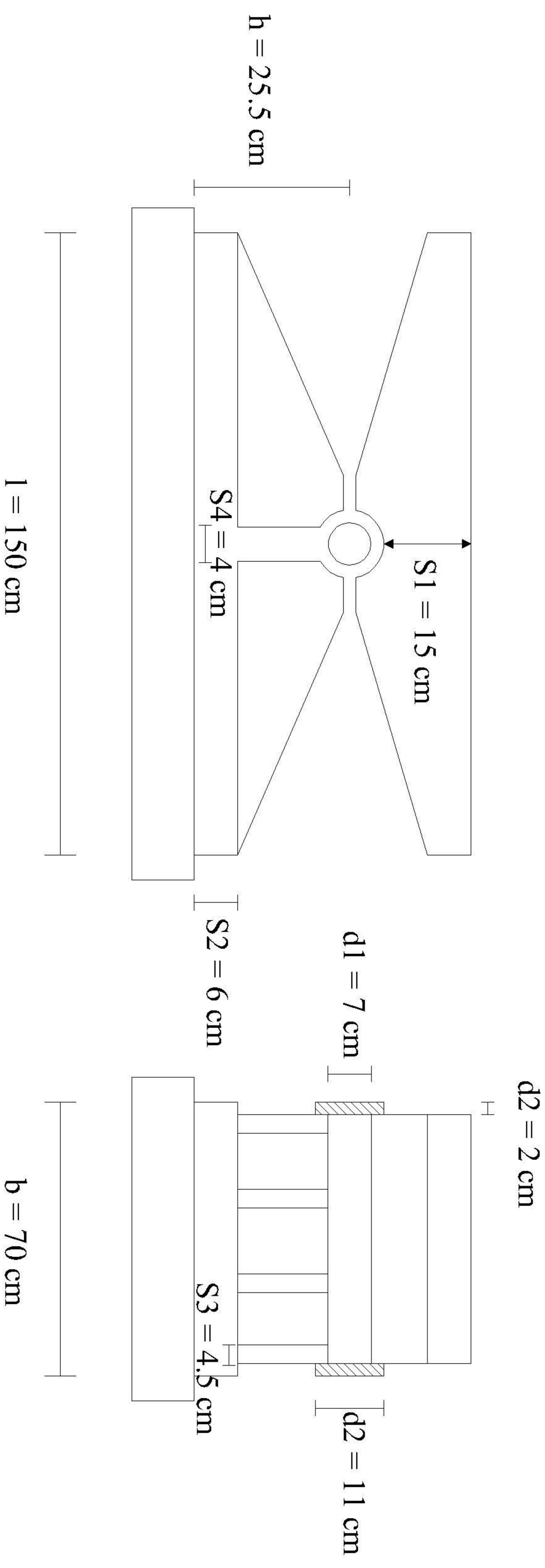
	
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	
SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA	
URAIAN :	
DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes	NIM : 12.21.001
NAMA GAMBAR :	DOSEN PEMBIMBING 1 :
TANGGAL :	DOSEN PEMBIMBING 2 :
No Gambar :	() ()
Skala :	() ()




TUMPUAN SENDI
 Skala 1 : 10



TUMPUAN SENDI
 Skala 1 : 25

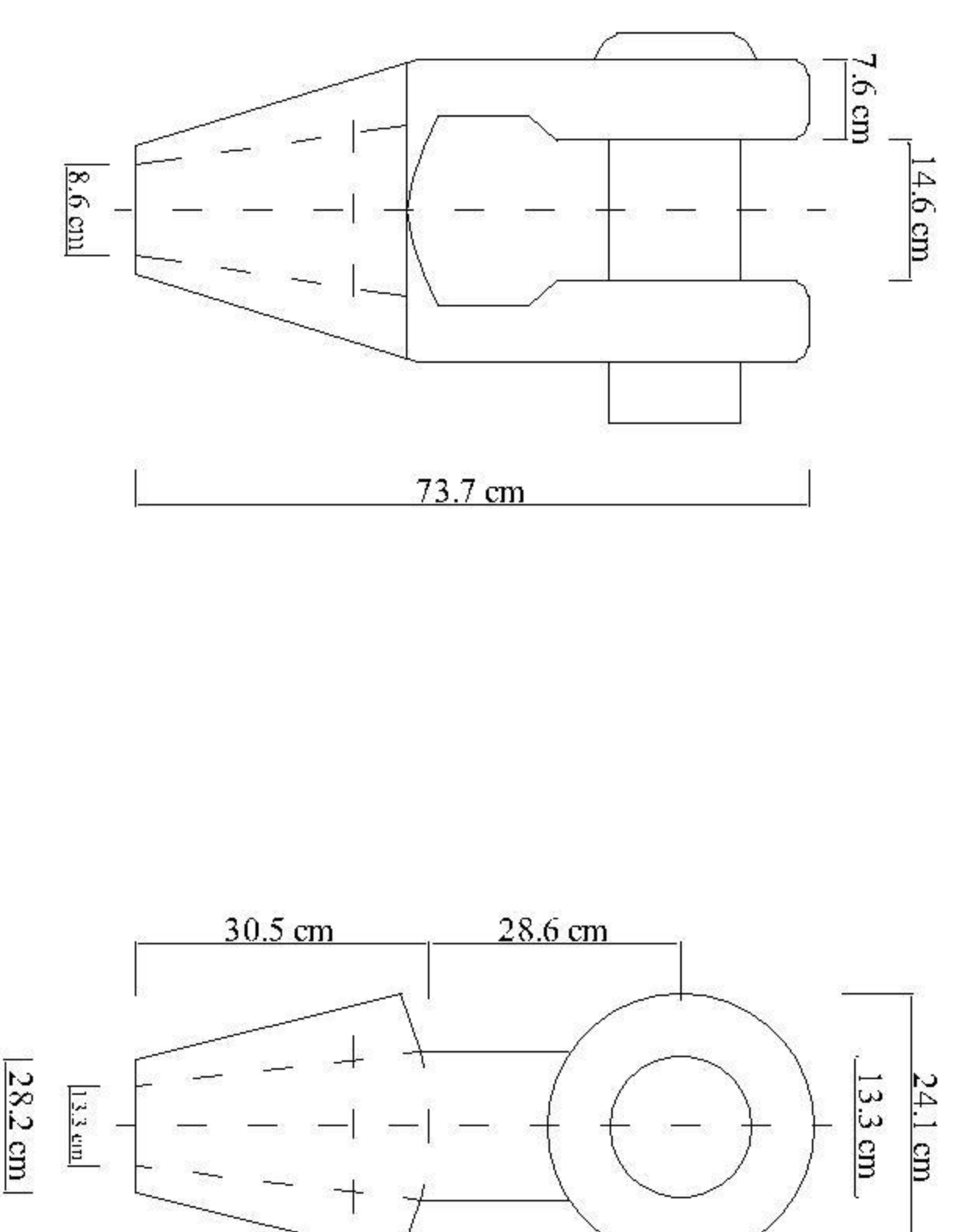
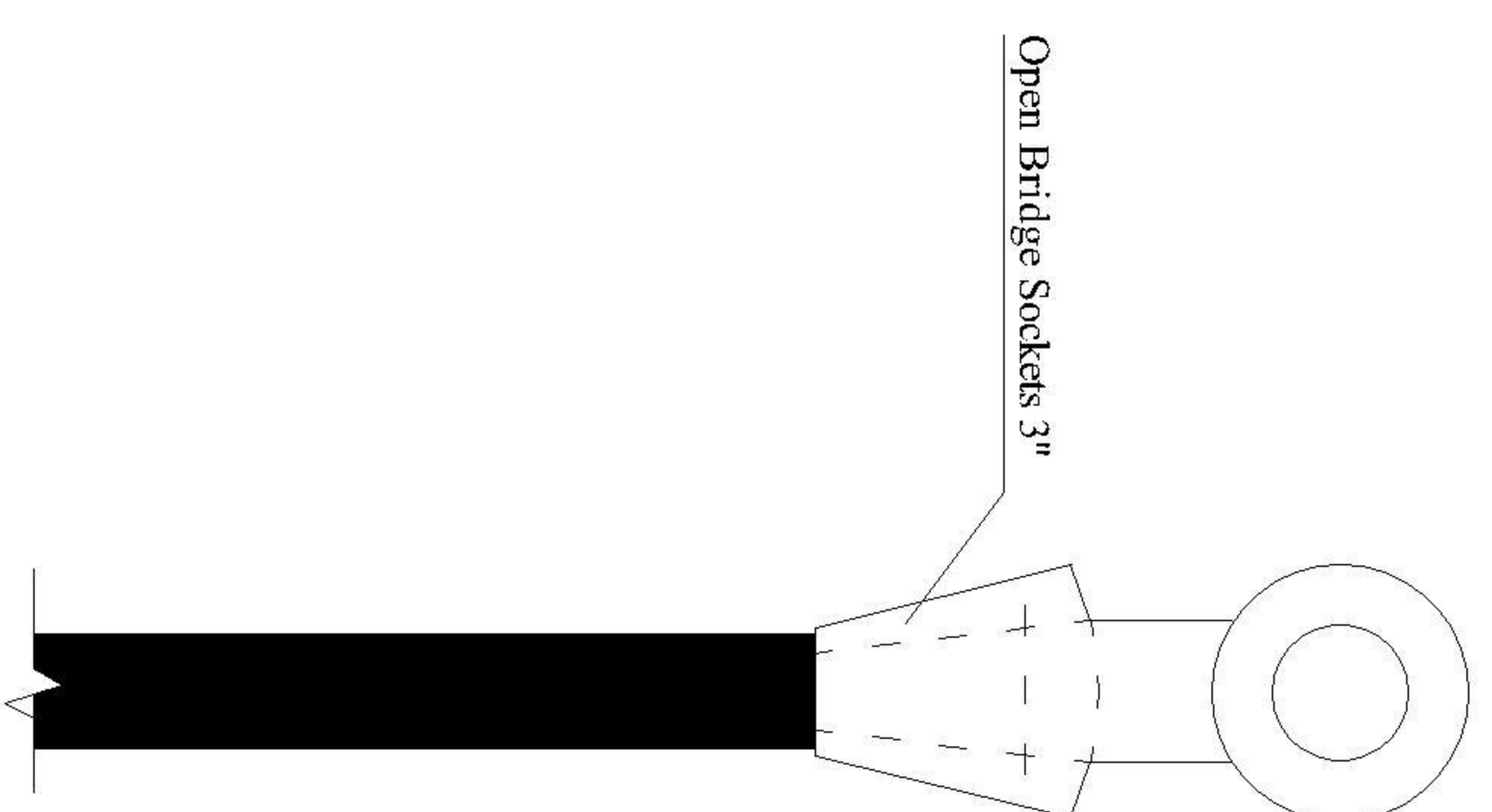
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NAMA GAMBAR : TANGGAL : No Gambar : Skala :	NIM : 12.21.001 DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :
	STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA			



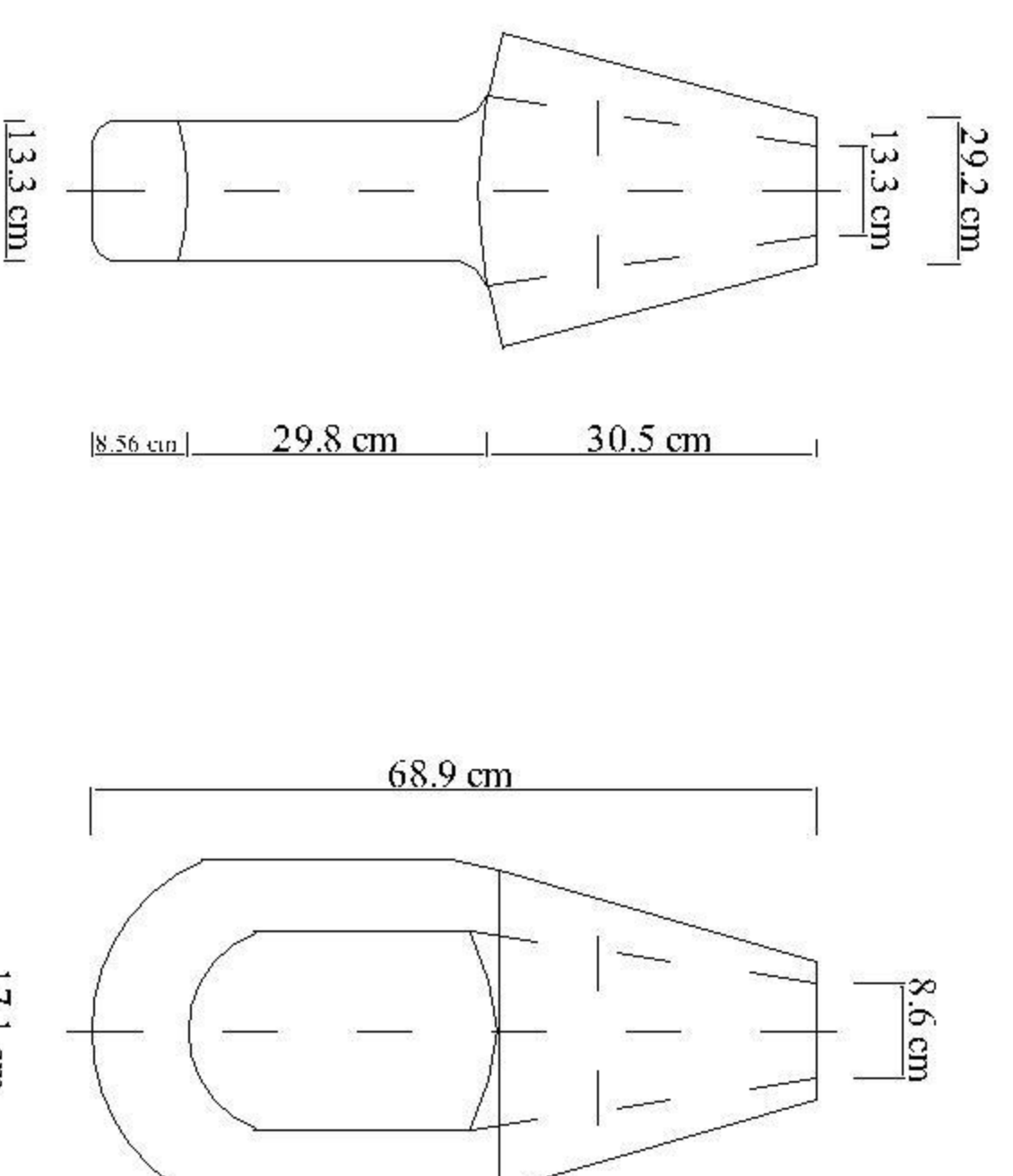
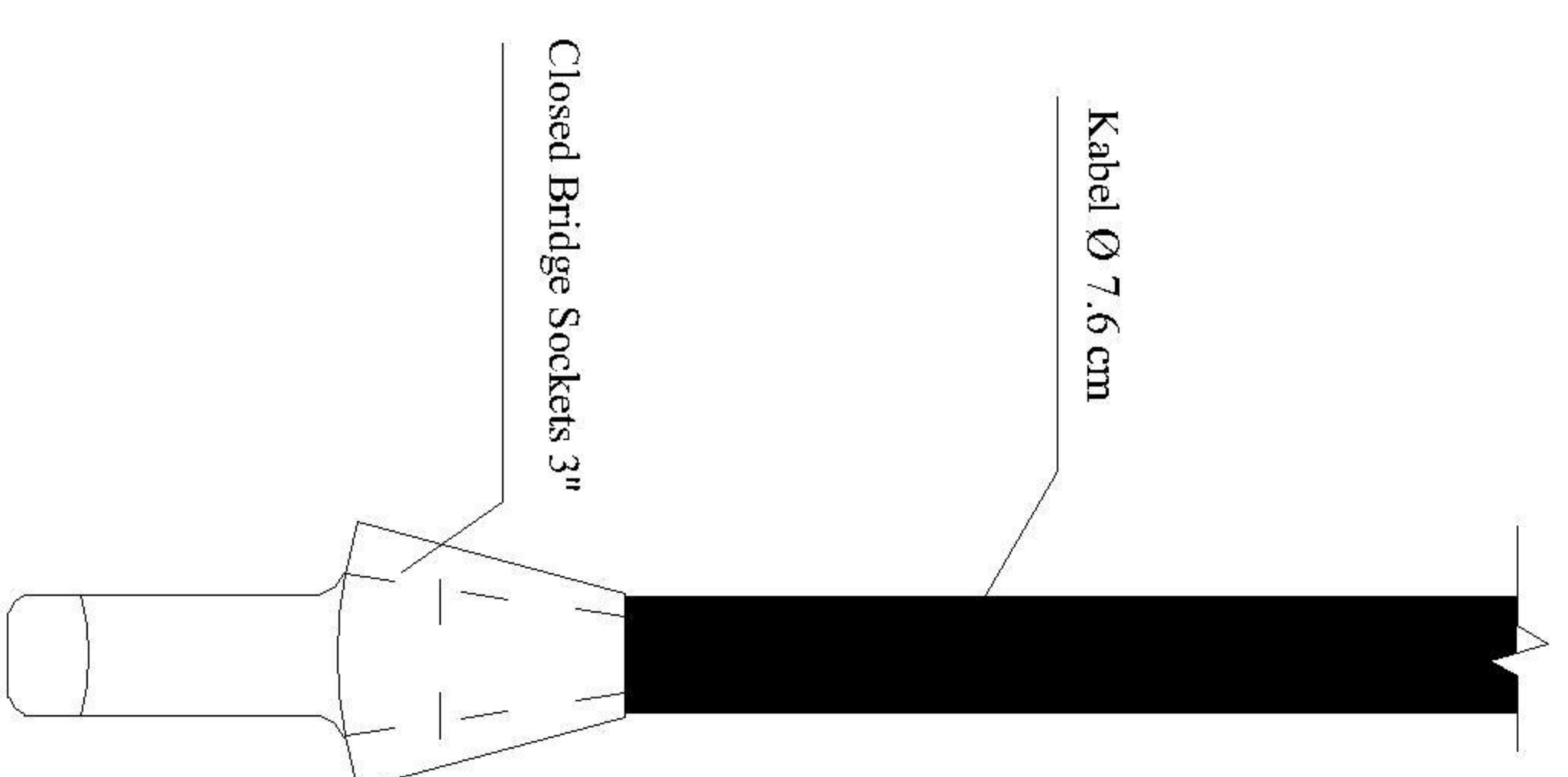
TUMPUAN SENDI
Skala 1 : 10

TUMPUAN SENDI
Skala 1 : 25

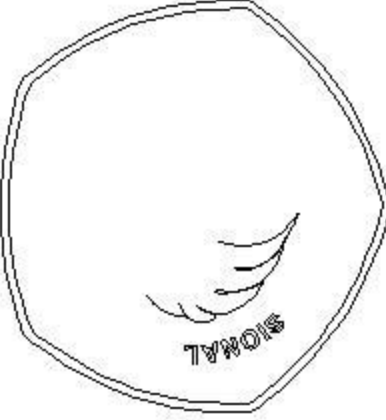
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG (<i>through arch</i>) DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		URAIAN :	
	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NAMA GAMBAR : TANGGAL : No Gambar : Skala :		NIM : 12.21.001 DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :	

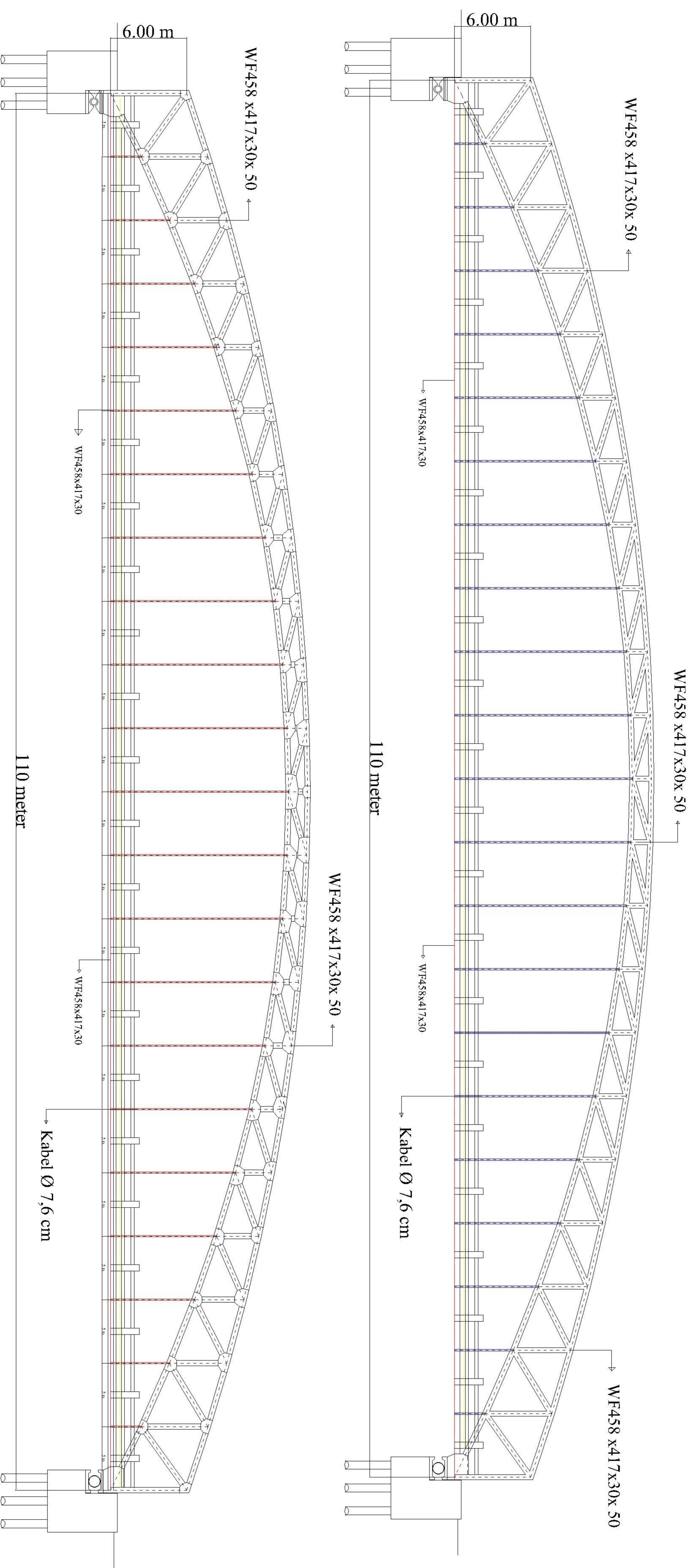


DETAIL OPEN AND CLOSE BRIDGE SOCKET
Skala 1 : 10



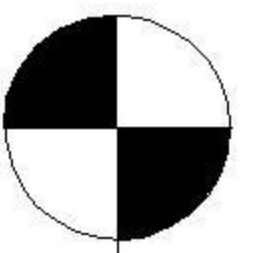
DETAIL OPEN AND CLOSE BRIDGE SOCKET
Skala 1 : 10

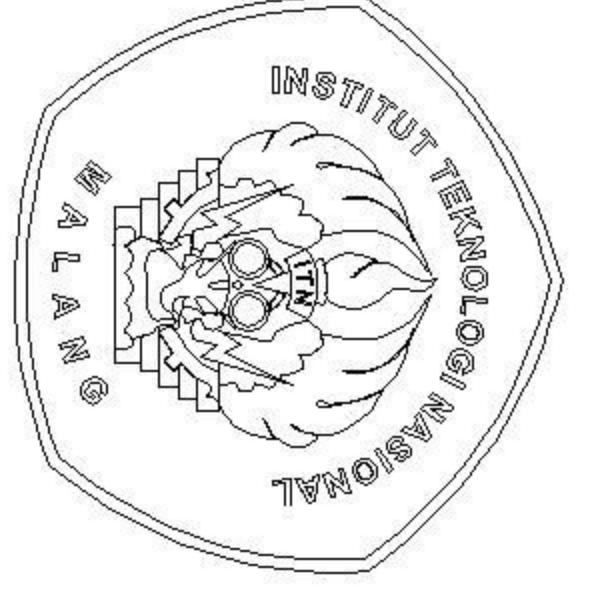
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		URAIAN :	
	SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE 4 HALF - THROUGH ARCH DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRPD PADA JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 M		DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001	
DOSEN PEMBIMBING 1 : ()		DOSEN PEMBIMBING 2 : ()		Tanggal : No Gambar : Skala : 1 : 10



GELAGAR INDUK

Skala 1 : 400



	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NAMA GAMBAR : NIM : 12.21.001	DOSEN PEMBIMBING 1 : DOSEN PEMBIMBING 2 :
	STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG <i>(through arch)</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA				

4.2 Kebutuhan Beton

a. Volume Beton

- Lantai kendaraan	=	0.25	x	6	x	110	=	165	m ²
- Trotoir	=	0.55	x	0.75	x	110	x	2	= 90.75 m ²
- Tiang sandaran	=	1	x	0.04	x	14	x	2	= 1.12 m ²
- Tegel dan spesi	=	2	x	0.05	x	0.75	x	110	= 8.25 m ²
- Aspal	=	0.05	x	6	x	110	=	33	m ²

b. Kebutuhan Tulangan

- Tulangan Lantai kendaraan dan trotoir

Tulangan pokok D13-200

$$\begin{aligned} \text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{110}{0.2} \times 8 \right) + \left(\frac{110}{0.2} \times 7.5 \right) + \left(\frac{110}{0.2} \times 1.5 \right) \right] \\ &= 9075 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{9075}{12} = 756.25 \text{ Lonjor}$$

Tulangan bagi D13-250

$$\begin{aligned} \text{Panjang total tulangan} &= \left[\left(\frac{110}{0.25} \times 8 \right) + \left(\frac{110}{0.25} \times 7.5 \right) + \left(\frac{110}{0.25} \times 1.5 \right) \right] \\ &= 7260 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{7260}{12} = 605 \text{ Lonjor}$$

- Tulangan untuk tiang sandaran

Tulangan 2Φ12

$$\begin{aligned} \text{Panjang total tulangan} &= 1 \times 4 \times 16 \times 2 \\ &= 128 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{128}{12} = 10.66667 \text{ Lonjor} \approx 11 \text{ Lonjor}$$

Tulangan geser Φ8-120

$$\begin{aligned} \text{Panjang total tulangan} &= \left(\frac{1}{1.2} \right) \times 8 \times 16 \times 2 \\ &= 213.3 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{213.333}{12} = 17.77778 \text{ Lonjor} \approx 18 \text{ Lonjor}$$

BAB IV
KEBUTUHAN BAHAN

4.1 Profil Baja

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Gelagar Memanjang	WF350x175x7x11	49.56	110	5	27258

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Gelagar Melintang	WF700x300x13x24	184.87	7.5	23	31890.075

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Pengaku Atas	WF150x150x7x10	31.5	7.5	23	5433.75

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Pengaku Bawah	WF250x250x9x14	72.4	7.5	17	9231

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Gelagar (kg)
Ikatan Angin Atas	L 150x150x12	27.3	253.5385	6921.601

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Gelagar (kg)
Ikatan Angin Bawah	L 150x150x12	27.3	257.8735	7039.94655

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Gelagar (kg)
Gelagar Induk	WF458x417x30x50	415	1009.8735	419097.5025

Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Kabel (kg)
Kabel	Ø76	6.96	141.88	987.4848

BERAT TOTAL = 507859.360 kg

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS
JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110
METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

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

Disusun Oleh :

RUFINO DA SILVA XIMENES

12.21.001

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Sudirman Indra, M.sc

Ir. Ester Priskasari, MT

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Ir. A. Agus Santosa, MT

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

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS
JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE PELENGKUNG *THROUGH ARCH*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110
METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA**

Dipertanyakan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Rabu

Tanggal : 10 Agustus 2016

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

Disusun Oleh :

RUFINO DA SILVA XIMENES

12.21.001

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi

Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1

Ir. A. Agus Santosa, MT

Ir. Munasih, MT

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. A. Agus Santosa, MT

Ir. Bambang Wedyantadji, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rufino Da Silva Ximenes

Nim : 12.21.001

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Alternatif Perencanaan Bangunan Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Pelengkung *Through Arch* Dengan Menggunakan Metode LRFD Total Bentang 110 Meter Di Nunukan Kalimantan Utara” benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

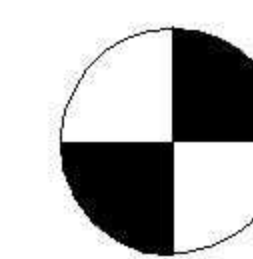
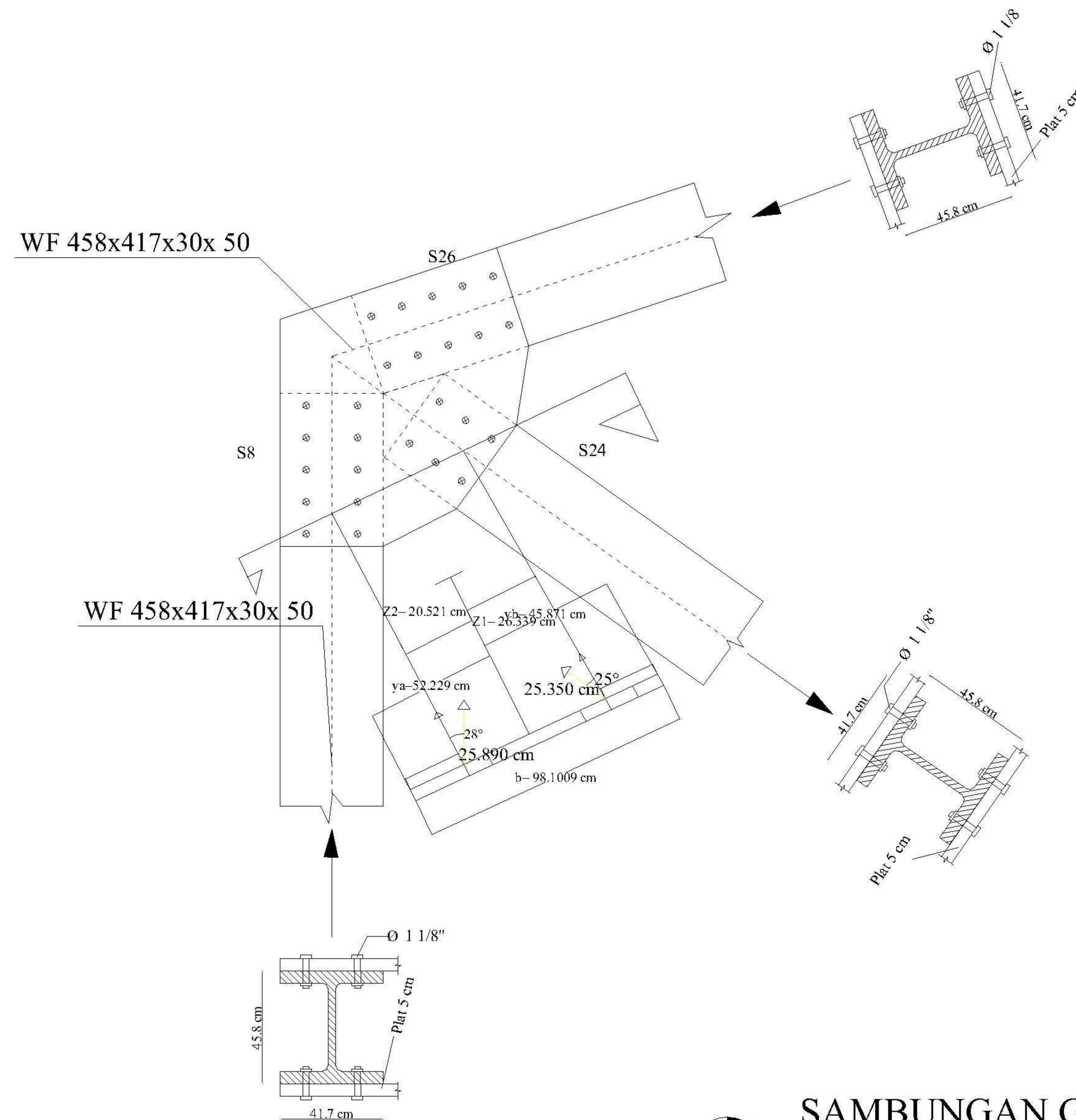


Malang, September 2016

Yang Membuat Pernyataan


Rufino Da Silva Ximenes

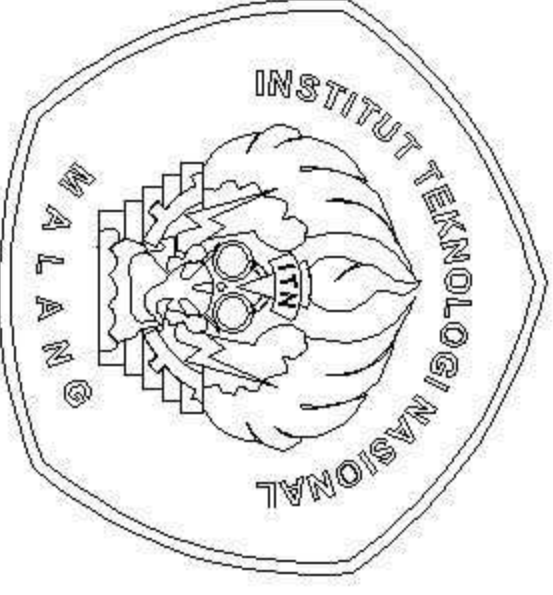
12.21.001



SAMBUNGAN GELAGAR INDUK-INDUK JOIN 09 B

Skala 1 : 25

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001			
	SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG (through arch) DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		NAMA GAMBAR :		DOSEN PEMBIMBING 1 :	DOSEN PEMBIMBING 2 :
			TANGGAL :		(_____) (_____)	
			No Gambar :			
			Skala :			



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI
STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN
ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG
(*through arch*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI
NUNUKAN KALIMANTAN UTARA

DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes

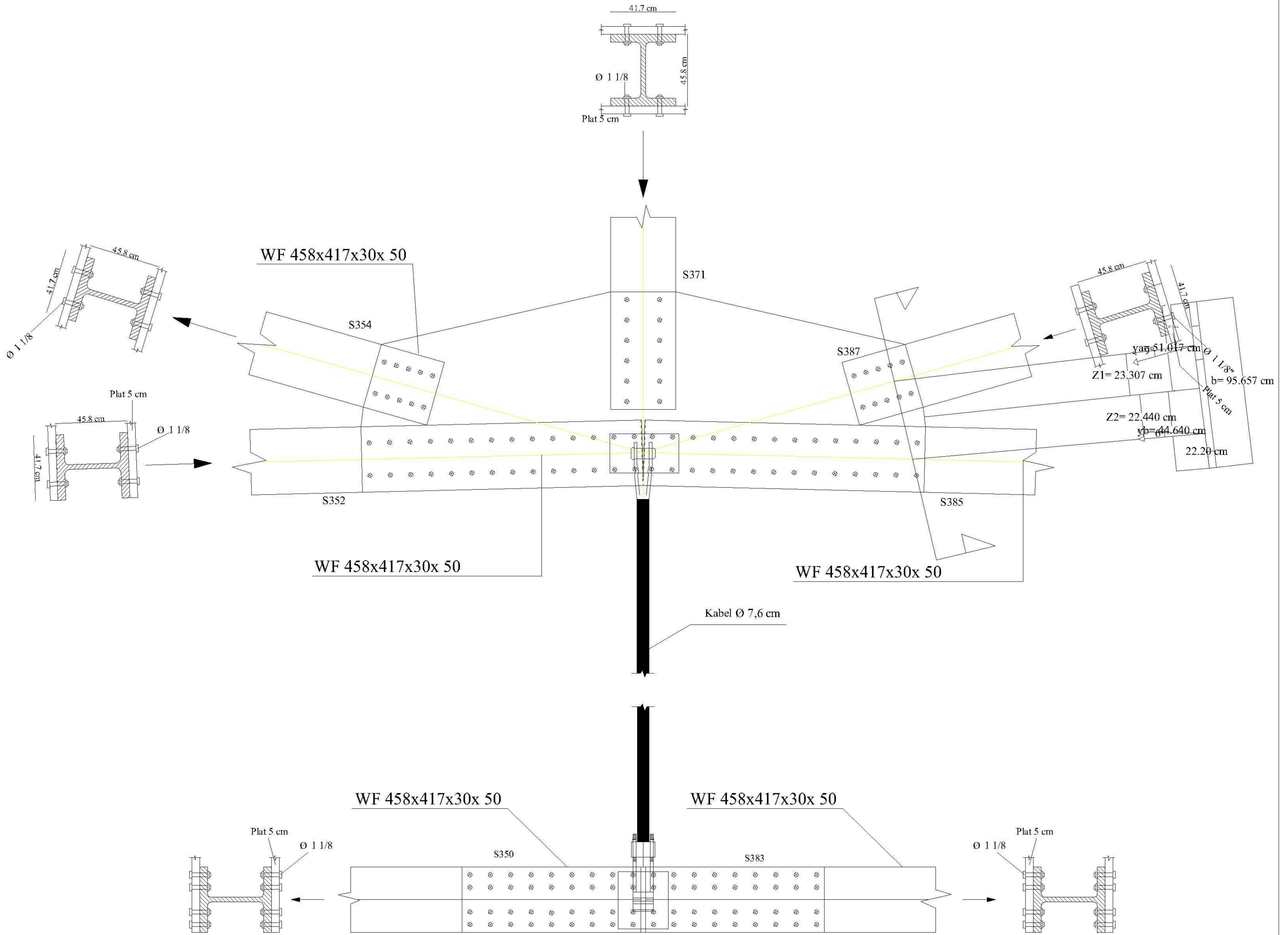
NIM : 12.21.001

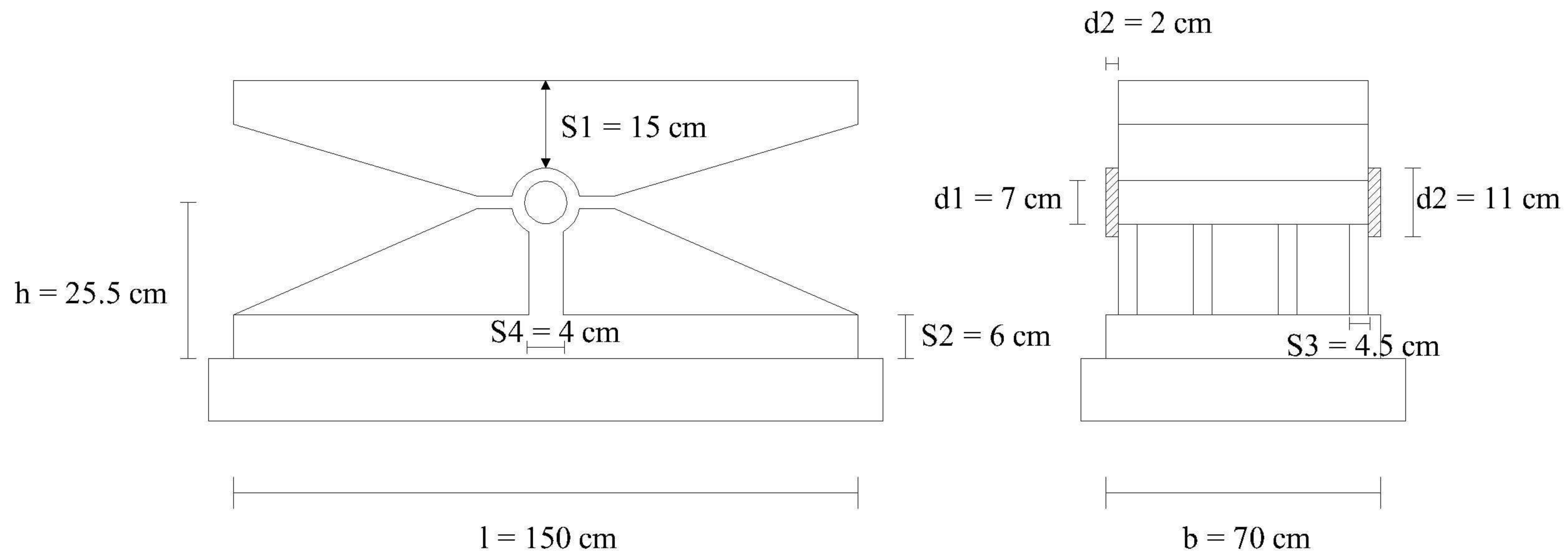
NAMA GAMBAR :

TANGGAL :

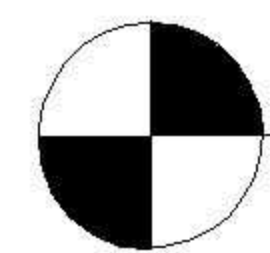
No Gambar :

Skala :






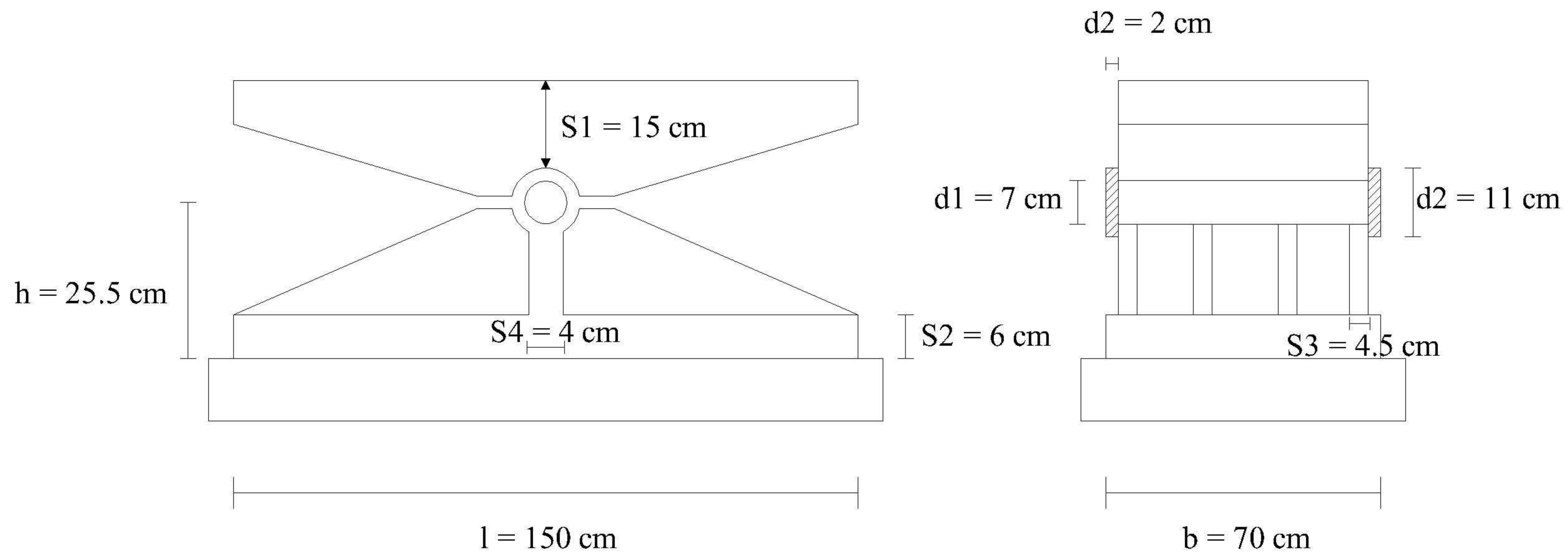
 TUMPUAN SENDI
Skala 1 : 10



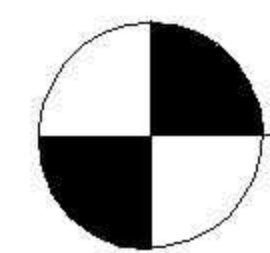
TUMPUAN SENDI

Skala 1 : 25

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001			
	SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG (through arch) DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		NAMA GAMBAR :		DOSEN PEMBIMBING 1 :	DOSEN PEMBIMBING 2 :
			TANGGAL :		(_____) (_____)	
			No Gambar :			
			Skala :			




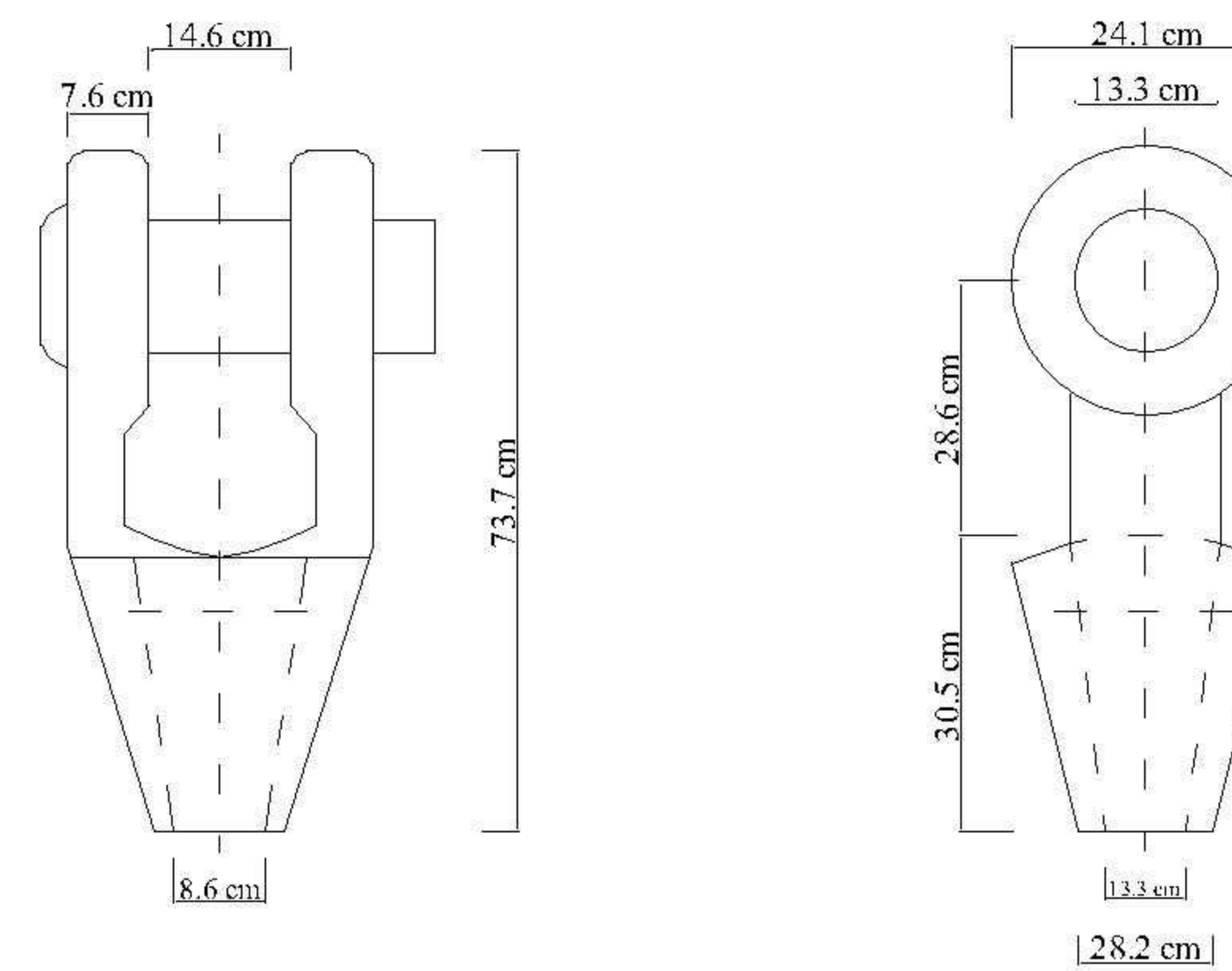
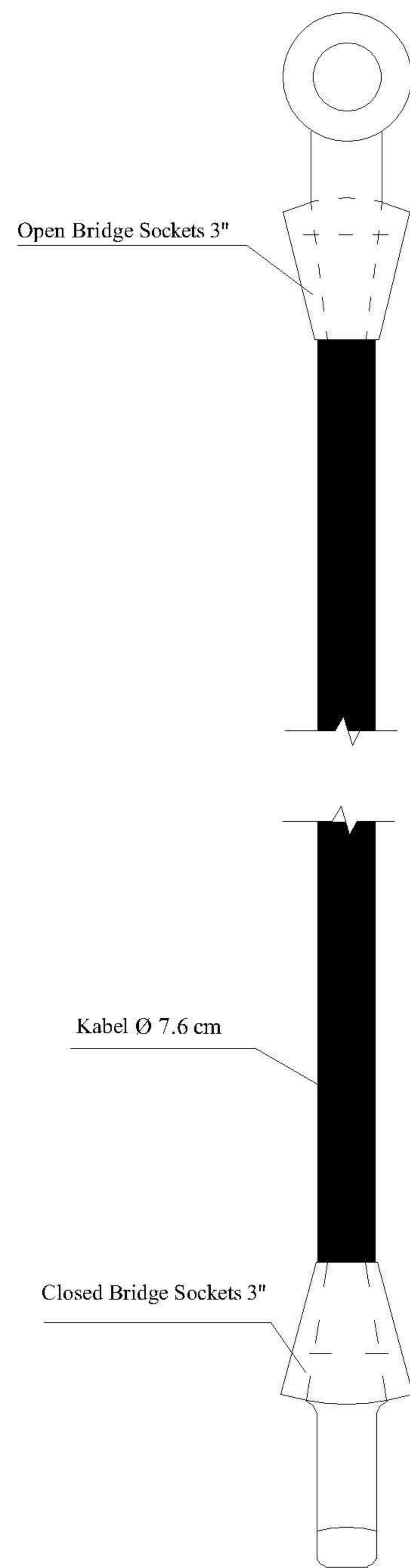
 TUMPUAN SENDI
Skala 1 : 10



TUMPUAN SENDI

Skala 1 : 25

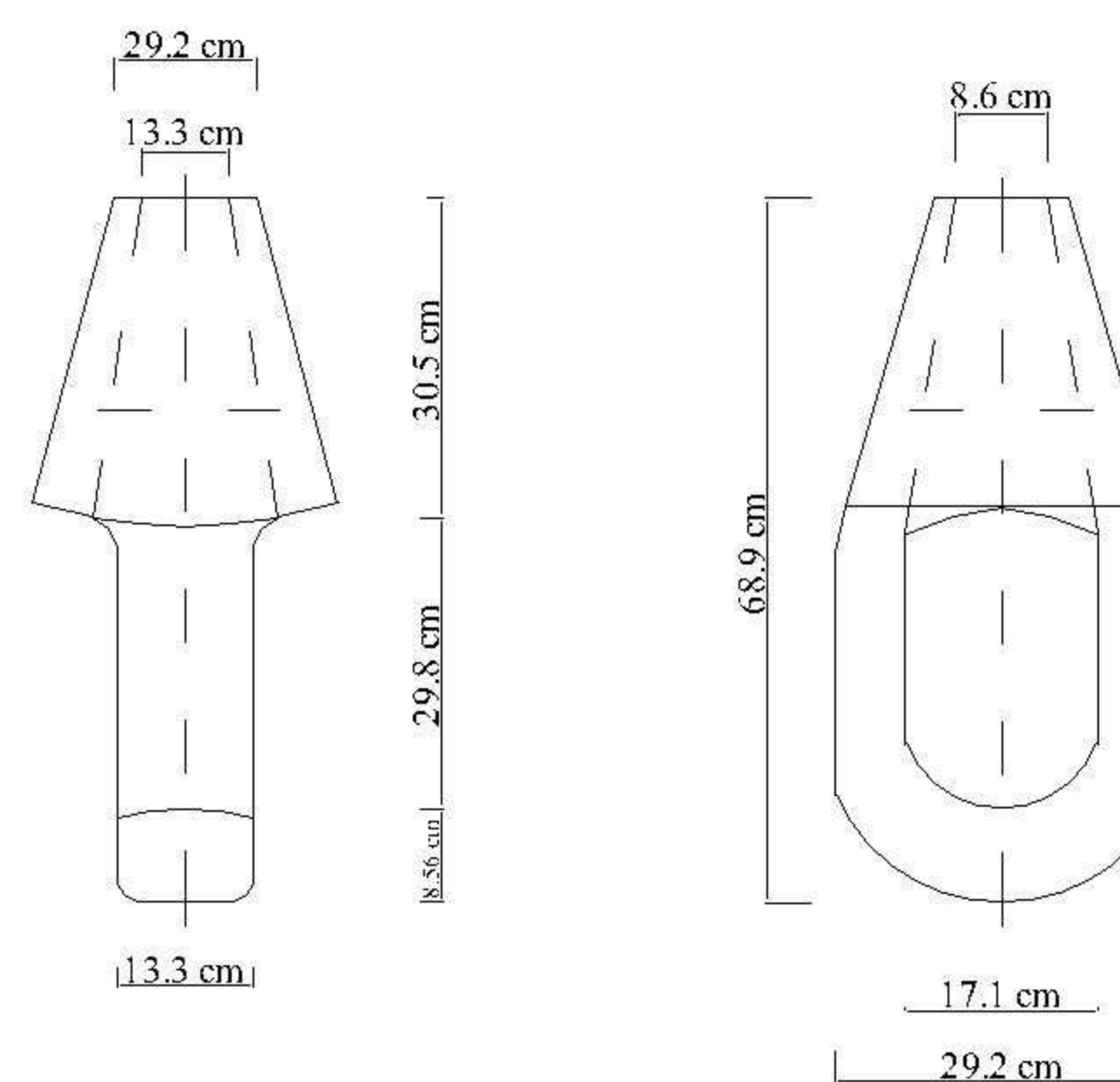
	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	URAIAN :	DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001			
	SKRIPSI STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN RANGKA TYPE PELENGKUNG (through arch) DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD TOTAL BENTANG 110 METER DI NUNUKAN KALIMANTAN UTARA		NAMA GAMBAR :		DOSEN PEMBIMBING 1 :	DOSEN PEMBIMBING 2 :
			TANGGAL :		(_____) (_____)	
			No Gambar :			
			Skala :			



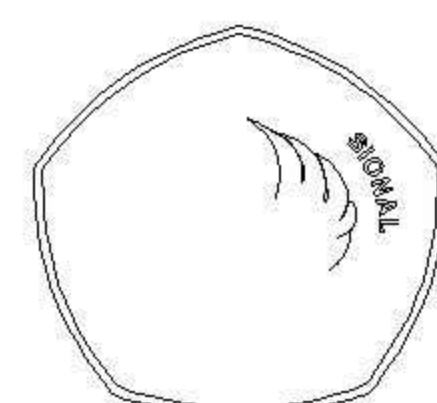
 **DETAIL OPEN AND CLOSE BRIDGE SOCKET**
Skala 1 : 10

Kabel Ø 7.6 cm

Closed Bridge Sockets 3"



 **DETAIL OPEN AND CLOSE BRIDGE SOCKET**
Skala 1 : 10



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL &
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN
ATAS JEMBATAN PELEMGKUNG RANGKA BAJA
TIPE A HALF - THROUGH ARCH DENGAN
MENGUNAKAN METODE LRFD PADA
JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 M

URAIAN :

DIGAMBAR : Rufino Da Silva Ximenes NIM : 12.21.001

NAMA GAMBAR :
DETAIL SOCKET

DOSEN PEMBIMBING 1 :

DOSEN PEMBIMBING 2 :

Tanggal :

No Gambar :

Skala : 1 : 10

()

()

Sambungan Batang Gelagar Induk-Induk WF 458x417x30x50

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 1 \frac{1}{8} \text{ " } = 2,86 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034,25 \text{ Mpa} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,86^2 = 6,410 \text{ cm}^2$$

❖ Kekuatan geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1, karena merupakan sambungan

iris tunggal, sehingga $m = 1$

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,60 \times 10342,5) \times 1 \times 6,410$$

$$= 25854,269 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan tumpu desain

Tebal plat simpul = 5,0 cm

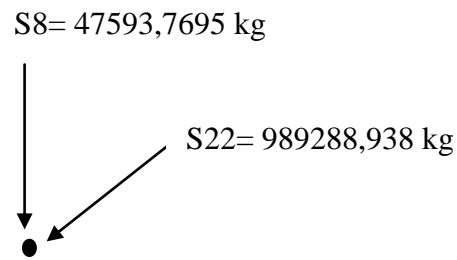
- \varnothing lubang baut baut = $2,86 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

$$\phi \cdot R_n = \phi \times (2,4 \times d \times t \times F_u) \quad \phi = 0,75 \quad F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 2,96 \times 5 \times 5500)$$

$$= 146396,250 \text{ kg}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 7**



➤ **Batang No 8 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS8 = \frac{47593,7695}{25873.018} = 1,84 \approx \text{dipasang} = 18 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$d = 2,86$$

$$\text{Jadi : } 1,5 (2,86) - 3 (2,86)$$

$$4,2862 \text{ cm} - 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{47593,7695 / 28}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,128 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$d = 2,86$$

$$\text{Jadi : } 3 \times (2,86) - 7 (2,86)$$

$$8,5725 \text{ cm} - 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang No 22 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS22 = \frac{989288,938}{25873,018} = 38,3 \approx \text{dipasang} = 40 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$d = 2,86$$

$$\text{Jadi : } 1,50 (2,86) - 3 (2,86)$$

$$4,2862 \text{ cm} - 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{989288,938 / 40}{0,75 \cdot 5500,5} = 1,19914 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi: } 3,0 (2,86) - 7 (2,86)$$

$$8,5725 \text{ cm} - 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 7

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8}$ inch

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $1 \frac{1}{8}'' = 2,86 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 104,78 = 523,900 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= 109,65 - (3 \times 2,96) \times 5$$

$$= 479,538 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(104,780 \times 5 \times \frac{104,780}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 23.83) - (2,96 \times 5 \times 20.030)$$

$$= 27503,314$$

$$Y_a = \frac{27503,314}{479,5375} = 57.354 \text{ cm}$$

$$Y_b = 104,78 - 57.354 = 47.426 \text{ cm}$$

- Batang No 8

$$P_8 = \frac{475937695}{2} = 237968848 \text{ kg}$$

$$D_8 = 237968848 \times \cos 32^\circ$$

$$= 20180,9028 \text{ kg}$$

$$N8 = 23796,8848 \times \sin 32^\circ$$

$$= 12610,4277 \text{ kg}$$

- Batang No 22

$$P22 = \frac{989288,938}{2} = 494644,469 \text{ kg}$$

$$D22 = 494644,469 \times \cos 32^\circ$$

$$= 419482,30 \text{ kg}$$

$$N22 = 494644,469 \times \sin 32^\circ$$

$$= 262121,633 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D8 + D22$$

$$= 20180,9028 + 419482,30$$

$$= 439663,203 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N8 + N22$$

$$= 12610,4277 + 262121,633$$

$$= 274732,061 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D22 \times Z1) - (D8 \times Z2)$$

$$= (419482,30 \times 33,52) - (20180,9028 \times 27,40)$$

$$= 13509849 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 104,78^2 = 9149,04 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

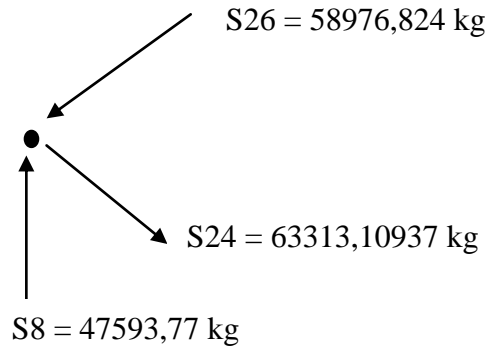
$$F_{cr} = \frac{274732,061}{479,96} + \frac{13509848,6}{9149,04} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 2049,55 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

$$F_v = \frac{Vu}{An} = \frac{439663,23}{479,538} = 916,85 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

$$FR = \sqrt{2049,55^2 + 916,85^2} = 2245,28 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 9**



➤ **Batang No 8 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS8 = \frac{47593,7695}{25873,018} = 1,8 \approx \text{dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{47593,77/10}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,23076 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 24 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS24 = \frac{63313,10937}{25873,018} = 2,4 \approx \text{dipasang} = 6 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{63313,10937 / 6}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,51162 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 26 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{26} = \frac{58976,824}{25873,018} = 2,3 \approx \text{dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{58976,32/10}{0,75 \cdot 55005} = 0,28595 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 9

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8} \text{ inch} = 2,86 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,86 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5,0 \times 98,1009 = 490,505 \text{ cm}^2$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= 98,101 - ((3 \times 2,96) \times 5,0$$

$$= 446,142 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(98,101 \times 5 \times \frac{98,101}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 25,89) - (2,96 \times 5 \times 25,350)$$

$$= 23301,755$$

$$Y_a = \frac{23301,755}{446,142} = 52,229 \text{ cm}$$

$$Y_b = 98,101 - 52,229 = 45,871 \text{ cm}$$

- Batang No 8

$$P_8 = \frac{47593,7695}{2} = 23796,88475 \text{ kg}$$

$$D_8 = 23796,8849 \times \cos 28^\circ$$

$$= 21011,4021 \text{ kg}$$

$$N_8 = 23796,7695 \sin 28^\circ$$

$$= 22343,7695 \text{ kg}$$

- Batang No 24

$$P_{24} = \frac{47593,77}{2} = 23796,90 \text{ kg}$$

$$D_{24} = 23796,885 \cos 25^\circ$$

$$= 21567,302 \text{ kg}$$

$$N_{24} = 23796,885 \sin 25^\circ$$

$$= 10056,9981 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_8 + D_{24}$$

$$= 21011,4021 + 21567,302$$

$$= 42578,7041 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_8 - N_{24}$$

$$= 11171,9607 - 10056,9981$$

$$= 1114,9626 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{24} \times Z_1) - (D_8 \times Z_2)$$

$$= (21567,302 \times 26,34) - (21011,4021 \times 20,521)$$

$$= 999235 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 98,101^2 = 8019,82 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

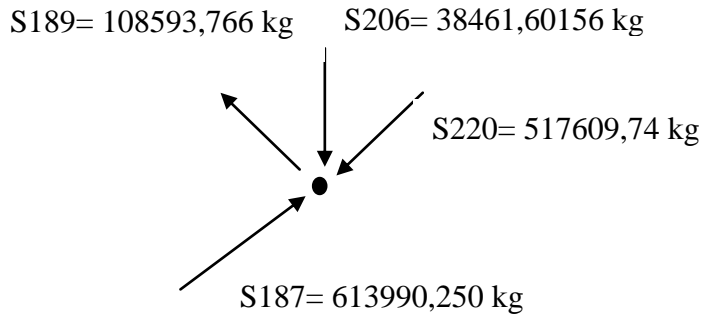
$$F_{cr} = \frac{1114,9626}{446,142} + \frac{999235}{8019,82} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 127,09 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$F_y = \frac{V_u}{A_n} = \frac{42578,704}{446,14} = 955,438 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$F_R = \sqrt{127,09^2 + 955,438^2} = 968,94 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 87**



➤ **Batang No 187 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{187} = \frac{613990,25}{25873,012} = 24 \approx \text{dipasang} = 36 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{613990,3/36}{0,75 \cdot 55005} = 0,8269 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 206 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS206 = \frac{38461,6015}{25854,27} = 1,5 \approx \text{dipasang} = 6 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,086 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{38461,6 / 6}{0,75 \cdot 55000,5} = 0,3108 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang No 220 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS220 = \frac{517609,74}{25873,018} = 20 \approx \text{dipasang} = 36 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{517609,7/36}{0,75 \cdot 55005} = 0,69712 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 189 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS189 = \frac{108593,77}{25873,018} = 4,2 \approx \text{dipasang} = 6 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,5725 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{108593,8/6}{0,75.55005} = 0,8775 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 87

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8} \text{ inch} = 2,86 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2.22 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 99,459 = 497,295 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= (b - (n \times d)) \times t \\ &= 99,459 - ((3 \times 2,96) \times 5) \\ &= 452,933 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned} A_n \times Y_a &= \left(99,459 \times 5 \times \frac{99,459}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 22,85) - (2,96 \times 5 \times 29,020) \\ &= 23963,204 \end{aligned}$$

$$Y_a = \frac{2396,204}{452,9325} = 52,907 \text{ cm}$$

$$Y_b = 99,459 - 52,907 = 46,552 \text{ cm}$$

- **Batang No 187**

$$P_{187} = \frac{613990,25}{2} = 306995,125 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{187} &= 306995,125 \times \cos 14^\circ \\ &= 297876,058 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{187} &= 306995,125 \times \sin 14^\circ \\ &= 74268,8426 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Batang No 189**

$$P_{189} = \frac{108593,77}{2} = 54296,8828 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{189} &= 54296,8828 \times \cos 17^\circ \\ &= 158393,9704 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{189} &= 54296,8828 \times \sin 17^\circ \\ &= 15874,8722 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$D_{\text{total}} = D_{187} + D_{189}$$

$$= 297876,058 + 51924,3673$$

$$= 349800,425 \text{ kg}$$

$$N_{\text{total}} = N_{187} - N_{189}$$

$$= 74268,8426 - 15874,8722$$

$$= 58393,9704 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{187} \times Z_1) - (D_{189} \times Z_2)$$

$$= (297876,058 \times 30,057) - (51924,3673 \times 17,532)$$

$$= 9209489 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 99,459^2 = 8243,41 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

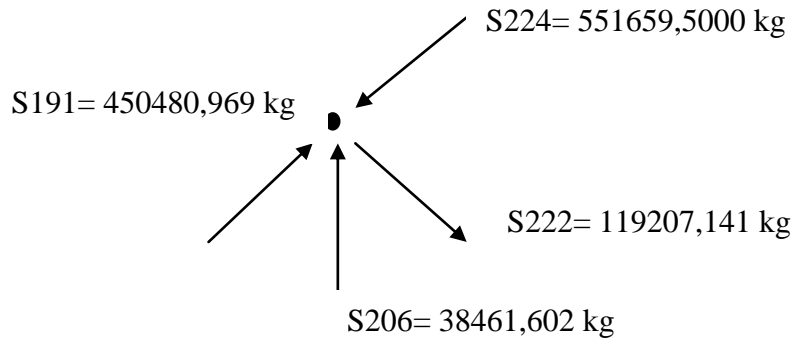
$$F_{cr} = \frac{58393,9704}{452,93} + \frac{8042923}{8243,41} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 846,75 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$F_y = \frac{V_u}{A_n} = \frac{349800,425}{452,93} = 772,30,67 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$FR = \sqrt{846,75^2 + 772,3^2} = 1146,06 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 89**



➤ **Batang No. 191 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS191 = \frac{450480,970}{25873,018} = 17,4 \approx \text{dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{450481/28}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,78005 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 206 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS206 = \frac{38461,60}{25873,02} = 1,49 \approx \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{38461,6/12}{0,75 \cdot 55005} = 0,1554 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 224 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS224 = \frac{551659,50}{25873,018} = 21,30 \approx \text{dipasang} = 24 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{551659,5/24}{0,75 \cdot 55005} = 1,1146 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 222 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS222 = \frac{119207,14}{25873,02} = 4,60 \approx \text{dipasang} = 14 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{119207,1/4}{0,75 \cdot 55005} = 4,6 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 89

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8} \text{ inch} = 2,857 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,857 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 97,63 = 488,15 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= (b - (n \times d)) \times t \\ &= 97,63 - ((3 \times 2,96) \times 5) \\ &= 443,788 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(97,634 \times 5 \times \frac{97,63}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 21,69)$$

$$- (2,96 \times 5 \times 31,880) = 23036,876$$

$$Y_a = \frac{23036,876}{443,7875} = 51,910 \text{ cm}$$

$$Y_b = 97,63 - 51,57,910 = 45,720 \text{ cm}$$

- Batang No 191

$$P_{222} = \frac{119207,141}{2} = 59603,6 \text{ kg}$$

$$D_{222} = 59603,5703 \times \cos 16^\circ$$

$$= 57294,6291 \text{ kg}$$

$$N_{222} = 59603,5703 \times \sin 16^\circ$$

$$= 16428,9705 \text{ kg}$$

- Batang No 224

$$P_{224} = \frac{551659,5}{2} = 275829,75 \text{ kg}$$

$$D_{224} = 275829,394 \times \cos 8^\circ$$

$$= 273145,394 \text{ kg}$$

$$N_{224} = 275829,75 \times \sin 8^\circ$$

$$= 38388,0816 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{222} + D_{224}$$

$$= 57294,6291 + 273145,394$$

$$= 330440,023 \text{ kg}$$

$$\text{Nu total} = \text{N 222} - \text{N 224}$$

$$= 16428,9705 - 38388,0816$$

$$= 21959,111 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\text{Mu} = (\text{D222} \times \text{Z1}) - (\text{D224} \times \text{Z2})$$

$$= (57294,6291 \times 30,22) - (273145,394 \times 13,84)$$

$$= 5511776 \text{ kg cm}$$

$$\text{Zx} = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$\text{Zx} = \frac{1}{6} \times 5 \times 97,63^2 = 7943,01 \text{ cm}^3$$

$$\text{Fcr} = \frac{\text{Nu}}{\text{An}} + \frac{\text{Mu}}{\text{Zx}} \leq \text{Fy} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

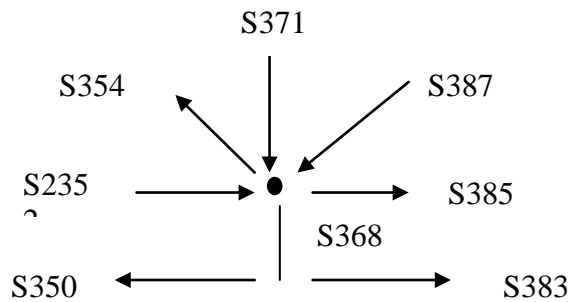
$$\text{Fcr} = \frac{21959,111}{443,79} + \frac{5511776}{7943,01} \leq \text{Fy} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Fcr} = 644,43 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{Fy} = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$\text{Fv} = \frac{\text{Vu}}{\text{An}} = \frac{330440,023}{443,79} = 744,59 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{Fy} = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$\text{FR} = \sqrt{644,43^2 + 744,59^2} = 984,74 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{Fy} = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 152**



$$S\ 350 = 737404,875\text{kg} \quad S\ 383 = 737302,312\text{kg}$$

$$S\ 352 = 144451,219\text{kg} \quad S\ 385 = 144451,53\ \text{kg}$$

$$S\ 354 = 44754,223\text{kg} \quad S\ 387 = 44169,996\text{kg}$$

$$S\ 371 = 34655,793\text{kg}$$

➤ **Batang No 350 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS282 = \frac{737404,88}{25873,018} = 29 \text{ dipasang} = 40 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{737404,9/4}{0,75.55005} = 0,8932 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 352 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS352 = \frac{144451,219}{25873,02} = 5,6 \approx \text{dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{144451,21928}{0,75.55005} = 0,19455 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 354 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS354 = \frac{44754,223}{25873,018} = 1,7 \approx \text{dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{44754,22310}{0,75 \cdot 55005} = 0,21699 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 383 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS303 = \frac{737302,31}{25873,018} = 28,5 \approx \text{dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{737302,31232}{0,75 \cdot 55005} = 1,11712 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 385 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS385 = \frac{144451,531}{25873,018} = 5,6 \approx \text{dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{144451,53128}{0,75 \cdot 55005} = 0,25013 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 387 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS387 = \frac{44170,00}{25873,018} = 1,7 \approx \text{dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{44170/10}{0,75 \cdot 55005} = 0,21416 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 8,0 cm

➤ **Batang No 371 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS371 = \frac{34655,793}{25873,018} = 1,3 \approx \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,96 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{34655,793/12}{0,75 \cdot 55005} = 0,14002 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,96 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,96 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 152

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8} \text{ inch} = 2,857 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,857 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 95,657 = 433,923 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= 95,657 - ((3 \times 2,96) \times 5$$

$$= 433,923 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(95,657 \times 5 \times \frac{95,657}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 27,71) - (2,96 \times 5 \times 22,200)$$

$$= 22137,610$$

$$Ya = \frac{22137,61}{433,9225} = 51,017 \text{ cm}$$

$$Yb = 95,657 - 51,017 = 44,640 \text{ cm}$$

▪ **Batang No 387**

$$P_{387} = \frac{44169,9961}{2} = 22084,998 \text{ kg}$$

$$D_{387} = 22084,998 \times \cos 9^\circ$$

$$= 21813,0951 \text{ kg}$$

$$N_{387} = 22084,998 \times \sin 9^\circ$$

$$= 3454,85485 \text{ kg}$$

▪ **Batang No 385**

$$P_{385} = \frac{144451,531}{2} = 72225,8 \text{ kg}$$

$$D_{385} = 72225,7656 \times \cos 6^\circ$$

$$= 70898,7749 \text{ kg}$$

$$N_{385} = 72225,7656 \times \sin 6^\circ$$

$$= 71830,31053 \text{ kg}$$

$$Vu \text{ total} = D_{387} + D_{385}$$

$$= 21813,0951 + 71830,1053$$

$$= 93643,2004 \text{ kg}$$

$$Nu \text{ total} = N_{387} - N_{385}$$

$$= 3454,85485 - 7549,64829$$

$$= 4094,79343 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$Mu = (D_{387} \times Z1) - (D_{385} \times Z2)$$

$$= (21813,0951 \times 23,31) - (71830,1053 \times 22,44)$$

$$= 1103470 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 95,657^2 = 7625,22 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

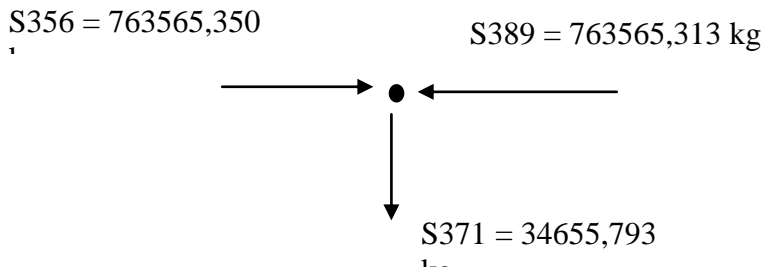
$$F_{cr} = \frac{4094,79343}{433,92} + \frac{11034670}{7625,22} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 783,4 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

$$F_v = \frac{Vu}{An} = \frac{93643,2004}{433,923} = 215,81 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

$$FR = \sqrt{154,15^2 + 215,81^2} = 265,21 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{ok}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 154**



➤ **Batang No 356 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS356 = \frac{763565,350}{25873,018} = 29,5 \approx \text{dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{763565,350 / 32}{0,75 \cdot 5500,5} = 1,1569 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 389 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS389 = \frac{763565,313}{25873,018} = 29,5 \approx \text{dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{763565,313/32}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 1,1569 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 371 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS371 = \frac{34655,79}{25873,02} = 1,3 \approx \text{dipasang} = 8 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,86 = 4,28625 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{34655,79/8}{0,75 \cdot 55005} = 0,21004 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5,0 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,86 = 8,5725 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,86 = 20,003 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 154

Diameter baut yang digunakan, $D = 1 \frac{1}{8} \text{ inch} = 2,86 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,86 + 0,1 = 2,96 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5,0 \times 117,824 = 589,12 \text{ cm}^2$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned}A_n &= (b - (n \times d)) \times t \\ &= 117,824 - ((3 \times 2,96) \times 5) \\ &= 544,758 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned}A_n \times Y_a &= \left(117,824 \times 5 \times \frac{117,824}{2} \right) - (2,96 \times 5 \times 23,086) - (2,96 \times 5 \times 24,300) \\ &= 34004,517\end{aligned}$$

$$Y_a = \frac{34005,517}{544,7575} = 62,423 \text{ cm}$$

$$Y_b = 117,824 - 62,423 = 55,401 \text{ cm}$$

- **Batang No 389**

$$P_{389} = \frac{763565,313}{2} = 381782,656 \text{ kg}$$

$$D_{389} = 381782,656 \times \cos 52^\circ$$

$$= 235048,873 \text{ kg}$$

$$N_{389} = 381782,656 \times \sin 52^\circ$$

$$= 300848,839 \text{ kg}$$

- **Batang No 371**

$$P_{371} = \frac{34655,79}{2} = 17327,90 \text{ kg}$$

$$D_{371} = 17327,8965 \times \cos 34^\circ$$

$$= 14365,4772 \text{ kg}$$

$$N_{371} = 17327,8965 \times \sin 34^\circ$$

$$= 9689,63674 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D 389 + D 371$$

$$= 235048,873 + 14365,4772$$

$$= 249414,35 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N 389 - N 371$$

$$= 300848,839 - 9689,63674$$

$$= 310538,475 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D371 \times Z1) - (D389 \times Z2)$$

$$= (14365,4772 \times 39,34) - (235048,87 \times 31.101)$$

$$= 7875349 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 117,824^2 = 1156875 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{310538,475}{544,758} + \frac{7875348,87}{1156875} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 1250,79 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{249414,351}{544,758} = 457,840 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

$$F_R = \sqrt{250,79^2 + 457,84^2} = 1331,95 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ok}$$

Sambungan Ikatan Angin

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 1/2'' = 1,27 \text{ cm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034,25 \text{ Mpa} = 10342,5 \text{ kg/cm}^2$

$$1 \text{ Ksi} = 68,95 \text{ kg/cm}^2$$

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,27^2 = 1,266 \text{ cm}^2$$

❖ Kekuatan geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1,0 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1,0$

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,60 \times 10342,5) \times 1 \times 1,266$$

$$= 5106,506 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan tumpu desain

Tebal plat simpul = 1,50 cm

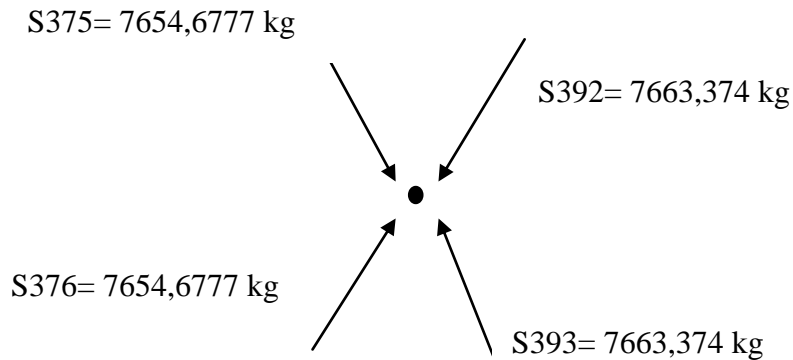
- $\varnothing_{\text{lubang baut}} = 1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\phi \cdot R_n = \phi \times (2,4 \times d \times t \times F_u) \quad \phi = 0,75 \quad F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,75 \times (2,4 \times 1,37 \times 1,5 \times 5500)$$

$$= 20344,5 \text{ kg}$$

❖ **Perhitungan sambungan Join 156**



➤ **Batang No 375 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{375} = \frac{7654,6777}{5106,506} = 1,499 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{7654,6777 / 2,0}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,186 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 376 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS376 = \frac{7654,6777}{5106,506} = 1,499 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{7654,6777 / 2,0}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,186 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 392 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS392 = \frac{7663,374}{5106,506} = 1,501 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{7663,374/2,0}{0,75 \cdot 55005} = 0,186 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ Batang No 393 (batang tekan)

- Menentukan jumlah baut

$$NS393 = \frac{7663,374}{5106,506} = 1,501 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{8284,978/2}{0,75.55005} = 0,200 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

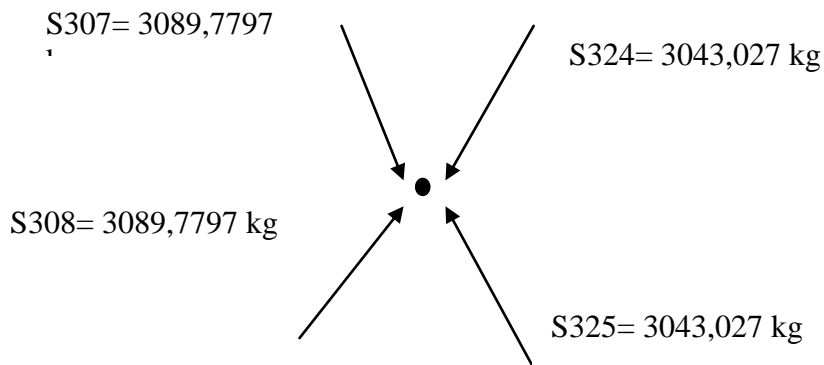
$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

❖ **Perhitungan sambungan Join 129**



➤ **Batang No 307 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS307 = \frac{3089,770}{5106,506} = 0,605 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{3089,770 / 2,0}{0,75 \cdot 5500,5} = 0,075 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 308 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS308 = \frac{3089,770}{5106,506} = 0,605 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{3089,770/20}{0,75 \cdot 55005} = 0,075 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 324 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS324 = \frac{3043,027}{5106,51} = 0,596 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{3043,027/2}{0,75 \cdot 55005} = 0,074 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

➤ **Batang No 325 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS325 = \frac{3043,027}{5106,506} = 0,596 \approx \text{dipasang} = 2,0 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,50 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

$$3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

Diambil 5,0 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$t \geq \frac{3043,027/2}{0,75 \cdot 55005} = 0,074 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,50 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3,0 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7,0 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 13,0 cm

Perencanaan perletakan

A. Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S_1)

Direncanakan :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 110 + 40 \\ &= 150 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$P_u = 507030,04 \text{ kg}$$

$$F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Bj 55, Buku Nova Hal. 211)}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot l}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (\text{Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir. Prof.,}$$

hal 249)

$$= \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3 \cdot 507030,04 \cdot 150}{70 \cdot 0,90 \cdot 4100}}$$

$$= 14,860 \approx 15 \text{ cm}$$

2. Tebal Bantalan (S_2)

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot P_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 507030,04 \cdot 150$$

$$= 9506813,25 \text{ kg cm}$$

$$W = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{9506813,25}{0,9 \cdot 4100}$$

$$= 2576,372154\text{cm}^3$$

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

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4,2$$

$$S_3 = \frac{b}{4,2 \cdot a} = \frac{70}{4,2 \times 4} = 4,1667\text{cm} = 4,5\text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$$

$$= 0,2251 \cdot 4 \cdot h^2 \cdot 4,5$$

$$W = 4,0518 \cdot h^2$$

$$2576,372\text{ cm}^3 = 4,052 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{2576,368}{4,052} = 635,859$$

$$h = \sqrt{635,859} = 25,216 \approx 25,5 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{25,5}{4} = 6,375 \sim 6 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{25,5}{6} = 4,25 \sim 4 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{25,5}{9} = 2,833 \approx 3 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot L} \quad (\text{Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W, Ir. Prof.,}$$

hal 250)

$$= \frac{0,8 \cdot 50703004}{0,90 \cdot 4100 \cdot 110}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = 0,999 \text{ cm}$$

$$d_1 = 2 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} x d_1$$

$$= \frac{1}{4} x 7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$

B. Perletakan Rol

- Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}l &= L + 40 \\ &= 110 + 40 \\ &= 150 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$P_u = 507030,04 \text{ kg}$$

- 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)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 507030 \cdot 150}{70 \cdot 0,90 \cdot 4100}}$$

$$= 14,860 \approx 15 \text{ cm}$$

- 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)

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{507030}{150 \cdot (0,9 \cdot 8500)^2}$$

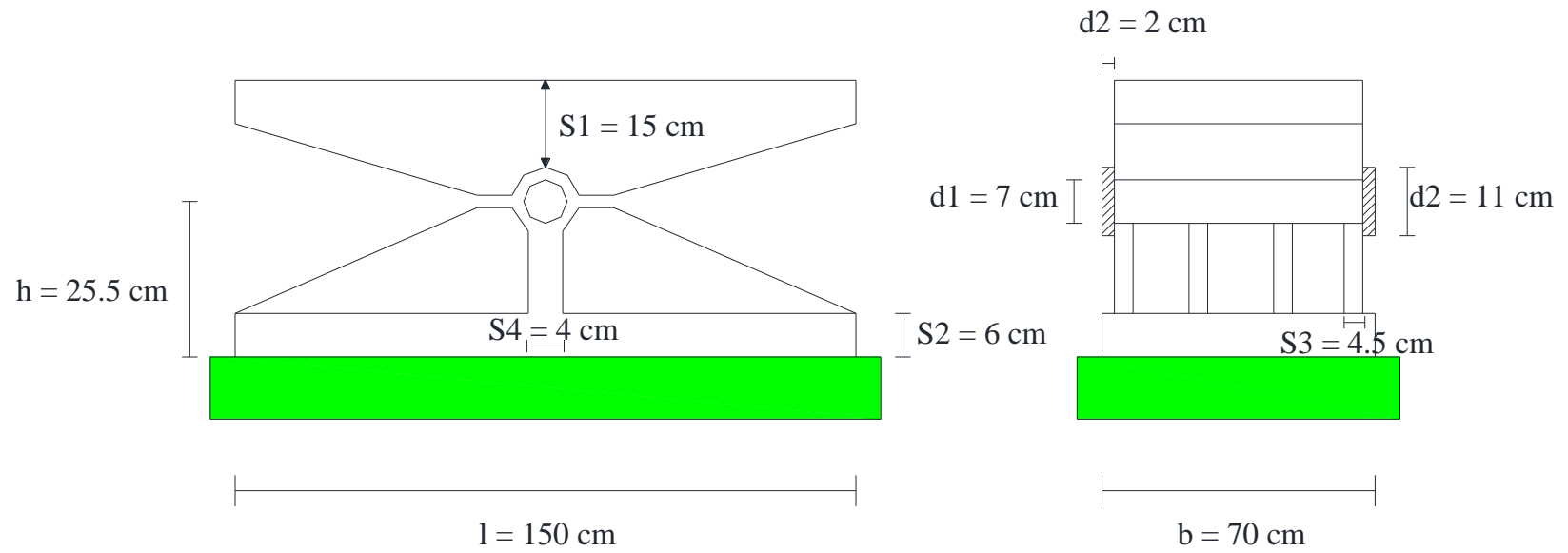
$$= 43,319 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

- Tebal bibir rol :

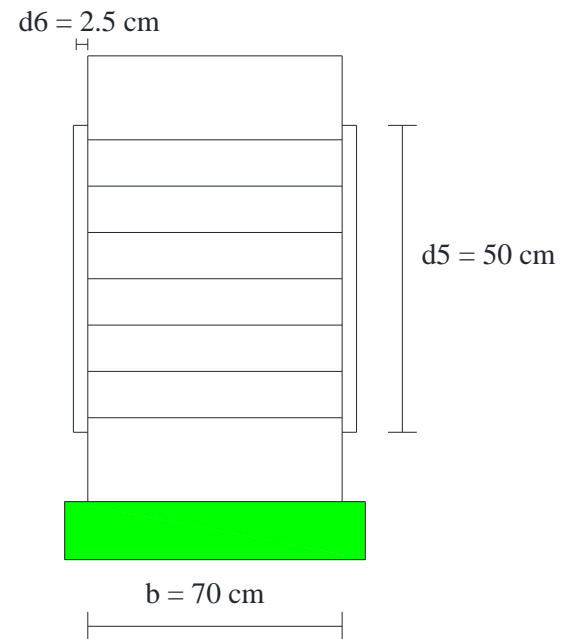
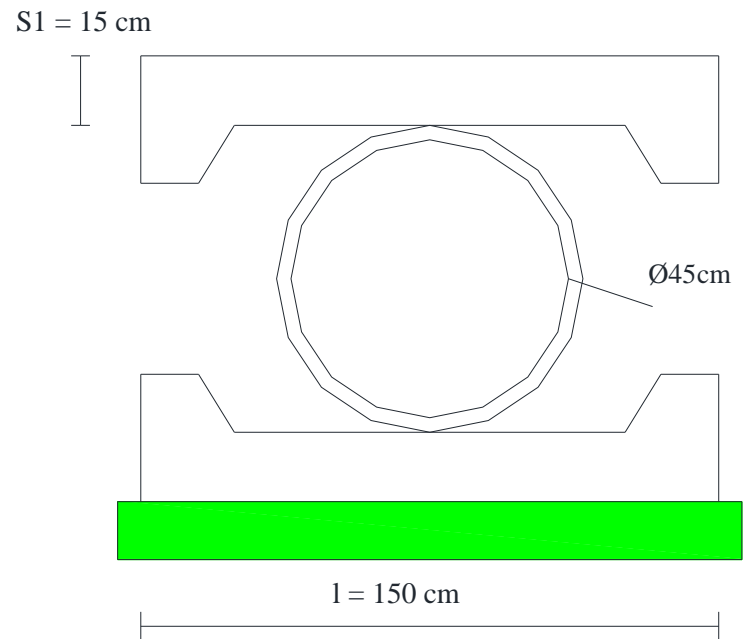
$$d_6 = \text{diambil sebesar } 2,5 \text{ cm}$$

- Tinggi total rol :

$$\begin{aligned}d_5 &= d_4 + 2 \cdot d_6 \\ &= 45 + 2 \cdot 2,5 \\ &= 50 \text{ cm}\end{aligned}$$




TUMPUAN SENDI
 Skala 1 : 10




TUMPUAN ROL
 Skala 1 : 10