

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS
JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE *A HALF-
THROUGH ARCH* DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
PADA JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER**



Disusun oleh :

**DELFI MUS ANDRIAN SALMON LATUNUSSA
12.21.049**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL M A L A N G**

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE *A HALF- THROUGH ARCH*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN
NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

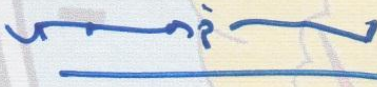
DELFI MUS ANDRIAN SALMON LATUNUSSA

12.21.049

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Ir. H. Sudirman Indra, MSc.)

(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

Malang, 9 September 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE A HALF- THROUGH ARCH
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN
NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Kamis

Tanggal : 11 Agustus 2016

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

Disusun Oleh :

DELFI MUS ANDRIAN SALMON LATUNUSSA

12.21.049

Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, M.T.)

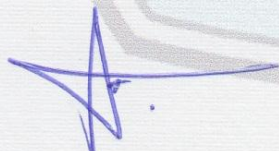
Sekretaris



(Ir. Munasih, MT.)

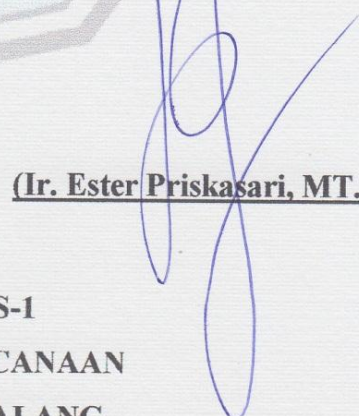
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

Dosen Penguji II



(Ir. Ester Priskasari, 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 : **DELFI MUS ANDRIAN SALMON LATUNUSSA**

Nim : **12.21.049**

Program Studi : **Teknik Sipil S-1**

Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis berjudul :

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE A HALF- THROUGH ARCH DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER”

Adalah skripsi hasil saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 9 September 2016

Yang Membuat Pernyataan



(DELFI MUS ANDRIAN SALMON LATUNUSSA)

NIM : 12.21.049

ABSTRAKSI

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE A *HALF- THROUGH ARCH* DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER”, Oleh : Delfimus Andrian Salmon Latunussa (Nim : 12.21.049), Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Dosen Pembimbing II : Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

Jembatan Pelengkung Rangka Baja tipe *A Half – Through Arch* merupakan salah satu jenis alternatif Jembatan Rangka Baja yang berguna untuk kelancaran pembangunan di Indonesia. Secara umum Jembatan Rangka Baja lebih menguntungkan apabila dibandingkan dengan jembatan lainnya, penyebabnya ialah karena batang-batang utama Rangka Baja memikul gaya aksial tekan atau gaya aksial tarik, konstruksi jembatan jauh lebih ringan, bentang jembatan jauh lebih panjang, pelaksanaan di lapangan jauh lebih mudah. Secara khusus Jembatan Pelengkung Rangka Baja tipe *A Half – Through Arch* sangat cocok untuk jembatan bentang panjang dan memiliki nilai estetika yang lebih menarik serta memiliki konstruksi yang kuat terbukti jembatan pelengkung Romawi kuno masih berdiri sampai sekarang.

Struktur bangunan atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja tipe *A Half – Through Arch* terdiri atas beberapa bagian utama yaitu gelagar induk, gelagar melintang, gelagar memanjang, ikatan angin atas, ikatan angin bawah, gelagar pengaku, kabel dan lantai kendaraan yang membentuk suatu konstruksi yang kaku sehingga lalu lintas aman melewatinya.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk merencanakan Jembatan Pelengkung Rangka Baja tipe *A Half – Through Arch* dengan menggunakan profil baja WF. Dalam hal ini perencanaan menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) ,SNI-T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan dan RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan serta Program Bantu STAAD Pro untuk pemodelan jembatan.

Kata Kunci : Jembatan, Jembatan Rangka Baja, Pelengkung, *A Half – Through Arch*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena melimpahkan Rahmat dan Berkat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul **“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN PELENGKUNG RANGKA BAJA TIPE A *HALF- THROUGH ARCH* DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD PADA JEMBATAN NUNUKAN UNTUK BENTANG 100 METER.”**

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

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

1. Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Selaku Dekan FTSP ITN Malang.
2. Ir. A Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
3. Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Selaku Dosen pembimbing I.
4. Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Dosen pembimbing II.
5. Orang tua serta kedua kakak yang selalu mendoakan dan memberi dukungan kepadaku.
6. Teman-teman teknik sipil angkatan 12' yang ikut membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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

Malang, September 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Maksud dan Tujuan	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Jembatan Secara Umum	7
2.1.1 Macam – macam Jembatan	7
2.1.2 Tipe-tipe Jembatan Baja	7
2.2 Jembatan Pelengkung	11
2.2.1 Tipe-tipe Jembatan Pelengkung	12
2.3 Pembebanan	14
2.3.1 Beban Primer	14
2.3.2 Beban Sekunder	20

2.3	Perencanaan Struktur Jembatan Pelengkung	23
2.4.1	Plat Lantai Kendaraan..	24
2.4.2	Steel Arch (Pelengkung).....	25
2.4.3	Kabel	25
2.4.4	Sockets.....	26
2.4.5	Gelagar Memanjang dan Melintang	28
2.4.6	Gelagar Induk..	34
2.4.7	Ikatan Angin	35
2.4.8	Konstruksi Perletakan	35
2.5	Teori Desain Struktur Baja Metode LRFD	38
2.6	Desain Struktur Baja Metode LRFD	41
2.3.3.1.1	Desain Batang Tarik.....	42
2.3.3.1.2	Desain Batang Tekan	43
2.3.3.1.3	Desain Batang Lentur.....	45
2.7	Perencanaan Sambungan.....	47
2.7.1	Kekuatan Geser Desain Untuk Baut.....	48
2.7.2	Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut.....	50
2.7.3	Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut.....	51
2.7.4	Menentukan Tebal Plat Simpul..	52
2.7.4	Perencanaan Kabel..	53

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1	Data Perencanaan.....	56
3.2	Data Pembebanan.....	57
3.3	Perhitungan Koordinat Stell Arch.....	58

3.4	Gambar Perencanaan Jembatan	60
3.5	Diagram Alir Perencanaan	61

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Plat lantai kendaraan.....	62
4.1.1	Perhitungan Pembebanan.....	62
4.1.2	Perhitungan Statika..	64
4.1.3	Penulangan Pelat Lantai.....	67
4.1.4	Penulangan Trotoar..	75
4.2	Perhitungan Gelagar Memanjang dan Melintang	79
4.2.1	Perhitungan Perataan Beban.....	79
4.2.2	Perhitungan Gelagar Memanjang.....	83
4.2.2.1	Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang.....	90
4.2.2.2	Perhitungan <i>Shear Conector</i>	96
4.2.3	Perhitungan Gelagar Melintang..	99
4.2.3.1	Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang..	109
4.2.3.2	Perhitungan <i>Shear Conector</i>	116
4.3	Perhitungan Gelagar Induk	119
4.3.1	Pembebanan Gelagar Induk..	119
4.3.2	Perhitungan Dimensi Profil Baja.....	143
4.3.2.1	Perhitungan Dimensi Penampang Gelagar Induk.....	146
4.3.2.2	Perhitungan Dimensi Ikatan Angin Atas	152
4.3.2.3	Perhitungan Dimensi Ikatan Angin Bawah..	154
4.3.2.4	Perhitungan Dimensi Penampang Gelagar Pengaku	156
4.4	Perhitungan Sambungan	169

4.4.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.....	169
4.4.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Induk.....	177
4.4.3 Sambungan Gelagar Induk - Induk..	185
4.4.4 Sambungan Gelagar Induk - Kabel..	250
4.4.4.1 Perhitungan Dimensi Penampang Kabel	250
4.4.4.1 Perhitungan Antara Socket dengan Gel. Induk.....	251
4.5 Perhitungan Perletakan	265
4.5.1 Perletakan Sendi.....	265
4.5.2 Perletakan Rol..	269
4.6 Perhitungan Kebutuhan Bahan	271
4.6.1 Perhitungan Kebutuhan Profil Baja.....	271
4.6.2 Perhitungan Kebutuhan Baut..	275
4.6.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Lantai Kendaraan dan Trotoar	281
4.6.3.1 Perhitungan Besi Tulangan.....	281
4.6.3.1 Perhitungan Kebutuhan Beton.....	282

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	283
5.2 Saran	285

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor beban untuk berat sendiri	15
Tabel 2.2	Faktor beban untuk beban mati tambahan	15
Tabel 2.3	Faktor beban lajur “D”	17
Tabel 2.4	Faktor beban truck “T”	18
Tabel 2.5	Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki	20
Tabel 2.6	Faktor beban untuk gaya rem.....	20
Tabel 2.7	Faktor beban untuk beban angin.....	22
Tabel 2.8	kombinasi beban	22
Tabel 2.9	Tabel Muller Breslaw	36
Tabel 3.1	Koordinat Pelengkung Pertama	59
Tabel 3.2	Koordinat Pelengkung Kedua.....	59
Tabel 4.1	Rekap Momen Maksimum.....	66
Tabel 4.2	Menentukan letak garis netral.....	92
Tabel 4.3	Menentukan momen inersia beton dan baja	93
Tabel 4.4	Menentukan letak garis netral.....	111
Tabel 4.5	Menentukan momen inersia beton dan baja	112
Tabel 4.6	Kecepatan angin rencana	127
Tabel 4.7	Kecepatan angin rencana	128
Tabel 4.8	Perhitungan TEW2 dan RVA	130
Tabel 4.9	Gelagar Induk Batang Pelengkung	133
Tabel 4.10	Gelagar Induk Batang Diagonal	135
Tabel 4.11	Gelagar Induk Batang Vertikal.....	136

Tabel 4.12	Gelagar Induk Batang Horizontal	137
Tabel 4.13	Gelagar Melintang (Pengaku).....	138
Tabel 4.14	Ikatan Angin Atas	139
Tabel 4.15	Ikatan Angin Bawah	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tampak Awal Perencanaan Jembatan Nunukan	4
Gambar 1.2	Alternatif Perencanaan Jembatan Nunukan (50 m + 50 m)	4
Gambar 2.1	Jembatan dinding penuh.....	8
Gambar 2.2	Jembatan rangka sederhana.....	9
Gambar 2.3	Jembatan rangka menerus	9
Gambar 2.4	Jembatan kantilever.....	10
Gambar 2.5	Jembatan lengkung.....	10
Gambar 2.6	Jembatan gantung.....	11
Gambar 2.7	Jembatan lengkung dengan rantai kendaraan di atas.....	13
Gambar 2.8	Jembatan lengkung rantai kendaraan di bawah	13
Gambar 2.9	Jembatan lengkung rantai kendaraan di tengah.....	14
Gambar 2.10	Beban Lajur “D”	18
Gambar 2.11	Pembebanan Truck “T”	19
Gambar 2.12	Faktor beban dinamis	19
Gambar 2.13	Grafik gaya rem.....	21
Gambar 2.14	Jembatan Lengkung Berlantai Kendaraan di Tengah	25
Gambar 2.15	<i>Wire Ropes</i>	26
Gambar 2.16	<i>Parallel Wire Cable</i>	26
Gambar 2.17	<i>Closed Strand Socket</i>	27
Gambar 2.18	<i>Open Strand Socket</i>	27
Gambar 2.19	Distribusi tegangan plastis	29
Gambar 2.20	Perencanaan Shear Connector	33

Gambar 2.21	Konstruksi Perletakan Sendi	35
Gambar 2.22	Konstruksi Perletakan Rol	37
Gambar 2.23	Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)	39
Gambar 2.24	Bagian Kurva Tegangan - Regangan yang Diperbesar	40
Gambar 2.25	Penampang melintang batang- batang tarik	43
Gambar 2.26	Faktor panjang efektif	45
Gambar 2.26	Faktor panjang efektif	45
Gambar 2.27	Penampang batang lentur	46
Gambar 2.28	Desain geser baut tanpa ulir	49
Gambar 2.29	Desain geser baut dengan ulir	49
Gambar 2.30	Kekuatan tarik baut	50
Gambar 2.31	Kekuatan tumpu baut	52
Gambar 3.1	Tampak Depan Jembatan	60
Gambar 3.2	Tampak Samping Jembatan	60
Gambar 3.3	Gambar 3D Jembatan	60
Gambar 4.1	Kondisi pembebanan I pada lantai kendaraan.....	64
Gambar 4.2	Kondisi pembebanan II pada lantai kendaraan	64
Gambar 4.3	Kondisi pembebanan III pada lantai kendaraan	65
Gambar 4.4	Kondisi pembebanan IV pada lantai kendaraan.....	65
Gambar 4.5	Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoar.....	79
Gambar 4.6	Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”	85
Gambar 4.7	Input beban Mati	87
Gambar 4.8	Momen akibat beban Mati	87
Gambar 4.9	Gaya geser akibat beban Mati	87

Gambar 4.10	Input beban Lajur “D”	88
Gambar 4.11	Momen akibat beban Lajur “D”	88
Gambar 4.12	Gaya Geser akibat beban Lajur “D”	88
Gambar 4.13	Input beban Hidup Trotoar	88
Gambar 4.14	Momen akibat beban Hidup Trotoar	88
Gambar 4.15	Gaya Geser akibat Hidup Trotoar	89
Gambar 4.16	Profil baja WF gelagar Memanjang	90
Gambar 4.17	Diagram penampang plastis	92
Gambar 4.18	Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”	101
Gambar 4.19	Input beban mati plat lantai dan trotoar	103
Gambar 4.20	Momen akibat beban mati plat lantai dan trotoar	103
Gambar 4.21	Gaya geser akibat beban mati plat lantai dan trotoar	103
Gambar 4.22	Input beban berat sendiri gelagar memanjang	103
Gambar 4.23	Momen akibat berat sendiri gelagar memanjang	103
Gambar 4.24	Gaya geser akibat berat sendiri gelagar memanjang	104
Gambar 4.25	Input beban akibat beban lajur “D”	104
Gambar 4.26	Momen akibat beban lajur “D”	104
Gambar 4.27	Gaya geser akibat beban lajur “D”	104
Gambar 4.28	Input beban hidup trotoar	104
Gambar 4.29	Momen akibat beban hidup trotoar	105
Gambar 4.30	Gaya geser akibat beban hidup trotoar	105
Gambar 4.31	Input beban akibat Muatan truk “T”	105
Gambar 4.32	Momen akibat Muatan truk “T”	105
Gambar 4.33	Gaya geser akibat Muatan truk “T”	105

Gambar 4.34	Input beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang	106
Gambar 4.35	Momen Akibat beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang	106
Gambar 4.36	Gaya Geser akibat beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang	106
Gambar 4.37	Input beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang	106
Gambar 4.38	Momen Akibat beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang	107
Gambar 4.39	Gaya Geser akibat beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang	107
Gambar 4.40	Input beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang ...	107
Gambar 4.41	Momen Akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang	107
Gambar 4.42	Gaya Geser Akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang	108
Gambar 4.43	Profil baja WF gelagar Melintang.....	109
Gambar 4.44	Diagram penampang plastis	111
Gambar 4.45	Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”	123
Gambar 4.46	Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU).....	125
Gambar 4.47	Luas beban yang terkena angin	127

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan bagian dari jalan raya yang berfungsi menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain melalui transportasi darat. Di mana pembangunan jalan dan jembatan sebagai lalu lintas kendaraan sangat perlu pembangunannya 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 sebidang dan lain-lain.

Selain untuk kepentingan ekonomi, jembatan sangat penting pula bagi hubungan antar daerah untuk kepentingan pemerintahan seperti pembangunan daerah terpencil, pertukaran kebudayaan, dan lain sebagainya. Terputusnya suatu daerah dari pemerintah pusat atau daerah lainnya menghambat kemajuan daerah tersebut.

Menyadari hal tersebut Pembangunan jaringan jalan dan jembatan telah dilakukan secara bertahap baik itu melalui Pemerintah Provinsi maupun Kabupaten. Karena sebagai urat nadi perekonomian nasional Pembangunan Jaringan Jalan dan Jembatan diharapkan mampu menghubungkan Jalan Provinsi, menghubungkan antar kabupaten/kota di Kalimantan Utara, maupun meningkatkan penanganan non lintas agar senantiasa dapat berfungsi untuk mendukung kelancaran arus lalu lintas barang dan jasa.

Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kalimantan Utara melaksanakan Perencanaan Pembangunan Jembatan di kabupaten Nunukan. Mengingat masih banyaknya ruas jalan yang belum ada jembatan terutama jalan kabupaten–kabupaten yang sangat strategis. Hal ini pula dilaksanakan untuk mendukung program Pemerintah Pusat tentang Pembangunan wilayah perbatasan dimana masih banyak pula ruas Jalan Akses penghubung antar kabupaten yang pembangunan jembatannya masih sangat dibutuhkan. Sehingga pada Tahun Anggaran 2014 Pemerintah Provinsi Kalimantan Utara melalui Dinas Pekerjaan Umum melaksanakan kegiatan Perencanaan Jembatan.

Berdasarkan dari tinjauan di atas maka penulisan skripsi ini penulis menggunakan judul ***“Studi Alternatif Perencanaan Bangunan Atas Jembatan Pelengkung Rangka Baja Tipe A Half – Through Arch Dengan Menggunakan Metode LRFD Pada Jembatan Nunukan Untuk Bentang 100 Meter”***. Adapun latar belakang pemilihan tipe jembatan pelengkung ini yaitu alternatif lain bagi perencanaan konstruksi jembatan rangka baja yang sudah ada dan karena jembatan jenis pelengkung cocok untuk jembatan dengan bentang panjang dan jembatan pelengkung mempunyai nilai estetika yang menarik dibandingkan dengan jembatan biasa.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan semakin meningkatnya arus transportasi yang akan melintasi jalan kabupaten-kabupaten yang sangat strategis, maka Pemerintah Kabupaten Nunukan membangun suatu jembatan yang terletak di Kabupaten Nunukan di Desa Tagul Kecamatan Sembakung.

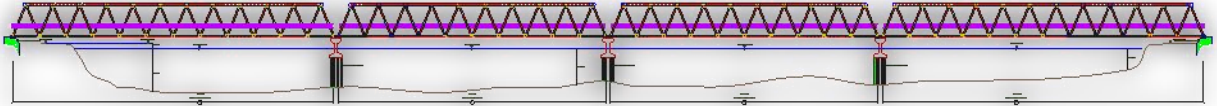
Pada perkembangannya hingga sekarang ini pembangunan jembatan mengalami kemajuan yang sangat pesat terutama pada bentuk dan tipe jembatan, seperti jembatan lengkung. Bila ditinjau dari data survey, maka jembatan di Kabupaten Nunukan direncanakan dalam beberapa alternatif salah satunya adalah jembatan lengkung tipe *A Half – Through Arch*. Dengan pertimbangan tersebut, maka penulis mencoba merencanakan jembatan pelengkung rangka baja dengan tipe *A Half – Through Arch*, dengan menggunakan metode desain yang tepat (metode LRFD) diharapkan akan diperoleh hasil yang optimum yang sesuai dengan fungsi serta kelayakan dari segi teknik.

Berikut ini akan dipaparkan penjelasan secara fisik kondisi Jembatan Nunukan Kecamatan Sembakung Kabupaten Nunukan :

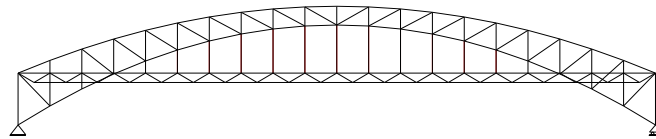
1. Jembatan Nunukan terdiri dari tiga bentang dengan ukuran :

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

2. Struktur jembatan Nunukan terdiri dari 3 pilar dan 2 abutment.



Gambar 1.1 Tampak Samping Perencanaan Awal Jembatan Nunukan



Gambar 1.2 Alternatif Perencanaan Jembatan Nunukan (50 m + 50 m)

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi plat lantai dan trotoir pada jembatan tersebut?
2. Berapa dimensi baja WF pada gelagar memanjang, melintang dan induk yang diperlukan dalam mendesain jembatan tersebut?
3. Berapa dimensi kabel yang diperlukan dalam mendesain jembatan tersebut?
4. Berapa kapasitas sambungan pada struktur?
5. Berapa dimensi ikatan angin jembatan tersebut?
6. Berapa kapasitas tumpuan jembatan tersebut?

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari perencanaan jembatan rangka baja tipe pelengkung ini adalah merencanakan alternatif suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dari hasil survey (lebar jembatan, panjang jembatan, kontur tanah dan tinggi muka air sungai minimum dan maksimum) dengan menggunakan jembatan rangka baja tipe pelengkung (*A Half – Through Arch*)

Tujuan direncanakannya jembatan rangka baja tipe pelengkung adalah

1. Dapat menentukan dimensi plat lantai kendaraan dan trotoir.
2. Dapat menentukan dimensi baja WF pada gelagar memanjang, melintang dan induk jembatan tersebut.
3. Dapat menentukan dimensi kabel pada jembatan tersebut.
4. Dapat menghitung kapasitas sambungan pada struktur.
5. Dapat menentukan dimensi ikatan angin pada jembatan tersebut.
6. Dapat menghitung kapasitas tumpuan pada struktur.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Plat lantai kendaraan dan trotoir
2. Perencanaan gelagar memanjang, melintang dan induk
3. Perencanaan kabel
4. Perencanaan sambungan
5. Perencanaan ikatan angin
6. Perencanaan peletakan

Sedangkan dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menggunakan metode LRFD dan berpedoman kepada peraturan - peraturan yang ada di Indonesia, Yaitu :

1. RSNI T-02-2005 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan.
2. RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.
3. Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga.
4. CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Edisi III, 1992
5. Program bantu STAAD Pro, untuk perhitungan statika jembatan rangka baja tipe pelengkung dengan perhitungan 3 – D.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Jembatan Secara Umum

Jembatan adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk menghubungkan suatu tempat dengan tempat lain yang terpisah karena adanya proses alam, seperti sungai, rawa, danau, laut dan lain sebagainya. Jembatan sendiri dibedakan menjadi dua macam jenis bangunan yaitu bangunan bawah (*lower structure*) dan bangunan atas (*super structure*).

2.1.1 Macam-macam Jembatan

Secara garis besar, macam-macam jembatan antara lain :

1. Jembatan Kayu

Pada umumnya jembatan kayu adalah jembatan yang sederhana dan dapat dikerjakan tanpa peralatan canggih. Bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja, beton atau lainnya, bahan kayu merupakan bahan yang potensial dan telah cukup lama dikenal manusia. Kalau dimasa lampau untuk menghubungkan sungai, orang cukup dengan menggunakan bamboo atau kayu gelondongan. Namun pada saat ini telah banyak digunakan bahan baja dan beton untuk bahan jembatan, sehingga penggunaan bahan kayu sudah mulai berkurang dan mulai ditinggalkan.

2. Jembatan Beton

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan teknologi beton, sehingga diperoleh bentuk penampang beton

yang beragam. Dalam kenyataan sekarang, jembatan beton tidak hanya berupa beton bertulang konvensional, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.

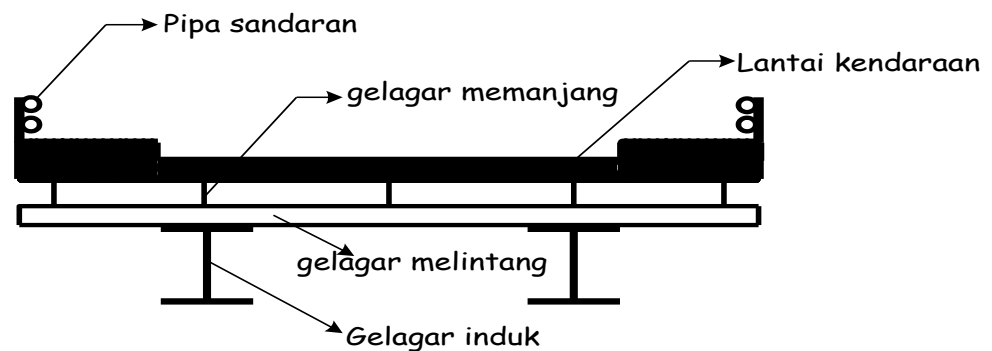
3. Jembatan Baja

Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kegiatan transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai bahan dari struktur jembatan. Jembatan baja ini sangat menguntungkan bila digunakan untuk jembatan dengan bentang panjang.

2.1.2 Tipe-tipe Jembatan Baja

1. Jembatan baja dinding penuh (*The Plate Girder Bridge*)

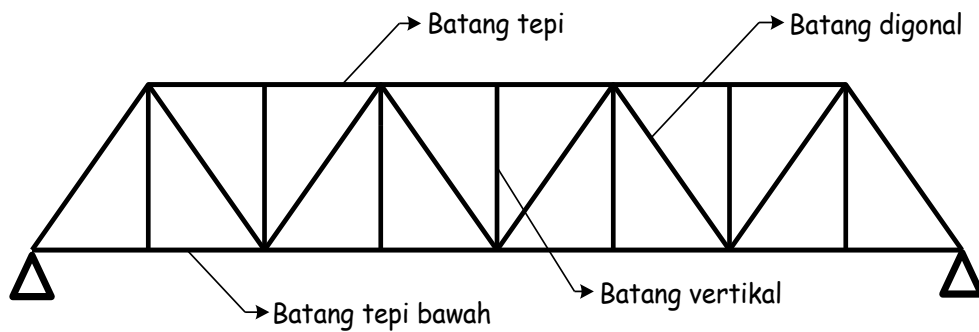
Jembatan ini terdiri dari gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk sedangkan lantai kendaraan umumnya terletak rendah. Biasanya digunakan pada bentang 80 ft sampai 150 ft.



Gambar 2.1. Jembatan dinding penuh

2. Jembatan rangka sederhana (*Simple Truss Bridge*)

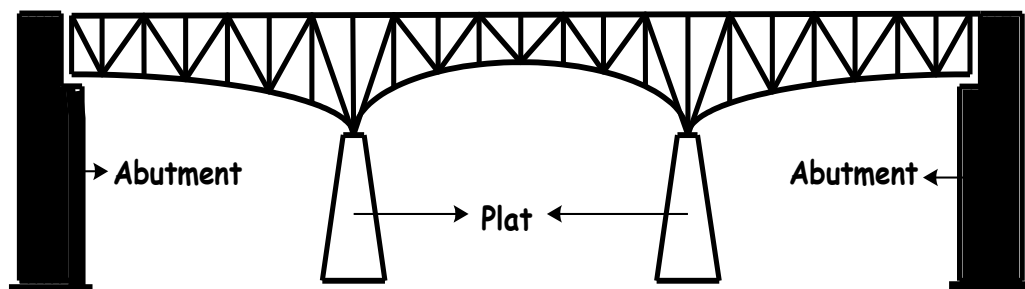
Jembatan ini terdiri dari gelagar induk, gelagar melintang, dan gelagar memanjang biasanya digunakan dalam jembatan menengah yaitu 150 ft sampai dengan 600 ft



Gambar 2.2. Jembatan rangka sederhana

3. Jembatan rangka menerus (*Continuous Bridge Trusses*)

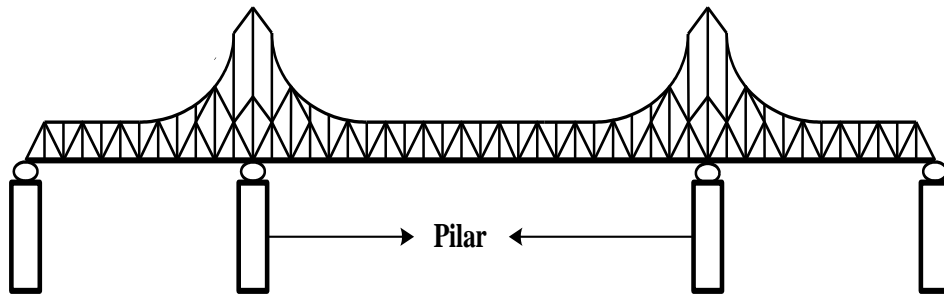
Jembatan ini terdiri dari rangka / truss yang menerus dimana tumpuan berada ditengah bentang yang tidak terpisah, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.3. Jembatan rangka menerus

4. Jembatan kantilever (*Cantilever Bridge*)

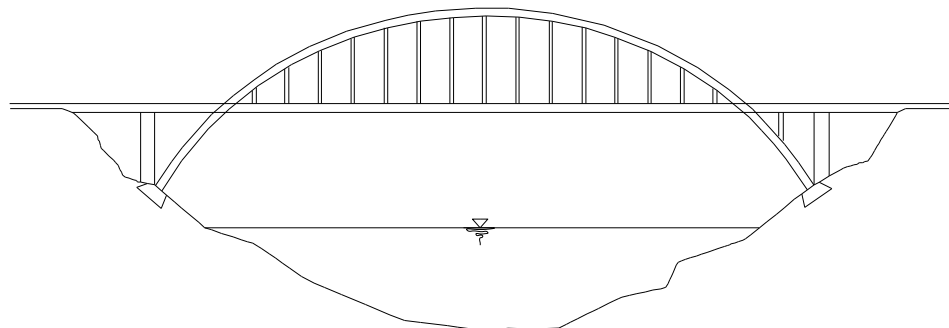
Jembatan ini terdiri dari dua bentang kantilever dengan satu bentang lain diantaranya, dimana bentang tersebut ditumpu pada bentang 250 ft sampai 1800 ft.



Gambar 2.4. Jembatan kantilever

5. Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*)

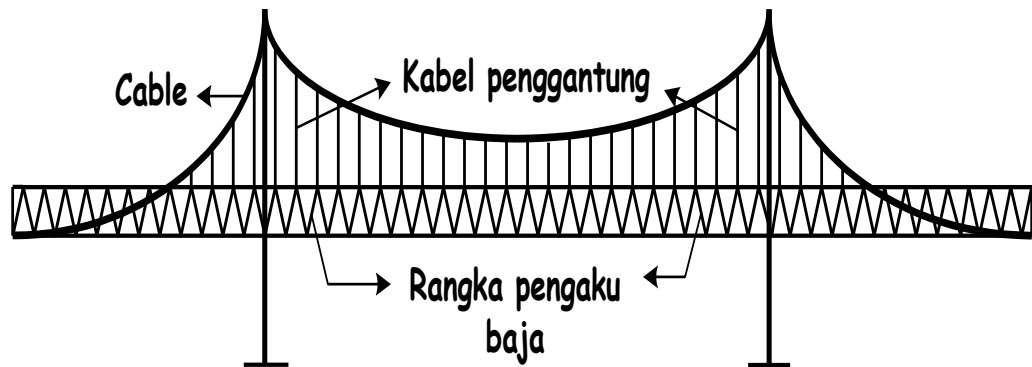
Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang dan gelagar pengaku, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 100 ft sampai dengan 1800 ft. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.



Gambar 2.5. Jembatan lengkung (arch)

6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

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



Gambar 2.6. Jembatan gantung (suspension bridge)

2.2 Jembatan Pelengkung

Dengan semakin majunya teknologi dan demikian banyak tuntutan kegiatan transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai bahan dari struktur jembatan. Jembatan baja ini sangat menguntungkan bila digunakan untuk jembatan dengan bentang panjang. Jembatan pelengkung sendiri dapat didefinisikan sebagai struktur setengah lingkaran dengan abutment di kedua sisinya (*Anonim, Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja, 2011 : 11*). Desain pelengkung (setengah lingkaran) secara alami akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju ke abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak kesamping.

Kelebihan jembatan pelengkung (*Anonim, Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja, 2011 : 12*) :

- Keseluruhan bagian pelengkung menerima tekan dan gaya tekan ini ditransfer ke abutmen dan ditahan oleh tegangan tanah dibawah pelengkung. Tanpa gaya tarik yang diterima oleh pelengkung memungkinkan jembatan pelengkung bias dibuat lebih panjang

dari jembatan balok dan bisa menggunakan material yang tidak mampu menerima tarik dengan baik seperti beton.

- Bentuk jembatan pelengkung adalah inovasi dari peradaban manusia yang memiliki nilai estetika tinggi namun memiliki struktur yang sangat kuat yang terbukti jembatan pelengkung Romawi kuno masih berdiri sampai sekarang.

Kekurangan jembatan pelengkung (*Anonim, Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja, 2011 : 12*) :

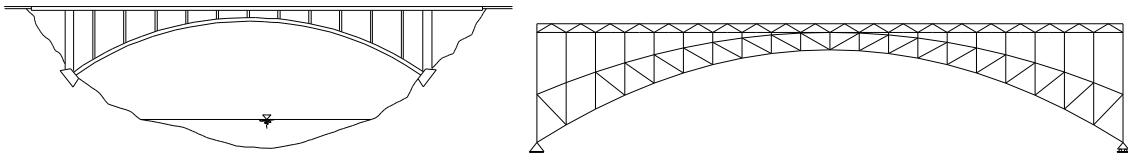
- Konstruksi jembatan pelengkung lebih sulit daripada jembatan balok karena pembangunan jembatan ini memerlukan metode pelaksanaan yang cukup rumit karena struktur belum dikatakan selesai sebelum kedua bentang bertemu di tengah-tengah. Salah satu tekniknya dengan membuat “scaffolding” dibawah bentang untuk menopang struktur sampai bertemu di puncak.

2.2.1 Tipe-tipe Jembatan Pelengkung

Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*) konstruksi jembatan ini terdiri dari rangka busur (*arch*), kabel dan rangka (*truss*) jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 60 m sampai dengan 150 m. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.

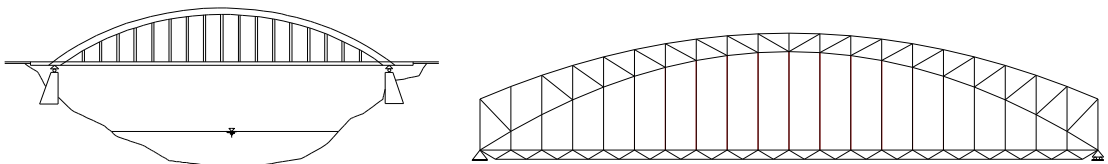
Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis jembatan pelengkung yang umum dipakai (*Anonim, Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja, 2011 : 12*), yaitu :

- Jembatan lengkung dengan lantai kendaraan di atas (*Deck Arch*).
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada pada bagian paling atas busur.



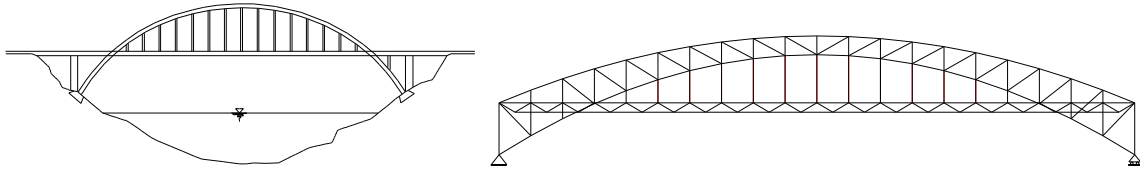
Gambar 2.7 Jembatan lengkung dengan lantai kendaraan di atas (*Deck Arch*)

- Jembatan lengkung dengan lantai kendaraan di bawah (*Through Arch*).
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di springline busurnya.



Gambar 2.8 Jembatan lengkung lantai kendaraan di bawah (*Through Arch*)

- Jembatan lengkung dengan lantai kendaraan di tengah (*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 2.9 Jembatan lengkung lantai kendaraan di tengah (*A Half-Through Arch*)

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 RSNI T-02-2005 tentang Pembebanan untuk Jembatan

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan RSNI T-02-2005 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

2.3.1 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 2.1. 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

Sumber : 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 2.2. Faktor beban untuk beban mati tambahan

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

Sumber : RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk jembatan hal.12

Rumus-rumus yang akan digunakan untuk menghitung beban-beban tersebut adalah sebagai berikut : (Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167)

- Gelagar induk

$$G1 = 20+3L \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (2.1)$$

Diubah menjadi satuan kg menjadi

$$G1 = (20+3L).L.a \quad (\text{kg}) \quad (2.2)$$

Dimana :

G = berat gelagar induk

L = panjang jembatan

a = lebar jembatan

- Berat sendiri gelagar melintang

$$G2 = n \times L \times g \quad (2.3)$$

Berat sandaran $G = 80 \text{ Kg/m}$ (Struyk dan Van Deer Veen,
Jembatan, 1990 : 167)

$$G3 = (10.a) \quad (\text{kg}) \quad (2.4)$$

- Berat ikatan angin (Struyk dan Van Deer Veen, Jembatan, 1990 : 167)

$$G4 = (10.a) \quad (\text{kg})$$

Dalam satuan menjadi

$$G4 = (10.a).L.a \quad (\text{kg}) \quad (2.5)$$

- Berat lantai kendaraan

$$G5 = 2500 \times L \times a \times t \quad (2.6)$$

- Berat trotoar

$$G6 = 2500 \times L \times a \times t \quad (2.7)$$

Dimana :

G = berat beban dalam kg

n = jumlah gelagar

g = berat profil

L = panjang bentang

a = lebar jembatan

t = tebal plat

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

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

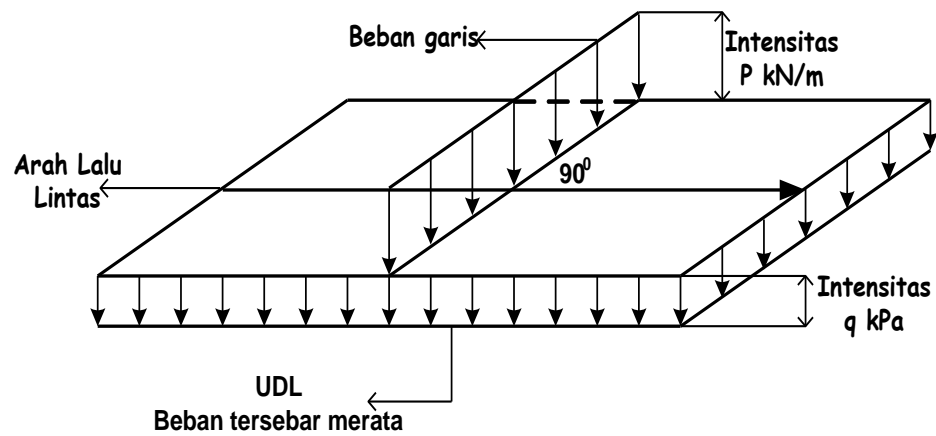
$$L > 30 \text{ m ; } q = 8.0 [0.5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad (2.8)$$

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 2.3. Faktor Beban lajur “D”

Jangka Waktu	Load Factor/ Faktor Beban
Sementara	1,8

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



RSNI-T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 18

Gambar 2.10. Beban Lajur “D”

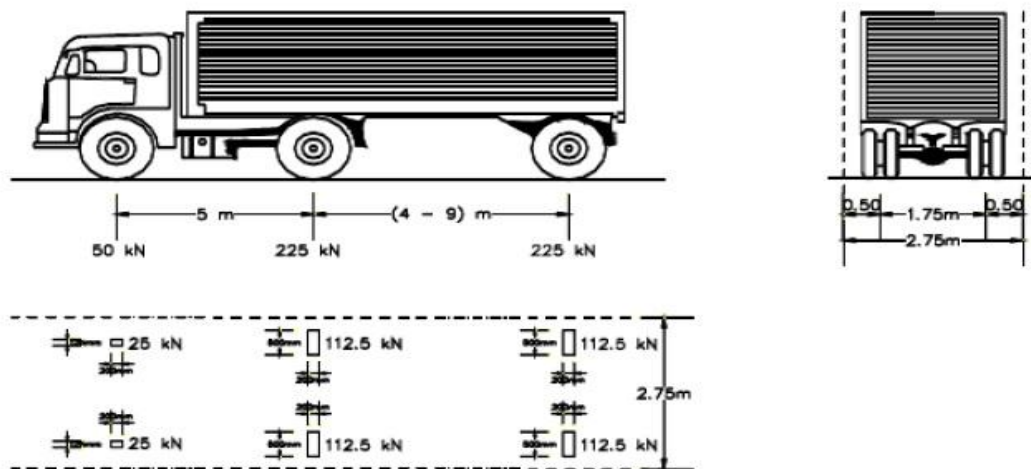
d. Beban truk “T”

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 2.4. Faktor beban untuk beban truk “T”

Sementara	1,8

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



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

Gambar 2.11. Pembebanan Truk "T"

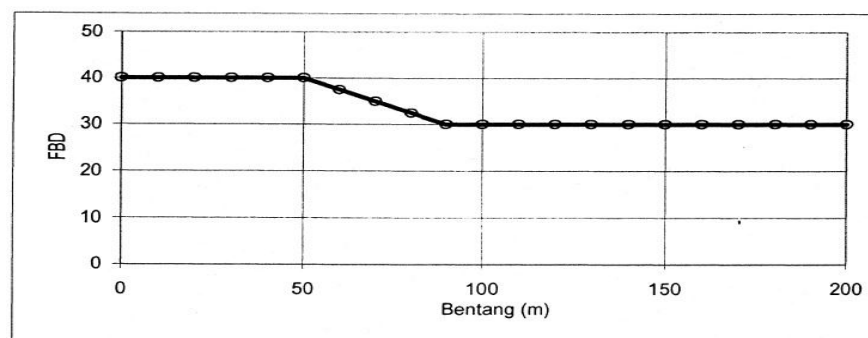
Dimana : $a_1 = a_2 = 30 \text{ cm}$; $b_1 = 12,5 \text{ cm}$; $b_2 = 50,00 \text{ cm}$

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

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 2.12. 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 2.5. Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Sementara	1,8

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

2.3.2 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

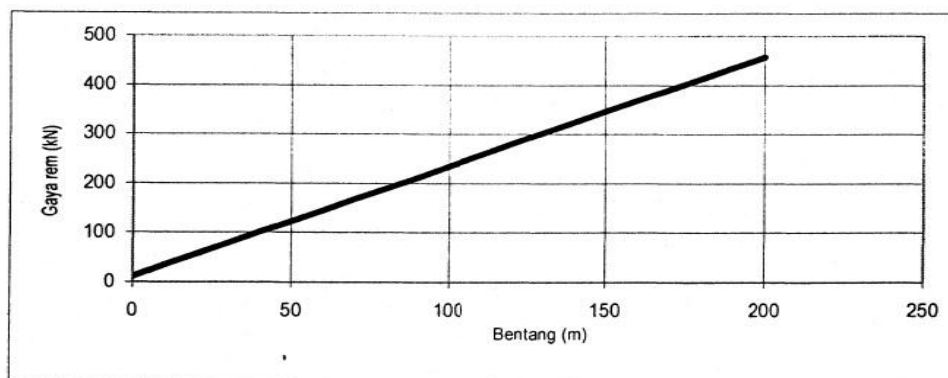
Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja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

Tabel 2.6. Faktor Beban untuk gaya rem

Sementara	1,8

Sumber : 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 2.13. Grafik Gaya rem

b. Gaya angin

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

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.9)$$

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 :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.10)$$

Tabel 2.7. Faktor beban untuk beban angin

Sementara	1.2

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

c. 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 2.8. Kombinasi beban

Aksi	Kombinasi beban						Catatan
	1	2	3	4	5	6	
Aksi Tetap:	X	X	X	X	X	X	1
Berat sendiri							
Aksi Transien:							
Beban Lajur "D"	X	0	0	0	0		
Beban Truk "T"							
Gaya Rem	X	0	0	0	0		2
Beban Trotoar		X					
Beban Angin			0	0	X	0	

RSNI-T-02-2005, Pembebanan untuk Jembatan; hal.51

Keterangan :

1. Dalam keadaan batas ultimate pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu adalah memasukan faktor harga beban

ultimate panuh. Nomor dengan tanda “0” memasukkan harga yang sudah diturunkan besarnya sama dengan beban daya layan.

2. Beberapa aksi tetap berubah menurut waktu secara perlahan-lahan. Kombinasi beban untuk aksi demikian dan minimum untuk menemukan keadaan yang paling berbahaya.

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

2.4 Bagian-bagian Struktur Jembatan Lengkung

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. Pelat Lantai trotoir dan kendaraan
- b. Stell Arch (Pelengkung)
- c. Gelagar Induk
- d. Gelagar Melintang
- e. Gelagar Memanjang
- f. Kabel
- g. Socket
- h. Ikatan Angin
- i. Landasan dan Tumpuan

2.4.1 Pelat Lantai kendaraan

Pelat lantai kendaraan merupakan komponen jembatan tempat berpijaknya kendaraan. Dalam skripsi ini pelat lantai kendaraan direncanakan terbuat dari struktur beton.

Perhitungan pembebanan pelat lantai kendaraan meliputi:

1. Pembebanan plat lantai
2. Pembebanan trotoir

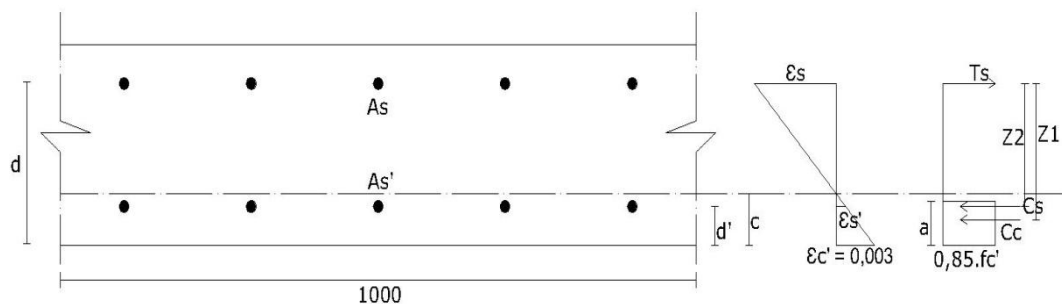
Penulangan pelat lantai

Mu didapat dengan menggunakan *software* STAAD Pro 2004 atau metode Cross

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

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

Untuk perhitungan tulangan rangkap



$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2.11)$$

Tegangan tekan pada serat beton:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.12)$$

tegangan tekan pada serat baja :

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \quad (2.13)$$

Kekuatan momen yang terjadi :

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \quad (2.14)$$

Kekuatan momen rencana:

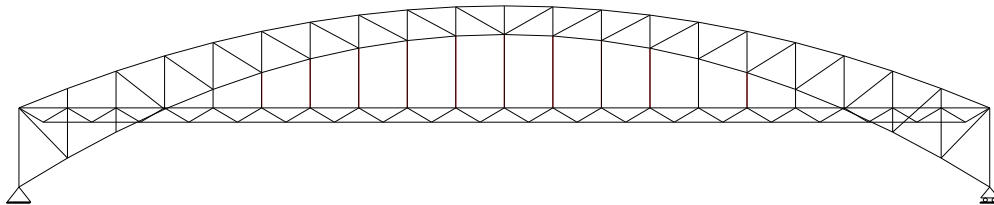
$$M_r = \phi \cdot M_n, \text{ dimana } \phi = 0,8 \quad (2.15)$$

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

$$M_r = \phi M_n > M_u \quad (2.16)$$

2.4.2 *Steel Arch (Pelengkung)*

Steel Arch merupakan gelagar yang dipasang melengkung diatas dua tumpuan. Untuk memperoleh bentuk yang baik dimana lantai kendaraan berada di bawah 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 bentang.



Gambar 2.14 Jembatan Lengkung Berlantai Kendaraan di Tengah

2.4.3 Kabel

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

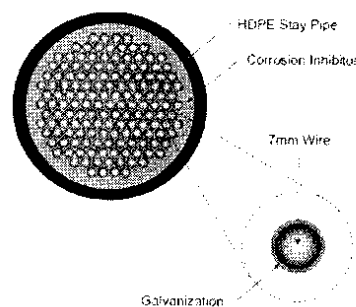
1. *Wire Ropes*

Untuk jembatan dengan bentang lebih pendek. Setiap *rope* (tali) terdiri dari 7 strand, dan strand berisi 7, 19, 37 atau 61 *wire* (kawat). Setiap *rope* tidak

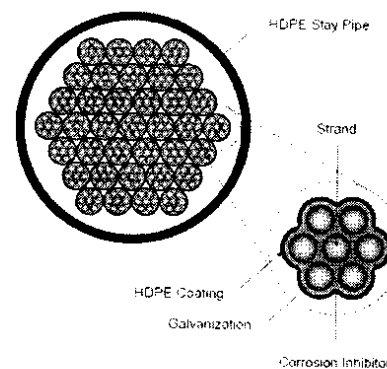
boleh berisi lebih dari 250 – 300 *wire*, agar tidak terlalu kaku pada waktu pemasangannya (Ir. Hannis Burhan, “*Suspension Bridge*” Hal :6).

2. *Parallel Wire Cable*

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 (Ir. Hannis Burhan, “*Suspension Bridge*” Hal :7).



Gambar 2.15 Wire Ropes

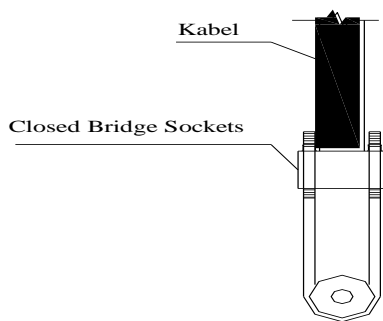
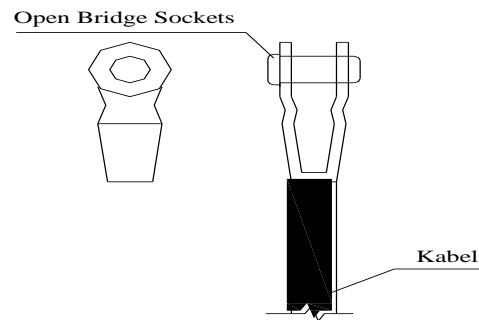


Gambar 2.16 *Parallel Wire Cable*

2.4.4 *Socket*

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

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

Gambar 2.17 *Closed Strand Socket*Gambar 2.18 *Open Strand Socket*

2.4.5 Gelagar Memanjang dan Melintang

Proses pelaksanaan pada jembatan untuk mempercepat dan mengurangi pemakaian peraca, metode pelaksanaan yang digunakan menggunakan *steel deck* dan sistem *cantilever* pada konstruksi rangaknya.

Dalam Perencanaan jembatan terdapat balok memanjang dan melintang. Balok memanjang menerima beban dari plat lantai kendaraan. Sedangkan balok melintang meneruskan beban yang diterima balok memanjang ke struktur utama. Dalam perencanaan ini direncanakan sebagai gelagar komposit memakai baja WF dan dianggap sebagai balok dengan dua tumpuan. Momen yang diperhitungkan adalah pada saat sesudah komposit.

a. Perhitungan gelagar

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

$$bE \leq \frac{L}{4} \quad (2.17)$$

$$bE \leq b_o \quad (2.18)$$

$$bE \leq b_f + 16.ts \quad (2.19)$$

Dimana :

bE = lebar efektif beton

L = panjang gelagar

Bo = jarak antar gelagar

Bf = lebar profil

ts = tebal plat lantai

- Elastisitas :

$$E_{beton} = 4700\sqrt{fc'}$$

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

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2.20)$$

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

- Kontrol kelangsingan profil :

Untuk tekuk flens

$$\lambda_f = \frac{B}{2.t_f} \quad (2.21)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.22)$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Untuk tekuk local badan balok

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \quad (2.23)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (2.24)$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Dimana :

B = lebar profil baja (mm)

H = Tinggi profil baja (mm)

tw = Tebal web (mm)

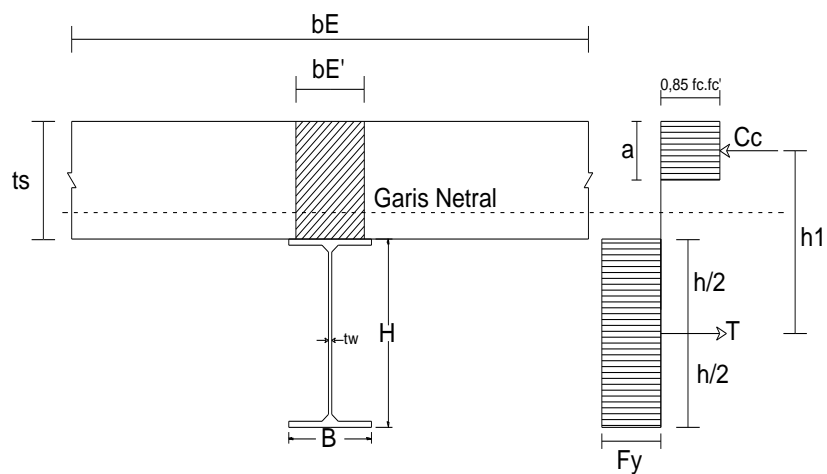
tf = Tebal flens (mm)

fy = mutu baja

fc = mutu beton

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

Penerbit Erlangga hal.85)



Gambar 2.19 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal M_n
(PNA = plastic neutral axis= sumbu netral plastis). Sumbu netral plastis di dalam slab.

- Kontrol kekuatan Penampang

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} \quad (2.25)$$

$$Y_b = t + h - Y_a \quad (2.26)$$

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

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot bE} \quad (2.27)$$

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

Tegangan tekan pada serat beton :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE \quad (2.28)$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2.29)$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$M_n = C_c \cdot h_1 \quad (2.30)$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \quad (2.31)$$

Dimana :

ϕ_b = factor resistensi untuk lentur (0,9)

M_n = Momen nominal (kgm)

M_u = Momen ultimit (kgm)

T = Tegangan tarik pada serat baja

C_c = Tegangan tekan pada serat beton

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

$$\bar{f} = \frac{1}{360} \cdot L \quad (2.32)$$

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

- Lendutan
 1. Untuk perletakan jepit – jepit , akibat beban terpusat (P) Lendutan maksimumnya sebesar :

$$f_{ada} = \frac{P \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I_x}$$

2. Untuk perletakan jepit – jepit , akibat beban merata (q) Lendutan maksimumnya sebesar :

$$f_{ada} = \frac{w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x}$$

W = beban merata yang suda dikalikan dengan factor beban

Lendutan maksimum total yang terjadi :

$$f_{ada} = \frac{w \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P \cdot L^3}{192 \cdot E \cdot I_x} \quad (2.33)$$

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

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm^4)

E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

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

- Kontrol kekuatan geser

$$V_n = 0,55 \times d \times t_w \times f_y \quad (2.34)$$

Dimana :

V_n = kuat geser nominal plat badan (kg)

f_y = tegangan leleh (Mpa)

d = tinggi profil baja (cm)

t_w = tebal web baja (cm)

- Shear Konektor

Untuk perhitungan gaya geser horizontal (V_h) menggunakan rumus:

$$- C_{max} = 0,85 \times f'_c \times b_E \times t_s \quad (2.35)$$

$$- T_{max} = A_s \times f_y \quad (2.36)$$

Dimana :

C_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh beton

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

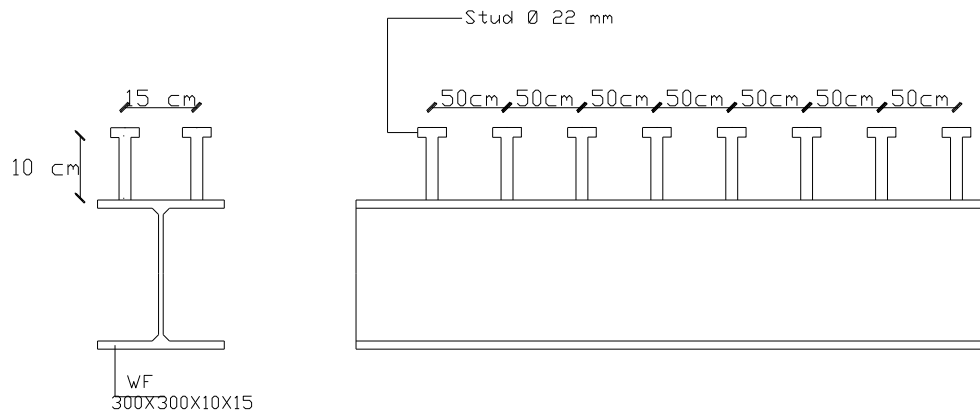
f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

f_y = tegangan leleh profil baja (Mpa)

A_c = luas bidang geser beton (cm)

A_s = luas bidang geser baja (cm)

Dari dua rumus diatas diambil nilai gaya geser yang lebih besar.



Gambar 2.20 Perencanaan Shear Connector

- Perhitungan kekuatan stud dan jumlah stud

- Kekuatan geser satu stud

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot E_c \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \quad (2.37)$$

Dimana :

Q_n = kekuatan geser stud (kg)

A_{sc} = luas satu stud (cm²)

E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)

- Jumlah stud

$$n = V_n / Q_n \quad (2.38)$$

Dimana :

n = Jumlah stud

(sumber : *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, hal 296*)

2.4.6 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.

Beban-beban yang bekerja harus ditinjau dalam perhitungan gelagar adalah :

1. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, plat lantai kendaraan, trotoar, ikatan angin, dan sandaran. Rumus-rumus yang dipergunakan untuk memperhitungkan beban-beban tersebut semuanya menggunakan program bantu *software* (STAAD PRO 2004) untuk berat sendiri (*selfweight*).

2. Beban Hidup

Beban hidup yang ditinjau yaitu beban lajur “D”

3. Beban Akibat Angin

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

Beban yang bekerja ada dua macam :

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

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

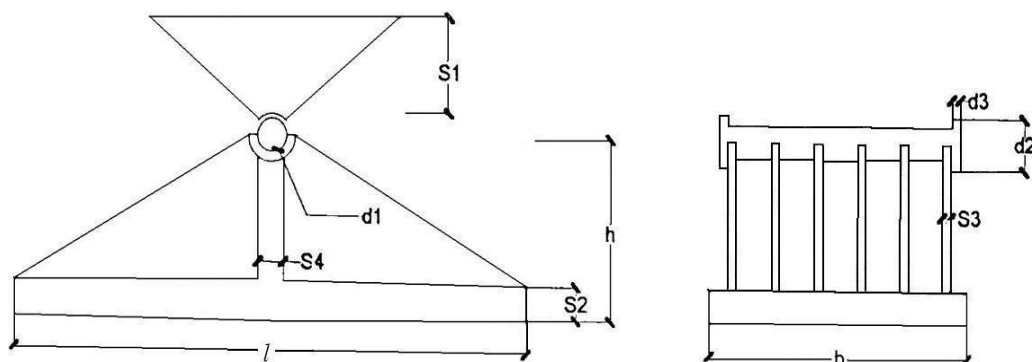
2.4.7 Ikatan Angin

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.

2.4.8 Konstruksi Perletakan / Landasan

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

a. Perletakan Sendi



Gambar 2.21 Konstruksi Perletakan Sendi

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.39)$$

Dimana :

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

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot P_u \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot f_y}} \quad (2.40)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

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

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

Tabel 2.9 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

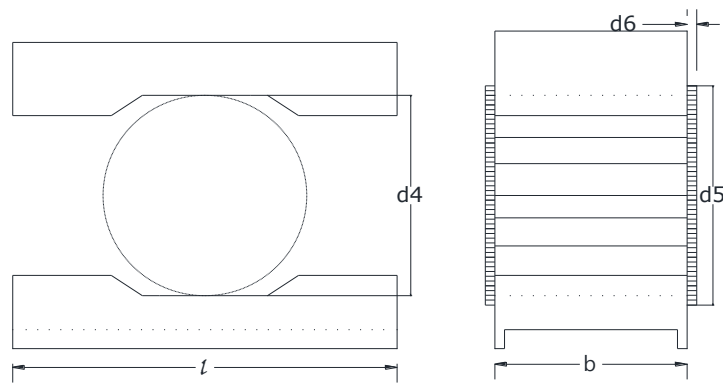
- Jumlah rusuk (a), maka S_2 dan S_3 dapat diambil dengan table diatas, dimana W adalah momen tahanan, perbandingan h/ S_2 hendaknya dipilih antara 3 dan 5, tebal S_4 biasanya diambil = $h/6$, dan $S_5 = h/4$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot Pu \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot fy} \quad (2.41)$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_1 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot fy \cdot \ell} \end{aligned} \quad (2.42)$$

b. Perletakan Rol



Gambar 2.22 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.43)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot Pu \cdot \ell}{b \cdot \phi \cdot fy}} \quad (2.44)$$

Dimana :

P_u = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

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

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

- Jari- Jari garis tengah rol

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_4 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot \ell} \end{aligned} \quad (2.45)$$

- 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

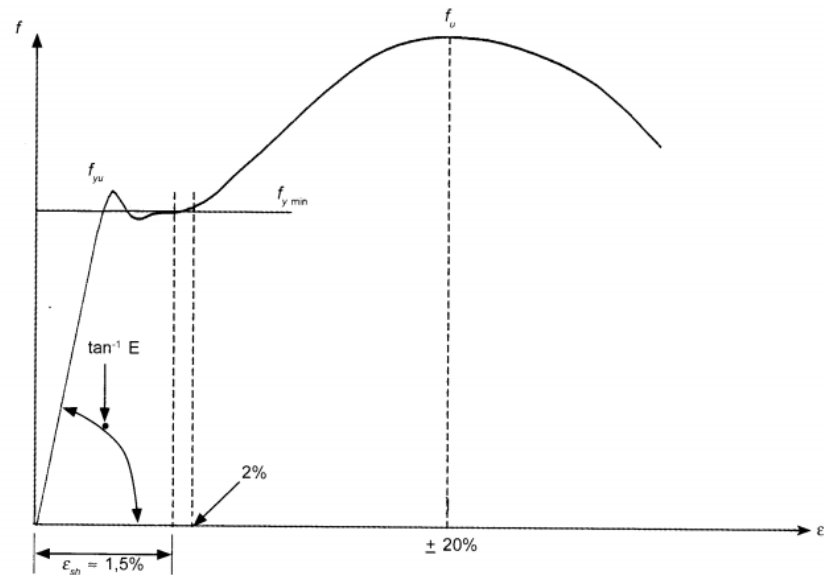
$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \quad (2.46)$$

- Tebal bibir rol

$$d_6 = \text{diambil sebesar 2,5 cm}$$

2.5 Teori Desain Struktur Baja dengan Metode LRFD

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

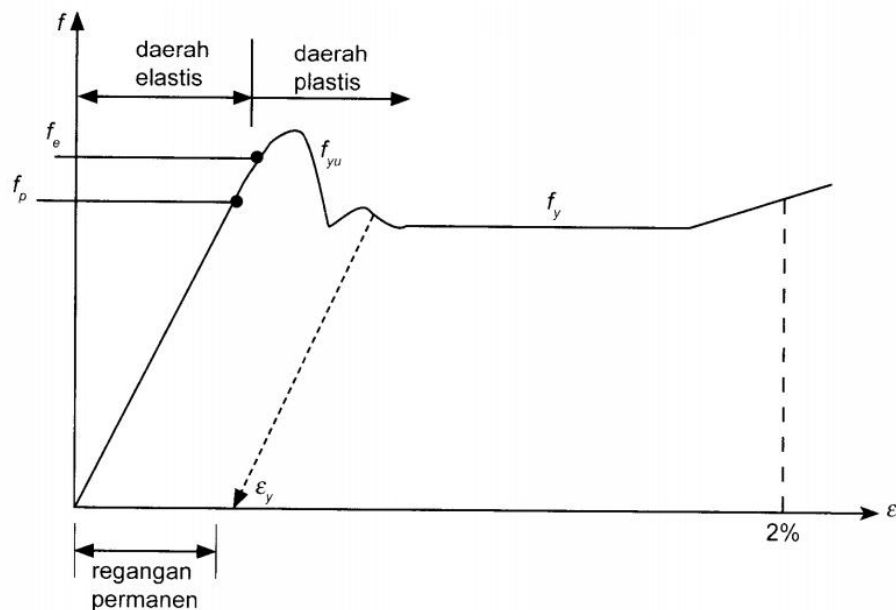


Gambar 2.23. Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ϵ)

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

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

Ada dua filosofi yang digunakan dalam perencanaan struktur baja yaitu perencanaan berdasarkan tegangan kerja/ *Allowabel Stress Design* (ASD) dan perencanaan konstruksi batas/ *Load And Resistance Factor Design* (LRFD).



Gambar 2.24. Bagian Kurva Tegangan - Regangan yang Diperbesar

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

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

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.
2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih

jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistensyaa akan memungkinkan pengubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.

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

2.6 Desain Struktur Baja Metode LRFD

Suatu desain struktur harus menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan yakni struktur harus memiliki kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur dan dapat juga terjadi akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban yang mungkin akan terjadi.

Disamping itu, harus ada kemampuan terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah (*under strength*). Terjadinya penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan yang telah diperhitungkan. Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.47)$$

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 bebany ;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 :

Desain Batang

2.6.1 Batang tarik

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

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.48)$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang tarik

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

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g \quad (0,9 = \text{Faktor reduksi kuat tarik leleh})$$

Atau pada retakan pada penampang bersih :

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

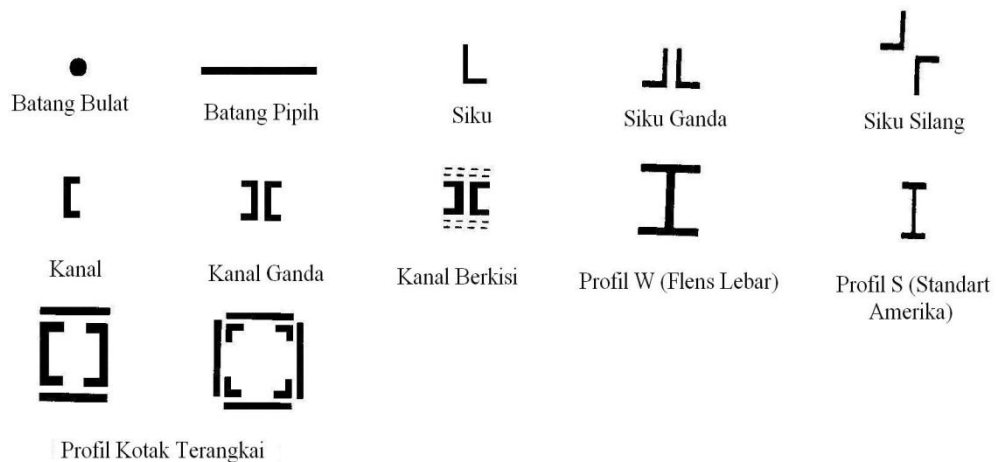
Dimana :

A_g = Luas Penampang kotor

A_e = Luas penampang bersih

F_y = Tegangan leleh material

F_u = Tegangan tarik putus



Sumber : Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode*

LRFD, 2008: 29

Gambar 2.25 Penampang melintang batang- batang tarik

2.6.2 Batang Tekan

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

adalah:

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \quad (2.49)$$

Dimana :

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

P_n = kekuatan nominal batang tekan

P_u = beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.31)$$

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c (*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 340*) sebagai berikut :

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

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y \quad (2.50)$$

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

$$F_{cr} = \left(\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) f_y \quad (2.51)$$

Untuk memberikan keamanan batang dari bahaya tekuk maka LRFD memberikan spesifikasi tersendiri untuk parameter kerampingan (*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 338*)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (2.52)$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif

L = panjang batang






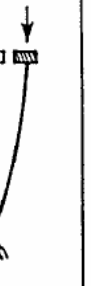




r = radius girasi = $\sqrt{\frac{I}{A_g}}$

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

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

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja (200.000 Mpa)

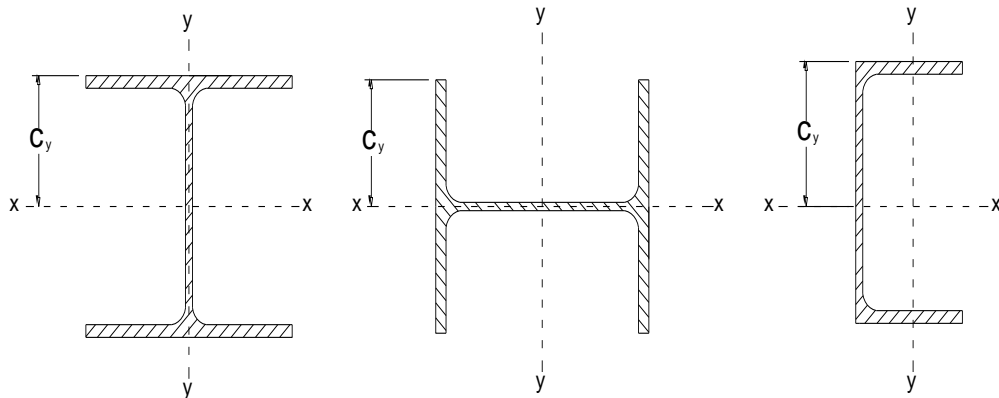
	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit  = Rotasi bebas, translasi terjepit			 = Rotasi terjepit, translasi bebas  = Rotasi bebas, translasi bebas		

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

Gambar 2.26. Faktor panjang efektif

2.6.3 Batang Lentur

Tegangan pada penampang yang umum dapat dihitung dengan rumus lentur sederhana bila beban-beban bekerja pada salah satu arah utama. Bila suatu penampang yang paling tidak memiliki satu sumbu simetri dan dibebani melalui pusat gesernya sehingga mengalami momen lentur dalam arah sembarang, komponen M_{xx} dan M_{yy} pada arah utama dapat diperoleh, sehingga tegangan dihitung sebagai berikut :



Sumber : Agus Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, 2008: 82

Gambar 2.27 Penampang batang lentur

$$f = \sqrt{\left(\frac{M_x}{S_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{S_y}\right)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan}$$

Prilaku, Jilid I, 1992, 421)

Dengan $S_x = \frac{I_x}{C_y}$ dan $S_y = \frac{I_y}{C_x}$ Sehingga

$$f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.53)$$

Dimana : f = tegangan lentur

M_x, M_y = Momen Lentur Arah x dan y

S_x, S_y = Modulus Penampang Arah x dan y

I_x, I_y = Momen Inersia arah x dan y

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

2.7 Perencanaan Sambungan

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

Klasifikasi sambungan

- Sambungan kaku (rigid momen)

Pada struktur rangka kaku, sambungan dianggap memiliki kekakuan untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung. Deformasi plat penyambung harus sedemikian rupa sehingga tidak berpengaruh terhadap distribusi gaya maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.

- Sambungan tidak kaku (semi - rigid)

Pada struktur sederhana, sambungan pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.

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)

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.54)$$

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

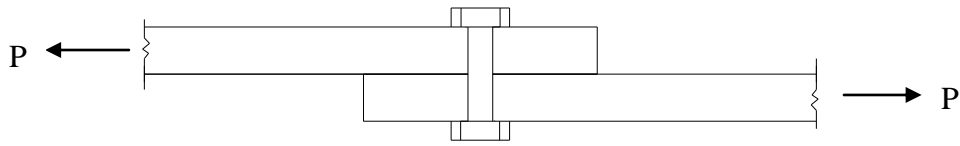
P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

2.7.1 Kekuatan Geser Desain Baut

a. Baut Tanpa Ulir

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 :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \end{aligned} \quad (2.55)$$



Gambar 2.28 Desain geser baut tanpa ulir

Dimana :

$\phi = 0,65$, 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

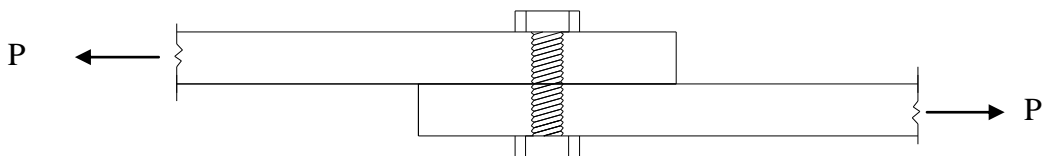
A_b = luas penampang lintang pada arah melintang tangkai tak berulir dari baut tersebut

b. Baut dengan Ulir

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 :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,45 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b\end{aligned}\quad (2.56)$$



Gambar 2.29 Desain geser baut dengan ulir

2.7.2 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 :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.57)$$

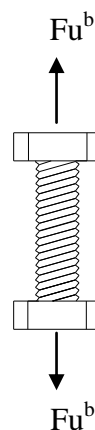
Dimana :

$\phi = 0,75$, 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.



Gambar 2.30 Kekuatan tarik baut

2.7.3 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 kurang dari $1,5 D$, dengan jarak baut dari pusat ke pusat tidak kurang dari $3 D$, dengan dua atau lebih pada garis gaya), berlaku persamaan :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.58)$$

Dimana :

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

$d =$ diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

$t =$ ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

$F_u =$ kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.59)$$

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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (L \cdot t \cdot F_u) \quad (2.60)$$

Dimana :

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

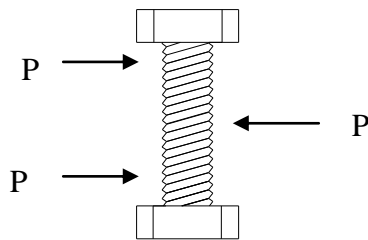
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.61)$$

Dimana :

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



Gambar 2.31 Kekuatan tumpu baut

2.7.4 Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.62)$$

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

Kontrol pelat simpul LRFD

Menghitung kekuatan nominal pelat :

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,90 \quad (2.63)$$

$$\phi T_n = \phi \cdot F_y \cdot A_g \Rightarrow \phi = 0,75 \quad (2.64)$$

(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/cm^2)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^2)

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

T_n = kekuatan nominal batang tarik (kg)

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

2.7.5 Perencanaan Kabel

a. Dimensi Kabel

Kontrol Cable :

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

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

b. Sambungan Pada Kabel

Sambungan antara sockets dengan gelagar induk

Sambungan diperhitungkan terhadap kekuatan geser, tarik, dan tumpu

- Kekuatan nominal penyambung geser (*Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :201*):

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.6 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \quad (2.65)$$

Dimana : ϕ = Faktor resistensi 0,65 untuk geser

m = bidang geser

- Kekuatan nominal penyambung tarik (*Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :201*):

$$\phi R_n = \phi \cdot (0.75 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \quad (2.66)$$

Dimana : ϕ = Faktor resistensi 0,75 untuk geser

m = bidang geser

- Kekuatan nominal penyambung dalam tumpu (*Struktur Baja Desain dan Prilaku I, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :134*):

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,24 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.67)$$

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

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R_n} \quad (2.68)$$

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 (*Ir. Sudirman Indra, Msc, teori dan penyelesaian soal-soal Konstruksi baja I, hal 14*):

Syarat penyusunan baut

Jarak tepi baut, $L = 1,5d - 3d$ dan antar baut, $L = 3d - 7d$ (2.69)

- Menghitung fraying force (*Struktur Baja Desain dan Prilaku II, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :466*):

$$Q = P \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2.70)$$

- Syarat desain untuk tebal flens (*Struktur Baja Desain dan Prilaku II, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :467*):

$$t_f = \sqrt{\frac{4Tb}{\phi \cdot wfy(1 + \alpha \delta)}} \quad (2.71)$$

- Dua syarat desain yang harus dipenuhi (*Struktur Baja Desain dan Prilaku II, Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :466*):

- Kontrol kekuatan Momen Flans Penampang T

$$\phi M_n = M_1$$

$$\phi \cdot \frac{wfy}{4} F_y^2 \geq M_1 \quad (2.72)$$

- Kontrol Kekuatan Tarik Baut

$$\phi R_n \geq B \quad (2.73)$$

Dimana, B adalah gaya beban terfaktor pada suatu baut

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan struktur atas Jembatan Nunukan:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Kelas Jembatan | : I (satu) |
| 2. Panjang Jembatan ± 220 m (2x 60+2x50 m) | : 100 meter |
| 3. Lebar Lantai Kendaraan | : 6,00 meter |
| 4. Lebar Trotoir | : 2 x 0.75 meter |
| 5. Tipe Jembatan | : Pelengkung |
| 6. Jarak antar Gelagar Melintang | : 5,00 meter |
| 7. Jarak antar Gelagar Memanjang | : 1,50 meter |
| 8. Mutu baja tulangan ulir (f_y) | : 320 Mpa |
| | : $320 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$ |
| 9. Mutu Beton (f_c') | : 35 Mpa |
| | : $35 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$ |
| 10. Mutu baja | : A 490 |
| 11. Kuat tarik baut | : 1035,0 Mpa |

3.2 Data Pembebanan

Lapisan aspal lantai kendaraan :

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

Pelat beton trotoir :

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

Pelat Beton lantai kendaraan :

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

Air Hujan :

1. Tinggi Air Hujan (diasumsikan) : 0,05 meter
2. Berat Air Hujan : 1000 kg/m³

3.3 Perhitungan Koordinat Steel Arch

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

$$f = 1/5 L \text{ sampai dengan } 1/8 L$$

$$= 1/5 \cdot 100 = 20 \text{ m s/d } 1/8 \cdot 100 = 12.5 \text{ m}$$

$$\text{Diambil } f = 16$$

$$b = 1/25 L \text{ sampai dengan } 1/45 L$$

$$= 1/25 \cdot 100 = 4 \text{ m s/d } 1/45 \cdot 100 = 2.22 \text{ m}$$

$$\text{Diambil } b = 3 \text{ m}$$

$$H = 1/12 L = 1/12 \cdot 100 = 8.3 \text{ m}$$

Jarak minimum ≥ 5.5 , diambil jarak 8,3 m

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

Rumus Parabola

$$Y = \frac{4 x f x X (L - X)}{L^2}$$

Keterangan :

Y = Koordinat batang sumbu Y

x = Koordinat batang sumbu x

f = Ketinggian busur

L = Bentang Jembatan

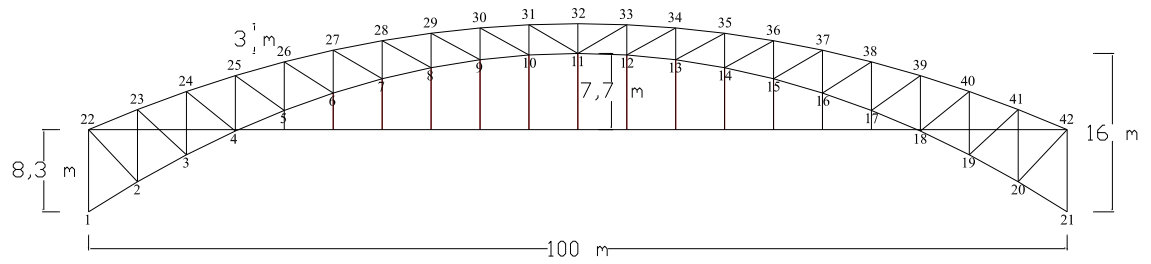
Tabel 3.1 Koordinat**Pelengkung Pertama**

Titik	x	f (m)	L (m)	Y (m)
1	0	16	100	0.00
2	5	16	100	3.04
3	10	16	100	5.76
4	15	16	100	8.16
5	20	16	100	10.24
6	25	16	100	12.00
7	30	16	100	13.44
8	35	16	100	14.56
9	40	16	100	15.36
10	45	16	100	15.84
11	50	16	100	16.00
12	55	16	100	15.84
13	60	16	100	15.36
14	65	16	100	14.56
15	70	16	100	13.44
16	75	16	100	12.00
17	80	16	100	10.24
18	85	16	100	8.16
19	90	16	100	5.76
20	95	16	100	3.04
21	100	16	100	0.00

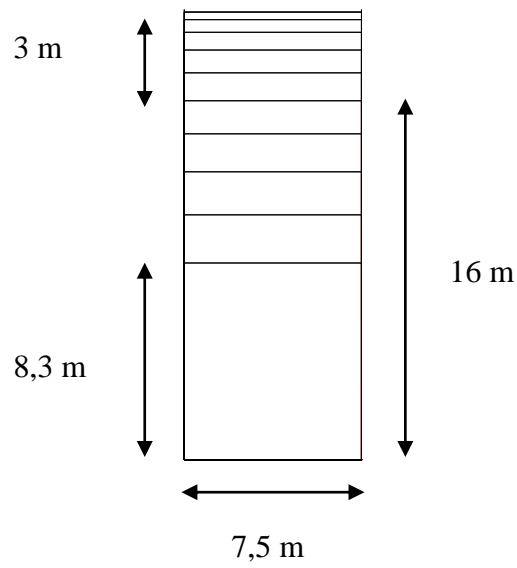
Tabel 3.2 Koordinat**Pelengkung Kedua**

Titik	x	f (m)	L (m)	Y (m)
22	0	10.7	100	0.00
23	5	10.7	100	2.03
24	10	10.7	100	3.85
25	15	10.7	100	5.46
26	20	10.7	100	6.85
27	25	10.7	100	8.03
28	30	10.7	100	8.99
29	35	10.7	100	9.74
30	40	10.7	100	10.27
31	45	10.7	100	10.59
32	50	10.7	100	10.70
33	55	10.7	100	10.59
34	60	10.7	100	10.27
35	65	10.7	100	9.74
36	70	10.7	100	8.99
37	75	10.7	100	8.03
38	80	10.7	100	6.85
39	85	10.7	100	5.46
40	90	10.7	100	3.85
41	95	10.7	100	2.03
42	100	10.7	100	0.00

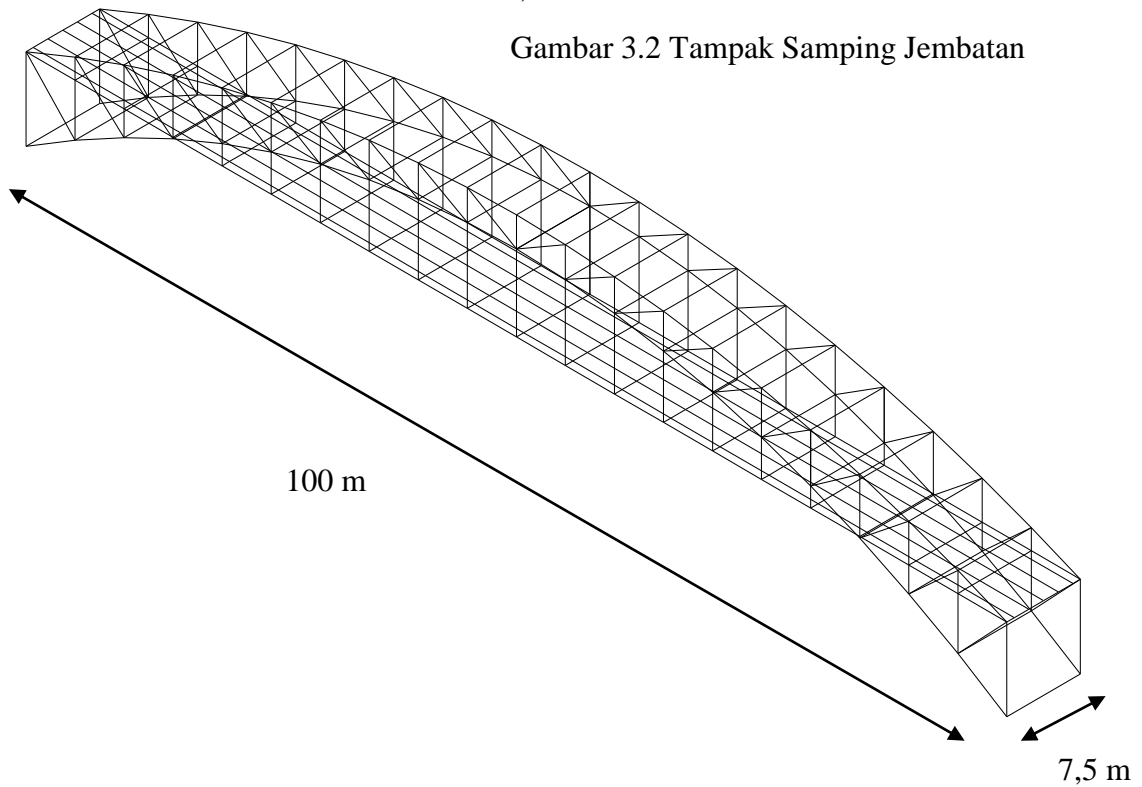
3.4 Gambar Perencanaan Jembatan



Gambar 3.1 Tampak Depan Jembatan

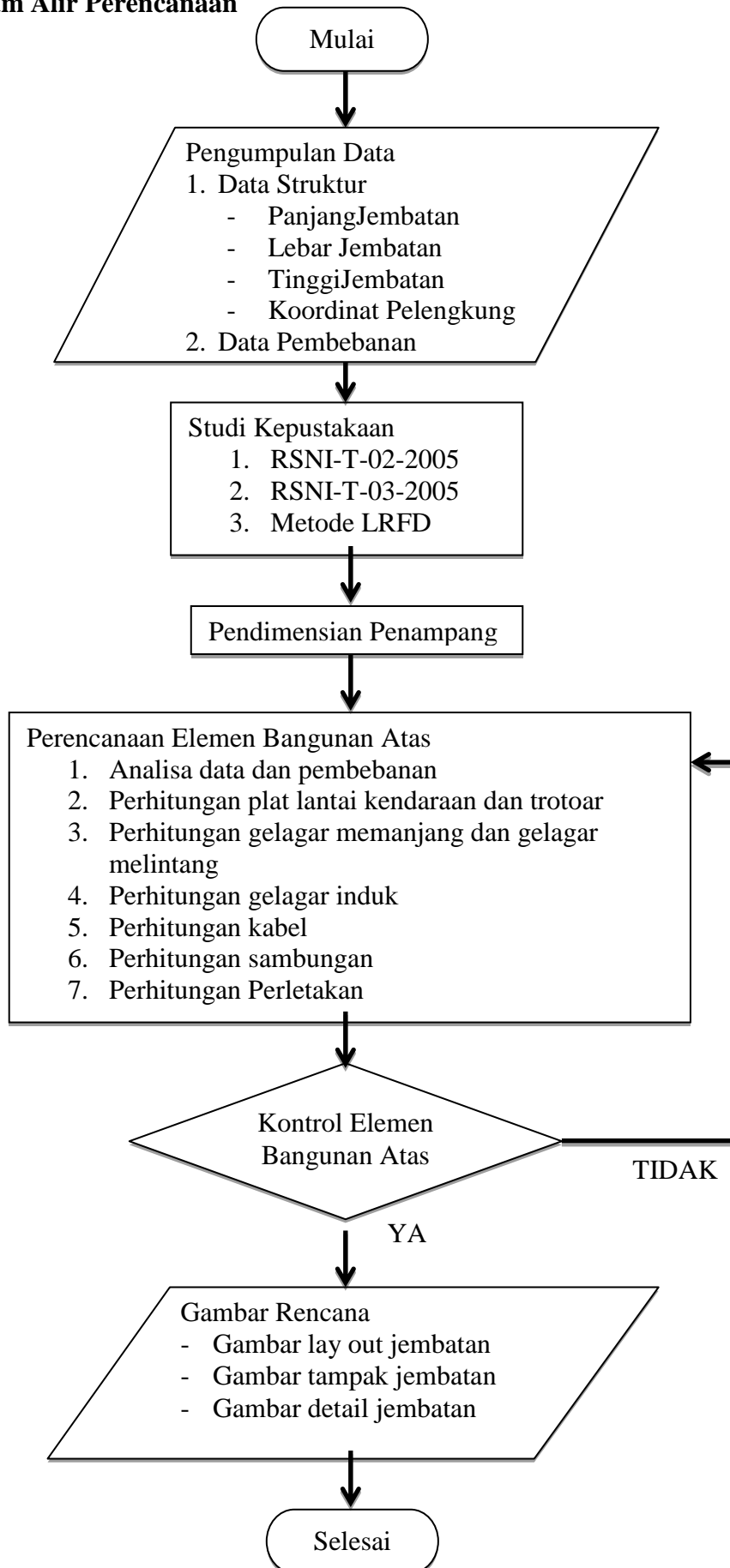


Gambar 3.2 Tampak Samping Jembatan



Gambar 3.3 Gambar 3D Jembatan

3.5 Diagram Alir Perencanaan



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Plat lantai kendaraan

4.1.1 Perhitungan Pembebanan

a. Plat lantai kendaraan (diambil pias 1 meter)

A. Beban Mati

- Bs. Plat beton	= 0,25 x 1,0 x 2400 x 1,3	= 780 kg/m
- Bs. Lapisan aspal	= 0,05 x 1,0 x 2240 x 1,3	= 145.6 kg/m
- Berat air hujan	= 0,05 x 1,0 x 1000 x 2,0	= 100 kg/m
- Berat Steel deck (0.76 mm)	= 8,48 x 1,0 x 1,1	= <u>9,328kg/m</u> +
		$q_{u1} = 1034,93\text{kg/m}$

$$q_{ut} = q_{u1}$$

$$= 1034,93 \text{ kg/m}$$

B. Beban hidup “T” adalah beban gandar truk maksimum sebesar 112.5 kN dengan beban faktor beban = 1.8 (*RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 22*)

$$T_u = 112.5 \times 1.8 = 202.5 \text{ kN} = 20250 \text{ kg}$$

b. Trotoar

A. Beban mati

- Beban Mati

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

$$\text{- Tegel + spesi} = 0,05 \times 1,0 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat air hujan} = 0,05 \times 1,0 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat Steel deck (0.76 mm)} = 8,48 \times 1,0 \times 1,1 = \underline{9,328 \text{ kg/m}}$$

$$q_{u1} = 1970,93 \text{ kg/m}$$

B. Beban Hidup

- Beban Hidup Trotoir

Konstruksi trotoir harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar $q = 5$ kpa = 500 kg/m^2 faktor beban = 1,8 (*RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan hal. 27*)

$$q_{u2} = 500 \times 1 \times 1,8$$

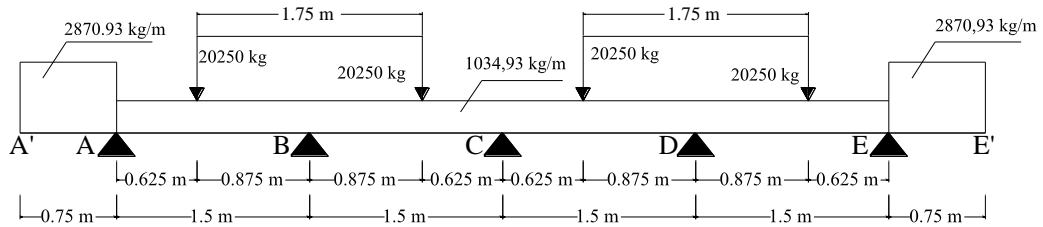
$$= 900 \text{ kg/m}$$

$$\text{Maka } q_{u_{tr}} = q_{u1} + q_{u2}$$

$$= 1970,93 + 900 = 2870,93 \text{ kg/m}$$

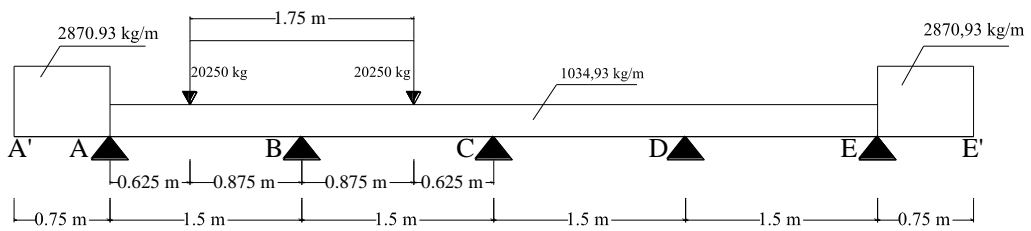
4.1.2 Perhitungan statika

Kondisi I



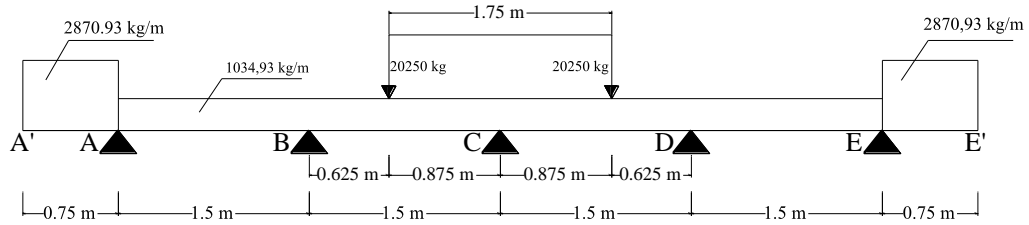
Gambar 4.1 Kondisi pembebanan I pada lantai kendaraan

Kondisi II



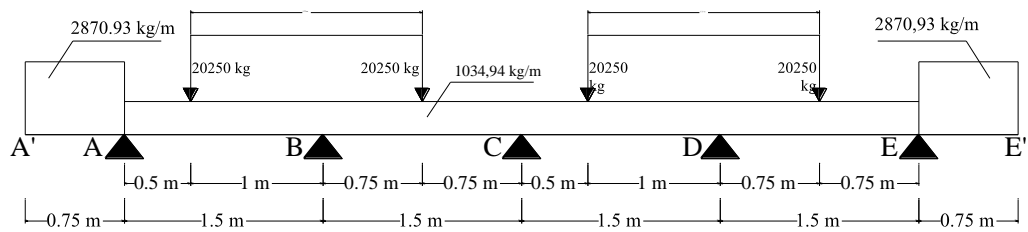
Gambar 4.2 Kondisi pembebanan II pada lantai kendaraan

Kondisi III



Gambar 4.3 Kondisi pembebanan III pada lantai kendaraan

Kondisi IV



Gambar 4.4 Kondisi pembebanan IV pada lantai kendaraan

TABEL 4.1 REKAP MOMEN MAKSIMUM

TITIK	KONDISI I (kNm)		KONDISI II (kNm)		KONDISI III (kNm)		KONDISI IV (kNm)		TUMPUAN MAX (kNm)	LAPANGAN MAX (kNm)
	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.	TUMP.	LAP.		
A'	0		0		0		0		0	
A'A		1,980		1,980		1,980		1,980		1.980
A	7,918		7,918		7,918		7.918		7.918	
AB		-53,19		-51,372		10,493		-49,868		-53.188
B	41,685		46,043		18,777		40,756		46.043	
BC		-34,7		-43,7		-45,874		-37,8		-45.874
C	39,6		21,128		44		38,2		44	
CD		-34,7		5,684		-45,874		-29,7		-45.874
D	41,685		-4,05		18,777		40,756		-41.685	
DE		-53,19		-0,921		10,493		52.986		-53.188
E	7,919		7,918		-7,918		7,918		7.918	
EE'		1,980		1,980		1,980		1,980		1.980
E	0		0		0		0		0	

4.1.3 Penulangan Pelat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD Pro didapat momen maximum pada kondisi I

Kontrol momen negatif (-)

$$M_{\max} = 53,188 \text{ kN.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 53188000 \text{ Nmm}$$

Direncanakan tulangan D13

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

$$d' = 250 - 203,6 = 46,4 \text{ mm}$$

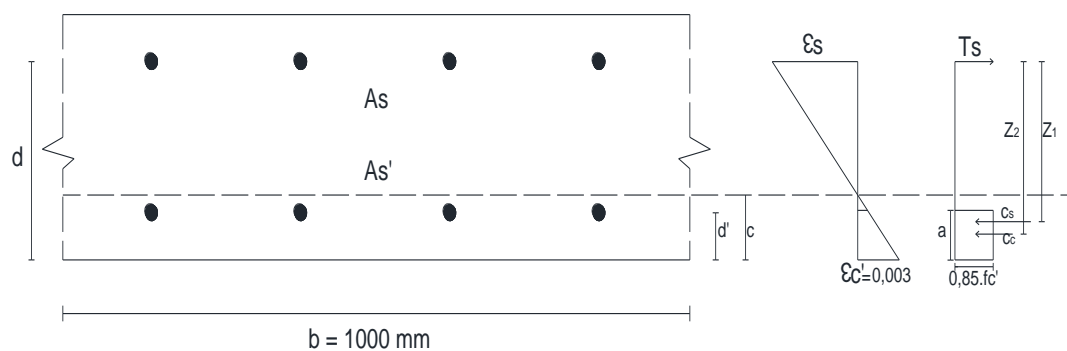
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



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

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

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

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

$$= 0$$

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

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

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

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

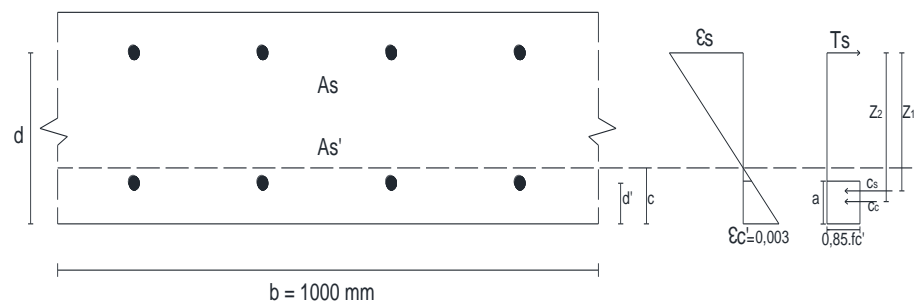
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

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

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

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



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 $f_y = 320 \text{ Mpa}$

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

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

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

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

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

Karena $a < d$, maka :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\ &= (1244888,750 \times 182,678) + (3137,527 \times 157,2) \\ &= 227413787,1 + 493219,244 \\ &= 227907006,3 \text{ Nmm} = 227,907 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \Phi \times M_n \\ &= 0,85 \times 227,907 \\ &= 193,721 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} M_r &> M_u \\ 193,721 \text{ kNm} &> 53,188 \text{ kNm} \end{aligned}$$

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 : D13 – 250 mm

Kontrol momen positif (+)

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

$$\text{Jadi, } \mu = 46043000 \text{ Nmm}$$

Direncanakan tulangan D 13

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

$$d' = 250 - 203,6 = 46,4 \text{ mm}$$

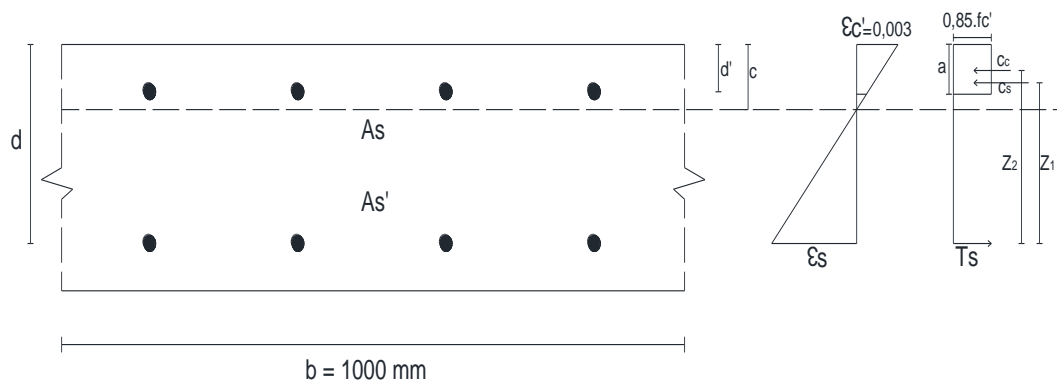
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



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

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

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

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

$$= 0$$

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

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

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

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

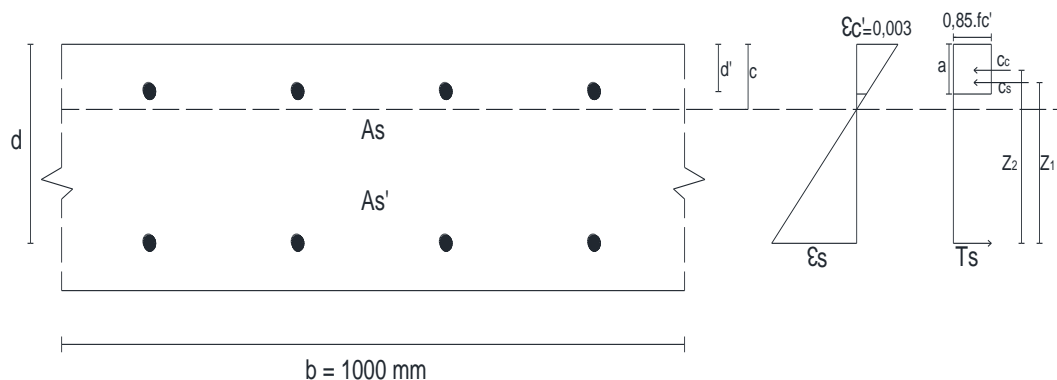
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

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 $f_y = 320 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s' \times f_s'$$

$$= 663,325 \times 320$$

$$= 212264 \text{ Nmm}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 41,845 \times 1000$$

$$= 1244888,750 \text{ N}$$

$$C_s = A_s (f_s - 0,85 f_c')$$

$$= 663,325 \times (34,480 - 0,85 \times 35)$$

$$= 3137,527 \text{ N}$$

$$Z_1 = d - (\frac{1}{2} \times a)$$

$$= 203,6 - (\frac{1}{2} \times 41,845)$$

$$= 182,678 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203,6 - 46,4$$

$$= 157,2 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka :

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\ &= (1244888,750 \times 182,678) + (3137,527 \times 157,2) \\ &= 227413787,1 + 493219,244 \\ &= 227907006,3 \text{ Nmm} = 227,907 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \Phi \times M_n \\ &= 0,85 \times 227,907 \\ &= 193,721 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} M_r &> M_u \\ 193,721 \text{ kNm} &> 46,043 \text{ kNm} \end{aligned}$$

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 : D13 – 250 mm

4.1.4 Penulangan Trotoar

Kontrol momen positif (+)

$$M_{\max} = 1.980 \text{ kNm}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 1980000 \text{ N.mm}$$

Dicoba tulangan D13

$$d = 550 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 503,5 \text{ mm}$$

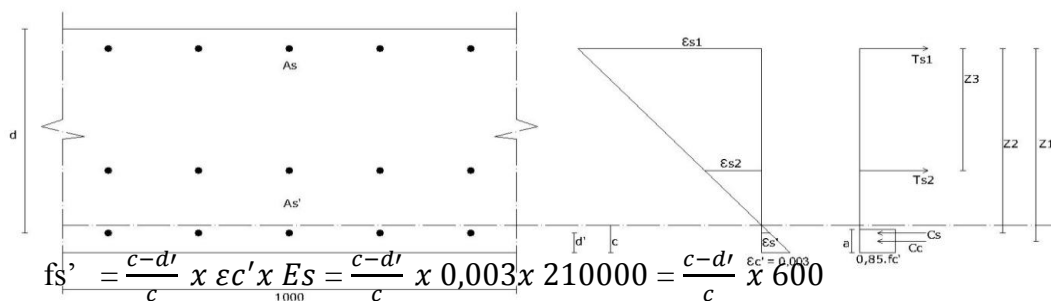
$$d' = 550 - 503,5 = 46,5 \text{ mm}$$

Dicoba 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 $> d'$:



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

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

$$\sum H = 0$$

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

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

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

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

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

$$663,325 \cdot \frac{503,5-c}{c} \times 600 = 0$$

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

$$\left(\frac{200390482,5-397995c}{c}\right)) \cdot c = 0$$

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

$$200390482,5 + 397995c = 0$$

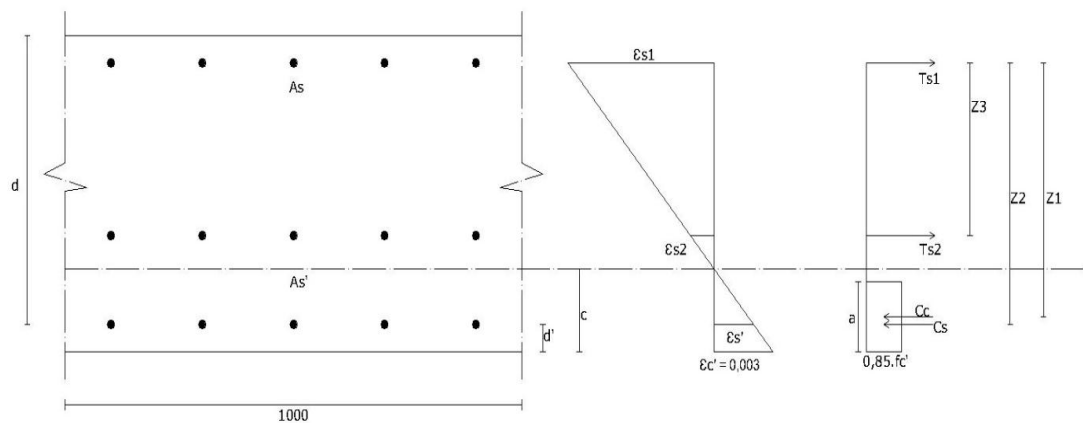
$$25287,5 \cdot c^2 + 1174251,081 - 419287732,5 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 107,625 \text{ mm}$$

$$c2 = -154,061 \text{ mm}$$

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



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 $f_y = 320 \text{ Mpa}$

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

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

$$\begin{aligned}
 T_{s_2} &= A_s \cdot f_s \\
 &= 663,325 \cdot 320 \\
 &= 212264 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= d - d' \\
 &= 503,5 - 46,5 \\
 &= 457 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_3 &= d - d' - Z_{2\text{plat lantai}} \\
 &= 503,5 - 46,5 - 157,2 \\
 &= 299,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 - T_s \cdot Z_3 \\
 &= (2721619,250 \cdot 457,759) + (192530,081 \cdot 457) - (212264 \cdot 299,8) \\
 &= 1270195206 \text{ N.mm} \\
 &= 1270,195 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n = 0,85 \times 1270,195 = 1079,666 \text{ kN.m}$$

$$M_r = 1079,666 \text{ kN.m} > M_u = 1,980 \text{ kN.m} \dots\dots\dots \text{OK!!}$$

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)

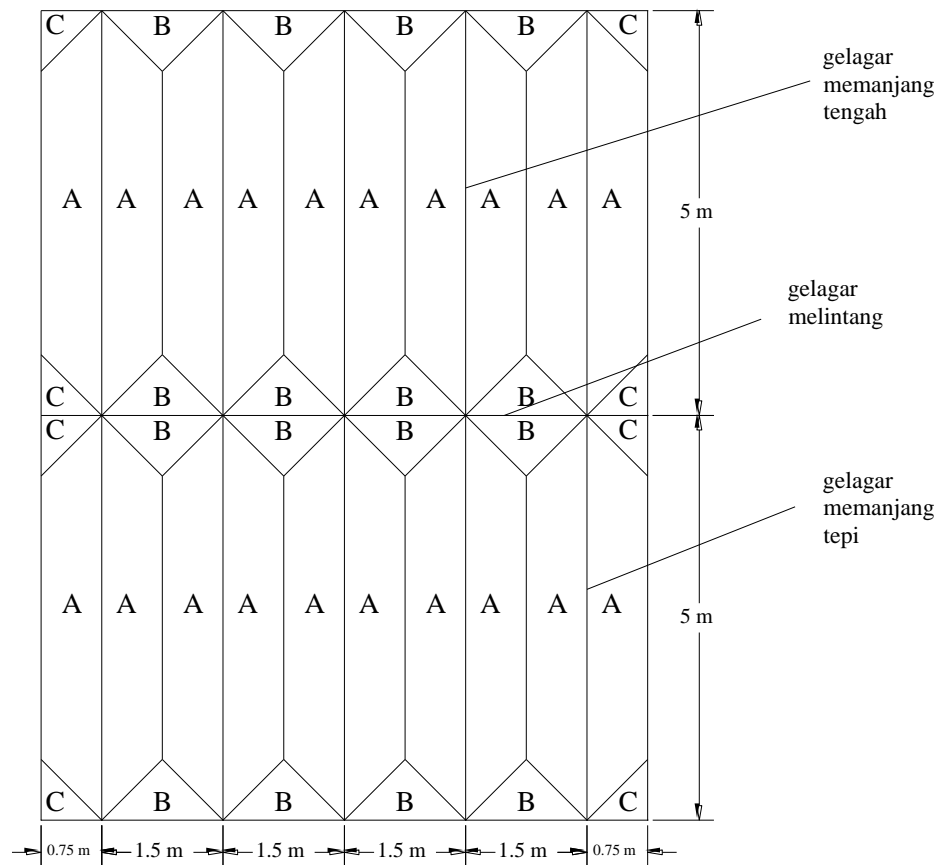
$$n = \frac{A_{s_{\text{bagi}}}}{A_{s_{\text{ada}}}} = \frac{132,665}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,000 \sim 4 \text{ tulangan}$$

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

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

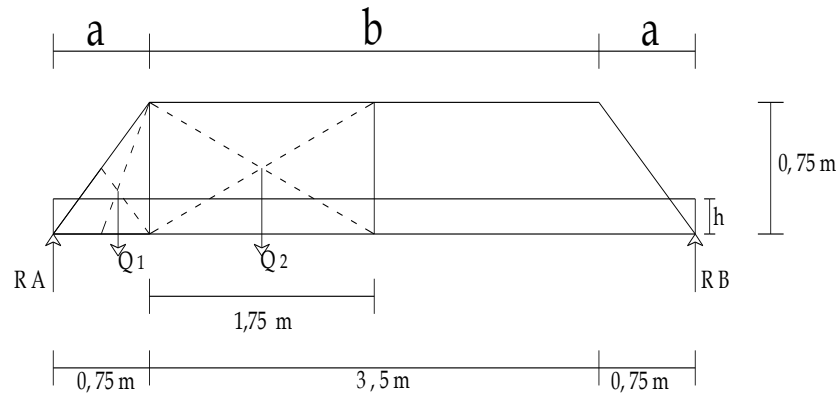
4.2 Perhitungan Gelagar Memanjang dan Melintang

4.2.1 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 4.5 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoar

1. Perataan Tipe A



$$Q_1 = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,75 = 0,281 \text{ m}$$

$$Q_2 = 1,75 \times 0,75 = 1,313 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= Q_1 + Q_2 \\ &= 0,281 + 1,313 \\ &= 1,594 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_1 = (R_A \times 2,5) - ((Q_1 \times (1/3 \times a + 1,75)) + (Q_2 \times 1/2 \times 1,75))$$

$$\begin{aligned} M_1 &= (1,594 \times 2,5) - ((0,281 \times (1/3 \times 0,75 + 1,75)) + (1,313 \times 1/2 \times \\ &1,75)) \end{aligned}$$

$$M_1 = 2,273$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h \times l^2 = \frac{1}{8} \times h \times 5^2$$

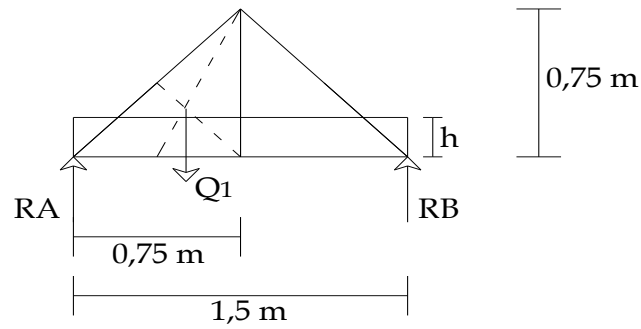
$$M_2 = 3,125 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,273 = 3,125 \text{ h}$$

$$h = 0,728 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

2. Perataan Tipe B



$$Q_1 = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,75 = 0,281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = 0,281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0,75) - (Q_1 \times \frac{1}{3} \times 0,75)$$

$$M_1 = (0,281 \times 0,75) - (0,281 \times \frac{1}{3} \times 0,75)$$

$$M_1 = 0,141 \text{ m}$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h \times l^2 = \frac{1}{8} \times h \times 1,5^2$$

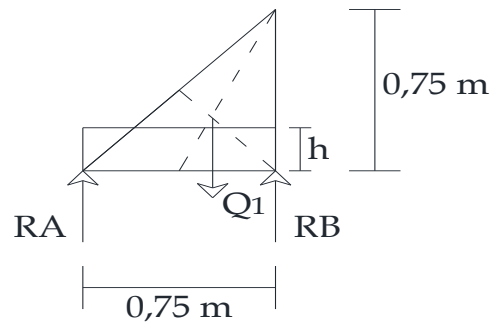
$$M_2 = 0,281 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$1,141 = 0,281 \text{ h}$$

$$h = 0,5 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

3. Perataan Tipe C



$$Q_1 = \frac{1}{2} \times 0,75 \times 0,75 = 0,281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = Q_1 = 0,281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0,5 \times 0,75) - (Q_1 \times \frac{1}{3} \times 0,75)$$

$$M_1 = (0,281 \times 0,5 \times 0,75) - (0,281 \times \frac{1}{3} \times 0,75)$$

$$M_1 = 0,035 \text{ m}$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h \times l^2 = \frac{1}{8} \times h \times 0,75^2$$

$$M_2 = 0,070 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,035 = 0,070 \text{ h}$$

$$h = 0,50 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

4.2.2 Perhitungan Gelagar Memanjang

- **Pembebanan**

1. Beban Mati

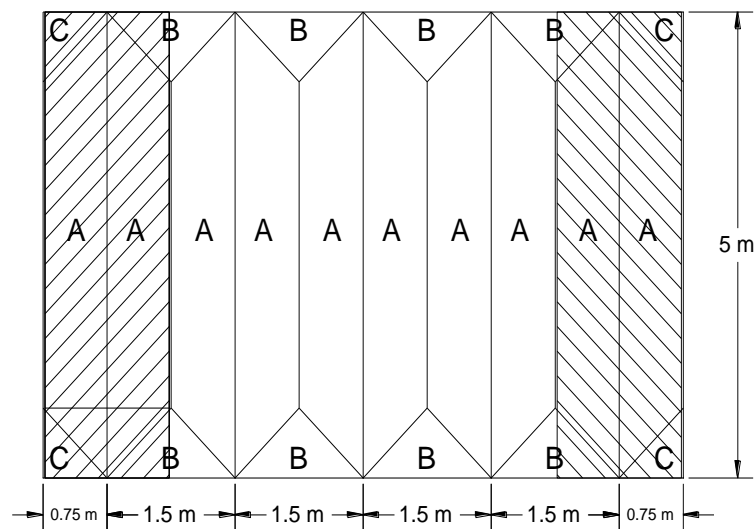
$$q \text{ Trotoar} = 1970,928 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Jarak Gelagar Memanjang} = 1,5 \text{ m}$$

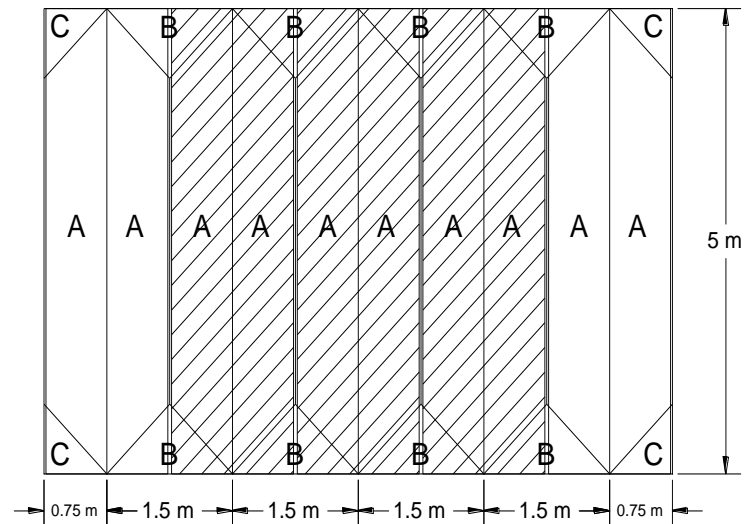
$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 5 \text{ m}$$

- Akibat berat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tepi)



$$\begin{aligned}
 qd^u &= (\text{Perataan beban tipe A x } q \text{ Trotoar}) + (\text{Perataan beban} \\
 &\quad \text{tipe A x } q \text{ Plat lantai}) \\
 &= (0,728 \times 1970,928) + (0,728 \times 1034,928) \\
 &= 2186,760 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Akibat berat lantai kendaraan (untuk gelagar tengah)



$$\begin{aligned}
 qd^u &= (\text{Perataan beban tipe A x q Plat lantai}) + (\text{Perataan beban} \\
 &\text{tipe A x q Plat lantai}) \\
 &= (0,728 \times 1034,928) + (0,728 \times 1034,928) \\
 &= 1506,820 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Diambil Beban terbesar yang menentukan $qd^u = 2186,760 \text{ kg/m}$

2. 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)

- Beban Tersebar Merata “BTR”

Faktor beban = 1,8

Dimana : $L = 100 \text{ m} > 30 \text{ m}$

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{100}\right) \text{ kpa}$$

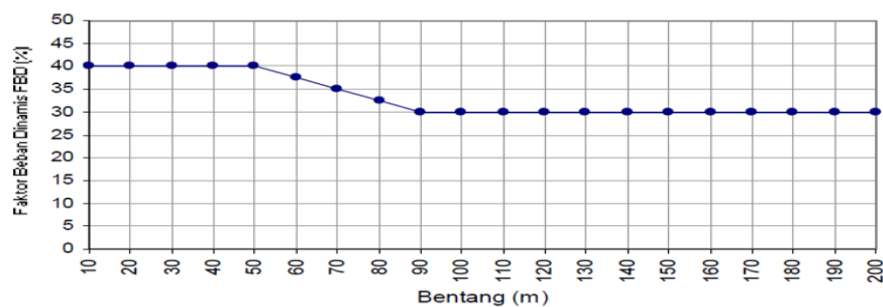
$$q = 5,85 \text{ kPa} = 585 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Garis “BGT”

Factor beban = 1,8

Bentang jembatan 100 meter per bentang dengan factor beban dinamis

FBD = 0,3



Gambar 4.6 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

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

$$= 1 + 0,3$$

$$= 1,3$$

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

$$P^u = 4900 \times 1,8$$

$$P^u = 8820 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup yang diterima Gelagar adalah

a. Gelagar Memanjang Tepi

$$q_d^u = \frac{585}{2,75} \times 0,728 \times 1,8 = 276,566 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = \frac{8820}{2,75} \times 0,728 \times 1,3 = 3033,278 \text{ kg/m}$$

b. Gelagar Memanjang Tengah

$$q_d^u = \frac{585}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,8 = 557,133 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = \frac{8820}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,3 = 6066,556 \text{ kg/m}$$

Catatan : Pembagian 2,75 selalu tetap dan tidak tergantung pada Lebar lalulintas

Diambil beban terbesar yang menentukan yaitu :

$$q_l^u = 557,133 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = 6066,556 \text{ kg/m}$$

3. **Beban Hidup Trotoar**

$$q_l^u = \text{beban hidup trotoar} \times \text{perataan beban tipe A} \times \text{faktor beban}$$

$$= 500 \times 0,728 \times 1,8$$

$$= 654,750 \text{ kg/m}$$

➤ **Perhitungan Momen Pada Gelagar Memanjang**

Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditenga-tenga gelagar memanjang.

Akibat beban mati

$$q_d^u = 2188,263 \text{ kg/m}$$

Akibat beban Lajur “D”

$$q_1^u = 557,133 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = 6066,556 \text{ kg}$$

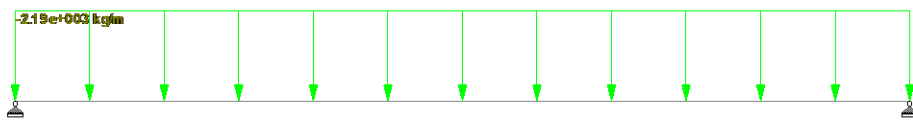
Akibat beban hidup Trotoar

$$q_d^u = 654,750 \text{ kg/m}$$

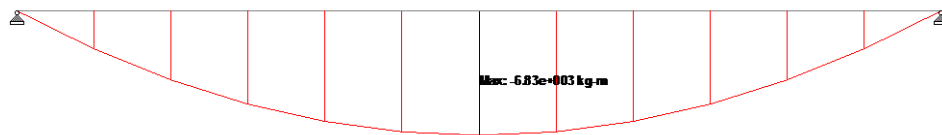
Perhitungan selanjutnya menggunakan program bantu STAAD PRO

v8i untuk menghitung momen dan gaya geser maksimum.

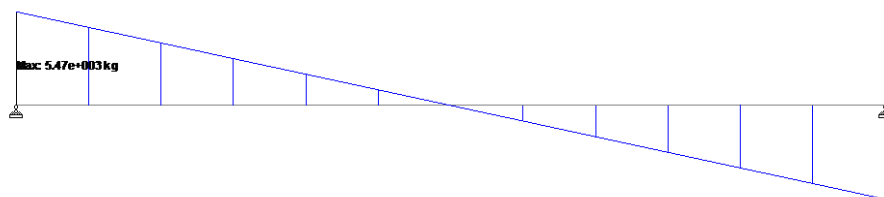
- **Beban Mati**



Gambar 4.7 Input beban Mati

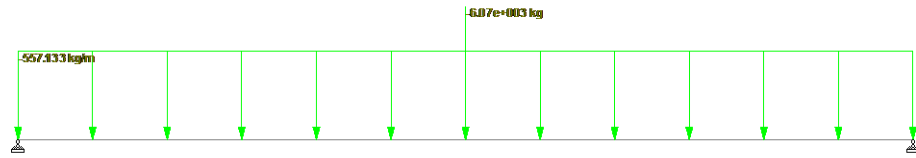


Gambar 4.8 Momen akibat beban Mati

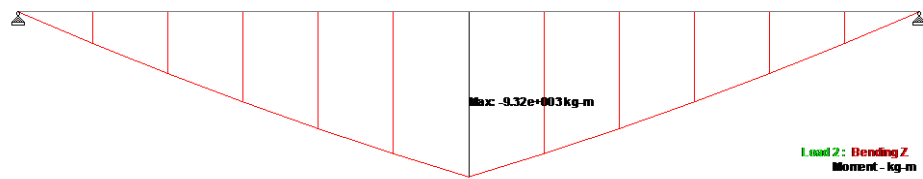


Gambar 4.9 Gaya geser akibat beban Mati

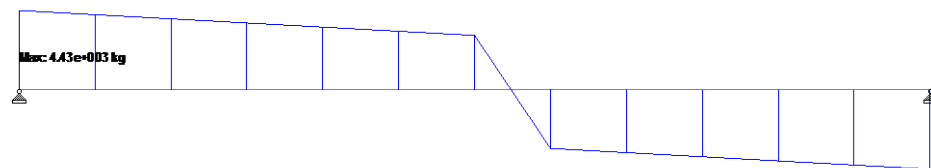
- Beban Lajur "D"



Gambar 4.10 Input beban Lajur "D"

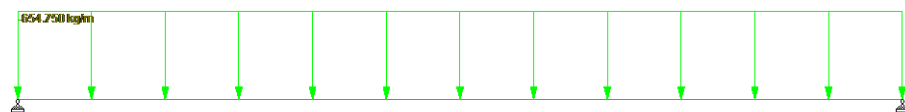


Gambar 4.11 Momen akibat beban Lajur "D"



Gambar 4.12 Gaya Geser akibat beban Lajur "D"

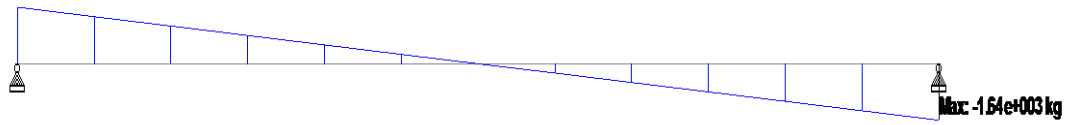
- Beban Hidup Trotoar



Gambar 4.13 Input beban Hidup Trotoar



Gambar 4.14 Momen akibat beban Hidup Trotoar



Gambar 4.15 Gaya Geser akibat Hidup Trotoar

$$\text{Momen Max.Total} = M1 + M2 + M3$$

$$M_{\text{total}}^u = 6834 + 9324 + 2046 = 18204 \text{ kgm}$$

$$\text{Gaya Geser Total} = V1 + V2 + V3$$

$$V_{\text{total}}^u = 5467 + 4426 + 1637 = 1153 \text{ kg}$$

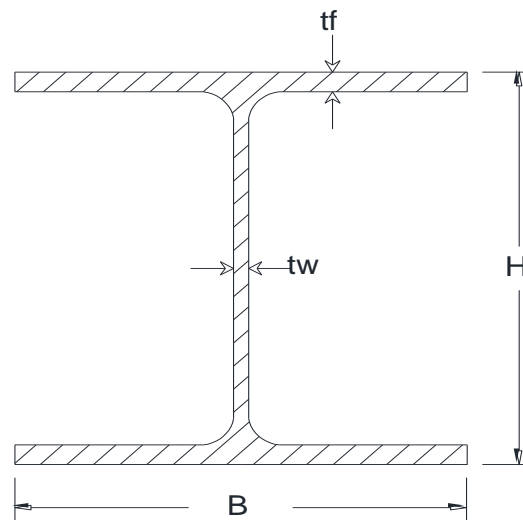
4.2.2.1 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

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 4.16 Profil baja WF gelagar Memanjang

Factor beban untuk baja = 1,1

$W = 49,6 \text{ kg/m}$ $B = 175 \text{ mm}$ $r = 14 \text{ mm}$

$A = 63,14 \text{ cm}^2$ $H = 350 \text{ mm}$ $Z_x = 775 \text{ cm}^3$

$I_x = 13600 \text{ cm}^4$ $tw = 7 \text{ mm}$ $Z_y = 112 \text{ cm}^3$

$I_y = 984 \text{ cm}^4$ $tf = 11 \text{ mm}$

▪ **Desain balok sesudah komposit**

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

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

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

$$b_E \leq \frac{L}{4} = \frac{500}{4} = 125 \text{ cm}$$

$$b_E \leq b_o = 150 \text{ cm}$$

$$b_E \leq b_f + 16.t_s = 20 + 16.25 = 420 \text{ cm}$$

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

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

Elastisitas :

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

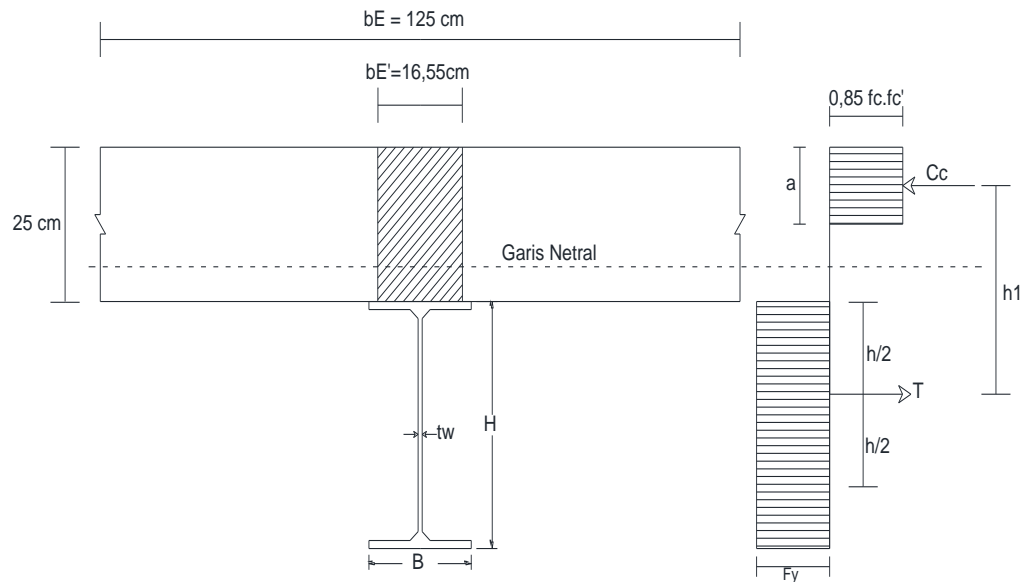
$$E_{\text{Baja}} = 2100000 \text{ kg/cm}^2 = 210000 \text{ Mpa}$$

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

$$b_E' = \frac{125}{7,552} = 16,551 \text{ cm}$$

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

▪ **Kontrol kekuatan penampang**



Gambar 4.17 Diagram penampang plastis

Table 4.2 Menentukan letak garis netral

NO	Luas penampang A (cm^2)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm^3)
1	Beton = $16,55 \times 25$ = 413,773	$\frac{25}{2} = 12,5$	5172,168
2	Baja = 63,14	$\frac{35}{2} + 25 = 42,5$	2683,45
	$\Sigma A = 476,913$		$\Sigma A.Y = 7855,618$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{7855,618}{476,913} = 16,472 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a = 25 + 35 - 16,472 = 43,528 \text{ cm}$$

Table 4.3 Menentukan momen inersia beton dan baja

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
1	413,773	12,5	$\frac{1}{12} \times 16,55 \times 25^3$ = 21550,700	16,472 - 12,5 = 3,972	28078,024
2	63,14	42,5	23700	43,528 - (35/2) = 26,028	56375,312
	$\Sigma A = 476,913$				$\Sigma I_x = 84453,335$

Karena $Y_a = 16,472$ cm < tebal plat beton maka garis netral

terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E} \\
 &= \frac{6314 \times 410}{0,85 \times 35 \times 1250} \\
 &= 69,613 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal plat beton 250 mm > a = 63,613 mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\
 &= 0,85 \times 35 \times 69,613 \times 1250 \\
 &= 2588740 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 6314 \times 410 \\
 &= 2588740 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc.h_1 \\
 &= 2588740 \times \left(\frac{1}{2} \times 350 + 250 - \frac{1}{2} \times 69,613 \right) \\
 &= 1010109292,772 \text{ Nmm} \\
 &= 101010.929 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned}
 \phi_b Mn &= 0,85 \times 101010,929 \\
 &= 85859,290 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b.Mn \geq M_{total}^u$$

$$85859,290 \text{ kgm} \geq 18204.00 \text{ kgm} \quad \dots \text{ OK}$$

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

▪ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 11530 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

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

Kontrol :

$$\begin{aligned} V_y &\geq V_{\text{total}}^u \\ 55247,5 \text{ kg} &\geq 11530 \text{ kg} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

▪ **Kontrol Lendutan**

$$L = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm} \quad (\text{C.G. Salmon, "struktur baja II", hal : 393})$$

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

$$\begin{aligned} f_{ada} &= \frac{5 \times (q^u) \times L^4}{384 \times EI} + \frac{P^u \times L^3}{48 \times EI \times I_x} \\ &= \frac{5 \times (21,868 + 5,571 + 6,548) \times 500^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 84453,335} + \frac{6066,556 \times 500^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 84453,335} \\ &= 0,245 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} f_{ijin} &\geq f_{ada} \\ 1,389 &\geq 0,152 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi Profil WF 350 x 175 x 7 x 11 aman digunakan sebagai gelagar memanjang.

4.2.2.2 Perhitungan *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)

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

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ " = 1,905 cm dengan tinggi stud 10 cm)

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

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

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

$$\begin{aligned}
 T_{\max} &= \text{Gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil} \\
 &= A_s \cdot f_y \\
 &= 6314 \times 410 \\
 &= 2588740 \text{ N}
 \end{aligned}$$

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

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$N = \frac{T_{\max}}{Q_n} = \frac{2588740}{140517,231} = 18,423 \approx 20 \text{ buah}$$

(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
 $S_{\min} = 6 \times d = 6 \times 19,05 = 114,3 \text{ mm} = 11,34 \text{ cm}$
- Jarak maximum longitudinal :
 $S_{\max} = 8 \times t \text{ (plat beton)} = 8 \times 25 = 200 \text{ cm}$
Digunakan jarak stud = 25 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 = 5 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{250}{10} = 25 \text{ cm}$$

(Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.295)

4.2.3 Perhitungan Gelagar Melintang

- **Pembebanan**

1. **Beban Mati (qd)**

$$q \text{ Trotoar} = 1970,928 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 5 \text{ m}$$

- Akibat Berat Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= (\text{Perataan beban tipe B} \times 2) \times (q \text{ lantai kendaraan}) \\ &= (0,5 \times 2) \times (1034,928) \\ &= 1034,928 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= (\text{perataan tipe C} \times 2) \times (q \text{ trotoar}) \\ &= (0,5 \times 2) \times (1970,928) \\ &= 1970,928 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Akibat Beban Profil Memanjang (WF 350 x 170 x 7 x 11)

$$\text{Factor beban untuk baja} = 1,1$$

$$W = 49,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} P_1^u &= G \times L \times \text{Faktor beban} \\ &= 49,6 \times 5 \times 1,1 \\ &= 273 \text{ kg} \end{aligned}$$

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 : $L = 100 \text{ m} > 30 \text{ m}$

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{100} \right) \text{ kpa}$$

$$q = 5,85 \text{ kPa} = 585 \text{ kg/m}^2$$

$$q_3 = \frac{585}{2,75} \times (2 \times 0,5) = 212,727 \text{ kg/m}$$

$$q_3^u = (212,727 \times 1,8) \times 100\% = 382,909 \text{ kg/m}$$

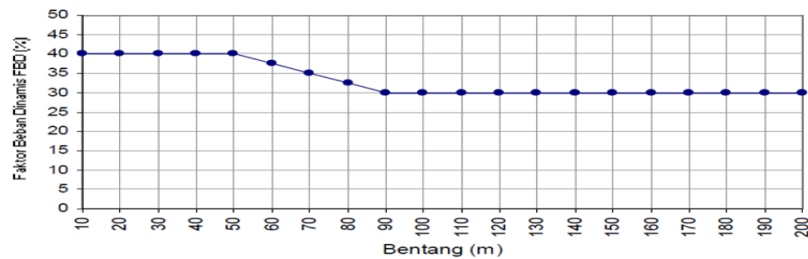
$$q_3^u = (212,727 \times 1,8) \times 50\% = 191,455 \text{ kg/m}$$

B. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1,8

Bentang jembatan 100 meter per bentang dengan factor beban dinamis

FBD = 0,3



Gambar 4.18 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

$$K = 1 + FBD$$

$$= 1 + 0,3$$

$$= 1,3$$

Beban Garis P = 49 KN/m = 4900 kg/m'

$$P^u = 4900 \times 1,8$$

$$P^u = 8820 \text{ kg/m'}$$

$$P_2^u = \frac{8820}{2,75} \times 1,3 \times 100\% = 4169,455 \text{ kg/m}$$

$$P_3^u = \frac{8820}{2,75} \times 1,3 \times 50\% = 2084,727 \text{ kg/m'}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q_4 100\% = (382,909 + 4169,455) = 4552,364 \text{ kg/m'}$$

$$q_5 50\% = (191,455 + 2084,727) = 2276,182 \text{ kg/m'}$$

Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar

Faktor beban = 1,8

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

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

$$q_6'' = 500 \times (\text{perataan} D \times 2) \times 1,8$$

$$q_6'' = 500 \times (0,502 \times 2) \times 1,8 = 900 \text{ kg/m}$$

Akibat Beban Truck “T” (Beban Gandar)

Faktor beban = 1,8

$$P_4'' = 11250 \times 1,8 = 20250 \text{ kg}$$

Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang

Diambil nilai reaksi akibat beban mati plat lantai pada gelagar memanjang

RA = 5467 kg , kemudian dijadikan sebagai beban titik.

Akibat Beban Lajur “ D “ yang bekerja pada gelagar memanjang

Diambil nilai reaksi akibat beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar

memanjang RA = 4426 kg , kemudian dijadikan sebagai beban titik.

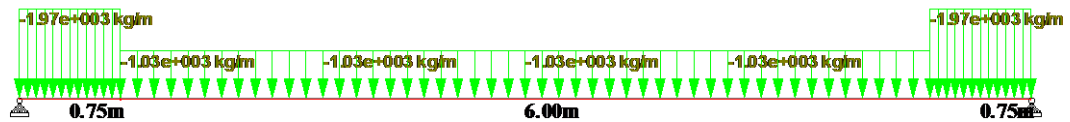
Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang

Diambil nilai reaksi akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar

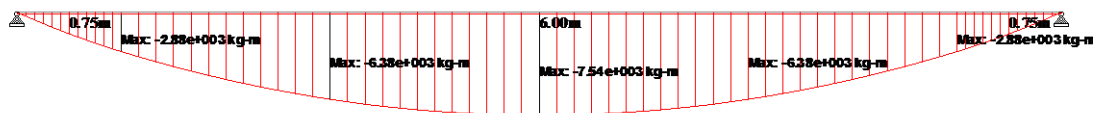
memanjang RA = 1637 kg, kemudian dijadikan sebagai beban titik.

➤ **Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang**

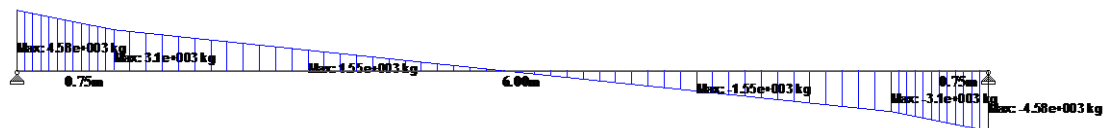
❖ **Akibat Beban mati lantai Kendaraan dan Trotoar**



Gambar 4.19 Input beban mati plat lantai dan trotoar



Gambar 4.20 Momen akibat beban mati plat lantai dan trotoar

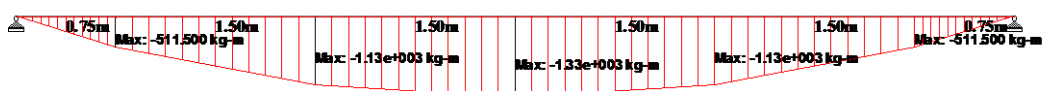


Gambar 4.21 Gaya geser akibat beban mati plat lantai dan trotoar

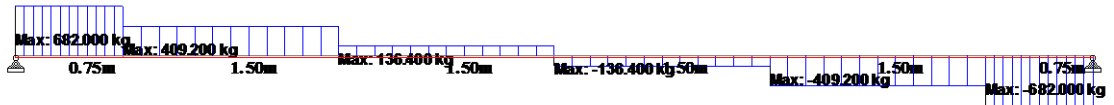
❖ **Akibat berat Gelagar Memanjang**



Gambar 4.22 Input beban berat sendiri gelagar memanjang

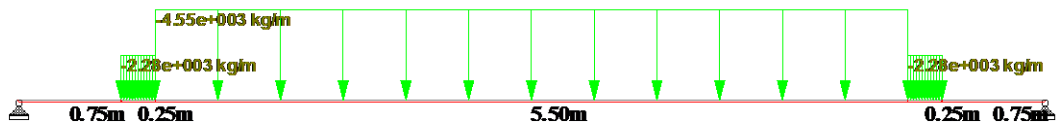


Gambar 4.23 Momen akibat berat sendiri gelagar memanjang

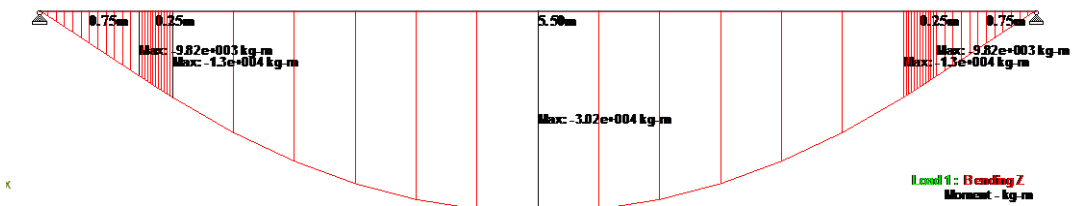


Gambar 4.24 Gaya geser akibat berat sendiri gelagar memanjang

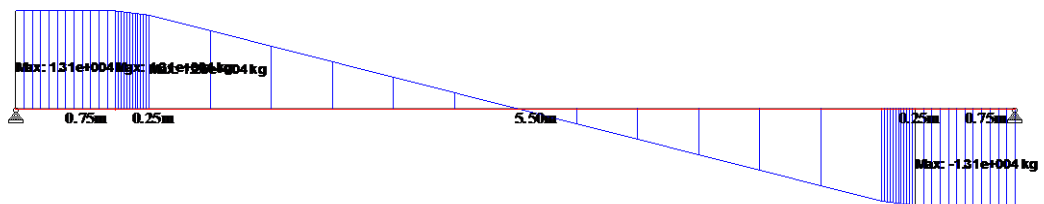
❖ Akibat beban lajur “D”



Gambar 4.25 Input beban akibat beban lajur “D”



Gambar 4.26 Momen akibat beban lajur “D”

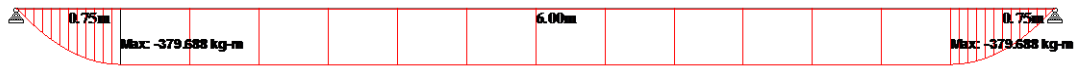


Gambar 4.27 Gaya geser akibat beban lajur “D”

❖ Akibat muatan Hidup Trotoar



Gambar 4.28 Input beban hidup trotoar

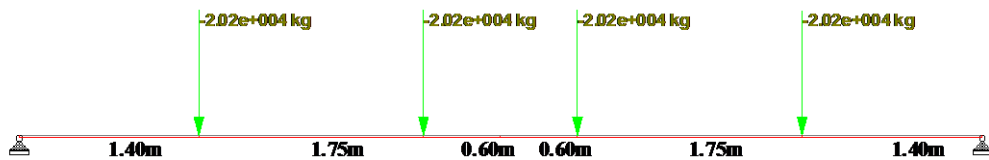


Gambar 4.29 Momen akibat beban hidup trotoar

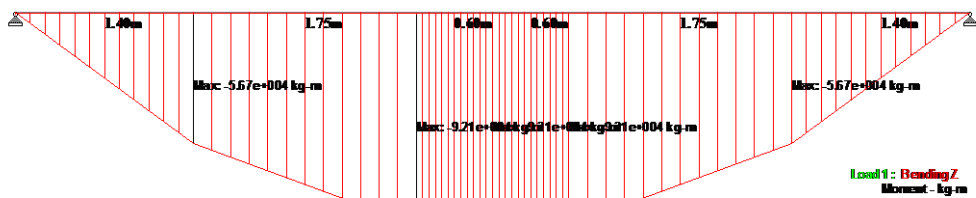


Gambar 4.30 Gaya geser akibat beban hidup trotoar

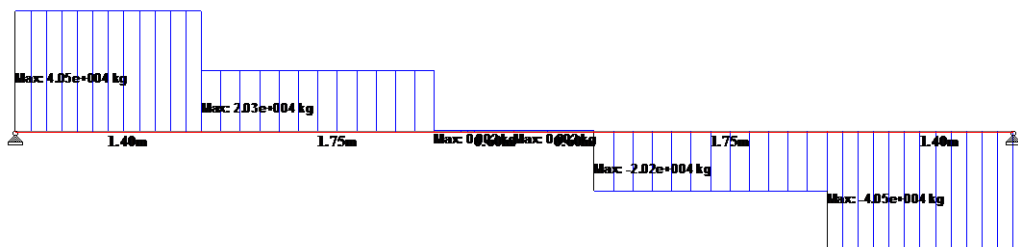
❖ Akibat muatan truk “T” (Beban Gandar)



Gambar 4.31 Input beban akibat Muatan truk “T”

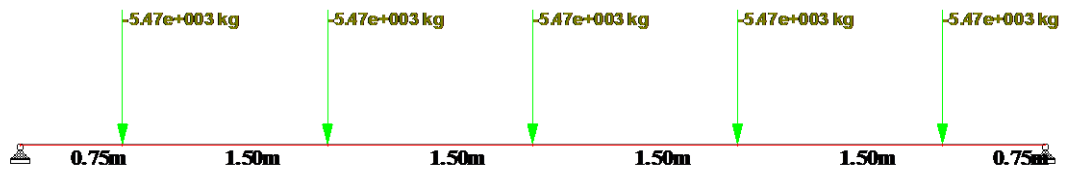


Gambar 4.32 Momen akibat Muatan truk “T”

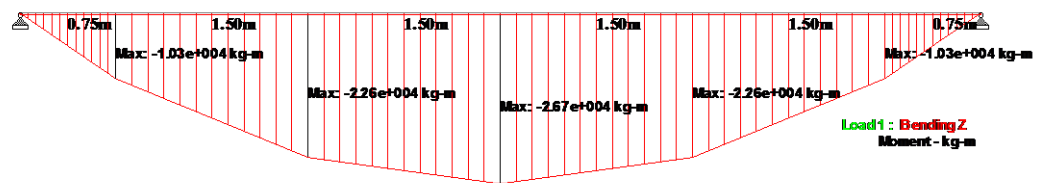


Gambar 4.33 Gaya geser akibat Muatan truk “T”

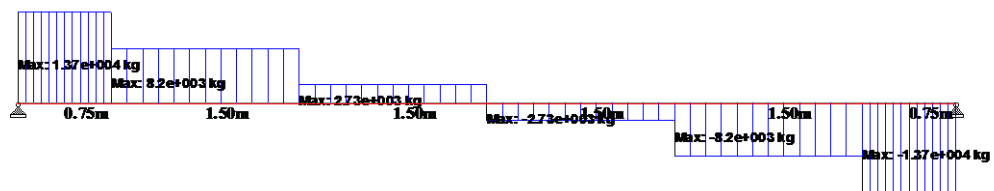
❖ Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.34 Input beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang

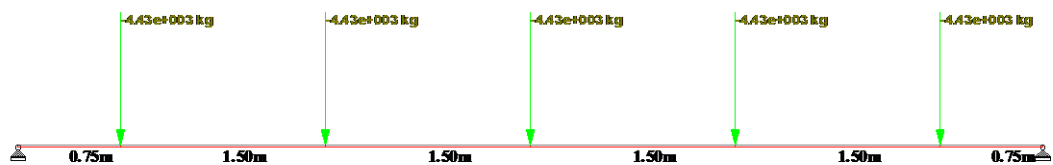


Gambar 4.35 Momen Akibat beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang

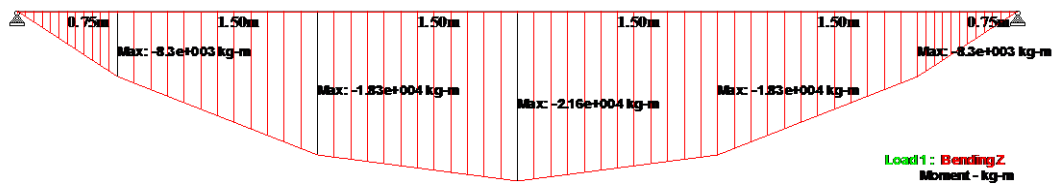


Gambar 4.36 Gaya Geser akibat beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang

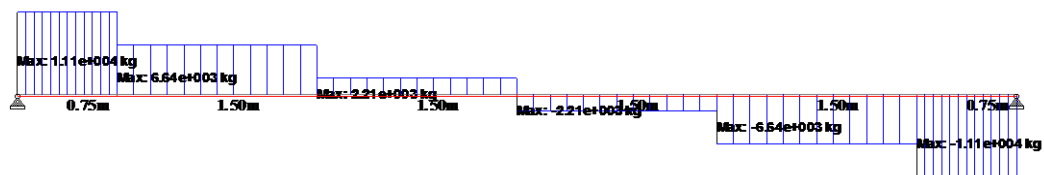
❖ Akibat Beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.37 Input beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.38 Momen Akibat beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang

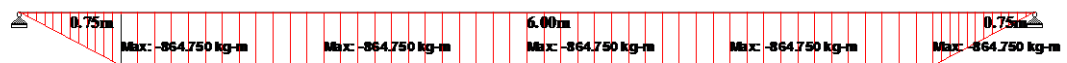


Gambar 4.39 Gaya Geser akibat beban Lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang

Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.40 Input beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.41 Momen Akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.42 Gaya Geser Akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang

Karena momen akibat beban truk = 60055 > momen akibat beban hidup “D” = 19700, maka diambil momen akibat beban truk.

Momen akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 M_{\max}^u &= M_1 + M_2 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 + M_8 \\
 &= 7540 + 1330 + 380 + 92138 + 26652 + 21577 + 865 \\
 &= 150482 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}}^u &= V_1 + V_2 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 \\
 &= 4583 + 682 + 1013 + 40500 + 13668 + 11065 + 1152 \\
 &= 72663 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

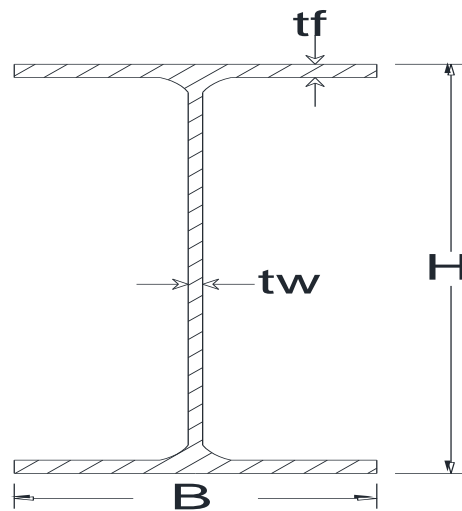
4.2.3 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

- **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 4.43 Profil baja WF gelagar Melintang

Factor beban untuk baja = 1,1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

▪ **Desain balok sesudah komposit**

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

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

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

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

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

$$bE \leq bf + 16.ts = 30 + 16 \times 25 = 430 \text{ cm}$$

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

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

Elastisitas :

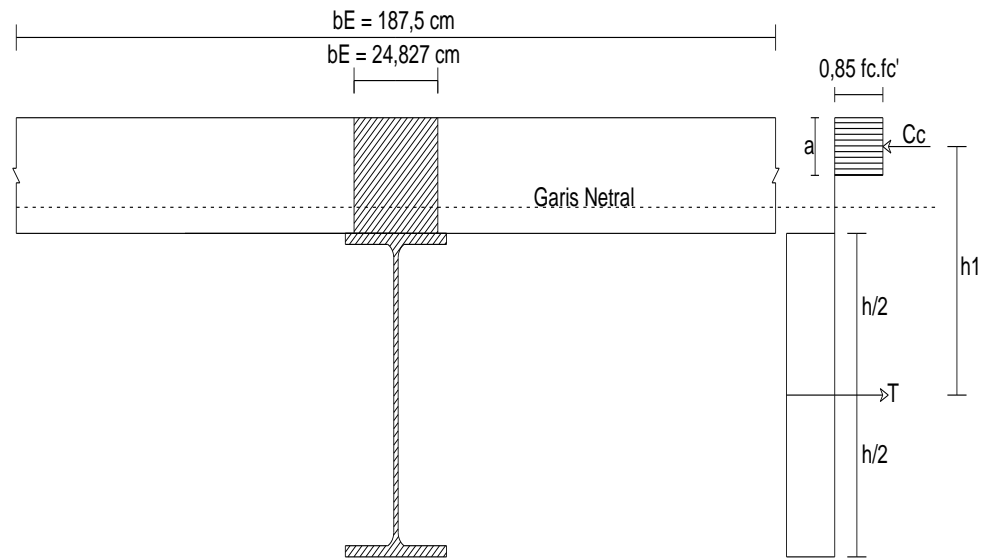
$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f_c'} = 4700\sqrt{35} = 27805,575 \text{ Mpa}$$

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

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

$$bE' = \frac{187,5}{7,552} = 24,827 \text{ cm}$$

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



Gambar 4.44 Diagram penampang plastis

Table 4.4 Menentukan letak garis netral

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 24,827 x 25 = 620,660	$\frac{25}{2} = 12,5$	7758,252
2	Baja = 215,50	$\frac{70}{2} + 25 = 60$	12930
	$\Sigma A = 836,160$		$\Sigma A.Y = 20688,252$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{20688,252}{836,160} = 24,742 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a = 25 + 70 - 24,742 = 70,258 \text{ cm}$$

Table 4.5 Menentukan momen inersia beton dan baja

NO	A (cm ²)	Y (cm)	I _o (cm ⁴)	d (cm)	I _o + Ad ² (cm ⁴)
1	620,660	12,5	$\frac{1}{12} \times 24,827 \times 25^3$ = 32326,050	$24,742 - 12,5 =$ 12,242	125341,844
2	215,50	60	201000	$70,258 - (70/2)$ = 35,258	468894,186
	$\Sigma A = 836,160$				$\Sigma I_x = 594236,029$

Karena $Y_a = 24,742 \text{ cm} <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada

plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E} \\
 &= \frac{21550 \times 410}{0,85 \times 35 \times 1875} \\
 &= 158,396 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\
 &= 0,85 \times 35 \times 158,396 \times 1875 \\
 &= 8835500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 21550 \times 410 \\
 &= 8835500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc.h_1 \\
 &= 8835500 \times \left(\frac{1}{2} \times 700 + 250 - \frac{1}{2} \times 158,396 \right) \\
 &= 4601548199,440 \text{ N.mm} \\
 &= 460154,820 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned}
 \phi_b . Mn &= 0,85 \times 460154,820 \\
 &= 391131,597 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\begin{aligned}
 \phi_b . Mn &\geq M_{total}^u \\
 391131,597 \text{ kg.m} &\geq 150482 \text{ kg.m} \quad \dots \text{ OK}
 \end{aligned}$$

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

▪ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 72663 \text{ kg}$$

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 :

$$\begin{aligned} V_y &\geq V_{total}^u \\ 205205 \text{ kg} &\geq 47003,5 \text{ kg} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

▪ **Kontrol Lendutan**

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

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\ &= \frac{1}{360} \cdot 750 \\ &= 2,083 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah

$$f_{ada} = \frac{5 \times (q^u) \times L^4}{384 \times EI} + \frac{P^u \times L^3}{48 \times EI \times I_x}$$

▪ Akibat beban mati

$$\begin{aligned} q^u &= q_{d1}^u + q_{d2}^u \\ &= 1034,928 + 1970,928 \\ &= 3005,856 \text{ kg/m} \\ &= 30,059 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P^u &= P_1^u + P_6^u \\
 &= 272,8 + 5467 \\
 &= 5739,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ada}1} &= \frac{5 \times (30,059) \times 750^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 594236,029} + \frac{5739,8 \times 750^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 594236,029} \\
 &= 0,140 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

▪ Akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 q^u &= q_{d4}^u + q_{d5}^u + q_{d6}^u \\
 &= 4552,364 + 2276,182 + 900 \\
 &= 7728,545 \text{ kg/m} \\
 &= 77,285 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P^u &= P_4^u + P_7^u + P_8^u \\
 &= 20250 + 4426 + 1637 \\
 &= 26313 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{ada}2} &= \frac{5 \times 77,285 \times 750^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 594236,029} + \frac{26313 \times 750^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 594236,029} \\
 &= 0,440 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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

$$f_{\text{total}} = 0,140 + 0,440 = 0,580 \text{ cm}$$

Kontrol

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

$$2,083 \geq 0,580 \quad \dots \text{OK}$$

4.2.3.2 Perhitungan *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)

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

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ " = 1,905 cm dengan tinggi stud 10 cm)

$$V_h = (0,85 \times 35 \times 1875 \times 250)$$

$$V_h = 13945312,50 \text{ N}$$

$$V_h = C_{\max} = 13945312,50 \text{ N}$$

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

$C_{\max} = 13945312,50 \text{ N} > T_{\max} = 8835500 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 8835500 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$N = \frac{T_{\max}}{Q_n} = \frac{8835500}{140517,231} = 62,878 \approx 64 \text{ buah}$$

(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
 $S_{\min} = 6 \times d = 6 \times 19,05 = 114,3 \text{ mm} = 11,43 \text{ cm}$
- Jarak maximum longitudinal :
 $S_{\max} = 8 \times t \text{ (plat beton)} = 8 \times 25 = 200 \text{ cm}$
Digunakan jarak stud = 11,5 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 = 32 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{375}{32} = 11,719 \text{ cm} \approx 11,5 \text{ cm} .$$

(Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.295)

4.3 Perhitungan Gelagar Induk

4.3.1 Pembebanan Gelagar Induk

A. Beban mati

- Berat sendiri gelagar Induk, gelagar Memanjang, gelagar Melintang, ikatan angin dan pengaku melintang. Didalam menghitung berat sendiri penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).
- Berat lantai kendaraan, (faktor beban = 1,3), karena suda menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1,3 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 G_1 &= (q^u \times b \times L) \quad b = \text{lebar lantai kendaraan} \\
 &= 1034,928 \times 6 \times 100 \\
 &= 620956,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat lantai Trotoar, (faktor beban = 1,3), karena suda menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1,3 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 G_2 &= (q^u \times (2 \times b) \times L) \quad b = \text{lebar Trotoar} \\
 &= (1970,928 \times (2 \times 0,75) \times 100) \\
 &= 295639,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri pipa sandaran

Dipasang pipa Ø 73,3 mm ; ($q_u = 5,08$ kg/m), (faktor beban = 1,1)

$$\begin{aligned} G_3 &= (q_u \times n \times L \times 1,1) \quad n = \text{jumlah pipa sandaran} \\ &= (5,08 \times 2(2\text{bh pipa}) \times 100 \times 1,1) \times 2(\text{pipa kiri dan kanan}) \\ &= 2235,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi berat total beban mati yang bekerja :

$$\begin{aligned} G^u_{\text{total}} &= G_2 + G_3 + G_4 \\ &= 620956,8 + 295639,2 + 2235,2 \\ &= 918831,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned} G &= \frac{G_{\text{total}}}{2} \quad (2 \text{ adl jmlh g. Induk}) \\ &= \frac{918831,2}{2} \\ &= 459415,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban mati ,yang diterima tiap titik buhul :

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{G}{20} \\ &= \frac{459415,6}{20} \\ &= 22970,780 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

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

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

Beban lajur “D”

1. Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1,8

$$L = 100 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{100} \right) = 5,85 \text{ Kpa} \\
 &= 585 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } q' &= q \times K(\text{factor}) \\
 &= 585 \times 1,8 \\
 &= 1053 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban 100 \%} \rightarrow q &= \frac{1053}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \\
 &= 2106 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban 50 \%} \rightarrow q &= \frac{1053}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 50\% \\
 &= 95,727 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \frac{Q_{total}^u}{2} \times L \\
 &= \frac{(2106 + 95,727)}{2} \times 100 \\
 &= 110086,364 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned}
 Q^u &= \frac{Q_t}{20} \\
 &= \frac{110086,364}{20} \\
 &= 5504,318 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

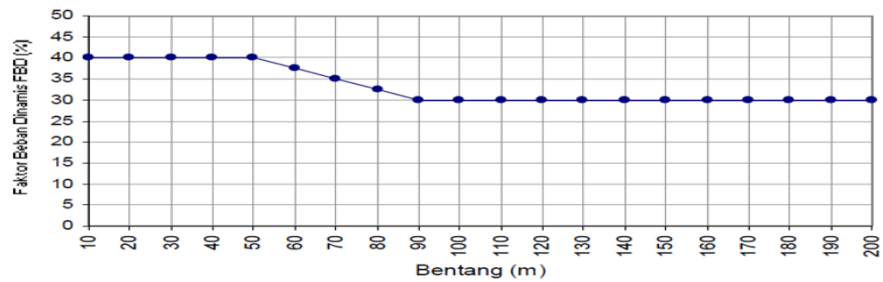
$$\begin{aligned}
 Q^u &= \frac{Q_t}{2} \\
 &= \frac{5504,318}{2} \\
 &= 2752,159 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1,8

Bentang jembatan 100 meter per bentang dengan factor beban dinamis

FBD = 0,3



Gambar 4.45 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

beban garis diambil sebesar $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$, dengan lebar lantai kendaraan 6 m dibagi menjadi 2 jalur.

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

$$= 1 + 0,3$$

$$= 1,3$$

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

$$P'' = 4900 \times 1,8$$

$$P'' = 8820 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = \frac{8820}{2,75} \times 1,3 \times 100\% = 4169,455 \text{ kg/m}$$

$$P_2^u = \frac{8820}{2,75} \times 1,3 \times 50\% = 2084,727 \text{ kg/m}$$

C. Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005,hal 27. Beban hidup trotoir diambil sebesar

5 kPa = 500 kg/m² dengan lebar lantai trotoar = 0,75 meter.

$$P = 500 \times 0,75 \times 100 \times 2 \times 1,8$$

$$P = 135000 \text{ kg}$$

Beban hidup trotoar yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned} P &= \frac{P_{\text{total}}}{2} \\ &= \frac{135000}{2} \\ &= 67500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_{\text{tengah}} &= \frac{P}{20} \\ &= \frac{67500}{20} \\ &= 3375 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned} P_{\text{tepi}} &= \frac{P_{\text{tengah}}}{2} \\ &= \frac{3375}{2} \\ &= 1687,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

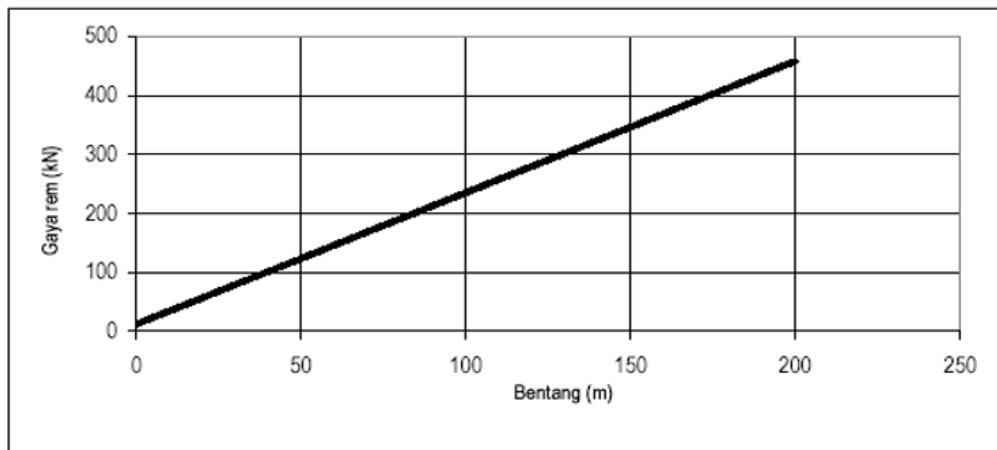
D. Gaya rem

(Faktor beban = 1.8)

Panjang jembatan = 100 meter

Berdasarkan gambar 3.17 untuk jembatan dengan bentang $L = 100$ m,

maka gaya rem sebesar $= 235 \text{ kN} = 23500 \text{ kg}$



Gambar 4.46 Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)

(sumber : SNI T – 02 2005, Halaman 26)

– Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$\begin{aligned}
 P_R &= \frac{P}{2} \times 1,8 \\
 &= \left(\frac{23500}{2} \right) \times 1,8 \\
 &= 21150 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} P_1^U &= \frac{P_R}{12} \\ &= \frac{21150}{20} \\ &= 1057,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned} P_2^U &= \frac{P_1^U}{2} \\ &= \frac{1057,5}{2} \\ &= 528,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

E. Beban Angin

Pada sisi kendaraan yang terkena angin

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (\text{KN})$$

Pada sisi rangka yang terkena angin

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (\text{KN})$$

Dimana :

V_w = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau .(30 m/dtk)

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

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

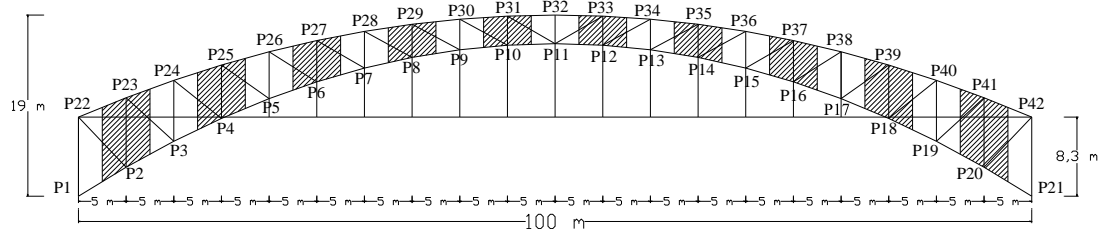
Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang massif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan, karena jembatan rangka luas ekuivalen dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang-batang terluar.

Beban angin jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana :

Tabel 4.6 Kecepatan angin 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

Luas beban tekanan angin



Gambar 4.47 Luas beban yang terkena angin

Luas Area yang terkena angin dihitung menggunakan program bantu autocad

Tabel 4.7 Luas bidang yang terkena angin

AREA	LUAS (M ²)	AREA	LUAS (M ²)
P1 = P22	20.1187	P12 = P33	15.3188
P2 = P23	36.5188	P13 = P34	16.1187
P3 = P24	32.0188	P14 = P35	17.4625
P4 = P25	28.0625	P15 = P36	19.3187
P5 = P26	24.6188	P16 = P37	21.7125
P6 = P27	21.7125	P17 = P37	24.6188
P7 = P28	19.3187	P18 = P39	28.0625
P8 = P29	17.4625	P19 = P40	32.0188
P9 = P30	16.1187	P20 = P41	36.5188
P10 = P31	15.3188	P21 = P42	20.1187
P11 = P32	15.0625		

Total luas bidang yang terkena angin adalah : 477,600 m² (Ab)

$$\begin{aligned}
 \text{Tew}_1 &= 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times (30)^2 \times (13,716 \times 3) \\
 &= 53,328 \text{ kN} \\
 &= 5332,781 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tew}_2 \text{ (p1=p22)} &= 0,006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30 \% \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times (30)^2 \times 20,1187 \times 0,3 \\
 &= 3,911 \text{ kN} \\
 &= 391,108 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$= -VA \times 7,5 + Tew1 \times 1,5 + Tew2 \times \frac{1}{2} \times 8,3$$

$$7,5 VA = 5332,781 \times 1,5 + 391,108 \times 4,15$$

$$7,5 VA = 9622,267$$

$$VA(P1=P22) = 1282.969 \text{ kg}$$

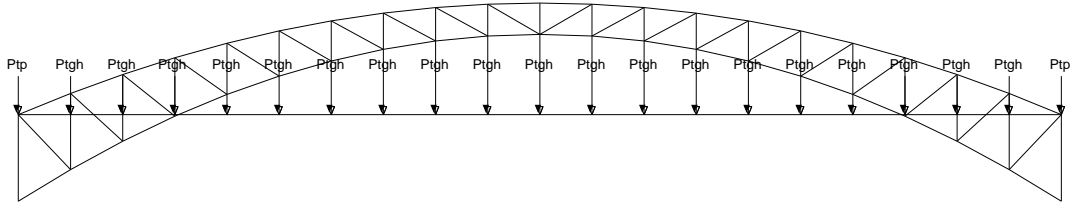
Untuk perhitungan Tew2 dan RVA dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4.8 Perhitungan TEW2 dan RVA

AREA	LUAS (Ab) m ²	cw	Vw ² (30 m/s)	h (m)	Tew2 (kg)	RVA (kg)
P1	20.119	1.2	900	8.3	391.108	1282.969
P2	36.519	1.2	900	7.29	709.925	1411.580
P3	32.019	1.2	900	6.39	622.445	1331.718
P4	28.063	1.2	900	5.6	545.535	1270.223
P5	24.619	1.2	900	4.91	478.589	1223.214
P6	21.713	1.2	900	4.33	422.091	1188.400
P7	19.319	1.2	900	3.85	375.556	1162.949
P8	17.463	1.2	900	3.48	339.471	1145.313
P9	16.119	1.2	900	3.21	313.348	1133.613
P10	15.319	1.2	900	3.05	297.797	1127.108
P11	15.063	1.2	900	3	292.815	1125.119
P12	15.3188	1.2	900	3.05	297.797	1127.108
P13	16.1187	1.2	900	3.21	313.348	1133.613
P14	17.4625	1.2	900	3.48	339.471	1145.313
P15	19.3187	1.2	900	3.85	375.556	1162.949
P16	21.7125	1.2	900	4.33	422.091	1188.4
P17	24.6188	1.2	900	4.91	478.589	1223.214
P18	28.0625	1.2	900	5.6	545.535	1270.223
P19	32.0188	1.2	900	6.39	622.445	1331.718
P20	36.5188	1.2	900	7.29	709.925	1411.58
P21	20.119	1.2	900	8.3	391.108	1282.969
P22	20.1187	1.2	900	8.3	391.108	1282.969
P23	36.5188	1.2	900	7.29	709.925	1411.58
P24	32.0188	1.2	900	6.39	622.445	1331.718
P25	28.0625	1.2	900	5.6	545.535	1270.223
P26	24.6188	1.2	900	4.91	478.589	1223.214
P27	21.7125	1.2	900	4.33	422.091	1188.4
P28	19.3187	1.2	900	3.85	375.556	1162.949
P29	17.4625	1.2	900	3.48	339.471	1145.313
P30	16.1187	1.2	900	3.21	313.348	1133.613
P31	15.3188	1.2	900	3.05	297.797	1127.108
P32	15.0625	1.2	900	3	292.815	1125.119
P33	15.3188	1.2	900	3.05	297.797	1127.108
P34	16.1187	1.2	900	3.21	313.348	1133.613
P35	17.4625	1.2	900	3.48	339.471	1145.313
P36	19.3187	1.2	900	3.85	375.556	1162.949
P37	21.7125	1.2	900	4.33	422.091	1188.4
P38	24.6188	1.2	900	4.91	478.589	1223.214
P39	28.0625	1.2	900	5.6	545.535	1270.223
P40	32.0188	1.2	900	6.39	622.445	1331.718
P41	36.5188	1.2	900	7.29	709.925	1411.58
P42	20.1187	1.2	900	8.3	391.108	1282.969

- **Statika**

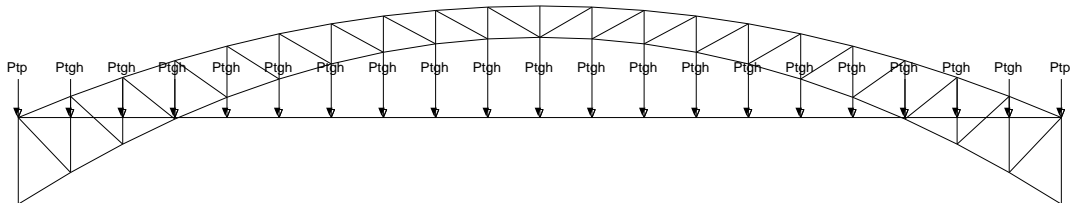
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{tepi} = 11485,390 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 22970,780 \text{ kg}$$

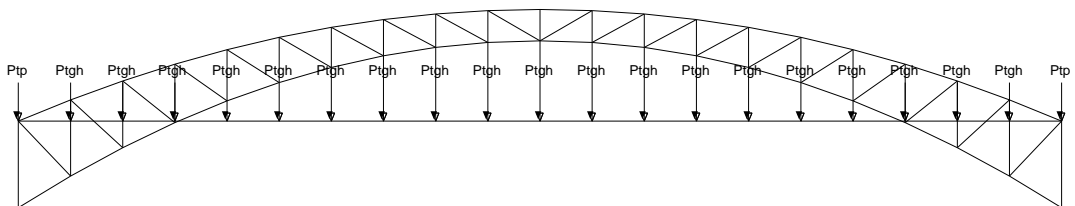
B. Skema pembebanan akibat beban hidup "D"



$$P_{tepi} \text{ (BTR)} = 2752,159 \text{ kg} \quad P_{tepi} \text{ (BGT)} = 2084,727 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} \text{ (BTR)} = 5504,318 \text{ kg} \quad P_{tengah} \text{ (BGT)} = 4169,455 \text{ kg}$$

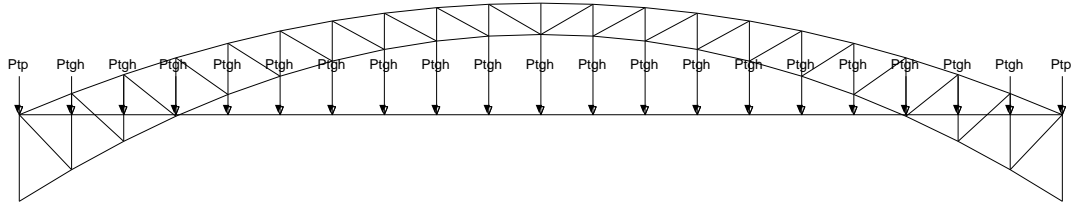
C. Skema pembebanan akibat beban hidup trotoar



$$P_{tepi} = 1687,5 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 3375 \text{ kg}$$

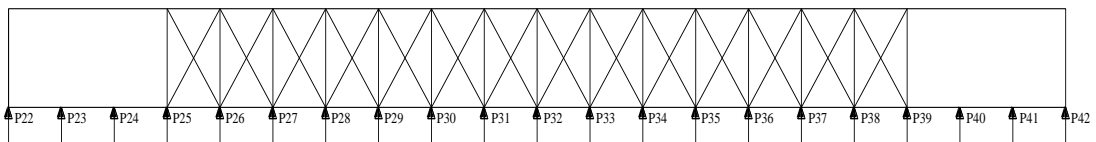
D. Skema pembebanan akibat gaya rem



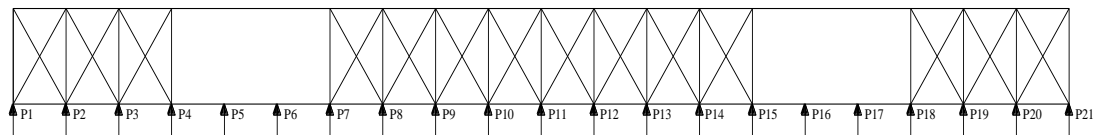
$$P_{\text{tepi}} = 528,75 \text{ kg}$$

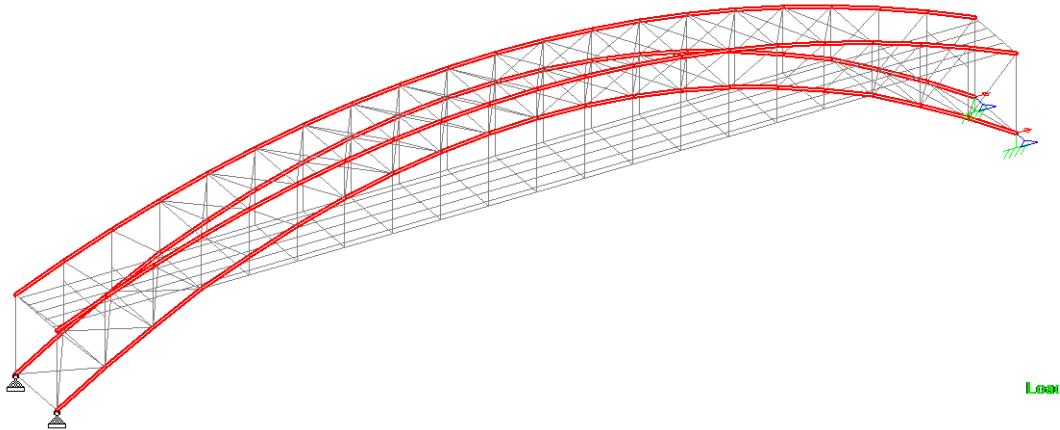
$$P_{\text{tengah}} = 1057,5 \text{ kg}$$

E. Skema pembebanan akibat beban angin atas



Skema pembebanan akibat beban angin bawah





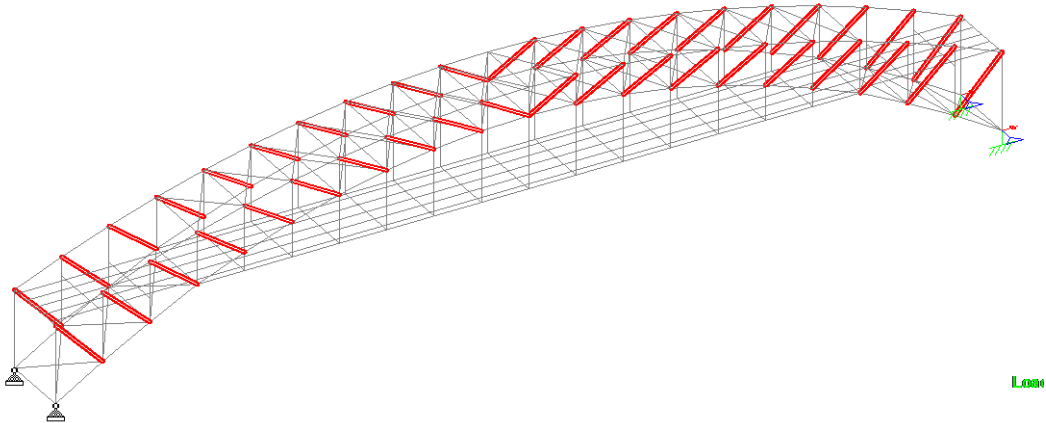
Tabel 4.9 Gelagar Induk Batang Pelengkung (WF 458x417x30x50)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)	No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
1	Tekan	28016.59	83	Tekan	259382.32
2	Tarik	2240.29	84	Tekan	993233.27
5	Tarik	312771.98	85	Tekan	993172.62
6	Tarik	312004.61	86	Tekan	272817.40
12	Tarik	658953.96	87	Tekan	272842.45
13	Tarik	658762.37	94	Tekan	950161.61
31	Tekan	99525.24	95	Tekan	950098.08
34	Tekan	98868.70	105	Tekan	907441.28
35	Tekan	341391.90	106	Tekan	907387.40
38	Tekan	340607.07	107	Tekan	871516.59
49	Tekan	127435.05	108	Tekan	871477.36
50	Tekan	127535.45	109	Tekan	848863.36
51	Tekan	675353.07	110	Tekan	848842.85
52	Tekan	675771.56	111	Tekan	819548.91
64	Tekan	165455.63	112	Tekan	819549.80
65	Tekan	165549.41	481	Tekan	27824.07
66	Tekan	1075030.00	482	Tarik	2234.12
67	Tekan	1074770.00	485	Tarik	313858.09
70	Tekan	199932.84	486	Tarik	311984.14
71	Tekan	200021.77	492	Tarik	658639.03
74	Tekan	1035830.00	493	Tarik	658726.22
75	Tekan	1035770.00	511	Tekan	99214.47
78	Tekan	233577.55	514	Tekan	98922.56
79	Tekan	233646.83	515	Tekan	342555.94
82	Tekan	259332.31	518	Tekan	340605.23

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
529	Tekan	127367.30
530	Tekan	127596.35
531	Tekan	675232.82
532	Tekan	675762.70
544	Tekan	165377.47
545	Tekan	165617.01
546	Tekan	1075550.00
547	Tekan	1074750.00
550	Tekan	199882.90
551	Tekan	200099.35
554	Tekan	1036010.00
555	Tekan	1035750.00
558	Tekan	233554.50
559	Tekan	233731.38
562	Tekan	259338.38
563	Tekan	259465.15
564	Tekan	989190.85
565	Tekan	988924.17
566	Tekan	272345.31
567	Tekan	272412.21
574	Tekan	950307.40
575	Tekan	950069.00
585	Tekan	907551.91
586	Tekan	907359.02
587	Tekan	871592.47
588	Tekan	871455.25
589	Tekan	848906.48
590	Tekan	848834.58
591	Tekan	819562.70
592	Tekan	819561.60

$F_x \text{ Max Tekan (546)} = 1075550.00 \text{ kg}$

$F_x \text{ Max Tarik (12)} = 658953.96 \text{ kg}$

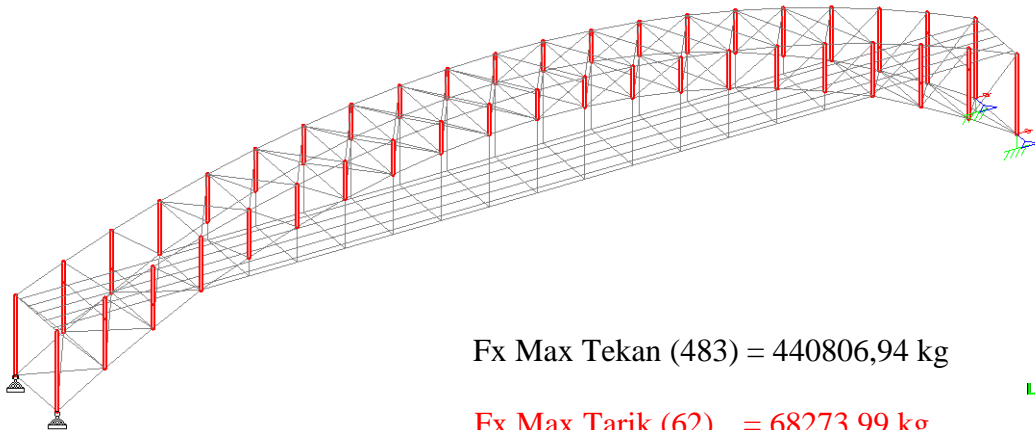


Tabel 4.10 Gelagar Induk Batang Diagonal (WF 458x417x30x50)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)	No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
7	Tarik	394679.920	523	Tarik	492367.430
10	Tarik	393822.070	537	Tekan	31835.065
15	Tarik	432175.100	538	Tekan	31425.701
16	Tarik	434817.300	548	Tekan	45624.801
42	Tarik	490933.410	549	Tekan	45640.401
43	Tarik	492377.790	556	Tekan	45353.052
57	Tekan	31559.237	557	Tekan	45325.586
58	Tekan	31416.881	568	Tekan	46589.392
68	Tekan	45637.367	569	Tekan	46541.578
69	Tekan	45631.495	572	Tekan	41316.571
76	Tekan	45316.754	573	Tekan	41257.084
77	Tekan	45319.166	578	Tekan	29503.274
88	Tekan	46552.896	579	Tekan	29431.488
89	Tekan	46539.686	582	Tekan	40995.299
92	Tekan	41280.321	583	Tekan	40915.404
93	Tekan	41261,801			
98	Tekan	29468.628			
99	Tekan	29444.872			
102	Tekan	40963.704			
103	Tekan	40936.325			
487	Tarik	396142.790			
490	Tarik	393814.030			
495	Tarik	431530.310			
496	Tarik	434808.340			
522	Tarik	491433.810			

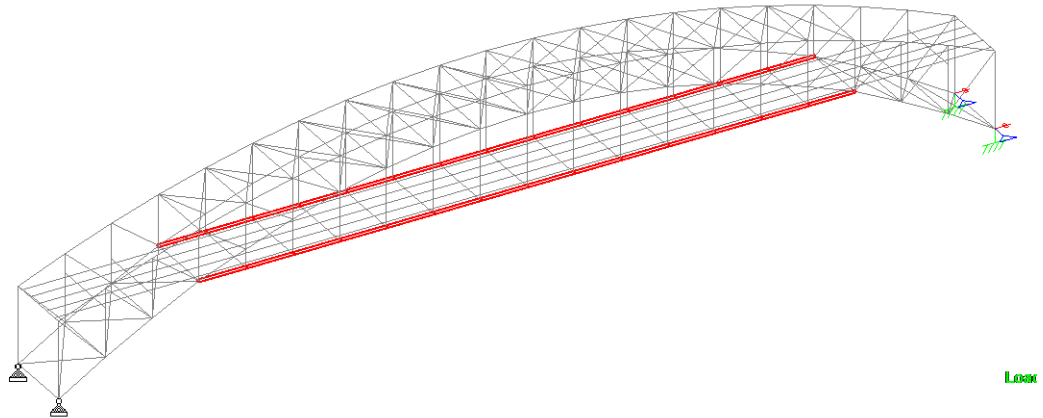
F_x Max Tekan (568) = 46589,392 kg

F_x Max Tarik (43) = 492377,790 kg



Tabel 4.11 Gelagar Induk Batang Vertikal (WF 458x417x30x50)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)	No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
3	Tekan	440558.93	483	Tekan	440806.94
4	Tekan	440529.55	484	Tekan	440520.24
8	Tekan	432420.17	488	Tekan	434280.95
9	Tekan	431325.97	489	Tekan	431317.65
11	Tekan	432970.36	491	Tekan	432167.38
14	Tekan	433592.89	494	Tekan	433584.23
36	Tekan	398057.80	516	Tekan	397128.65
37	Tekan	398606.79	517	Tekan	398598.43
41	Tekan	400387.26	521	Tekan	400710.38
44	Tekan	400107.32	524	Tekan	399547.92
47	Tarik	64413.96	527	Tarik	64774.93
48	Tarik	64246.28	528	Tarik	64247.61
62	Tarik	68273.99	542	Tarik	67865.09
63	Tarik	68271.22	543	Tarik	67884.65
72	Tarik	67518.62	552	Tarik	67420.85
73	Tarik	67514.67	553	Tarik	67385.76
80	Tarik	62276.78	560	Tarik	62174.63
81	Tarik	62266.97	561	Tarik	62137.29
90	Tarik	57342.13	570	Tarik	57005.26
91	Tarik	57329.26	571	Tarik	56963.05
96	Tarik	48096.91	576	Tarik	47566.69
97	Tarik	48082.43	577	Tarik	47522.62
100	Tarik	46590.60	580	Tarik	45990.66
101	Tarik	46575.48	581	Tarik	45946.50
104	Tarik	42311.54	584	Tarik	41745.81

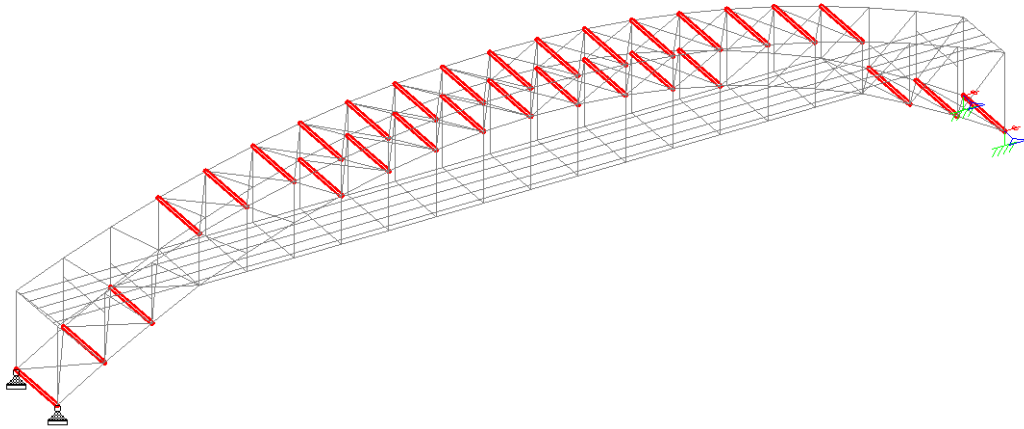


Tabel 4.12 Gelagar Induk Batang Horizontal (WF 458x417x30x50)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
17	Tarik	1005630
18	Tarik	971783
19	Tarik	953608
20	Tarik	941983
21	Tarik	934441
22	Tarik	929794
23	Tarik	927564
24	Tarik	927561
25	Tarik	929787
26	Tarik	934430
27	Tarik	941966
28	Tarik	953584
29	Tarik	971751
30	Tarik	1005540
497	Tarik	1005610
498	Tarik	971763
499	Tarik	953589
500	Tarik	941964
501	Tarik	934424
502	Tarik	929779
503	Tarik	927550
504	Tarik	927550
505	Tarik	929779
506	Tarik	934423
507	Tarik	941962

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
508	Tarik	953582
509	Tarik	971752
510	Tarik	1005550

$F_x \text{ Max Tarik (17)} = 1005630,00 \text{ kg}$



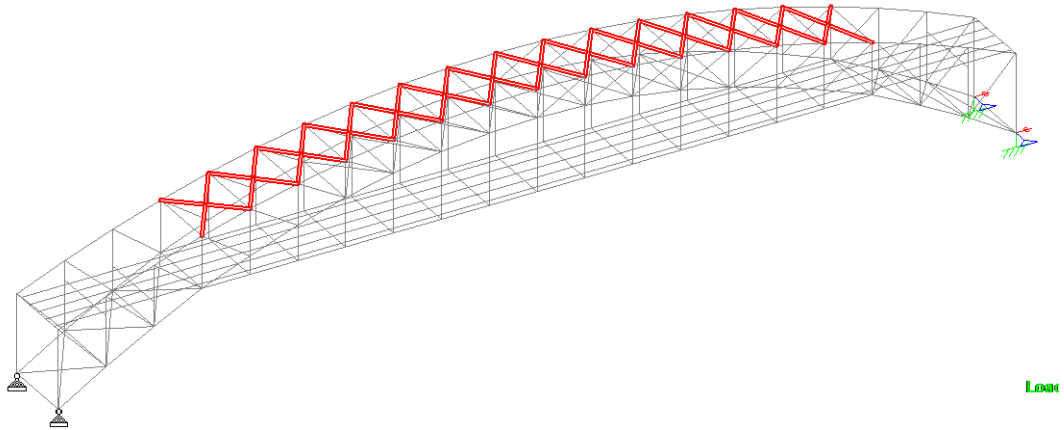
Tabel 4.13 Gelagar Melintang (Pengaku) (WF 150x150x7x11)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
272	Tekan	0
273	Tekan	0
274	Tekan	1745.495
275	Tekan	1850.832
276	Tekan	12707.41
277	Tekan	12697.203
298	Tarik	2739.329
299	Tarik	2749.985
300	Tarik	14869.35
301	Tarik	14868.653
302	Tarik	2997.591
303	Tarik	2993.754
304	Tarik	16442.795
305	Tarik	16439.674
306	Tarik	4018.186
307	Tarik	4021.553
308	Tarik	4091.783
309	Tarik	4092.521
310	Tarik	4163.391
311	Tarik	17453.572
312	Tarik	17451.065
313	Tarik	15634.663
314	Tarik	15632.227
315	Tarik	15026.126
316	Tarik	15024.21

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
317	Tarik	14415.11
318	Tarik	14413.924
319	Tarik	13891.158
320	Tarik	13890.926
321	Tarik	13625.027

Fx Max Tekan (276) = 12707,41 kg

Fx Max Tarik (311) = 17353,572 kg

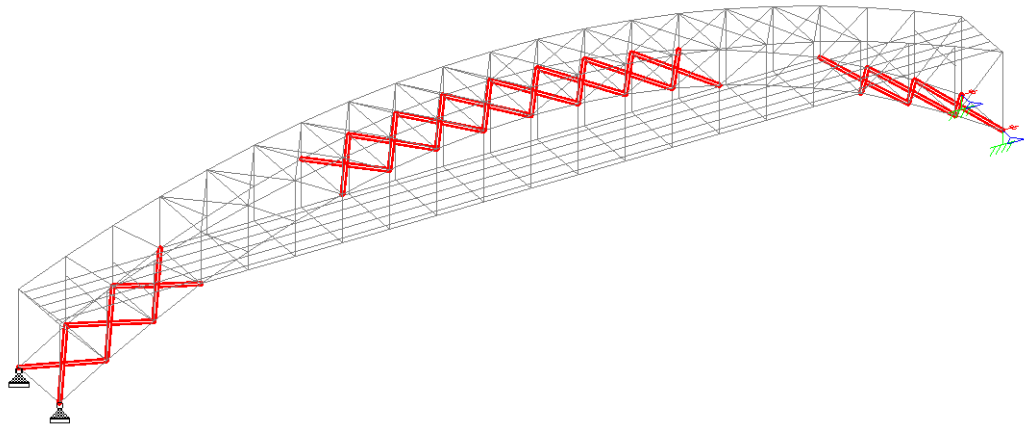


Tabel 4.14 Ikatan Angin Atas (L 150x150x12)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)	No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
189	Tekan	16506.88	229	Tekan	8234.457
190	Tekan	15654.24	230	Tekan	8232.867
195	Tekan	12913.36	377	Tekan	16492.17
196	Tekan	15318.28	378	Tekan	15627.77
199	Tekan	10732.41	383	Tekan	16184.81
200	Tekan	10821.77	384	Tekan	15344.66
209	Tekan	10672.83	387	Tekan	10805.46
210	Tekan	10670.39	388	Tekan	10803.1
211	Tekan	9851.157	397	Tekan	10689.61
212	Tekan	9851.48	398	Tekan	10689.09
213	Tekan	9712.024	399	Tekan	9838.75
214	Tekan	9708.352	400	Tekan	9835.126
215	Tekan	9463.092	401	Tekan	9724.452
216	Tekan	9463.616	403	Tekan	9453.596
217	Tekan	9352.725	404	Tekan	9450.621
218	Tekan	9349.753	405	Tekan	9362.234
219	Tekan	8913.859	406	Tekan	9362.753
220	Tekan	8914.578	407	Tekan	8907.702
221	Tekan	8834.533	408	Tekan	8904.843
222	Tekan	8831.788	409	Tekan	8840.7
223	Tekan	8675.798	410	Tekan	8841.526
224	Tekan	8677.061	411	Tekan	8672.775
225	Tekan	8627.979	412	Tekan	8670.492
226	Tekan	8625.696	413	Tekan	8631.01
227	Tekan	8249.728	414	Tekan	8632.27
228	Tekan	8251.76	415	Tekan	8249.865

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
416	Tekan	8248.33
417	Tekan	8234.326
418	Tekan	8236.304

Fx Max Tekan (189) = 16506,88 kg



Tabel 4.15 Ikatan Angin Bawah (L 130x130x12)

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)	No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
175	Tekan	4863.61	206	Tekan	2598.26
176	Tekan	524.07	207	Tekan	2634.67
177	Tekan	4665.16	208	Tekan	2572.8
178	Tekan	273.945	363	Tekan	4830.84
179	Tekan	5208.82	364	Tekan	475.303
180	Tarik	3684.84	365	Tekan	4697.89
181	Tekan	5360.98	366	Tekan	322.639
182	Tarik	3842.74	367	Tekan	5167.35
183	Tekan	13109.78	368	Tarik	3653.76
184	Tarik	9242.92	369	Tekan	5402.49
185	Tekan	13073.6	370	Tarik	3873.83
186	Tarik	9030.71	371	Tekan	13076.4
187	Tekan	5721.72	372	Tarik	9222.94
188	Tekan	2880.83	373	Tekan	13076.3
191	Tekan	5543.85	374	Tarik	9054.11
192	Tekan	2712.05	375	Tekan	5716.35
193	Tekan	2356.32	376	Tekan	2857.26
194	Tekan	2360.46	379	Tekan	5549.3
197	Tekan	2254.84	380	Tekan	2735.54
198	Tekan	2254.83	381	Tekan	2348.19
201	Tekan	2857.04	382	Tekan	2348.15
202	Tekan	2453.58	385	Tekan	2262.95
203	Tekan	2792.55	386	Tekan	2267.16
204	Tekan	2384.03	389	Tekan	2854.41
205	Tekan	2653.56	390	Tekan	2443.9

No. Batang	Critical	Gaya Aksial (kg)
391	Tekan	2795.19
392	Tekan	2393.72
393	Tekan	2654.75
394	Tekan	2592.96
395	Tekan	2633.48
396	Tekan	2578.11

Fx Max Tekan (183) = 13109,78 kg

Fx Max Tarik (184) = 9242,92 kg

4.3.2 Perhitungan Dimensi Profil Baja

A. Gelagar Induk

- **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Pelengkung (Batang 546)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18.8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10.7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 5,253 \text{ m} = 525,282 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 1075550 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528,6}} = 18,809 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{60500}{770,1}} = 10,698 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 525,282 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 4100 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 525,282}{10,698} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 0,691 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= (0,658^{0,691^2}) \cdot 4100 \\ &= 3357,445 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 3357,445 \cdot 528,6 \geq 1075550 \text{ kg}$$

$$1508533,797 \text{ kg} > 1075550 \text{ kg (profil aman)}$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Diagonal (Batang 568)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18.8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10.7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 5,608 \text{ m} = 560,817 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 46589,392 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528,6}} = 18,809 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{94400}{770,1}} = 10,698 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λc)

$$\lambda c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 560,817 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 4100 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 560,817}{10,698} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 0,738 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\lambda c \leq 1,5 \quad \rightarrow \quad F_{cr} = (0,658^{\lambda c^2}) \cdot F_y$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= (0,658^{0,738^2}) \cdot 4100 \\ &= 3264,911 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 3264,911 \cdot 528,6 \geq 46589,392 \text{ kg}$$

$$1466957,017 \text{ kg} \geq 46589,392 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Vertikal (Batang 483)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 8,3 \text{ m} = 830 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 440806,940 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187000}{528,6}} = 18,809 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{94400}{770,1}} = 10,698 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 830 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 3600 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja $2,1 \times 10^6$ kg/cm² = $2,1 \times 10^5$ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 830}{10,698} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,092 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{1,092^2}) \cdot 4100$$

$$= 2489,606 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 2489,606 \cdot 528,6 \geq 440806,940 \text{ kg}$$

$$1118604,775 \text{ kg} \geq 440806,940 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Ikatan Angin Atas (Batang 189)**

Dimensi Batang Profil L 150x150x12

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 27,3 \text{ kg/m} \quad I_x = 4,61 \text{ cm}$$

$$A_g = 34,77 \text{ cm}^2 \quad I_y = 4,61 \text{ cm}$$

$$I_x = 740 \text{ cm}^4 \quad I_x = 68,2 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 740 \text{ cm}^4 \quad I_y = 68,2 \text{ cm}^3$$

$$L = 4,56 \text{ m} = 456,021 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 16506,879 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{740}{34,77}} = 4.613 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{740}{34,77}} = 4.613 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 456,021 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 4100 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2.E}} \\ &= \frac{1 \times 456,021}{4,61} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} \\ &= 1,392 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{1,392^2}) \cdot 4100$$

$$= 1822,095 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1822,095 \cdot 34,77 \geq 16506,879 \text{ kg}$$

$$53851,113 \geq 16506,879 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Ikatan Angin Bawah (Batang 183)**

Dimensi Batang Profil L 130x130x12

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 23,4 \text{ kg/m} \quad I_x = 3,96 \text{ cm}$$

$$A_g = 29,76 \text{ cm}^2 \quad I_y = 3,96 \text{ cm}$$

$$I_x = 467 \text{ cm}^4 \quad I_x = 50,4 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 467 \text{ cm}^4 \quad I_y = 50,4 \text{ cm}^3$$

$$L = 4,664 \text{ m} = 466,396 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 13109,784 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{467}{29,76}} = 3,961 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{467}{29,76}} = 3,961 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 466,396 cm

ry = radius girasi arah sumbu y

rx = radius girasi arah sumbu x

Fy = tegangan leleh baja 4100 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 466,396}{3,96} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} = 1,657 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (Fcr)

$$\lambda_c \geq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \frac{0,887}{1,657^2} \cdot 4100$$

$$= 1323,985 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 1323,985 \cdot 34,77 \geq 13109,784 \text{ kg}$$

$$33491,5156 \geq 13109,784 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

➤ **Perencanaan Dimensi Batang Tekan Melintang (Batang 276)**

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x1

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 31,5 \text{ kg/m} \quad r_x = 6,39 \text{ cm}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2 \quad r_y = 3,75 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 219 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 75,1 \text{ cm}^3$$

$$L = 7,50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

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

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 12707,405 \text{ kg}$

- Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{1640}{40,14}} = 6,392 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{563}{40,14}} = 3,745 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 338})$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1

L = panjang batang yang ditinjau = 750 cm

r_y = radius girasi arah sumbu y

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = tegangan leleh baja 4100 kg/cm²

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja 2,1 x 10⁶ kg/cm² = 2,1 x 10⁵ Mpa

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \\ &= \frac{1 \times 750}{3,745} \sqrt{\frac{4100}{\pi^2 \cdot 2,1 \times 10^6}} = 2,818 \end{aligned}$$

- Menghitung tegangan kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \geq 1,5 \quad \rightarrow F_{cr} = \frac{0,887}{\lambda^2 C} \cdot F_y$$

$$F_{cr} = \frac{0,887}{2,818^2} \cdot 4100$$

$$= 457,942 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$\phi_c \cdot F_{cr} \cdot A_g \geq P_u$$

$$0,85 \cdot 457,942 \cdot 40,14 \geq 12707,405 \text{ kg}$$

$$15624,532 \text{ kg} \geq 12707,405 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Pelengkung (batang 12)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 5,608 \text{ m} = 560,817 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 658953,960 \text{ kg}$

$$\text{Lebar lubang baut} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 560,817 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{560,817}{10,7} = 52,413 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 528,6 - 4 \cdot (2,32 \cdot 5) \\ &= 482,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \\ F_y &= \text{tegangan leleh baja} \\ A_g &= \text{luas penampang bruto} \\ \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 \\ &= 1950534,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \end{aligned}$$

$$F_u = \text{tegangan tarik baja} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n$$

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 482,15)$$

$$= 1690538,438 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1690538,438 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1690538,438 \text{ kg} > 658953,960 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Diagonal (batang 43)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18.8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10.7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 6,311 \text{ m} = 631,051 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

$$492377,790 \text{ kg}$$

$$\text{Lebar lubang baut} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

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

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 631,051 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{631,051}{10,7} = 58,977 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})]$$

$$= 528,6 - 4 \cdot (2,32 \cdot 5)$$

$$= 482,15 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,9 untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 \\ &= 1950534,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 482,15) \\ &= 1690538,438 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1690538,438 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1690538,438 \text{ kg} > 492377,790 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Melintang (batang 311)**

Dimensi Batang Profil WF 150x150x7x11

Digunakan BJ-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 31,5 \text{ kg/m} \quad r_x = 6,39 \text{ cm}$$

$$A_g = 40,14 \text{ cm}^2 \quad r_y = 3,75 \text{ cm}$$

$$I_x = 1640 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 219 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 563 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 75,1 \text{ cm}^3$$

$$L = 7,50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 17453,572 \text{ kg}$

$$\text{Lebar lubang baut} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 750 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{750}{3,75} = 200 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})]$$

$$= 40,14 - 4 \cdot (2,32 \cdot 1,1)$$

$$= 29,921 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,9 untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\phi_t \cdot T_n = 0,9 \cdot 4100 \cdot 40,14$$

$$= 148116,6 \text{ kg}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 29,92)$$

$$= 104910,506 \text{ kg}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 104910,506 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$104910,506 \text{ kg} > 17453,572 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Vertikal (batang 62)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 415 \text{ kg/m} \quad r_x = 18.8 \text{ cm}$$

$$A_g = 528,6 \text{ cm}^2 \quad r_y = 10.7 \text{ cm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \quad Z_x = 8170 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \quad Z_y = 2900 \text{ cm}^3$$

$$L = 4,910 \text{ m} = 491 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 68273,990 \text{ kg}$

$$\text{Lebar lubang baut} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

$$L = \text{panjang batang yang ditinjau} = 491 \text{ cm}$$

$$r = \text{radius girasi terkecil}$$

$$\frac{L}{r} = \frac{491}{10,7} = 45,888 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 528,6 - 4 \cdot (2,32 \cdot 5) \\ &= 482,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,9 \text{ untuk keadaan batas leleh} \\ F_y &= \text{tegangan leleh baja} \\ A_g &= \text{luas penampang bruto} \\ \phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 \\ &= 1950534,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} \phi_t &= \text{factor resistensi} \\ &= 0,75 \text{ untuk keadaan batas retakan} \\ F_u &= \text{tegangan tarik baja} = 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ A_e &= \text{luas efektif penampang} = 0,85 \cdot A_n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 482,15) \\ &= 1690538,438 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1690538,438 \text{ kg}$$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1690538,438 \text{ kg} > 68273,990 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Ikatan Angin Bawah (batang 184)**

Dimensi Batang Profil L 130 x 130 x 12

Digunakan BJ-55, $F_y = 4100 \text{ kg/cm}$

$$G = 23,4 \text{ kg/m} \quad I_x = 3,96 \text{ cm}$$

$$A_g = 29,76 \text{ cm}^2 \quad I_y = 3,96 \text{ cm}$$

$$I_x = 467 \text{ cm}^4 \quad I_x = 50,4 \text{ cm}^3$$

$$I_y = 467 \text{ cm}^4 \quad I_y = 50,4 \text{ cm}^3$$

$$L = 4,664 \text{ m} = 466,396 \text{ cm}$$

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u = 9242,92 \text{ kg}$

$$\text{Lebar lubang baut} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$$

- Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300 \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, jilid I, 1992 hal. 92)

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 466,396 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{466,396}{3,96} = 117,777 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$A_n = A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})]$$

$$= 41,74 - 4 \cdot (2,32 \cdot 1,2)$$

$$= 18,61 \text{ cm}^2$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,9 untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\phi_t \cdot T_n = 0,9 \cdot 4100 \cdot 29,76$$

$$= 109814,4 \text{ kg}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$\phi_t \cdot T_n = 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 18,61)$

= 65258,325 kg

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$\phi_t \cdot T_n = 65258,325$ kg

Maka :

$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

65258,325 kg > 9242,9 kg (profil aman)

- **Perencanaan Dimensi Batang Tarik Horizontal (batang 17)**

Dimensi Batang Profil WF 458x417x30x50

Digunakan baja Bj-55, $F_y = 4100$ kg/cm

$G = 415$ kg/m $r_x = 18,8$ cm

$A_g = 528,6$ cm² $r_y = 10,7$ cm

$I_x = 187000$ cm⁴ $Z_x = 8170$ cm³

$I_y = 60500$ cm⁴ $Z_y = 2900$ cm³

$L = 5$ m = 500 cm

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor $P_u =$

1005630 kg

Lebar lubang baut = 2,22 + 0,1 = 2,32 cm

- Cek rasio kerampingan

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

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau = 491 cm

r = radius girasi terkecil

$$\frac{L}{r} = \frac{500}{10,7} = 46,729 \leq 300$$

- Menghitung luas nominal

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 4 \cdot [(\text{lebar lubang baut}) \cdot (\text{tebal flens})] \\ &= 528,6 - 4 \cdot (2,32 \cdot 5) \\ &= 482,15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan Desain Kekuatan Bahan Terdiri atas 2 kriteria, yaitu :

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,9 untuk keadaan batas leleh

F_y = tegangan leleh baja

A_g = luas penampang bruto

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 \\ &= 1950534,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Didasarkan pada retakan penampang bersih :

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

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi

= 0,75 untuk keadaan batas retakan

F_u = tegangan tarik baja = 5500 kg/cm²

A_e = luas efektif penampang = 0,85 . A_n

$$\begin{aligned}\phi_t \cdot T_n &= 0,75 \cdot 5500 \cdot (0,85 \cdot 482,15) \\ &= 1690538,438 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari hasil 2 kriteria diatas diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu

$$\phi_t \cdot T_n = 1690538,438 \text{ kg}$$

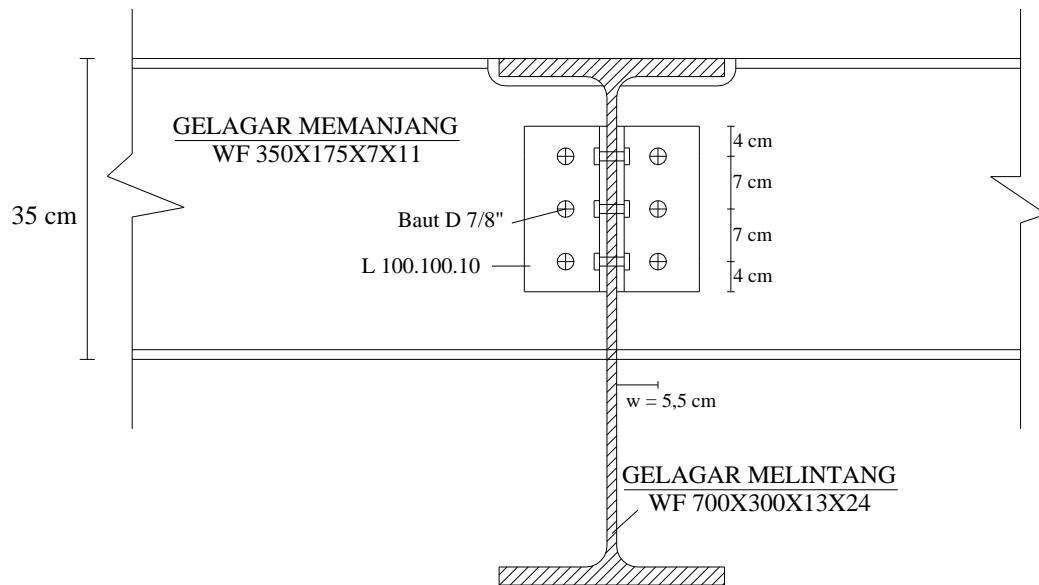
Maka :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u$$

$$1690538,438 \text{ kg} > 1005630 \text{ kg} \quad (\text{profil aman})$$

4.4 Perhitungan Sambungan

4.4.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8$ inch = 2,22 cm. kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150$ ksi = $10342,5$ N/mm² (1 ksi = $68,95$ kg/cm²).

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar memanjang adalah :

$$V_u = 11530 \text{ kg}$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,878 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Diameter lubang baut = $2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} &= 1,5(2,22) - 3(2,22) \\ &= 3,33 - 6,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3(2,22) - 7(2,22) \\ &= 6,66 - 15,54 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878 \\ &= 22558,034 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan tunggal, 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.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 1,3 \cdot 5500) \\ &= 28603,575 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 4100 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 208509,6 \text{ kg} > T_u = 11530 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= 11530 \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 11530 \cdot 5,5 \\ &= 63415 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : M_u = Momen Ultimate

$$R = \phi R_n \text{ (kekuatan desain yang menentukan)}$$

$$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 7 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.63415}{22558,034 \cdot 7}}$$

$$= 1,552 \approx 3 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$= \frac{11530/3}{0,75 \cdot 5500 \cdot 4}$$

$$= 0,233 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot R_n$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

R_{u_t} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{u_t} = \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{63415 \cdot 18}{(4^2 + 11^2 + 18^2)}$$

$$= 2476,074 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 22558,034 \text{ kg}$$

- Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{Pu}{n} = \frac{11530}{3}$$

$$= 3843,333 < \phi \cdot R_n = 31280,474 \text{ kg}$$

➤ Sambungan irisan ganda (pada gelagar memanjang)

➤ Kekuatan tarik desain (LRFD, hal : 100) :

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

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878$$

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

➤ Kekuatan geser desain :

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,878$$

$$= 31280,474 \text{ kg}$$

➤ Kekuatan tumpu desain :

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 1,0 cm (Salmon : 134).

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 0,7 \cdot 5500) \\ &= 15401,925 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 4100 \cdot (0,8 \cdot (35 - 2 \cdot 1,1)) \\ &= 64550,4 \text{ kg} > T_u = 11530 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 11530 \cdot 5,5 \\ &= 63415 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

R = ϕR_n (kekuatan desain yang menentukan)

P = Jarak minimum sumbu baut = 7 cm

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6.63415}{15401,925.7}} \\
 &= 1,879 \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\
 &= \frac{11530/3}{0,75.5500.4} \\
 &= 0,233 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :
 - Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t < \phi \cdot Rn \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain} \\
 \text{dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})
 \end{aligned}$$

Dimana :

$\phi \cdot Rn$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{63415.18}{(4^2 + 11^2 + 18^2)} \\
 &= 2476,074 \text{ kg} < \phi \cdot Rn = 22558,034 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

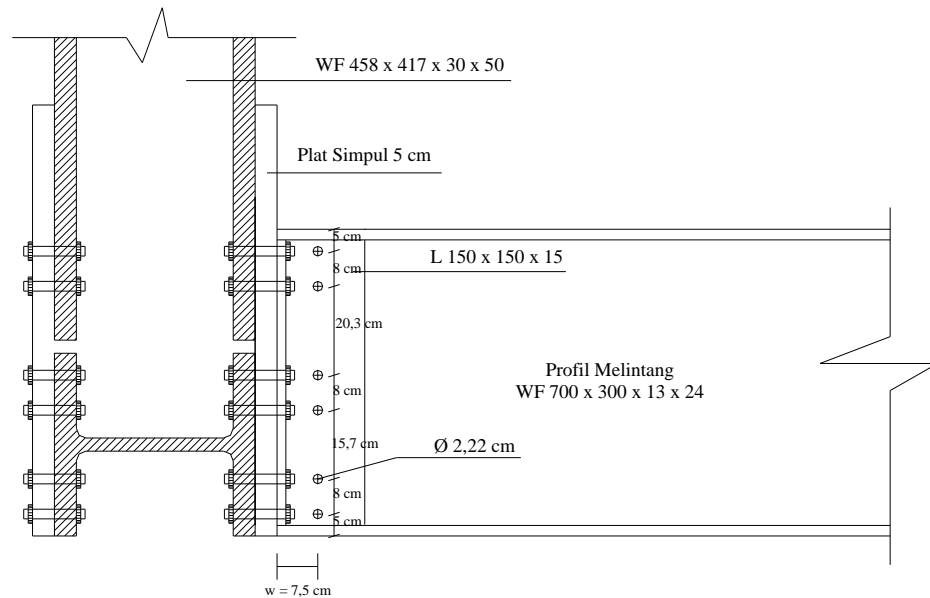
$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{Pu}{n}$$

$$= \frac{11530}{3}$$

$$= 3843,333 < \phi \cdot R_n = 31280,474\text{kg}$$

4.4.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk



Direncanakan menggunakan baut A490 dengan diameter, $D = 7/8$ inch = 2,22 cm. kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150$ ksi = $1034,25$ N/mm². (1 ksi = $68,95$ kg/cm²)

Jarak tepi baut $L = 1,5d - 3d$ dan jarak antar baut, $L = 3d - 7d$ (Ir. Sudirman Indra, Msc, Teori dan Penyelesaian Soal-soal Konstruksi Baja I, Hal 14) atau lebih besar dari pada yang dihitung dari persyaratan dan jarak minimum yang ditentukan oleh table 3.7. (C.G. Salmon, J.E. Johnson, Struktur Desain Baja dan Perilaku, Jilid I, 1992 : 136)

- Sambungan berdasarkan kekuatan batas / kapasitas penampang sehingga memungkinkan sambungan lebih kuat dari pada batang. Kuat geser gelagar melintang adalah :

$$V_u = 72663 \text{ kg} \quad (\text{gaya yang bekerja pada gelagar melintang})$$

- Luas Baut :

$$\begin{aligned} A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2,22^2 \\ &= 3,878 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Diameter lubang baut = $2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi baut} &= 1,5(2,22) - 3(2,22) \\ &= 3,33 - 6,66 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3(2,22) - 7(2,22) \\ &= 6,66 - 15,54 \text{ cm} \quad \text{diambil } L = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan irisan ganda (pada gelagar induk)

- Kekuatan tarik desain :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878 \\ &= 22558,034 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 2 karena merupakan sambungan irisan tunggal, 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 sayap gelagar induk yaitu 5 cm.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 5,0 \cdot 5500) \\ &= 110013,750 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$F_u = \text{Tegangan tarik putus} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 3600 \cdot (5 \cdot 41,7) \\ &= 512910 \text{ kg} > T_u = 72663 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas sayap gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 72663 \cdot 7,5 \\ &= 544972,5 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

dimana : M_u = Momen Ultimate

$$R = \phi R_n \text{ (kekuatan desain yang menentukan)}$$

$$P = \text{Jarak minimum sumbu baut} = 8 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}}$$

$$= \sqrt{\frac{6.399646,5}{22448,034 \cdot 8}}$$

$$= 4,257 \approx 6 \text{ buah}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$t = \frac{P}{\phi \cdot Fu \cdot L}$$

$$= \frac{72663/6}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5}$$

$$= 0,587 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.15

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$Ru_t < \phi \cdot Rn \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})$$

Dimana :

$\phi \cdot Rn$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$Ru_t = \frac{Mu \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$= \frac{544972,5 \cdot 65}{(5^2 + 13^2 + 28,7^2 + 36,7^2 + 57^2 + 65^2)}$$

$$= 3600,440 \text{ kg} < \phi \cdot Rn = 22558,034 \text{ kg}$$

- Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

$$R_{u_t} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_t} = \frac{Pu}{n}$$

$$= \frac{72663}{6}$$

$$= 12110,5 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 31280,474 \text{ kg}$$

➤ Sambungan irisan ganda (pada gelagar melintang)

➤ Kekuatan tarik desain :

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

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878$$

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

➤ Kekuatan geser desain :

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 2 \cdot 3,878$$

$$= 31280,474 \text{ kg}$$

➤ 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 :

$$\begin{aligned}T_n &= 0,60 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0,60 \cdot 4100 \cdot (1,3 \cdot (70 - 2 \cdot 2,4)) \\ &= 208509,600 \text{ kg} > T_u = 72663 \text{ kg}\end{aligned}$$

A_{ug} adalah luas badan gelagar yang bersangkutan.

- Momen ultimate :

$$\begin{aligned}M_u &= P_u \cdot w \quad (w = \text{jarak titik yang dilemahkan}) \\ &= 72663 \cdot 7,5 \\ &= 544972,5 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

- Jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{R \cdot P}} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain}$$

dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201)

dimana : M_u = Momen Ultimate

R = ϕR_n (kekuatan desain yang menentukan)

P = Jarak minimum sumbu baut = 8 cm

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6.544972,5}{22558,034 .8}} \\
 &= 4,257 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

- Ketebalan plat yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{P}{\phi.Fu.L} \\
 &= \frac{72663/6}{0,75.5500.5} \\
 &= 0,587 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 150.150.15

- Kontrol terhadap kekuatan desain antara geser dan tarik :

- Kekuatan tarik desain > beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t < \phi . Rn \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain} \\
 \text{dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 201})
 \end{aligned}$$

Dimana :

$\phi . Rn$ = kekuatan tarik desain yang menentukan

Ru_t = beban tarik terfaktor baut

$$\begin{aligned}
 Ru_t &= \frac{Mu.Y}{\sum Y^2} \\
 &= \frac{544972 .65}{(5^2 + 13^2 + 28,7^2 + 36,7^2 + 57^2 + 65^2)} \\
 &= 3600,440 \text{ kg} < \phi . Rn = 28603,575 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan geser desain > beban geser terfaktor baut

Syarat :

$$R_{u_v} < \phi \cdot R_n$$

$$R_{u_v} = \frac{Pu}{n}$$

$$= \frac{72663}{6}$$

$$= 12110,5 \text{ kg} < \phi \cdot R_n = 31280,474 \text{ kg}$$

4.4.3 Sambungan Gelagar Induk-Induk

- Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 2,22 \text{ cm}$

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 :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2,22^2 = 3,878 \text{ cm}^2$$

- Kekuatan geser desain

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1, karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \times (0,60 \times 10342,5) \times 1 \times 3,878 \\ &= 15640,237 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain

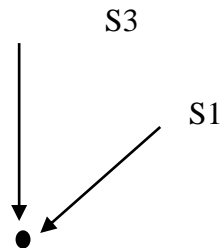
Tebal plat simpul = 5 cm

- $\varnothing_{\text{lubang baut}} = 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi \cdot R_n &= \phi \times (2,4 \times d \times t \times F_u) \quad \phi = 0,75 \quad F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 2,32 \times 5 \times 5500) \\ &= 114963,750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro

Join 2



• **Perhitungan sambungan**

$$S1 = 29079,932 \text{ kg}$$

$$S3 = 438086,531 \text{ kg}$$

➤ **Batang No 3 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS3 = \frac{438086,531}{15640,237} = 28,01 \text{ dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{438086,531/32}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,664 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 1 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS1 = \frac{29079,932}{15640,237} = 1,86 \text{ dipasang} = 8 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{29079,932/8}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,176 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 1**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 2,22 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 5 \times 96,953 = 484,763 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= (b - (n \times d)) \times t \\ &= (96,953 - (3 \times 2,32)) \times 5 \\ &= 449,925 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(96,953 \times 5 \times \frac{96,953}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 5,297) - (2,32 \times 5 \times 30,310) \\ (2,32 \times 5 \times 89,246)$$

$$449,925 \times Y_a = 22049,608$$

$$Y_a = \frac{22049,608}{449,925} = 49,007 \text{ cm}$$

$$Y_b = 96,953 - 49,007 = 47,945 \text{ cm}$$

- Batang No 1

$$P_1 = \frac{29079,932}{2} = 14539,966 \text{ kg}$$

$$D_1 = 14539,966 \cos 41^\circ$$

$$= 1097,452 \text{ kg}$$

$$N_1 = 14539,966 \sin 41^\circ$$

$$= 9539,076 \text{ kg}$$

- Batang No 3

$$P_3 = \frac{438086,531}{2} = 219043,266 \text{ kg}$$

$$D_3 = 219043,266 \cos 18^\circ$$

$$= 208322,525 \text{ kg}$$

$$N_3 = 219043,266 \sin 18^\circ$$

$$= 67688,092 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= D 1 + D 3 \\
 &= 1097,452 + 208322,525 \\
 &= 219295,977 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N 1 + N 3 \\
 &= 9539,076 + 67688,092 \\
 &= 77227,168 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D 3 \times Z 1) + (D 1 \times Z 2) \\
 &= (208322,525 \times 27,052) + (1097,452 \times 26,704) \\
 &= 5928663,717 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 96,953^2 = 7833,156 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{77227,168}{451,020} + \frac{5928663,717}{7833,156} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

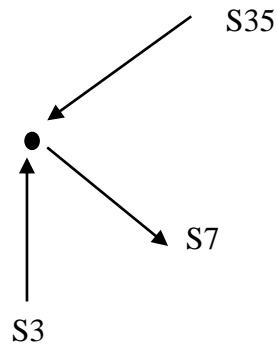
$$F_{cr} = 928,512 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{219295,977}{449,925} = 487,406 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{928,512^2 + 487,406^2} = 1048,666 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 3

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 3 = 438086,531\ \text{kg}$$

$$S\ 7 = 397008,563\ \text{kg}$$

$$S\ 35 = 350036,313\ \text{kg}$$

- **Batang No 3 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS3 = \frac{438086,531}{15640.237} = 28.01 \text{ dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333\ \text{cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{438086,531/32}{0,75.5500.5} = 0.677 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 9 cm

➤ **Batang No 7 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS7 = \frac{397008,563}{15640.237} = 25,38 \text{ dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{397008,563/28}{0,75.5500.5} = 0,687 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 7 cm

➤ **Batang No 35 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS24 = \frac{350036,313}{15640.237} = 22,38 \text{ dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 6 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{350036,313/28}{0,75.5500.5} = 0,606 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,22 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 10 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 3**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 104,136 = 520,680 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (104,136 - (2 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 474,230 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(104,136 \times 5 \times \frac{104,136}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 5,363) - (2,32 \times 5 \times 29,781) \\ - (2,32 \times 5 \times 63,305) - (2,32 \times 5 \times 99,797)$$

$$474,230 \times Y_a = 24808,645$$

$$Y_a = \frac{24808,645}{474,230} = 52,314 \text{ cm}$$

$$Y_b = 104,136 - 52,314 = 52,314 \text{ cm}$$

- Batang No 7

$$P_7 = \frac{397008,563}{2} = 198504,281 \text{ kg}$$

$$D_{17} = 198504,281 \cos 23^\circ$$

$$= 182724,154 \text{ kg}$$

$$N_7 = 198504,281 \sin 23^\circ$$

$$= 275785,321 \text{ kg}$$

- Batang No 3

$$P_3 = \frac{438086,531}{2} = 219043,266 \text{ kg}$$

$$D_3 = 219043,266 \cos 21^\circ$$

$$= 204494,505 \text{ kg}$$

$$N_3 = 219043,266 \sin 21^\circ$$

$$= 78498,086 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_7 + D_3$$

$$= 182724,154 + 204494,505$$

$$= 387218,660 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_7 - N_3$$

$$= 275785,321 - 78498,086$$

$$= 197287,235 \text{ kg}$$

➤ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} Mu &= (D3 \times Z1) - (D13 \times Z2) \\ &= (204494,505 \times 29,867) - (182724,154 \times 29,606) \\ &= 698003,968 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 104,136^2 = 9036,922 \text{ cm}$$

$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = \frac{197287,235}{474,230} + \frac{698003,968}{9036,922} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

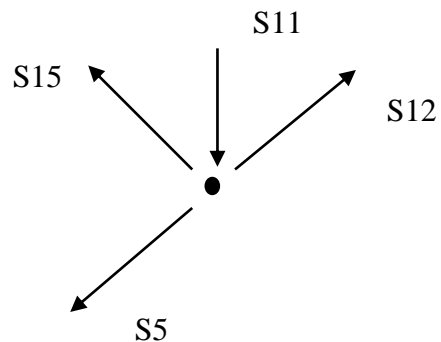
$$Fcr = 493,235 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{387218,660}{474,230} = 816,521 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$FR = \sqrt{493,235^2 + 816,521^2} = 953,943 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 23

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 5 = 309134,656\ \text{kg} \qquad S\ 12 = 654953,313\ \text{kg}$$

$$S\ 11 = 434373,656\ \text{kg} \qquad S\ 15 = 430577,281\ \text{kg}$$

- **Batang No 3**

- Menentukan jumlah baut

$$NS39 = \frac{309134,656}{15640.237} = 19,77 \text{ dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333\ \text{cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{309134,656/28}{0,75.5500.5} = 0,535 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 12 cm

➤ **Batang No 11**

- Menentukan jumlah baut

$$NS11 = \frac{434373,656}{15640.237} = 27,8 \text{ dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{434373,656/28}{0,75.5500.5} = 0,752 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 9 cm

➤ **Batang No 12**

- Menentukan jumlah baut

$$NS12 = \frac{654953,313}{15640,24} = 41,88 \text{ dipasang} = 44 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{654953,313/44}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,722 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 15**

- Menentukan jumlah baut

$$NS15 = \frac{430577,281}{15640.237} = 27,53 \text{ dipasang} = 28 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{302841,78/32}{0,75.5500.5} = 0,459 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 7 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 23**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 123,725 = 618,574 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (123,725 - (4 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 572,124 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(123,725 \times 5 \times \frac{123,725}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 5,589) - (2,32 \times 5 \times 18,316)$$

$$- (2,32 \times 5 \times 92,590) - (2,32 \times 5 \times 119,502)$$

$$572,124 \times Y_a = 35522,879$$

$$Y_a = \frac{35522,879}{572,124} = 62,089 \text{ cm}$$

$$Y_b = 123,715 - 62,089 = 43,147 \text{ cm}$$

- Batang No 11

$$P_{11} = \frac{434373,656}{2} = 217186,828 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{11} &= 217186,828 \cos 46^\circ \\ &= 150870,648 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{11} &= 217186,828 \sin 19^\circ \\ &= 156231,129 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Batang No 12

$$P_{12} = \frac{654953,313}{2} = 327476,656 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{12} &= 327476,656 \cos 15^\circ \\ &= 316318,160 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{12} &= 327476,656 \sin 15^\circ \\ &= 84757,195 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{11} + D_{12} \\ &= 150870,648 + 316318,160 \\ &= 467188,808 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u \text{ total} &= N_{11} - N_{12} \\ &= 156231,129 - 84757,195 \\ &= 71473,934 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} M_u &= (D_{11} \times Z_1) - (D_{12} \times Z_2) \\ &= (150870,648 \times 32,373) - (316318,160 \times 39,666) \\ &= 7662844,284 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 123,715^2 = 12754,460 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{71473,934}{725,725} + \frac{7662844,284}{12754,460} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

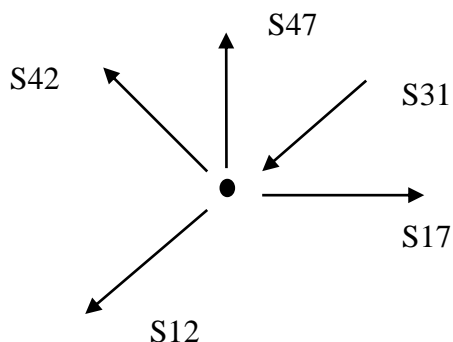
$$F_{cr} = 816,587 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{467188,808}{572,124} = 816,587 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{816,587^2 + 816,587^2} = 1092,470 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 35

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 12 = 654953,313\ \text{kg} \quad S\ 42 = 491251,844\ \text{kg}$$

$$S\ 17 = 980893,375\ \text{kg} \quad S\ 47 = 70421,984\ \text{kg}$$

$$S\ 31 = 54331,605\ \text{kg}$$

- **Batang No 12**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{12} = \frac{654953,313}{15640,237} = 41,88 \text{ dipasang} = 48 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333\ \text{cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{654953,313/48}{0,75.5500.5} = 0,662 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 17**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{17} = \frac{980893,375}{15640.237} = 62,72 \text{ dipasang} = 64 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{980893,375/64}{0,75.5500.5} = 0,743 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 9 cm

➤ **Batang No 31**

- Menentukan jumlah baut

$$NS31 = \frac{54331,605}{15640.24} = 3,47 \text{ dipasang} = 8 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{54331,605/8}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,329 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 42**

- Menentukan jumlah baut

$$NS42 = \frac{491251,844}{15640.237} = 31,41 \text{ dipasang} = 32 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 6 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{491251,844/32}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,744 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 10 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 35**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 95,221 = 618,574 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (95,221 - (4 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 418,041 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(95,221 \times 5 \times \frac{95,221}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 5,002) - (2,32 \times 5 \times 12,999)$$

$$- (2,32 \times 5 \times 28,694) - (2,32 \times 5 \times 60,951) - (2,32 \times 5 \times 83,276)$$

$$418,041 \times Y_a = 20450,376$$

$$Y_a = \frac{20450,376}{418,041} = 48,920 \text{ cm}$$

$$Y_b = 95,221 - 48,920 = 46,301 \text{ cm}$$

- Batang No 17

$$P_{17} = \frac{980893,375}{2} = 490446,688 \text{ kg}$$

$$D_{17} = 490446,688 \cos 1^\circ$$

$$= 490371,990 \text{ kg}$$

$$N_{17} = 490446,688 \sin 1^\circ$$

$$= 8559,475 \text{ kg}$$

- Batang No 31

$$P_{31} = \frac{54331,605}{2} = 27165,803 \text{ kg}$$

$$D_{31} = 27165,803 \cos 20^\circ$$

$$= 25527,504 \text{ kg}$$

$$N_{31} = 27165,803 \sin 20^\circ$$

$$= 9291,252 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{31} + D_{17}$$

$$= 25527,504 + 490371,990$$

$$= 515899,494 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{31} - N_{17}$$

$$= 9291,252 - 8559,475$$

$$= 731,777 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 Mu &= (D17 \times Z1) - (D31 \times Z2) \\
 &= (8559,475 \times 28,064) - (25527,504 \times 23,185) \\
 &= 13169846,272 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Zx = \frac{1}{6} \times 3 \times 95,221^2 = 7555,818 \text{ cm}$$

$$Fcr = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Zx} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

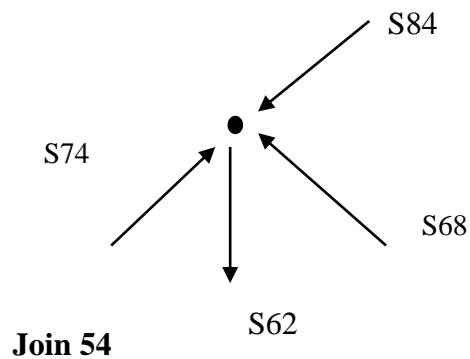
$$Fcr = \frac{731,777}{418,041} + \frac{13169846,272}{7555,818} \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fcr = 1744,758 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$Fv = \frac{Vu}{An} = \frac{515899,494}{418,041} = 1234,088 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$FR = \sqrt{1744,758^2 + 1234,088^2} = 1092,470 \text{ kg/cm}^2 \leq Fy = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 62 = 71811,828\text{kg} \qquad S\ 74 = 1037811,250\text{kg}$$

$$S\ 68 = 47362,555\text{ kg} \qquad S\ 84 = 994514,813\text{ kg}$$

- **Batang No 62**

- Menentukan jumlah baut

$$NS102 = \frac{71811,828}{15640.237} = 4,59 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 6 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{71811,828/10}{0,75.5500.5} = 0,348 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 15 cm

➤ **Batang No 68**

- Menentukan jumlah baut

$$NS68 = \frac{47362,555}{15640.237} = 3,03 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{47362,555/10}{0,75.5500.5} = 0,230 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 12 cm

➤ **Batang No 74 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{74} = \frac{1037811,250}{15640,237} = 66,36 \text{ dipasang} = 68 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{1037811,250/68}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,740 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 84**

- Menentukan jumlah baut

$$NS84 = \frac{994514,813}{15640.237} = 63,59 \text{ dipasang} = 64 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{994514,813/64}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,753 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 54**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 118,452 = 592,259 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (118,452 - (4 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 545,809 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(118,452 \times 5 \times \frac{118,452}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 5,224) - (2,32 \times 5 \times 30,225)$$

$$- (2,32 \times 5 \times 30,225) - (2,32 \times 5 \times 83,815)$$

$$545,809 \times Y_a = 32439,537$$

$$Y_a = \frac{32439,537}{545,809} = 59,434 \text{ cm}$$

$$Y_b = 118,452 - 59,434 = 59,018 \text{ cm}$$

- Batang No 84

$$P_{84} = \frac{994514,813}{2} = 497257,407 \text{ kg}$$

$$D_{84} = 497257,407 \cos 17^\circ$$

$$= 475529,623 \text{ kg}$$

$$N_{84} = 497257,407 \sin 19^\circ$$

$$= 145383,996 \text{ kg}$$

- Batang No 68

$$P_{68} = \frac{47362,555}{2} = 23681,278 \text{ kg}$$

$$D_{68} = 23681,278 \cos 28^\circ$$

$$= 20909,327 \text{ kg}$$

$$N_{68} = 223570,485 \sin 28^\circ$$

$$= 11117,686 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{84} + D_{68}$$

$$= 475529,623 + 20909,327$$

$$= 496438,950 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{84} - N_{68}$$

$$= 145383,996 + 11117,686$$

$$= 156501,682 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{84} \times Z_1) + (D_{68} \times Z_2)$$

$$= (475529,623 \times 37,644) - (20909,327 \times 37,017)$$

$$= 18674924,418 \text{ kgcm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 5 \times 118,452^2 = 11692,338 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{156501,682}{545,809} + \frac{18674924,418}{11692,338} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

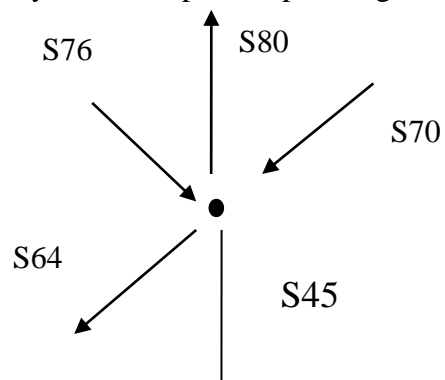
$$F_{cr} = 1883,927 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{496438,950}{545,809} = 909,548 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{1883,927^2 + 909,548^2} = 2011,593 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 76

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 64 = 140920,719\text{ kg} \qquad S\ 76 = 47492,301\text{ kg}$$

$$S\ 70 = 165066,672\text{ kg} \qquad S\ 80 = 64796,512\text{ kg}$$

- **Batang No 64**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{64} = \frac{140920,719}{15640.237} = 9,01 \text{ dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 6 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{140920,719/12}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,569 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 11 cm

➤ **Batang No 70**

- Menentukan jumlah baut

$$NS70 = \frac{165066,672}{15640,237} = 10,55 \text{ dipasang} = 14 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{165066,672/14}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,572 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 11 cm

➤ **Batang No 76**

- Menentukan jumlah baut

$$NS76 = \frac{47492,301}{15640.24} = 3,04 \text{ dipasang} = 6 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{47492,301/6}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,384 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 80**

- Menentukan jumlah baut

$$NS185 = \frac{64796,512}{15640.237} = 4,14 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{64796,512/10}{0,75.5500.5} = 0,314 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 9 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 76**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 5 \times 107,333 = 536,666 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= (b - (n \times d)) \times t \\ &= (107,333 - (3 \times 2,32)) \times 5 \\ &= 501,829 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned} A_n \times Y_a &= \left(107,333 \times 5 \times \frac{107,333}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 11,993) - (2,32 \times 5 \times 35,555) \\ &\quad - (2,32 \times 5 \times 35,555) - (2,32 \times 5 \times 85,933) \end{aligned}$$

$$501,829 \times Y_a = 27251,003$$

$$Y_a = \frac{27251,003}{501,829} = 54,303 \text{ cm}$$

$$Y_b = 107,333 - 54,303 = 53,030 \text{ cm}$$

- Batang No 64

$$P_{64} = \frac{140920,719}{2} = 70460,360 \text{ kg}$$

$$D_{64} = 70460,360 \cos 30^\circ$$

$$= 61020,461 \text{ kg}$$

$$N_{64} = 70460,360 \sin 30^\circ$$

$$= 70460,360 \text{ kg}$$

- Batang No 76

$$P_{76} = \frac{47492,301}{2} = 23746,151 \text{ kg}$$

$$D_{76} = 23746,151 \cos 16^\circ$$

$$= 22826,265 \text{ kg}$$

$$N_{76} = 23746,151 \sin 16^\circ$$

$$= 6545,326 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{64} + D_{76}$$

$$= 61020,461 + 22826,265$$

$$= 83846,726 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{64} + N_{76}$$

$$= 70460,360 + 6545,326$$

$$= 77005,686 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{64} \times Z_1) + (D_{76} \times Z_2)$$

$$= (61020,461 \times 30,379) + (22826,265 \times 20,758)$$

$$= 1960123,171 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 107,333^2 = 9600,347 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{Nu}{A_n} + \frac{Mu}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{77005,686}{501,829} + \frac{1960123,171}{9600,347} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

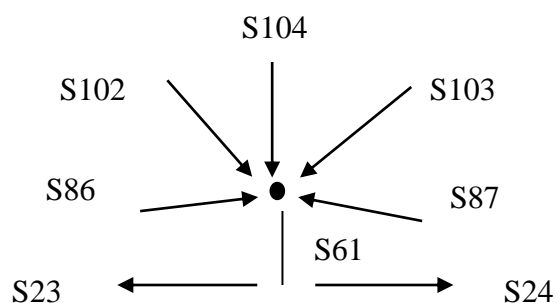
$$F_{cr} = 357,622 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{83846,726}{501,829} = 167,082 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{357,622^2 + 167,082^2} = 394,728 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 128

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 23 = 924321,125\ \text{kg} \quad S\ 102 = 30250,430\ \text{kg}$$

$$S\ 24 = 924320,063\ \text{kg} \quad S\ 103 = 30249,980\ \text{kg}$$

$$S\ 86 = 277043,594\ \text{kg} \quad S\ 104 = 37360,016\ \text{kg}$$

$$S\ 87 = 277043,938\ \text{kg}$$

- **Batang No 23**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{23} = \frac{924321,125}{15640,237} = 59,10 \text{ dipasang} = 60 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333\ \text{cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{924321,125/60}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,747 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ Batang No 24

- Menentukan jumlah baut

$$NS24 = \frac{924320,063}{15640 \cdot 24} = 59,10 \text{ dipasang} = 60 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{924320,063/60}{0,75.5500.5} = 0,747 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 86**

- Menentukan jumlah baut

$$NS86 = \frac{277043,594}{15640.237} = 17,71 \text{ dipasang} = 20 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{277043,594/20}{0,75.5500.5} = 0,672 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 87**

- Menentukan jumlah baut

$$NS87 = \frac{277043,938}{15640.237} = 17,71 \text{ dipasang} = 20 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{277043,938/20}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,672 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 102**

- Menentukan jumlah baut

$$NS13 = \frac{30250,430}{15640.237} = 1,93 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{30250,430/10}{0,75.5500.5} = 0,147 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 103**

- Menentukan jumlah baut

$$NS317 = \frac{30249,980}{15640.24} = 1,93 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{30249,980/10}{0,75 \cdot 55000 \cdot 5} = 0,147 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 104**

- Menentukan jumlah baut

$$NS104 = \frac{37360,016}{15640.24} = 2,39 \text{ dipasang} = 10 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{37360,016/10}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,181 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 128**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 109,160 = 545,800 \text{ cm}^2$$

Dimana : t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (109,160 - (3 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 510,963 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(109,160 \times 5 \times \frac{109,160}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 13,275) - (2,32 \times 5 \times 35,607)$$

$$- (2,32 \times 5 \times 69,941)$$

$$510,963 \times Y_a = 28409,934$$

$$Y_a = \frac{28409,934}{510,963} = 53,559 \text{ cm}$$

$$Y_b = 109,160 - 53,559 = 53,559 \text{ cm}$$

- Batang No 103

$$P_{103} = \frac{30249,980}{2} = 15124,990 \text{ kg}$$

$$D_{103} = 15124,990 \cos 9^\circ$$

$$= 14938,776 \text{ kg}$$

$$N_{103} = 15124,990 \sin 9^\circ$$

$$= 2366,070 \text{ kg}$$

- Batang No 104

$$P_{104} = \frac{37360,016}{2} = 18680,008 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} D_{104} &= 18680,008 \cos 21^\circ \\ &= 17439,290 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{104} &= 18680,008 \sin 21^\circ \\ &= 6694,316 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ total} &= D_{104} + D_{103} \\ &= 17439,290 + 14938,776 \\ &= 32378,066 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_u \text{ total} &= N_{104} - N_{103} \\ &= 6694,316 - 2366,070 \\ &= 4328,246 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned} M_u &= (D_{103} \times Z_1) - (D_{104} \times Z_2) \\ &= (14938,776 \times 30,703) - (17439,290 \times 25,322) \\ &= 17077,264 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 109,160^2 = 9929,921 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

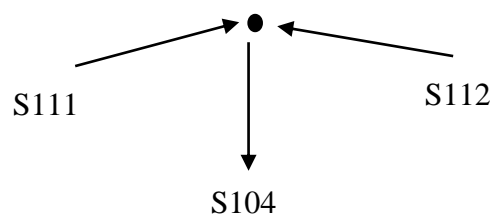
$$F_{cr} = \frac{4328,246}{510,963} + \frac{17077,264}{9929,921} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 10,191 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{32378,066}{510,963} = 63,367 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{10,191^2 + 63,367^2} = 64,181 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 130

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 104 = 37360,016 \text{ kg}$$

$$S\ 111 = 828504,938 \text{ kg}$$

$$S\ 112 = 828504,672 \text{ kg}$$

- **Batang No 111**

- Menentukan jumlah baut

$$N_{S111} = \frac{828504,938}{15640,237} = 52,97 \text{ dipasang} = 56 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{828504,938/56}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,717 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 9 cm

➤ Batang No 112

- Menentukan jumlah baut

$$NS112 = \frac{828504,672}{15640 \cdot 237} = 52,97 \text{ dipasang} = 56 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 4 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{828504,672/56}{0,75.5500.5} = 0,717 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 7 cm

➤ **Batang No 104**

- Menentukan jumlah baut

$$NS104 = \frac{37360,016}{15640.237} = 2,39 \text{ dipasang} = 8 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{37360,016/8}{0,75.5500.5} = 0,226 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

- **kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk join 130**

cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 2)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch} = 2,22 \text{ cm}$

Tegangan plat Bj 55, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang baut $= 2,22 + 0,1 = 2,32 \text{ cm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 5 \times 112,634 = 520,680 \text{ cm}^2$$

Dimana : $t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = (b - (n \times d)) \times t$$

$$= (112,634 - (5 \times 2,32)) \times 5$$

$$= 474,230 \text{ cm}^2$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = \left(112,634 \times 5 \times \frac{112,634}{2} \right) - (2,32 \times 5 \times 6,623) - (2,32 \times 5 \times 38,415)$$

$$- (2,32 \times 5 \times 74,616) - (2,32 \times 5 \times 95,642) - (2,32 \times 5 \times 106,269)$$

$$505,108 \times Y_a = 27981,868$$

$$Y_a = \frac{27981,868}{505,108} = 55,398 \text{ cm}$$

$$Y_b = 112,634 - 55,398 = 57,236 \text{ cm}$$

- Batang No 104

$$P_{104} = \frac{37360,016}{2} = 18680,008 \text{ kg}$$

$$D_{104} = 18680,008 \cos 49^\circ$$

$$= 12255,188 \text{ kg}$$

$$N_{104} = 18680,008 \sin 49^\circ$$

$$= 14097,981 \text{ kg}$$

- Batang No 112

$$P_{112} = \frac{828504,672}{2} = 414252,336 \text{ kg}$$

$$D_{112} = 414252,336 \cos 40^\circ$$

$$= 317335,700 \text{ kg}$$

$$N_{112} = 414252,336 \sin 40^\circ$$

$$= 266276,269 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= D 112 + D 104 \\
 &= 317335,700 + 12255,188 \\
 &= 329590,888 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N112 - N104 \\
 &= 266276,269 - 14097,981 \\
 &= 252178,288 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D104 \times Z1) - (D112 \times Z2) \\
 &= (12255,188 \times 29,867) - (317335,700 \times 29,606) \\
 &= 9088131,484 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times 3 \times 112,634^2 = 10572,015 \text{ cm}^3$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = \frac{252178,288}{505,108} + \frac{9088131,484}{10572,015} \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 1358,897 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_v = \frac{V_u}{A_n} = \frac{329590,888}{505,108} = 652,516 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

$$F_R = \sqrt{1358,897^2 + 652,516^2} = 953,943 \text{ kg/cm}^2 \leq F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

ok

4.4.4 Sambungan Ikatan Angin

- Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 1/2 \text{ "} = 1,27 \text{ cm}$

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, karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= \phi.(0,60.F_u^b).m.A_b \\ &= 0,65 \times (0,60 \times 10342,5) \times 1 \times 1,266 \\ &= 5106,506 \text{ kg} \end{aligned}$$

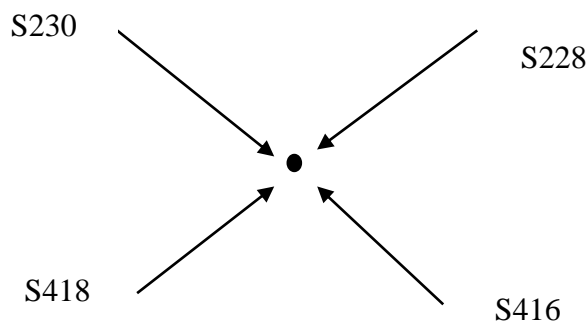
- Kekuatan tumpu desain

Tebal plat simpul = 1,5 cm

- $\varnothing_{\text{lubang baut}} = 1,27 + 0,1 = 1,37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \phi.R_n &= \phi \times (2,4 \times d \times t \times F_u) \quad \phi = 0,75 \quad F_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,75 \times (2,4 \times 1,37 \times 1,5 \times 5500) \\ &= 20344,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 133

- **Perhitungan sambungan**

$$S\ 307 = 8271,130\text{ kg} \quad S\ 324 = 8284,978\text{ kg}$$

$$S\ 308 = 8271,133\text{ kg} \quad S\ 325 = 8284,981\text{ kg}$$

- **Batang No 307 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS_{307} = \frac{8271,130}{5106,506} = 1,6 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333\text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{8271,130/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,200 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 308 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS308 = \frac{8271,133}{5106,506} = 1,6 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{8271,133/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,200 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 324 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS324 = \frac{8284,978}{5106,506} = 1,6 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{8284,978/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,200 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 325 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS325 = \frac{8284,978}{5106,506} = 1,6 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{8284,978/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,200 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

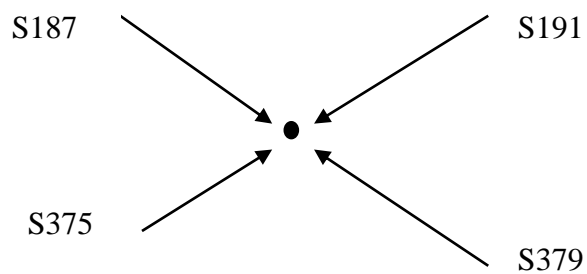
$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari staad pro



Join 80

- **Perhitungan sambungan**

$$S 173 = 5134,919 \text{ kg} \quad S 190 = 4969,566 \text{ kg}$$

$$S 174 = 5134,918 \text{ kg} \quad S 191 = 4969,564 \text{ kg}$$

- **Batang No 173 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS173 = \frac{5134,919}{5106,506} = 1,01 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L}$$

$$t \geq \frac{5134,919/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,124 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 174 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS174 = \frac{5134,918}{5106,506} = 1,01 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{5134,919/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,124 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 190 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS190 = \frac{4969,566}{5106,51} = 0,97 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$t \geq \frac{4969,566/2}{0,75 \cdot 5500 \cdot 5} = 0,120 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

Diambil 8 cm

➤ **Batang No 191 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$NS191 = \frac{4969,564}{5106,506} = 0,97 \text{ dipasang} = 2 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1,5d - 3d$$

$$\text{Jadi : } 1,5d = 1,5 \times 2,222 = 3,333 \text{ cm}$$

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

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$t \geq \frac{P}{\phi.Fu.L}$$

$$t \geq \frac{4969,564/2}{0,75.5500.5} = 0,120 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 1,5 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

$$\text{Jadi : } 3d = 3 \times 2,222 = 6,666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2,222 = 15,55 \text{ cm}$$

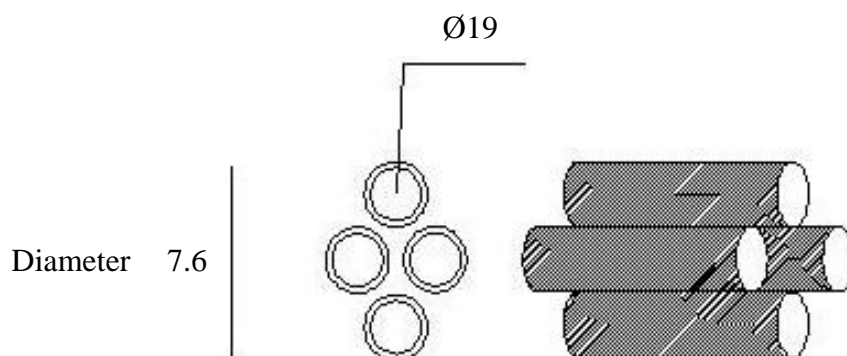
Diambil 8 cm

4.4.4 Sambungan Gelagar Induk dan Kabel

4.4.4.1 Perhitungan Dimensi Penampang Kabel

Data dimensi kabel yang digunakan (lihat *Cabel Roof Structur hal : 58*).

Direncanakan menggunakan cabel sebagai berikut :



$$\text{Diameter} = 19 \cdot 4 \text{ lapis} = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= 1,74 \text{ kg/m} \\ &= 1,74 \text{ kg/m} \times 4 \text{ strand} \times 1 \\ &= 6,960 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Breaking Strength} &= 296 \text{ kN} = 29600 \text{ kg} \\ &= 29600 \times 4 \text{ strand} \\ &= 118400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat rongga – rongga pada saat menyatukan kabel maka breaking strength total mengalami penurunan sebesar 20% menjadi

$$\begin{aligned} &= 118400 - (20\% \times 118400) \\ &= 94720 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas (E)} &= 24000000 \text{ Psi (untuk } \frac{1}{2}'' \text{ to } 2 \frac{9}{6}'' \text{)} \\ &= 16548000000 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dari output Staad Pro diperoleh gaya axial cabel hanger (batang 61)

$$P_u = 37775,164 \text{ kg.}$$

Kontrol tension kabel :

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

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

$$37775,164 \text{ kg} + 6,969 \text{ kg} \leq 94720 \text{ kg}$$

$$37782,124 \leq 94720 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{aman})$$

4.4.4.2 Sambungan Antara Socket Dengan Gelagar Induk

- Kekuatan baut A490 :

- kekuatan bahan tarik (F_u^b) = 150 ksi = 10342,5 kg/cm²

- diameter baut Ø 3/4" = 2,22 cm

- diameter lubang baut = 2,22 + 0,1 = 2,32 cm

- luas baut (A_b) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 3,878 \text{ cm}^2$

- Kekuatan tarik desain :

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

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878$$

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

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,878$$

$$= 15640,237 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu desain :

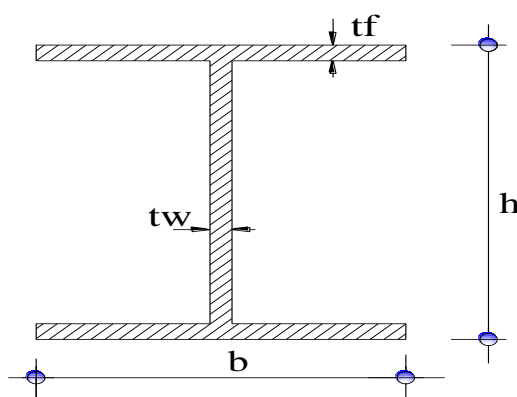
Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan badan gelagar induk yaitu 5 cm.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\ &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 5 \cdot 5500) \\ &= 110013,750 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diambil ϕR_n yang terkecil untuk menghitung jumlah baut yaitu ϕR_n penyambung geser = 15640,237 kg kg.

- Menentukan jumlah baut

Sambungan direncanakan menggunakan profil WF458x417x30x50 dengan data sebagai berikut :



$$b = 417 \text{ mm}$$

$$h = 458 \text{ mm}$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$n = \frac{Pu}{\phi \cdot Rn}$$

dimana:

n = jumlah baut

Pu = gaya aksial yang bekerja (kg)

$\phi \cdot Rn$ = factor kekuatan yang menentukan (kg)

$$n = \frac{37775,164}{15640,237}$$

$$= 2,415 \sim 4 \text{ baut}$$

- Menentukan jarak minimum baut

a. Jarak baut ke tepi plat

$$1,5 d - 3d = 1,5 \cdot 2,22 - 3 \cdot 2,22$$

$$= 3,333 \text{ cm} - 6,667 \text{ cm}$$

diambil jarak baut ke tepi plat = 5 cm

b. Jarak antar baut

$$3 d - 7d = 3 \cdot 2,22 - 7 \cdot 2,22$$

$$= 6,667 \text{ cm} - 15,557 \text{ cm}$$

diambil jarak antar baut 8 cm

- Perhitungan aksial unkit

T = Gaya tarik terfaktor yang bekerja per baut

$$T = 37775,164 / 4$$

$$= 9443,791 \text{ kg}$$

$$b = \frac{g}{2} - \frac{tw}{2} = \frac{10,16}{2} - \frac{3}{2} = 3,58 \text{ cm}$$

Nb : Estimasi ukuran g umum sebagai 4 inci (4 .2,54 = 10,16 cm)

$$a = \text{jarak baut ke tepi plat} = 5 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{(w - d)}{w}$$

dimana : w = panjang penampang profil

d = diameter baut

$$\delta = \frac{(417 - 22,22)}{417} = 0,947$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \frac{a'}{b'}$$

$$a' = a + \frac{d}{2} = 50 + \frac{22,22}{2} = 61,11 \text{ mm}$$

$$b' = b + \frac{d}{2} = 35,8 + \frac{22,22}{2} = 46,91 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{22558,034}{9443,791} - 1\right) \frac{61,113}{46,913} = 1,809$$

$$\beta = 1,809 \geq 1, \text{ digunakan } \alpha = 1$$

- Menghitung Prying Force

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

$$= 9443,791 \cdot \left(\frac{1,0,947}{1 + 1,0,947} \right) \cdot \left(\frac{3,58}{5} \right)$$

$$= 3288,315 \text{ kg}$$

$$M1 = \frac{Qa}{\alpha \delta} = \frac{3288,315}{1,0,947} = 3473,440 \text{ kgcm}$$

$$M2 = \alpha \cdot \delta \cdot M1 = 1 \cdot 0,947 \cdot 3473,440 = 3288,315 \text{ kg.cm}$$

- Syarat desain untuk tebal flens

$$tf \geq \sqrt{\frac{4Tb}{\phi_b w Fy (1 + \alpha \delta)}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{4 \times 9443,791 \times 3,58}{0,75 \times 41,7 \times 4100 \times (1 + 1 \times 0,947)}}$$

$$5 \text{ cm} \geq 0,736 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

- Dua syarat desain yang harus dipenuhi :

1. Kontrol kekuatan momen flans penampang profil

$$\phi Mn \geq M1$$

$$\phi \frac{wtf^2}{4} Fy \geq 3473,440 \text{ kgcm}$$

$$0,9 \cdot \frac{41,7,5^2}{4} 4100 \geq 3473,440 \text{ kg.cm}$$

$$961706,250 \text{ kgcm} \geq 3473,440 \text{ kgcm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

2. Kontrol kekuatan Tarik baut

$$\phi Rn \geq B$$

Dimana, B adalah gaya beban terfaktor pada satu baut

$$B = T \left[1 + \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \right]$$

$$= 9443,791 \times \left[1 + \left(\frac{1 \times 0,947}{1 + 1,0,947} \right) \times \left(\frac{3,58}{5} \right) \right]$$

$$= 12732,106 \text{ kg}$$

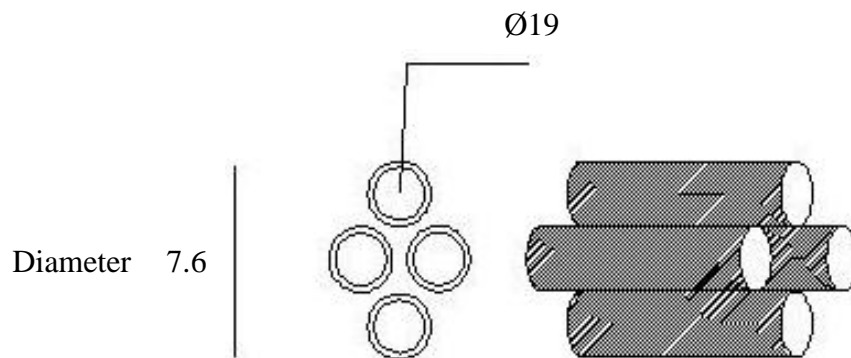
$$\phi R_n \geq B$$

$$22558,034 \text{ kg} \geq 12732,106 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- **Perhitungan Dimensi Penampang Kabel**

Data dimensi kabel yang digunakan (lihat *Cabel Roof Structur hal : 58*).

Direncanakan menggunakan kabel sebagai berikut :



$$\text{Diameter} = 19 \cdot 4 \text{ lapis} = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat} &= 1,74 \text{ kg/m} \\ &= 1,74 \text{ kg/m} \times 4 \text{ strand} \times 1 \\ &= 6,960 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Breaking Strength} &= 296 \text{ kN} = 29600 \text{ kg} \\ &= 29600 \times 4 \text{ strand} \\ &= 118400 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat rongga – rongga pada saat menyatukan kabel maka breaking strength total mengalami penurunan sebesar 20% menjadi

$$\begin{aligned} &= 118400 - (20\% \times 118400) \\ &= 94720 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Modulus elastisitas (E)} &= 24000000 \text{ Psi (untuk } \frac{1}{2}'' \text{ to } 2 \frac{9}{6}'' \text{)} \\ &= 16548000000 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Dari output Staad Pro diperoleh gaya axial cabel hanger (batang 45)

$$P_u = 42720,657 \text{ kg}$$

Kontrol tension kabel :

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

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

$$42720,657 \text{ kg} + 6,969 \text{ kg} \leq 94720 \text{ kg}$$

$$42720,657 \leq 94720 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{aman})$$

- **Sambungan Antara Socket Dengan Gelagar Induk**

- Kekuatan baut A490 :

- kekuatan bahan tarik (F_u^b) = 150 ksi = 10342,5 kg/cm²

- diameter baut Ø 3/4'' = 2,22 cm

- diameter lubang baut = 2,22 + 0,1 = 2,32 cm

- luas baut (A_b) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 3,878 \text{ cm}^2$

- Kekuatan tarik desain :

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

$$= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 10342,5) \cdot 3,878$$

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

- Kekuatan geser desain :

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 1$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot 10342,5) \cdot 1 \cdot 3,878 \\
 &= 15640,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu desain :

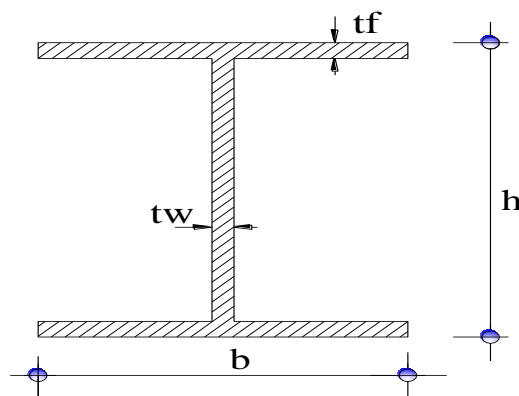
Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan badan gelagar induk yaitu 5 cm.

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \\
 &= 0,75 \cdot (2,4 \cdot 2,22 \cdot 5 \cdot 5500) \\
 &= 110013,750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diambil ϕR_n yang terkecil untuk menghitung jumlah baut yaitu ϕR_n penyambung geser = 15640,237 kg kg.

- Menentukan jumlah baut

Sambungan direncanakan menggunakan profil WF458x417x30x50 dengan data sebagai berikut :



$$b = 417 \text{ mm}$$

$$h = 458 \text{ mm}$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

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

dimana:

n = jumlah baut

P_u = gaya aksial yang bekerja (kg)

$\phi \cdot R_n$ = factor kekuatan yang menentukan (kg)

$$n = \frac{42720,657}{15640,237}$$

$$= 2,713 \sim 4 \text{ baut}$$

- Menentukan jarak minimum baut

a. Jarak baut ke tepi plat

$$1,5 d - 3d = 1,5 \cdot 2,22 - 3 \cdot 2,22$$

$$= 3,333 \text{ cm} - 6,667 \text{ cm}$$

diambil jarak baut ke tepi plat = 5 cm

b. Jarak antar baut

$$3 d - 7d = 3 \cdot 2,22 - 7 \cdot 2,22$$

$$= 6,667 \text{ cm} - 15,557 \text{ cm}$$

diambil jarak antar baut 8 cm

- Perhitungan aksial unkit

T = Gaya tarik terfaktor yang bekerja per baut

$$T = 42720,657 / 4$$

$$= 10680,164 \text{ kg}$$

$$b = \frac{g}{2} - \frac{tw}{2} = \frac{10,16}{2} - \frac{3}{2} = 3,58 \text{ cm}$$

Nb : Estimasi ukuran g umum sebagai 4 inci (4 . 2,54 = 10,16 cm)

a = jarak baut ke tepi plat = 5 cm

$$\delta = \frac{(w - d)}{w}$$

dimana : w = panjang penampang profil

d = diameter baut

$$\delta = \frac{(417 - 22,22)}{417} = 0,947$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \frac{a'}{b'}$$

$$a' = a + \frac{d}{2} = 50 + \frac{22,22}{2} = 61,11 \text{ mm}$$

$$b' = b + \frac{d}{2} = 35,8 + \frac{22,22}{2} = 46,91 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{22558,034}{10680,164} - 1\right) \frac{61,113}{46,913} = 1,809$$

$$\beta = 1,449 \geq 1, \text{ digunakan } \alpha = 1$$

- Menghitung Prying Force

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

$$= 10680,16 \times \left(\frac{1,0,947}{1 + 1,0,947} \right) \cdot \left(\frac{3,58}{5} \right)$$

$$= 3718,818 \text{ kg}$$

$$M1 = \frac{Qa}{\alpha \delta} = \frac{3718,818}{1,0,947} = 3928,180 \text{ kgcm}$$

$$M2 = \alpha \cdot \delta \cdot M1 = 1 \cdot 0,947 \cdot 3928,180 = 3718,818 \text{ kgcm}$$

- Syarat desain untuk tebal flens

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4Tb}{\phi_b w F_y (1 + \alpha \delta)}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{4 \times 10680,164 \times 3,58}{0,75 \times 41,7 \times 4100 \times (1 + 1 \times 0,947)}}$$

$$5 \text{ cm} \geq 0,783 \text{ cm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

- Dua syarat desain yang harus dipenuhi :

1. Kontrol kekuatan momen flans penampang profil

$$\phi M_n \geq M1$$

$$\phi \frac{w t_f^2}{4} F_y \geq 3928,180 \text{ kgcm}$$

$$0,9 \cdot \frac{41,7 \cdot 5^2}{4} \cdot 4100 \geq 3928,180 \text{ kg.cm}$$

$$961706,250 \text{ kgcm} \geq 3928,180 \text{ kgcm} \dots \dots \dots \text{Ok}$$

2. Kontrol kekuatan Tarik baut

$$\phi R_n \geq B$$

Dimana, B adalah gaya beban terfaktor pada satu baut

$$\begin{aligned} B &= T \left[1 + \left(\frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left(\frac{b}{a} \right) \right] \\ &= 10680,164 \times \left[1 + \left(\frac{1 \times 0,947}{1 + 1,0,947} \right) \times \left(\frac{3,58}{5} \right) \right] \end{aligned}$$

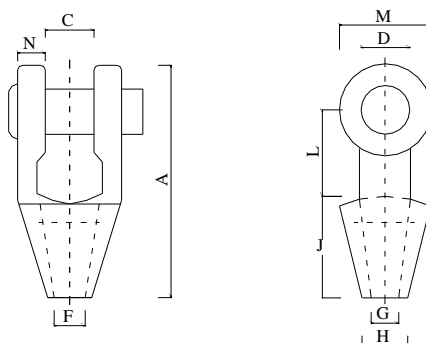
$$= 14398,982 \text{ kg}$$

$$\phi R_n \geq B$$

$$22558,034 \text{ kg} \geq 14398,982 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Ok}$$

Diameter kabel = 76 mm maka didapat dimensi socket dengan ukuran sebagai berikut :

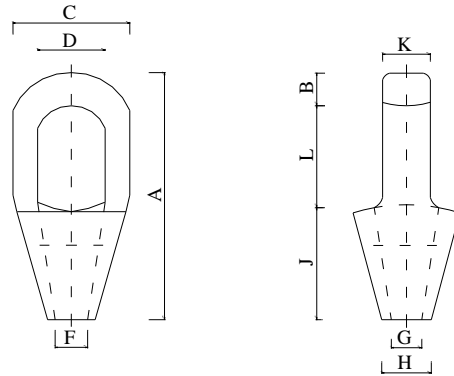
- Open Bridge Socket



Diameter Kabel (mm)	Dimensi (mm)										Kekuatan
	A	C	D	F	G	H	J	L	M	N	Ultimit (t)
75 - 80	737	146	133	86	133	282	305	287	241	76	563

$$P_u \text{ kabel} = 42727,617 \text{ kg} < P_u \text{ Socket} = 563000 \text{ kg}$$

- Closed Bridge Socket



Diameter Kabel (mm)	Dimensi (mm)										Kekuatan
	A	B	C	D	F	G	H	J	K	L	Ultimit (t)
75 - 80	689	85.6	292	171	86	133	292	305	133	298	656

$$P_u \text{ kabel} = 42727,617 \text{ kg} < P_u \text{ Socket} = 656000 \text{ kg}$$

4.5 Perhitungan Perletakan

4.5.1 Perletakan Sendi

- Tebal Bantalan (S_1)

Direncanakan :

$$l = L + 40$$

$$= 100 + 40$$

$$= 140 \text{ cm}$$

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$P_u = 454631,360 \text{ kg}$$

$$F_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Mutu Baja Bj 55, Buku Nova Hal. 211)}$$

$$S_1 = \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3.P_u.l}{b.\phi.f_y}} \quad \text{(Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W,$$

Ir. Prof., hal 249)

$$= \frac{1}{2} x \sqrt{\frac{3.454631,360.140}{70.0,90.4100}}$$

$$= 13,59 \approx 14 \text{ cm}$$

- Tebal Bantalan (S_2)

$$M_u = \frac{1}{8} . P_u . l$$

$$= \frac{1}{8} . 454631,360 . 140$$

$$= 7956048,80 \text{ kg cm}$$

$$W = \frac{M_u}{\phi . f_y}$$

$$= \frac{7956048,80}{0,9.4100}$$

$$= 2156,111 \text{ cm}^3$$

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

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 :

$$W = 0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$$

$$= 0,2251 \cdot 4 \cdot h^2 \cdot 4,5$$

$$W = 4,0518 \cdot h^2$$

$$2156,111 \text{ cm}^3 = 4,052 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{2156,111}{4,052} = 532,137$$

$$h = \sqrt{532,137} = 23,068 \approx 23,5 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4 \rightarrow S_2 = \frac{23,5}{4} = 5,88 \sim 6 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{23,5}{6} = 3,92 \sim 4 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9} = \frac{23,5}{9} = 2,61 \approx 3 \text{ cm}$$

- 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)

$$= \frac{0,8 \cdot 454631,36}{0,90 \cdot 4100 \cdot 100}$$

$$\frac{1}{2} d_1 = 0,99 \text{ cm}$$

$$d_1 = 1 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} \cdot d_1$$

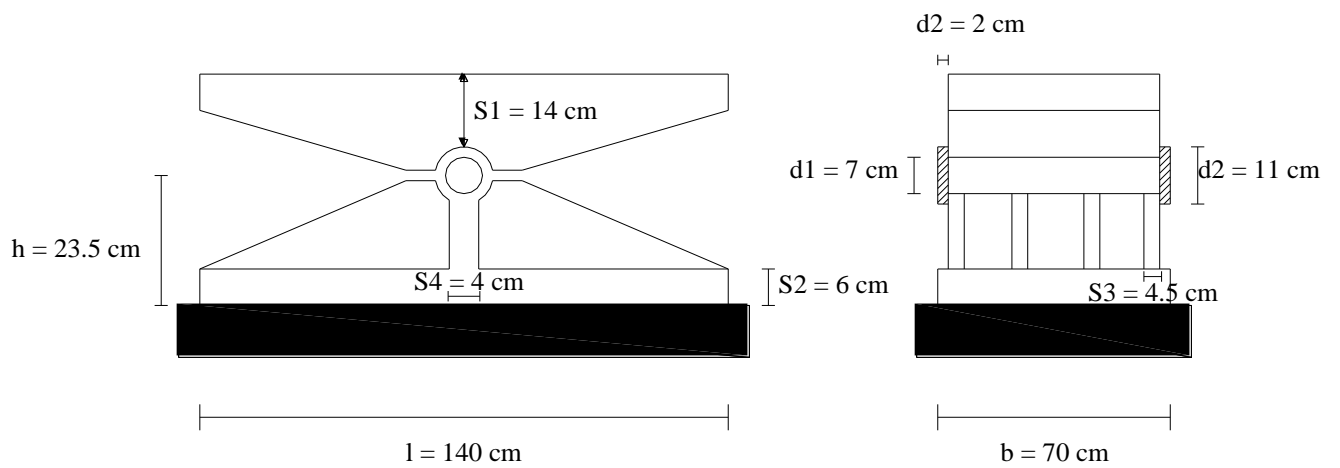
$$= \frac{1}{4} \cdot 7$$

$$= 1,75 \approx 2 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$



4.5.2 Perletakan Rol

- Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$l = L + 40$$

$$= 100 + 40$$

$$= 140 \text{ cm}$$

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$P_u = 454631,460 \text{ kg}$$

- Tebal bantalan :

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

(Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.

Prof., hal 250)

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot 454631,46 \cdot 140}{70 \cdot 0,90 \cdot 4100}}$$

$$= 11,489 \approx 12 \text{ cm}$$

- Diameter rol :

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2}$$

(Struyk H.,J,Ir., van der Veen K.H.C.W, Ir.

Prof., hal 250)

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{454631,46}{140 \cdot (0,9 \cdot 8500)^2}$$

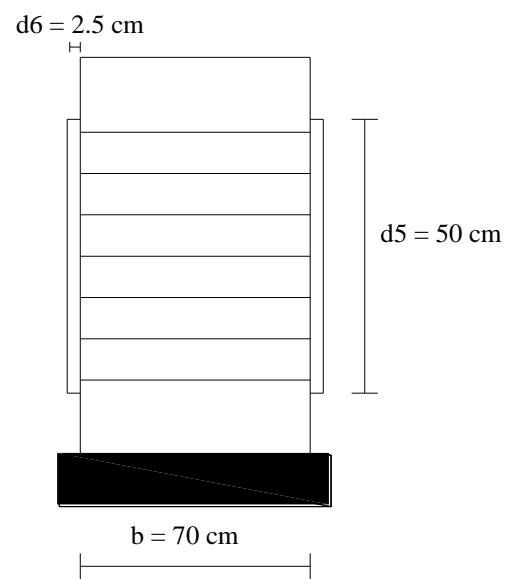
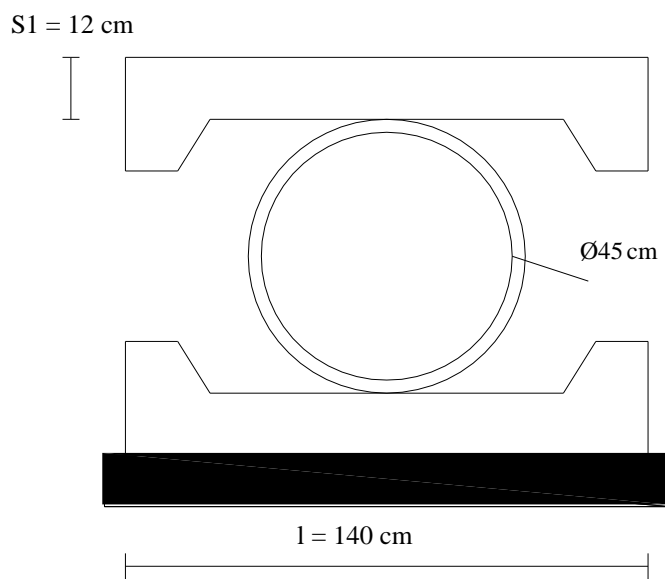
$$= 41,6169 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

- Tebal bibir rol :

$$d_6 = \text{diambil sebesar } 2,5 \text{ cm}$$

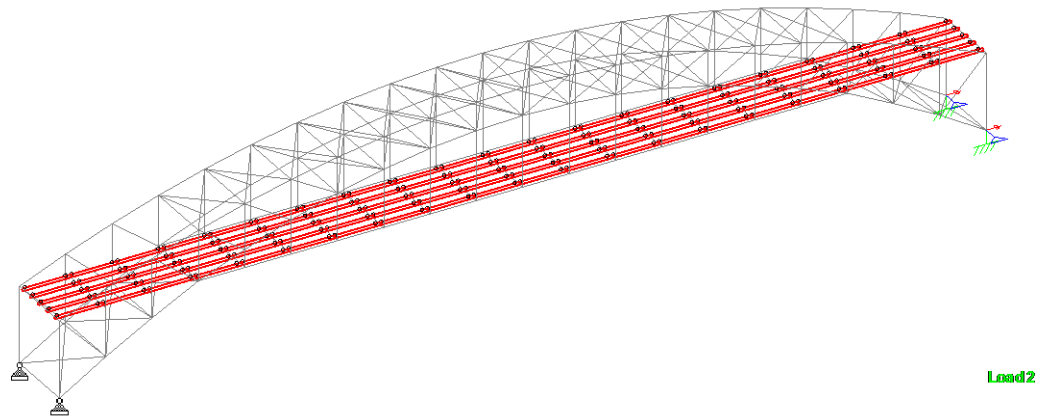
- Tinggi total rol :

$$\begin{aligned}d_5 &= d_4 + 2 \cdot d_6 \\ &= 45 + 2 \cdot 2,5 \\ &= 50 \text{ cm}\end{aligned}$$

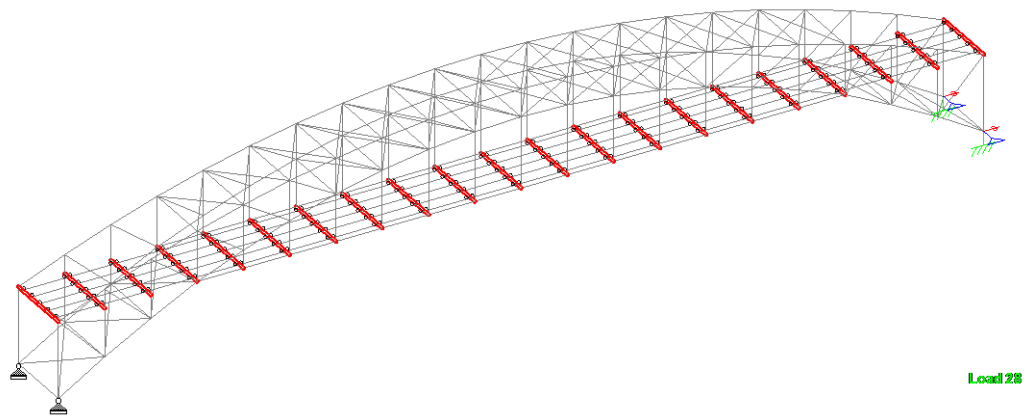


4.6 Kebutuhan Baja

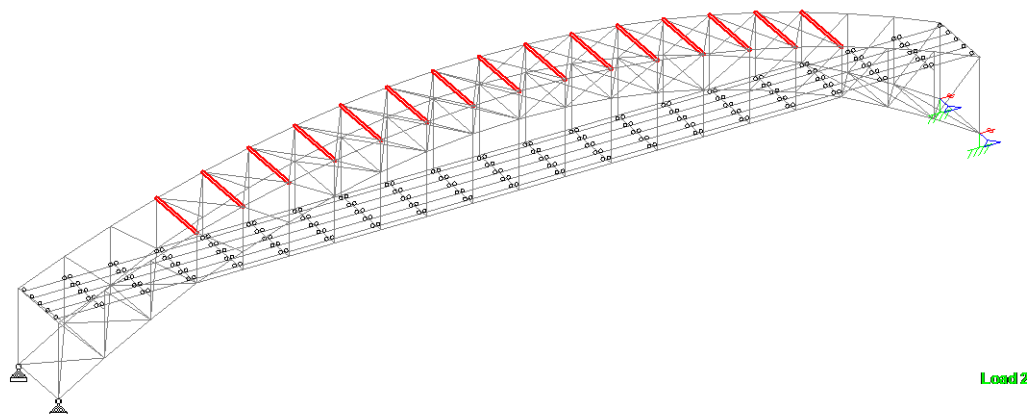
4.6.1 Perhitungan Kebutuhan Profil Baja



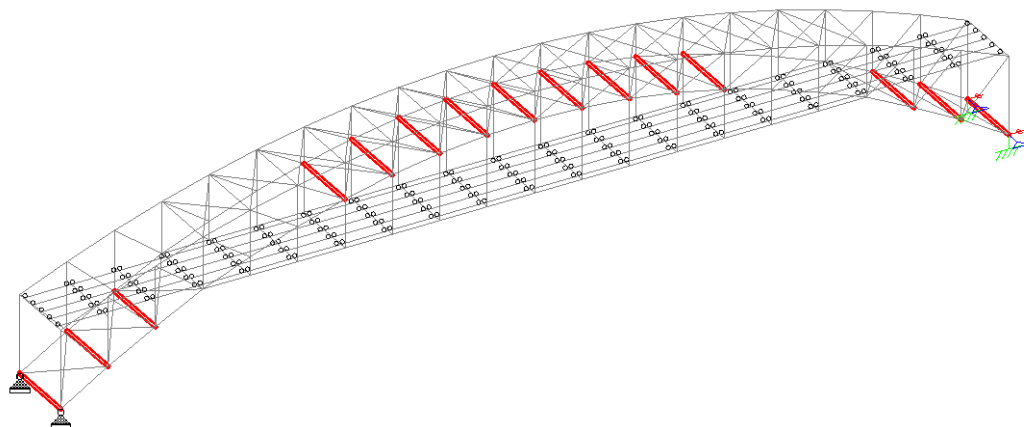
Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Gelagar Memanjang	WF350x175x7x11	49.6	100	5	24800



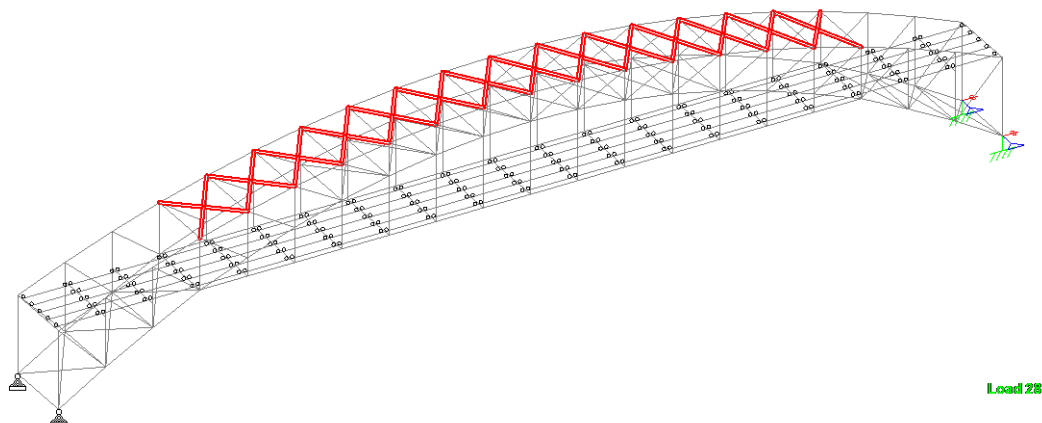
Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Gelagar Memanjang	WF700x300x13x24	184.87	7.5	21	29117.025



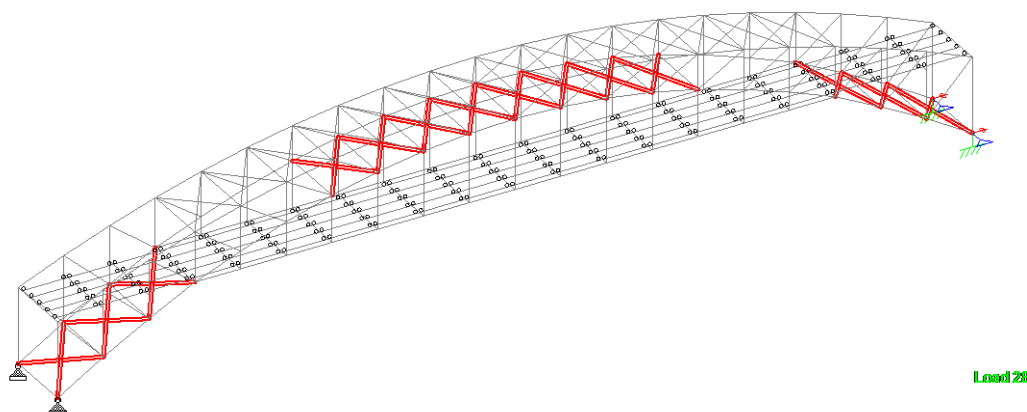
Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Pengaku Atas	WF150x150x7x10	31.5	7.5	15	3543.75



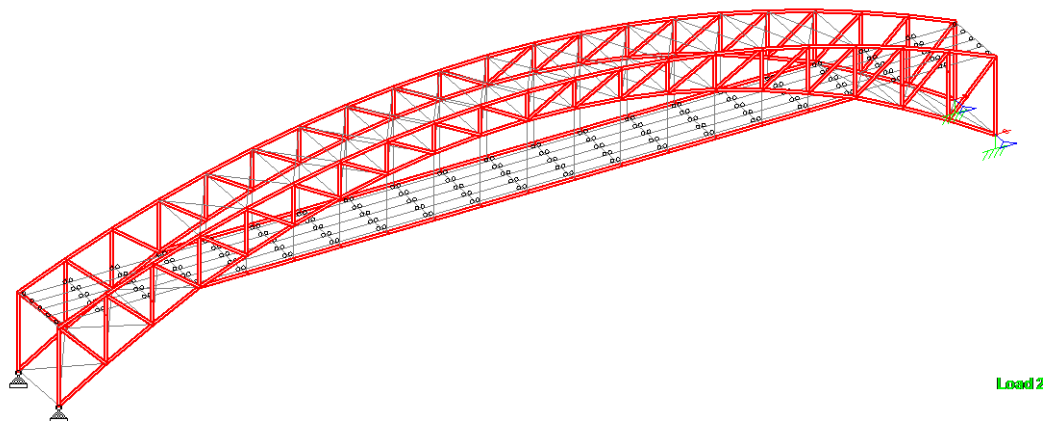
Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Jumlah Batang	Berat Gelagar (kg)
Pengaku Bawah	WF150x150x7x10	31.5	7.5	15	3543.75



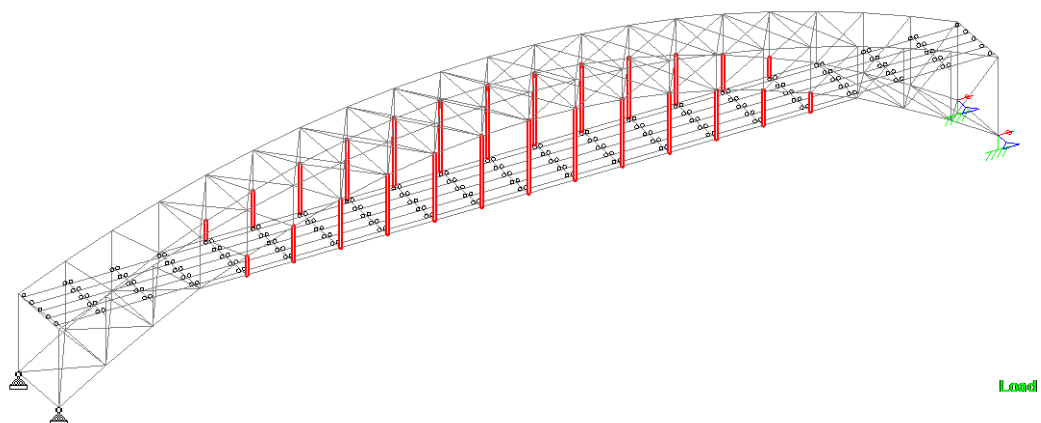
Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Gelagar (kg)
Ikatan Angin Atas	L 150x150x12	27.3	253.5385	6921.601



Nama	Jenis Profil / Diameter	Berat Profil (kg/m)	Panjang Batang (m)	Berat Gelagar (kg)
Ikatan Angin Bawah	L 130x130x12	23.4	257.8735	6034.2399



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 = 494045,353 kg

4.6.2 Kebutuhan Baut

A. Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

- Ukuran baut yang digunakan = 7/8 inch
- Jumlah titik simpul = 105 buah
- Jumlah baut tiap simpul = 4 x 3 buah
- Jumlah baut = 3 x 4 x 105
= 1260 buah

B. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Induk

- Ukuran baut yang digunakan = 7/8 inch
- Jumlah titik simpul = 42 buah
- Jumlah baut tiap simpul = 3 x 6 buah
- Jumlah baut = 3 x 6 x 42
= 756 buah

C. Sambungan Simpul Ikatan Angin

- Ukuran baut yang digunakan = 1/2 inch
- Jumlah titik simpul = 30 buah
- Jumlah baut = 4 x 30 buah = 120 buah

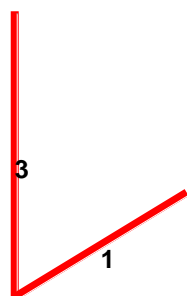
D. Sambungan Simpul Ikatan Angin dan Gelagar Melintang (Pengaku)

- Ukuran baut yang digunakan = 1/2 inch
- Jumlah titik simpul = 32 buah
- Jumlah baut = 6 x 32 = 192 buah

E. Sambungan Gelagar Induk

Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 7/8$ "

1) Simpul ujung tepi bawah



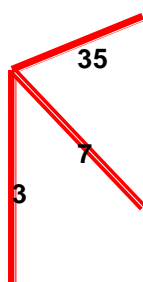
Jumlah baut batang 3 = 32 buah

Jumlah baut batang 13 = 8 buah

Jumlah titik simpul = 4 buah

Jumlah total baut = $(32 + 8) \times 4 = 160$ buah

2) Simpul tepi atas



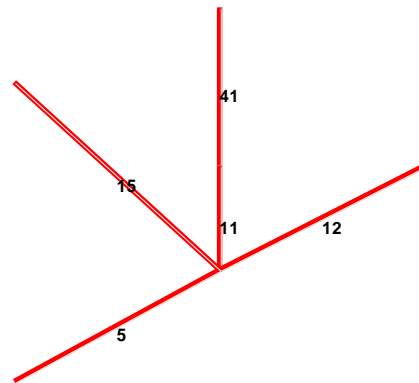
Jumlah baut batang 3 = 32 buah

Jumlah baut batang 7 = 35 = 28 buah

Jumlah titik simpul = 4 buah

Jumlah total baut = $(32 + 28 + 28) \times 4 = 352$ buah

3) Simpul pelengkung tengah bawah



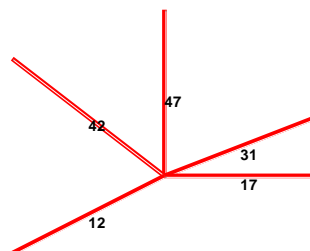
Jumlah baut batang 5 = 11 = 15 = 28 buah

Jumlah baut batang 12 = 44 buah

Jumlah titik simpul = 8 buah

Jumlah total baut = $(28 + 28 + 44 + 28) \times 8 = 1024$ buah

4) Simpul pelengkung tengah atas



Jumlah baut batang 12 = 48 buah

Jumlah baut batang 17 = 64 buah

Jumlah baut batang 31 = 8 buah

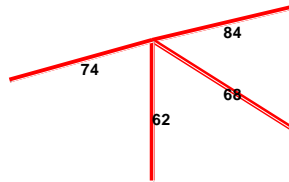
Jumlah baut batang 42 = 10 buah

Jumlah baut batang 47 = 32 buah

Jumlah titik simpul = 4 buah

Jumlah total baut = $(48 + 64 + 8 + 10 + 32) \times 4 = 648$ buah

5) Simpul atas



Jumlah baut batang 62 = 68 = 10 buah

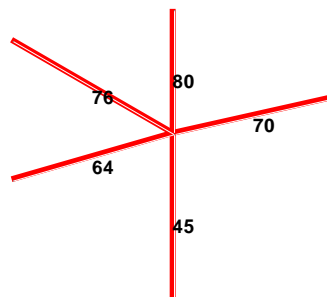
Jumlah baut batang 74 = 68 buah

Jumlah baut batang 84 = 64 buah

Jumlah titik simpul = 36 buah

Jumlah total baut = $(10 + 10 + 68 + 64) \times 36$
= 5472 buah

6) Simpul pelengkung bawah + kabel



Jumlah baut batang 64 = 70 = 14 buah

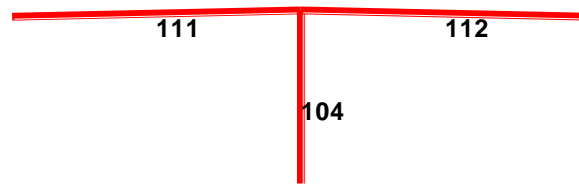
Jumlah baut batang 76 = 6 buah

Jumlah baut batang 80 = 10 buah

Jumlah titik simpul = 24 buah

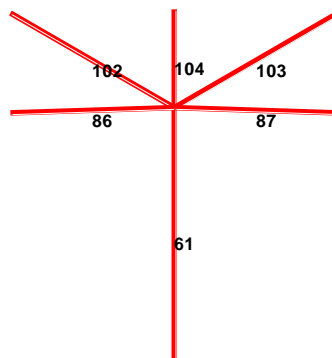
Jumlah total baut = $(14 + 14 + 6 + 10) \times 24$
= 1056 buah

7) Simpul pelengkung tengah atas



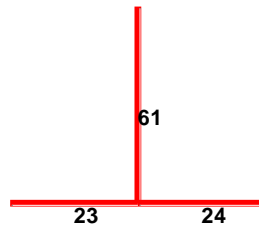
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baut batang } 104 &= 10 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah baut batang } 111 = 112 &= 56 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah titik simpul} &= 2 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah total baut} &= (10 + 56 + 56) \times 2 \\
 &= 244 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

8) Simpul pelengkung bawah + kabel



$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baut batang } 102 = 103 = 104 &= 10 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah baut batang } 86 = 87 &= 20 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah titik simpul} &= 2 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah total baut} &= (10 + 10 + 10 + 20 + 20) \times 2 \\
 &= 140 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

9) Simpul horizontal + kabel



$$\text{Jumlah baut batang } 23 = 24 = 60 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah titik simpul} = 26 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah total baut} = (60 + 60) \times 26$$

$$= 3120 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah total baut} = 1260 + 160 + 756 + + 352 + 1024 + 648 + 5472 + 1056$$

$$+ 244 + 140 + 3120$$

$$= 12216 \text{ buah}$$

4.6.3 Kebutuhan Bahan Lantai Kendaraan dan Trotoar

4.6.3.1 Kebutuhan Besi Tulangan

1 Lonjor = 12 m

- Tulangan pokok D13 - 200 mm

Panjang total tulangan

$$= \left[\left(\frac{100}{0,2} \times 7,5 \right) + \left(\frac{100}{0,15} \times 7,5 \right) + \left(\frac{100}{0,15} \times 1,5 \right) \right] = 8250 \text{ m}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{8250}{12}$$

$$= 687,5 \approx 688 \text{ lonjor}$$

- Tulangan bagi D13 – 250 mm

Panjang total tulangan

$$= \left[\left(\frac{100}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{100}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{100}{0,25} \times 1,5 \right) \right] = 6600 \text{ m}$$

$$\text{Kebutuhan tulangan} = \frac{6600}{12}$$

$$= 550 \text{ lonjor}$$

4.3.2 Kebutuhan Beton

1. Lantai Kendaraan

- Lebar lantai = 6,0 m
- Panjang lantai = 100,0 m
- Tebal lantai = 0,25 m
- Volume beton = $6,0 \times 100,0 \times 0,25 = 150 \text{ m}^3$

2. Lantai Trotoir

- Lebar lantai = $2 \times 0,75 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$
- Panjang lantai = 100,0 m
- Tebal lantai = 0,55 m
- Volume beton = $1,5 \times 100,0 \times 0,55 = 82,5 \text{ m}^3$

Jadi total kebutuhan beton = 150 + 82,5

$$= 232,5 \text{ m}^3$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada perencanaan plat lantai kendaraan dan kendaraan :

- Tabal plat lantai kendaraan : 250 mm
- Tabal plat trotoar : 250 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 1
- Berat total profil : 24800 kg

Pada perencanaan gelagar melintang :

- Dipakai profil : WF 700 x 300 x 13 x 24
- Berat total profil : 29117.025 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 : 3543.75 kg

Pada perencanaan gelagar melintang (pengaku) bawah:

- Dipakai profil : WF 150 x 150 x 7 x 10
- Berat total profil : 3543.75 kg

3. Pada perencanaan kabel :

- Dipakai diameter kabel : $\varnothing 76$
- Berat total profil : 987.4848 kg

4. Pada perencanaan sambungan :

- Dipakai diameter baut : 7/8"
- Dipakai tebal plat simpul : 5 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 130 x 130 x 12
- Berat total profil : 6034.2399 kg

6. Pada perhitungan perletakan jembatan :

- b : 70 cm
- l : 140 cm

5.2 Saran

Saran penulis adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan jembatan di kabupaten Nunukan bisa direncanakan dengan menggunakan jembatan pelengkung tipe *A Half 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*, BMS 1992, Jakarta.
Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim., 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*,
SNI - 03 - 2847 - 2002., Bandung.
- Anonim., 2005. *Pembebanan untuk Jembatan*, RSNI – T - 02 - 2005, Bandung.
- Anonim., 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, SNI – T – 03
- 2005, Bandung.
- Anonim., 2011. *Manual Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja*, 017/BM/2011,
Jakarta.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid I*,
Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Setiawan Agus, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD
(Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. *Jembatan Terjemahan Soemargono*,
Jakarta, PT. Pradnya Paramita.
- Sunggono kh, V, Ir, 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung, Penerbit Nova.

**L
A
M
P
I
R
A
N**



STAAD SPACE

START JOB INFORMATION

ENGINEER DATE 09-May-16

END JOB INFORMATION

INPUT WIDTH 79

UNIT METER KG

JOINT COORDINATES

1 -339.987 -119.616 41.6602; 2 -339.987 -119.616 49.1602;
3 -339.987 -111.316 41.6602; 4 -339.987 -111.316 42.4102;
5 -339.987 -111.316 43.9102; 6 -339.987 -111.316 45.4102;
7 -339.987 -111.316 46.9102; 8 -339.987 -111.316 48.4102;
9 -339.987 -111.316 49.1602; 10 -337.487 -118.096 45.4102;
11 -334.987 -116.576 41.6602; 12 -334.987 -116.576 49.1602;
13 -334.987 -111.316 41.6602; 14 -334.987 -111.316 42.4102;
15 -334.987 -111.316 43.9102; 16 -334.987 -111.316 45.4102;
17 -334.987 -111.316 46.9102; 18 -334.987 -111.316 48.4102;
19 -334.987 -111.316 49.1602; 20 -334.987 -109.286 41.6602;
21 -334.987 -109.286 49.1602; 22 -332.487 -115.216 45.4102;
23 -329.987 -113.856 41.6602; 24 -329.987 -113.856 49.1602;
25 -329.987 -111.316 41.6602; 26 -329.987 -111.316 42.4102;
27 -329.987 -111.316 43.9102; 28 -329.987 -111.316 45.4102;
29 -329.987 -111.316 46.9102; 30 -329.987 -111.316 48.4102;
31 -329.987 -111.316 49.1602; 32 -329.987 -107.466 41.6602;
33 -329.987 -107.466 49.1602; 34 -327.487 -112.656 45.4102;
35 -324.987 -111.316 41.6602; 36 -324.987 -111.316 42.4102;
37 -324.987 -111.316 43.9102; 38 -324.987 -111.316 45.4102;
39 -324.987 -111.316 46.9102; 40 -324.987 -111.316 48.4102;
41 -324.987 -111.316 49.1602; 42 -324.987 -105.856 41.6602;
43 -324.987 -105.856 49.1602; 44 -322.487 -105.161 45.4102;
45 -319.987 -111.316 41.6602; 46 -319.987 -111.316 42.4102;
47 -319.987 -111.316 43.9102; 48 -319.987 -111.316 45.4102;
49 -319.987 -111.316 46.9102; 50 -319.987 -111.316 48.4102;
51 -319.987 -111.316 49.1602; 52 -319.987 -109.376 41.6602;
53 -319.987 -109.376 49.1602; 54 -319.987 -104.466 41.6602;
55 -319.987 -104.466 49.1602; 56 -317.487 -103.876 45.4102;
57 -314.987 -111.316 41.6602; 58 -314.987 -111.316 42.4102;
59 -314.987 -111.316 43.9102; 60 -314.987 -111.316 45.4102;
61 -314.987 -111.316 46.9102; 62 -314.987 -111.316 48.4102;
63 -314.987 -111.316 49.1602; 64 -314.987 -107.616 41.6602;
65 -314.987 -107.616 49.1602; 66 -314.987 -103.286 41.6602;
67 -314.987 -103.286 49.1602; 68 -312.487 -102.806 45.4102;
69 -309.987 -111.316 41.6602; 70 -309.987 -111.316 42.4102;
71 -309.987 -111.316 43.9102; 72 -309.987 -111.316 45.4102;
73 -309.987 -111.316 46.9102; 74 -309.987 -111.316 48.4102;
75 -309.987 -111.316 49.1602; 76 -309.987 -106.176 41.6602;
77 -309.987 -106.176 49.1602; 78 -309.987 -102.326 41.6602;
79 -309.987 -102.326 49.1602; 80 -307.487 -105.616 45.4102;
81 -307.487 -101.951 45.4102; 82 -304.987 -111.316 41.6602;
83 -304.987 -111.316 42.4102; 84 -304.987 -111.316 43.9102;
85 -304.987 -111.316 45.4102; 86 -304.987 -111.316 46.9102;
87 -304.987 -111.316 48.4102; 88 -304.987 -111.316 49.1602;
89 -304.987 -105.056 41.6602; 90 -304.987 -105.056 49.1602;
91 -304.987 -101.576 41.6602; 92 -304.987 -101.576 49.1602;
93 -302.487 -104.656 45.4102; 94 -302.487 -101.311 45.4102;
95 -299.987 -111.316 41.6602; 96 -299.987 -111.316 42.4102;
97 -299.987 -111.316 43.9102; 98 -299.987 -111.316 45.4102;
99 -299.987 -111.316 46.9102; 100 -299.987 -111.316 48.4102;
101 -299.987 -111.316 49.1602; 102 -299.987 -104.256 41.6602;
103 -299.987 -104.256 49.1602; 104 -299.987 -101.046 41.6602;
105 -299.987 -101.046 49.1602; 106 -297.487 -104.016 45.4102;
107 -297.487 -100.886 45.4102; 108 -294.987 -111.316 41.6602;
109 -294.987 -111.316 42.4102; 110 -294.987 -111.316 43.9102;
111 -294.987 -111.316 45.4102; 112 -294.987 -111.316 46.9102;
113 -294.987 -111.316 48.4102; 114 -294.987 -111.316 49.1602;
115 -294.987 -103.776 41.6602; 116 -294.987 -103.776 49.1602;
117 -294.987 -100.726 41.6602; 118 -294.987 -100.726 49.1602;
119 -292.487 -103.696 45.4102; 120 -292.487 -100.671 45.4102;
121 -289.987 -111.316 41.6602; 122 -289.987 -111.316 42.4102;
123 -289.987 -111.316 43.9102; 124 -289.987 -111.316 45.4102;
125 -289.987 -111.316 46.9102; 126 -289.987 -111.316 48.4102;
127 -289.987 -111.316 49.1602; 128 -289.987 -103.616 41.6602;
129 -289.987 -103.616 49.1602; 130 -289.987 -100.616 41.6602;
131 -289.987 -100.616 49.1602; 132 -287.487 -103.696 45.4102;
133 -287.487 -100.671 45.4102; 134 -284.987 -111.316 41.6602;
135 -284.987 -111.316 42.4102; 136 -284.987 -111.316 43.9102;
137 -284.987 -111.316 45.4102; 138 -284.987 -111.316 46.9102;
139 -284.987 -111.316 48.4102; 140 -284.987 -111.316 49.1602;

141 -284.987 -103.776 41.6602; 142 -284.987 -103.776 49.1602;
143 -284.987 -100.726 41.6602; 144 -284.987 -100.726 49.1602;
145 -282.487 -104.016 45.4102; 146 -282.487 -100.886 45.4102;
147 -279.987 -111.316 41.6602; 148 -279.987 -111.316 42.4102;
149 -279.987 -111.316 43.9102; 150 -279.987 -111.316 45.4102;
151 -279.987 -111.316 46.9102; 152 -279.987 -111.316 48.4102;
153 -279.987 -111.316 49.1602; 154 -279.987 -104.256 41.6602;
155 -279.987 -104.256 49.1602; 156 -279.987 -101.046 41.6602;
157 -279.987 -101.046 49.1602; 158 -277.487 -104.656 45.4102;
159 -277.487 -101.311 45.4102; 160 -274.987 -111.316 41.6602;
161 -274.987 -111.316 42.4102; 162 -274.987 -111.316 43.9102;
163 -274.987 -111.316 45.4102; 164 -274.987 -111.316 46.9102;
165 -274.987 -111.316 48.4102; 166 -274.987 -111.316 49.1602;
167 -274.987 -105.056 41.6602; 168 -274.987 -105.056 49.1602;
169 -274.987 -101.576 41.6602; 170 -274.987 -101.576 49.1602;
171 -272.487 -105.616 45.4102; 172 -272.487 -101.951 45.4102;
173 -269.987 -111.316 41.6602; 174 -269.987 -111.316 42.4102;
175 -269.987 -111.316 43.9102; 176 -269.987 -111.316 45.4102;
177 -269.987 -111.316 46.9102; 178 -269.987 -111.316 48.4102;
179 -269.987 -111.316 49.1602; 180 -269.987 -106.176 41.6602;
181 -269.987 -106.176 49.1602; 182 -269.987 -102.326 41.6602;
183 -269.987 -102.326 49.1602; 184 -267.487 -102.806 45.4102;
185 -264.987 -111.316 41.6602; 186 -264.987 -111.316 42.4102;
187 -264.987 -111.316 43.9102; 188 -264.987 -111.316 45.4102;
189 -264.987 -111.316 46.9102; 190 -264.987 -111.316 48.4102;
191 -264.987 -111.316 49.1602; 192 -264.987 -107.616 41.6602;
193 -264.987 -107.616 49.1602; 194 -264.987 -103.286 41.6602;
195 -264.987 -103.286 49.1602; 196 -262.487 -103.876 45.4102;
197 -259.987 -111.316 41.6602; 198 -259.987 -111.316 42.4102;
199 -259.987 -111.316 43.9102; 200 -259.987 -111.316 45.4102;
201 -259.987 -111.316 46.9102; 202 -259.987 -111.316 48.4102;
203 -259.987 -111.316 49.1602; 204 -259.987 -109.376 41.6602;
205 -259.987 -109.376 49.1602; 206 -259.987 -104.466 41.6602;
207 -259.987 -104.466 49.1602; 208 -257.487 -105.161 45.4102;
209 -254.987 -111.316 41.6602; 210 -254.987 -111.316 42.4102;
211 -254.987 -111.316 43.9102; 212 -254.987 -111.316 45.4102;
213 -254.987 -111.316 46.9102; 214 -254.987 -111.316 48.4102;
215 -254.987 -111.316 49.1602; 216 -254.987 -105.856 41.6602;
217 -254.987 -105.856 49.1602; 218 -252.487 -112.656 45.4102;
219 -249.987 -113.856 41.6602; 220 -249.987 -113.856 49.1602;
221 -249.987 -111.316 41.6602; 222 -249.987 -111.316 42.4102;
223 -249.987 -111.316 43.9102; 224 -249.987 -111.316 45.4102;
225 -249.987 -111.316 46.9102; 226 -249.987 -111.316 48.4102;
227 -249.987 -111.316 49.1602; 228 -249.987 -107.466 41.6602;
229 -249.987 -107.466 49.1602; 230 -247.487 -115.216 45.4102;
231 -244.987 -116.576 41.6602; 232 -244.987 -116.576 49.1602;
233 -244.987 -111.316 41.6602; 234 -244.987 -111.316 42.4102;
235 -244.987 -111.316 43.9102; 236 -244.987 -111.316 45.4102;
237 -244.987 -111.316 46.9102; 238 -244.987 -111.316 48.4102;
239 -244.987 -111.316 49.1602; 240 -244.987 -109.286 41.6602;
241 -244.987 -109.286 49.1602; 242 -242.487 -118.096 45.4102;
243 -239.987 -119.616 41.6602; 244 -239.987 -119.616 49.1602;
245 -239.987 -111.316 41.6602; 246 -239.987 -111.316 42.4102;
247 -239.987 -111.316 43.9102; 248 -239.987 -111.316 45.4102;
249 -239.987 -111.316 46.9102; 250 -239.987 -111.316 48.4102;
251 -239.987 -111.316 49.1602;

MEMBER INCIDENCES

1 1 11; 2 243 231; 3 1 3; 4 243 245; 5 11 23; 6 231 219; 7 3 11; 8 13 11;
9 233 231; 10 245 231; 11 25 23; 12 23 35; 13 209 219; 14 221 219; 15 20 23;
16 219 240; 17 35 45; 18 45 57; 19 57 69; 20 69 82; 21 82 95; 22 95 108;
23 108 121; 24 134 121; 25 147 134; 26 160 147; 27 173 160; 28 185 173;
29 197 185; 30 197 209; 31 35 52; 32 52 45; 33 204 197; 34 204 209; 35 3 20;
36 20 13; 37 240 233; 38 245 240; 39 64 57; 40 192 185; 41 32 25; 42 32 35;
43 209 228; 44 228 221; 45 76 69; 46 180 173; 47 42 35; 48 216 209; 49 52 64;
50 204 192; 51 20 32; 52 240 228; 53 89 82; 54 167 160; 55 102 95; 56 154 147;
57 42 52; 58 216 204; 59 115 108; 60 141 134; 61 128 121; 62 54 52; 63 206 204;
64 64 76; 65 192 180; 66 32 42; 67 228 216; 68 54 64; 69 206 192; 70 76 89;
71 180 167; 72 66 64; 73 194 192; 74 42 54; 75 216 206; 76 66 76; 77 194 180;
78 89 102; 79 167 154; 80 78 76; 81 182 180; 82 102 115; 83 154 141; 84 54 66;
85 206 194; 86 115 128; 87 141 128; 88 78 89; 89 182 167; 90 91 89; 91 169 167;
92 91 102; 93 169 154; 94 66 78; 95 194 182; 96 104 102; 97 156 154;
98 104 115; 99 156 141; 100 117 115; 101 143 141; 102 117 128; 103 143 128;
104 128 130; 105 78 91; 106 182 169; 107 91 104; 108 169 156; 109 104 117;
110 156 143; 111 117 130; 112 143 130; 113 3 4; 114 13 14; 115 25 26;
116 35 36; 117 45 46; 118 57 58; 119 69 70; 120 82 83; 121 95 96; 122 108 109;
123 121 122; 124 134 135; 125 147 148; 126 160 161; 127 173 174; 128 185 186;
129 197 198; 130 209 210; 131 221 222; 132 233 234; 133 245 246; 134 4 14;

135 14 26; 136 26 36; 137 36 46; 138 46 58; 139 58 70; 140 70 83; 141 83 96;
142 96 109; 143 109 122; 144 135 122; 145 148 135; 146 161 148; 147 174 161;
148 186 174; 149 198 186; 150 210 198; 151 222 210; 152 234 222; 153 246 234;
154 4 5; 155 14 15; 156 26 27; 157 36 37; 158 46 47; 159 58 59; 160 70 71;
161 83 84; 162 96 97; 163 109 110; 164 122 123; 165 135 136; 166 148 149;
167 161 162; 168 174 175; 169 186 187; 170 198 199; 171 210 211; 172 222 223;
173 234 235; 174 246 247; 175 1 10; 176 243 242; 177 11 10; 178 231 242;
179 11 22; 180 231 230; 181 23 22; 182 219 230; 183 23 34; 184 219 218;
185 34 35; 186 209 218; 187 76 80; 188 180 171; 189 42 44; 190 216 208;
191 89 80; 192 167 171; 193 89 93; 194 167 158; 195 54 44; 196 206 208;
197 102 93; 198 154 158; 199 54 56; 200 206 196; 201 102 106; 202 154 145;
203 115 106; 204 141 145; 205 115 119; 206 141 132; 207 128 119; 208 128 132;
209 66 56; 210 194 196; 211 66 68; 212 194 184; 213 78 68; 214 182 184;
215 78 81; 216 182 172; 217 91 81; 218 169 172; 219 91 94; 220 169 159;
221 104 94; 222 156 159; 223 104 107; 224 156 146; 225 117 107; 226 143 146;
227 117 120; 228 143 133; 229 130 120; 230 130 133; 231 5 15; 232 15 27;
233 27 37; 234 37 47; 235 47 59; 236 59 71; 237 71 84; 238 84 97; 239 97 110;
240 110 123; 241 136 123; 242 149 136; 243 162 149; 244 175 162; 245 187 175;
246 199 187; 247 211 199; 248 223 211; 249 235 223; 250 247 235; 251 5 6;
252 15 16; 253 27 28; 254 37 38; 255 47 48; 256 59 60; 257 71 72; 258 84 85;
259 97 98; 260 110 111; 261 123 124; 262 136 137; 263 149 150; 264 162 163;
265 175 176; 266 187 188; 267 199 200; 268 211 212; 269 223 224; 270 235 236;
271 247 248; 272 2 1; 273 244 243; 274 12 11; 275 232 231; 276 24 23;
277 220 219; 278 6 16; 279 16 28; 280 28 38; 281 38 48; 282 48 60; 283 60 72;
284 72 85; 285 85 98; 286 98 111; 287 111 124; 288 137 124; 289 150 137;
290 163 150; 291 176 163; 292 188 176; 293 200 188; 294 212 200; 295 224 212;
296 236 224; 297 248 236; 298 77 76; 299 181 180; 300 43 42; 301 217 216;
302 90 89; 303 168 167; 304 55 54; 305 207 206; 306 103 102; 307 155 154;
308 116 115; 309 142 141; 310 129 128; 311 67 66; 312 195 194; 313 79 78;
314 183 182; 315 92 91; 316 170 169; 317 105 104; 318 157 156; 319 118 117;
320 144 143; 321 131 130; 322 6 7; 323 16 17; 324 28 29; 325 38 39; 326 48 49;
327 60 61; 328 72 73; 329 85 86; 330 98 99; 331 111 112; 332 124 125;
333 137 138; 334 150 151; 335 163 164; 336 176 177; 337 188 189; 338 200 201;
339 212 213; 340 224 225; 341 236 237; 342 248 249; 343 7 17; 344 17 29;
345 29 39; 346 39 49; 347 49 61; 348 61 73; 349 73 86; 350 86 99; 351 99 112;
352 112 125; 353 138 125; 354 151 138; 355 164 151; 356 177 164; 357 189 177;
358 201 189; 359 213 201; 360 225 213; 361 237 225; 362 249 237; 363 10 2;
364 242 244; 365 10 12; 366 242 232; 367 22 12; 368 230 232; 369 22 24;
370 230 220; 371 34 24; 372 218 220; 373 34 41; 374 218 215; 375 80 77;
376 171 181; 377 44 43; 378 208 217; 379 80 90; 380 171 168; 381 93 90;
382 158 168; 383 44 55; 384 208 207; 385 93 103; 386 158 155; 387 56 55;
388 196 207; 389 106 103; 390 145 155; 391 106 116; 392 145 142; 393 119 116;
394 132 142; 395 119 129; 396 132 129; 397 56 67; 398 196 195; 399 68 67;
400 184 195; 401 68 79; 402 184 183; 403 81 79; 404 172 183; 405 81 92;
406 172 170; 407 94 92; 408 159 170; 409 94 105; 410 159 157; 411 107 105;
412 146 157; 413 107 118; 414 146 144; 415 120 118; 416 133 144; 417 120 131;
418 133 131; 419 7 8; 420 17 18; 421 29 30; 422 39 40; 423 49 50; 424 61 62;
425 73 74; 426 86 87; 427 99 100; 428 112 113; 429 125 126; 430 138 139;
431 151 152; 432 164 165; 433 177 178; 434 189 190; 435 201 202; 436 213 214;
437 225 226; 438 237 238; 439 249 250; 440 8 18; 441 18 30; 442 30 40;
443 40 50; 444 50 62; 445 62 74; 446 74 87; 447 87 100; 448 100 113;
449 113 126; 450 139 126; 451 152 139; 452 165 152; 453 178 165; 454 190 178;
455 202 190; 456 214 202; 457 226 214; 458 238 226; 459 250 238; 460 8 9;
461 18 19; 462 30 31; 463 40 41; 464 50 51; 465 62 63; 466 74 75; 467 87 88;
468 100 101; 469 113 114; 470 126 127; 471 139 140; 472 152 153; 473 165 166;
474 178 179; 475 190 191; 476 202 203; 477 214 215; 478 226 227; 479 238 239;
480 250 251; 481 2 12; 482 244 232; 483 2 9; 484 244 251; 485 12 24;
486 232 220; 487 9 12; 488 19 12; 489 239 232; 490 251 232; 491 31 24;
492 24 41; 493 215 220; 494 227 220; 495 21 24; 496 220 241; 497 41 51;
498 51 63; 499 63 75; 500 75 88; 501 88 101; 502 101 114; 503 114 127;
504 140 127; 505 153 140; 506 166 153; 507 179 166; 508 191 179; 509 203 191;
510 203 215; 511 41 53; 512 53 51; 513 205 203; 514 205 215; 515 9 21;
516 21 19; 517 241 239; 518 251 241; 519 65 63; 520 193 191; 521 33 31;
522 33 41; 523 215 229; 524 229 227; 525 77 75; 526 181 179; 527 43 41;
528 217 215; 529 53 65; 530 205 193; 531 21 33; 532 241 229; 533 90 88;
534 168 166; 535 103 101; 536 155 153; 537 43 53; 538 217 205; 539 116 114;
540 142 140; 541 129 127; 542 55 53; 543 207 205; 544 65 77; 545 193 181;
546 33 43; 547 229 217; 548 55 65; 549 207 193; 550 77 90; 551 181 168;
552 67 65; 553 195 193; 554 43 55; 555 217 207; 556 67 77; 557 195 181;
558 90 103; 559 168 155; 560 79 77; 561 183 181; 562 103 116; 563 155 142;
564 55 67; 565 207 195; 566 116 129; 567 142 129; 568 79 90; 569 183 168;
570 92 90; 571 170 168; 572 92 103; 573 170 155; 574 67 79; 575 195 183;
576 105 103; 577 157 155; 578 105 116; 579 157 142; 580 118 116; 581 144 142;
582 118 129; 583 144 129; 584 129 131; 585 79 92; 586 183 170; 587 92 105;
588 170 157; 589 105 118; 590 157 144; 591 118 131; 592 144 131;

DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC STEEL

E 2.09042e+010
POISSON 0.3
DENSITY 7833.41
ALPHA 1.2e-005
DAMP 0.03
TYPE STEEL
STRENGTH FY 2.58192e+007 FU 4.1584e+007 RY 1.5 RT 1.2
END DEFINE MATERIAL
MEMBER PROPERTY JAPANESE
134 TO 153 231 TO 250 278 TO 297 343 TO 362 440 TO 459 TABLE ST H350X175X7
113 TO 133 154 TO 174 251 TO 271 322 TO 342 419 TO 439 460 TO 479 -
480 TABLE ST H700X300X13
298 TO 321 TABLE ST H150X150X7
UNIT CM NEWTON
MEMBER PROPERTY JAPANESE
32 33 39 40 45 46 53 TO 56 59 TO 61 512 513 519 520 525 526 533 TO 536 539 -
540 TO 541 PRIS YD 7.6
17 TO 30 497 TO 510 TABLE ST H458X417X30
1 TO 16 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 481 TO 496 511 -
514 TO 518 521 TO 524 527 TO 532 537 538 542 TO 592 TABLE ST H458X417X30
175 TO 186 363 TO 374 TABLE ST L130X130X12
189 190 195 196 199 200 209 TO 230 377 378 383 384 387 388 397 TO 417 -
418 TABLE ST L150X150X12
272 TO 277 TABLE ST H150X150X7
187 188 191 TO 194 197 198 201 TO 208 375 376 379 TO 382 385 386 389 TO 395 -
396 TABLE ST L130X130X12
UNIT METER KG
CONSTANTS
BETA 90 MEMB 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 481 TO 511 -
514 TO 518 521 TO 524 527 TO 532 537 538 542 TO 592
MATERIAL STEEL ALL
SUPPORTS
1 2 PINNED
243 244 FIXED BUT FX MZ
UNIT MMS NEWTON
MEMBER TENSION
32 33 39 40 45 46 53 TO 56 59 TO 61 512 513 519 520 525 526 533 TO 536 539 -
540 TO 541
UNIT CM KG
MEMBER TRUSS
7 TO 11 14 TO 16 36 37 41 TO 44 47 48 57 58 62 63 68 69 72 73 76 77 80 81 -
88 TO 93 96 TO 104 487 TO 491 494 TO 496 516 517 521 TO 524 527 528 537 538 -
542 543 548 549 552 553 556 557 560 561 568 TO 573 576 TO 584
UNIT METER KG
LOAD 1 LOADTYPE Dead TITLE BEBAN MATI
SELFWEIGHT Y -1.1
JOINT LOAD
13 19 25 31 35 41 45 51 57 63 69 75 82 88 95 101 108 114 121 127 134 140 147 -
153 160 166 173 179 185 191 197 203 209 215 221 227 233 239 FY -22970.8
3 9 245 251 FY -11485.4
LOAD 2 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" BTR
JOINT LOAD
13 19 25 31 35 41 45 51 57 63 69 75 82 88 95 101 108 114 121 127 134 140 147 -
153 160 166 173 179 185 191 197 203 209 215 221 227 233 239 FY -5504.32
3 9 245 251 FY -2752.16
LOAD 3 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT1)
MEMBER LOAD
251 322 UNI GY -4169.45
154 UNI GY -4169.45 0.25
419 UNI GY -4169.45 0 1.25
154 UNI GY -2752.16 0 0.25
419 UNI GY -2752.16 1.25
LOAD 4 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT2)
MEMBER LOAD
252 323 UNI GY -4169.45
155 UNI GY -4169.45 0.25
420 UNI GY -4169.45 0 1.25
155 UNI GY -2752.16 0 0.25
420 UNI GY -2752.16 1.25
LOAD 5 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT3)
MEMBER LOAD
253 324 UNI GY -4169.45
156 UNI GY -4169.45 0.25
421 UNI GY -4169.45 0 1.25
156 UNI GY -2752.16 0 0.25
421 UNI GY -2752.16 1.25
LOAD 6 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT4)

MEMBER LOAD

254 325 UNI GY -4169.45
157 UNI GY -4169.45 0.25
422 UNI GY -4169.45 0 1.25
157 UNI GY -2752.16 0 0.25
422 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 7 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT5)

MEMBER LOAD

255 326 UNI GY -4169.45
158 UNI GY -4169.45 0.25
423 UNI GY -4169.45 0 1.25
158 UNI GY -2752.16 0 0.25
423 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 8 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT6)

MEMBER LOAD

256 327 UNI GY -4169.45
159 UNI GY -4169.45 0.25
424 UNI GY -4169.45 0 1.25
159 UNI GY -2752.16 0 0.25
424 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 9 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT7)

MEMBER LOAD

257 328 UNI GY -4169.45
160 UNI GY -4169.45 0.25
425 UNI GY -4169.45 0 1.25
160 UNI GY -2752.16 0 0.25
425 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 10 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT8)

MEMBER LOAD

258 329 UNI GY -4169.45
161 UNI GY -4169.45 0.25
426 UNI GY -4169.45 0 1.25
161 UNI GY -2752.16 0 0.25
426 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 11 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT9)

MEMBER LOAD

259 330 UNI GY -4169.45
162 UNI GY -4169.45 0.25
427 UNI GY -4169.45 0 1.25
162 UNI GY -2752.16 0 0.25
427 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 12 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT10)

MEMBER LOAD

260 331 UNI GY -4169.45
163 UNI GY -4169.45 0.25
428 UNI GY -4169.45 0 1.25
163 UNI GY -2752.16 0 0.25
428 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 13 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT11)

MEMBER LOAD

261 332 UNI GY -4169.45
164 UNI GY -4169.45 0.25
429 UNI GY -4169.45 0 1.25
164 UNI GY -2752.16 0 0.25
429 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 14 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT12)

MEMBER LOAD

262 333 UNI GY -4169.45
165 UNI GY -4169.45 0.25
430 UNI GY -4169.45 0 1.25
165 UNI GY -2752.16 0 0.25
430 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 15 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT13)

MEMBER LOAD

263 334 UNI GY -4169.45
166 UNI GY -4169.45 0.25
431 UNI GY -4169.45 0 1.25
166 UNI GY -2752.16 0 0.25
431 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 16 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT14)

MEMBER LOAD

264 335 UNI GY -4169.45
167 UNI GY -4169.45 0.25
432 UNI GY -4169.45 0 1.25
167 UNI GY -2752.16 0 0.25
432 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 17 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT15)

MEMBER LOAD

265 336 UNI GY -4169.45
168 UNI GY -4169.45 0.25
433 UNI GY -4169.45 0 1.25
168 UNI GY -2752.16 0 0.25
433 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 18 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT16)

MEMBER LOAD

266 337 UNI GY -4169.45
169 UNI GY -4169.45 0.25
434 UNI GY -4169.45 0 1.25
169 UNI GY -2752.16 0 0.25
434 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 19 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT17)

MEMBER LOAD

267 338 UNI GY -4169.45
170 UNI GY -4169.45 0.25
435 UNI GY -4169.45 0 1.25
170 UNI GY -2752.16 0 0.25
435 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 20 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT18)

MEMBER LOAD

268 339 UNI GY -4169.45
171 UNI GY -4169.45 0.25
436 UNI GY -4169.45 0 1.25
171 UNI GY -2752.16 0 0.25
436 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 21 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT19)

MEMBER LOAD

269 340 UNI GY -4169.45
172 UNI GY -4169.45 0.25
437 UNI GY -4169.45 0 1.25
172 UNI GY -2752.16 0 0.25
437 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 22 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT20)

MEMBER LOAD

270 341 UNI GY -4169.45
173 UNI GY -4169.45 0.25
438 UNI GY -4169.45 0 1.25
173 UNI GY -2752.16 0 0.25
438 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 23 LOADTYPE Live TITLE BEBAN HIDUP "D" (BGT21)

MEMBER LOAD

271 342 UNI GY -4169.45
174 UNI GY -4169.45 0.25
439 UNI GY -4169.45 0 1.25
174 UNI GY -2752.16 0 0.25
439 UNI GY -2752.16 1.25

LOAD 24 LOADTYPE Live TITLE BEBAN TROTOAR

JOINT LOAD

13 19 25 31 35 41 45 51 57 63 69 75 82 88 95 101 108 114 121 127 134 140 147 -
153 160 166 173 179 185 191 197 203 209 215 221 227 233 239 FY -3375
3 9 245 251 FY -1687.5

LOAD 25 LOADTYPE Accidental TITLE BEBAN REM

JOINT LOAD

13 19 25 31 35 41 45 51 57 63 69 75 82 88 95 101 108 114 121 127 134 140 147 -
153 160 166 173 179 185 191 197 203 209 215 221 227 233 239 FY -1057.5
3 9 245 251 FY -528.75

LOAD 26 LOADTYPE Wind TITLE BEBAN ANGIN KANAN

JOINT LOAD

2 9 244 251 FZ -391.108
12 21 232 241 FZ -709.925
24 33 220 229 FZ -622.445
41 43 215 217 FZ -545.535
53 55 205 207 FZ -478.589
65 67 193 195 FZ -422.091
77 79 181 183 FZ -375.556
90 92 168 170 FZ -339.471
103 105 155 157 FZ -313.348
116 118 142 144 FZ -297.797
129 131 FZ -292.815
2 244 FY 1282.97
12 232 FY 1411.58
24 220 FY 1331.72
41 215 FY 1270.22
53 205 FY 1223.21
65 193 FY 1188.4

77 181 FY 1162.95
90 168 FY 1145.31
103 155 FY 1133.61
116 142 FY 1127.11
129 FY 1125.12
UNIT MMS NEWTON
LOAD 27 LOADTYPE Wind TITLE BEBAN ANGIN KIRI
UNIT METER KG
JOINT LOAD
1 3 243 245 FZ 391.108
11 20 231 240 FZ 709.925
23 32 219 228 FZ 622.445
35 42 209 216 FZ 545.535
52 54 204 206 FZ 478.589
64 66 192 194 FZ 422.091
76 78 180 182 FZ 375.556
89 91 167 169 FZ 339.471
102 104 154 156 FZ 313.348
115 117 141 143 FZ 297.797
128 130 FZ 292.815
1 243 FY 1282.97
11 231 FY 1411.58
23 219 FY 1331.72
35 209 FY 1270.22
52 204 FY 1223.21
64 192 FY 1188.4
76 180 FY 1162.95
89 167 FY 1145.31
102 154 FY 1133.61
115 141 FY 1127.11
128 FY 1125.12
LOAD COMB 28 KOMBINASI 1.1
1 1.0 2 1.0 3 1.0 25 1.0
LOAD COMB 29 KOMBINASI 1.2
1 1.0 2 1.0 4 1.0 25 1.0
LOAD COMB 30 KOMBINASI 1.3
1 1.0 2 1.0 5 1.0 25 1.0
LOAD COMB 31 KOMBINASI 1.4
1 1.0 2 1.0 6 1.0 25 1.0
LOAD COMB 32 KOMBINASI 1.5
1 1.0 2 1.0 7 1.0 25 1.0
LOAD COMB 33 KOMBINASI 1.6
1 1.0 2 1.0 8 1.0 25 1.0
LOAD COMB 34 KOMBINASI 1.7
1 1.0 2 1.0 9 1.0 25 1.0
LOAD COMB 35 KOMBINASI 1.8
1 1.0 2 1.0 10 1.0 25 1.0
LOAD COMB 36 KOMBINASI 1.9
1 1.0 2 1.0 11 1.0 25 1.0
LOAD COMB 37 KOMBINASI 1.10
1 1.0 2 1.0 12 1.0 25 1.0
LOAD COMB 38 KOMBINASI 1.11
1 1.0 2 1.0 13 1.0 25 1.0
LOAD COMB 39 KOMBINASI 1.12
1 1.0 2 1.0 14 1.0 25 1.0
LOAD COMB 40 KOMBINASI 1.13
1 1.0 2 1.0 15 1.0 25 1.0
LOAD COMB 41 KOMBINASI 1.14
1 1.0 2 1.0 16 1.0 25 1.0
LOAD COMB 42 KOMBINASI 1.15
1 1.0 2 1.0 17 1.0 25 1.0
LOAD COMB 43 KOMBINASI 1.16
1 1.0 2 1.0 18 1.0 25 1.0
LOAD COMB 44 KOMBINASI 1.17
1 1.0 2 1.0 19 1.0 25 1.0
LOAD COMB 45 KOMBINASI 1.18
1 1.0 2 1.0 20 1.0 25 1.0
LOAD COMB 46 KOMBINASI 1.19
1 1.0 2 1.0 21 1.0 25 1.0
LOAD COMB 47 KOMBINASI 1.20
1 1.0 2 1.0 20 1.0 25 1.0
LOAD COMB 48 KOMBINASI 1.21
1 1.0 2 1.0 21 1.0 25 1.0
LOAD COMB 49 KOMBINASI 1.22
1 1.0 2 1.0 22 1.0 25 1.0
LOAD COMB 50 KOMBINASI 1.23
1 1.0 2 1.0 23 1.0 25 1.0

LOAD COMB 51 KOMBINASI 2
1 1.0 24 1.0
LOAD COMB 52 KOMBINASI 3
1 1.0 26 1.0
LOAD COMB 53 KOMBINASI 4
1 1.0 27 1.0
UNIT CM KG
PERFORM ANALYSIS
PARAMETER 1
CODE LRFD
FYLD 4100 MEMB 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 175 TO 230 -
272 TO 277 298 TO 321 363 TO 418 481 TO 511 514 TO 518 521 TO 524 -
527 TO 532 537 538 542 TO 592
RATIO 1 MEMB 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 175 TO 230 -
272 TO 277 298 TO 321 363 TO 418 481 TO 511 514 TO 518 521 TO 524 -
527 TO 532 537 538 542 TO 592
TRACK 2 MEMB 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 175 TO 230 -
272 TO 277 298 TO 321 363 TO 418 481 TO 511 514 TO 518 521 TO 524 -
527 TO 532 537 538 542 TO 592
CHECK CODE MEMB 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 62 TO 112 -
175 TO 230 272 TO 277 298 TO 321 363 TO 418 481 TO 511 514 TO 518 -
521 TO 524 527 TO 532 537 538 542 TO 592
PARAMETER 2
CODE LRFD
STEEL MEMBER TAKE OFF LIST 1 TO 31 34 TO 38 41 TO 44 47 TO 52 57 58 -
62 TO 112 175 TO 230 272 TO 277 298 TO 321 363 TO 418 481 TO 511 514 TO 518 -
521 TO 524 527 TO 532 537 538 542 TO 592
FINISH