

S K R I P S I

**“STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE
V-TRUSS DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN
MENGUNAKAN METODE LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN
(LRFD) DI KABUPATEN NUNUKAN - KALIMANTAN UTARA”**



Disusun oleh:

LIBRAD D. ALUNAT

12.21.128

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

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE V- TRUSS
DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD)
DI KABUPATEN NUNUKAN - KALIMANTAN UTARA”**

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

Pada hari : Rabu

Tanggal: 10 Agustus 2016

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

Disusun oleh :

LIBRAD D. ALUNAT

12.21.128

Disahkan oleh :

Ketua

Sekretaris

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

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

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**“STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE V-
TRUSS DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN
MENGUNAKAN METODE LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN
(LRFD) DI KABUPATEN NUNUKAN - KALIMANTAN UTARA”**

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

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

LIBRAD D. ALUNAT

12.21.128

Disetujui Oleh :

Dosen Pembahas I,

Dosen Pembahas II,

(Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc)

(Mohamad Erfan, ST,MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

M A L A N G

2016

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**“STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE V-
TRUSS DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN
MENGUNAKAN METODE LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN
(LRFD) DI KABUPATEN NUNUKAN - KALIMANTAN UTARA”**

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

Pada hari : Rabu

Tanggal : 10 Agustus 2016

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

Disusun Oleh :

LIBRAD D. ALUNAT

NIM 12.21.128

Disahkan Oleh:

Ketua

Sekretaris

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

(Ir. Munasih, MT.)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

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

2016



**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Jurusan Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Malang**
Jln. Bendungan Sigura-Gura No. 2 (0341)551431 Psw 256 Malang 65145

Pernyataan Keaslian Skripsi

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : LIBRAD D. ALUNAT
NIM : 12.21.128
JURUSAN/PRODI : TEKNIK SIPIL
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

***STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE
V-TRUSS DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN
MENGUNAKAN METODE LOAD RESISTANCE FACTOR
DESIGN (LRFD) DI KABUPATEN NUNUKAN-KALIMANTAN
UTARA***

Adalah hasil karya sendiri dan bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang disebut dari sumber asli dan tercantum dalam Daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak lain.

Malang, 05 September 2016

Yang membuat pernyataan,

LIBRAD D. ALUNAT

NIM. 12.21.128

ABSTRAKSI

“STUDI ANALISA DAN DESAIN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE V-TRUSS DENGAN PANJANG BENTANG 60 METER DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) DI KABUPATEN NUNUKAN - KALIMANTAN UTARA”, Oleh : Librad D. Alunat (Nim : 12.21.128), Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, MSc. Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST, MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

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

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menyatukan jalan yang terputus oleh rintangan, misalnya sungai, rawa, dll. Dalam penyusunan skripsi ini direncanakan struktur atas jembatan, perencanaan jembatan ini dari struktur bagian atas saja, yaitu meliputi perencanaan pelat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, gelagar induk, ikatan angin, sambungan, dan perletakan.

Pengambilan judul ini bertujuan untuk dapat merencanakan struktur jembatan rangka baja yang memiliki bentang tengah 60 m, dapat mengetahui nilai perencanaan struktur atas jembatan baja tipe v-truss dan dapat mengetahui volume bahan yang diperlukan.

Peraturan pembebanan yang dipakai dalam perencanaan ini menggunakan *SNI-T-02-2005*, analisa profil baja menggunakan *SNI 03-1729-2002*, *RSNI-T-03-2005* dan *LRFD*, penulis merencanakan dan menghitung statika jembatan ini secara 3D dengan menggunakan program bantu *Staad Pro*.

Dari analisa struktur bangunan atas jembatan diperoleh data-data hasil perhitungan serta gambar perencanaan jembatan Nunukan yang direncanakan menggunakan struktur profil baja WF400 x 200 x 8 x 13 sebagai gelagar memanjang, WF800 x 300 x 14 x 26 sebagai gelagar melintang, WF175 x 175 x 8 x 15 sebagai pengaku, LD175 x 175 x 15 sebagai ikatan angin atas, dan LD 175 x 175 x 15 sebagai ikatan angin bawah, dan perletakan jembatan Nunukan menggunakan sendi dan rol.

Kata Kunci : *Struktur jembatan, rangka tipe baja, tipe V-Truss, struktur bangunan atas, ikatan angin atas, ikatan angin bawah, gelagar memanjang..*

KATA PENGANTAR

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

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

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

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

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

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

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

Malang, Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR ASISTENSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Maksud Dan Tujuan	2
1.3	Manfaat.....	3
1.4	Rumusan masalah	3
1.5	Batasan Masalah	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1	Jembatan secara umum.....	6
2.1.1	Macam – macam jembatan	7
2.1.2	Tipe jembatan baja	8
2.1.3	Bagian – bagian jembatan	11
2.1.4	Sifat dan Karakteristik Baja	11
2.2	Bagian-Bagian Struktur Jembatan (V-Truss)	
2.2.1	Plat Lantai Kendatraan	12
2.2.2	Penulangan Plat Lantai	13

2.2.3	Gelagar Induk	14
2.2.4	Perencanaan Gelagar Memanjang	15
2.2.5	Perencanaan Gelagar Melintang	16
2.2.6	Ikata Angin	17
2.2.7	Konstruksi Perletakan	18
2.3.	Pembebanan	
2.3.1	Beban Primer	27
2.3.2	Beban Sekunder	36
2.4	Teori Desain Struktur Baja dengan Metode LRFD	40
2.5	Dasar Perencanaan Load & Resistance Factor Design	44
2.6	Perencanaan Sambungan	50
2.6.1	Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir pada Bidang Geser.....	51
2.6.2	Kekuatan Geser Desain ada Ulir pada Bidang Geser	51
2.6.3	Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut	52
2.6.4	Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut	53
2.6.5	Jarak Minimum Baut pada Garis Transmisi Gaya	54
2.6.6	Jarak Ujung Minimum pada pada Arah Transmisi Gaya	56
2.6.7	Menentukan Tebal Plat Simpul	57

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1	Gambar perencanaan	69
3.2	Gambar Perencanaan	69
3.3	Data Struktur	70
3.4	Data pembebanan	71
3.5	Flow Chart/ Bagan Alir	73

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Plat Lantai Kendaraan	
4.1.1	Perhitungan Pembebanan	75
4.1.2	Perhitungan Statika	76
4.1.3	Penulangan Plat Lantai	79
4.2	Perhitungan Gelagar Memanjang dan Melintang	
4.2.1	Perhitungan Perataan Beban	89
4.2.2	Perhitungan Gelagar Memanjang	93
4.2.3	Perhitungan Statika	97
4.2.4	Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang	101
4.2.5	Perencanaan Shear Connector	110
4.2.6	Perhitungan Gelagar Melintang	113
4.2.7	Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang	119
4.2.8	Perencanaan Shear Connector	129
4.3	Perencanaan Gelagar Induk	132
4.3.1	Statika	147
4.3.2	Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang	149
4.3.3	Sambungan Irisan Tunggal (Melintang)	150
4.3.4	Sambungan Irisan Ganda (Memanjang)	154
4.4	Perencanaan Profil Gelagar Induk	
4.4.1	Perhitungan Dimensi Batang Tekan	157
4.4.2	Perencanaan Dimensi Batang Tarik	166
4.5	Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Gelagar Melintang	179
4.6	Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Gelagar Induk.....	184

4.7	Perencanaan Perletakan	
4.7.1	Perletakan Sendi	215
4.7.2.	Perletakan Roll	219
4.8	Perhitungan Kebutuhan Bahan	220

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	226
5.2	Saran	228

Daftar Pustaka

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.3	Tabel Sifat mekanis Baja	.....	12
Tabel 2.1.4	Tabel Faktor reduksi Kekuatan	.....	12
Tabel 2.1	Tabel Muller Beslaw	.....	20
Tabel 2.2	Tabel Fakor Beban Untuk Berat Sendiri	.....	28
Tabel 2.3	Tabel Fakor Beban Untuk Beban Mati Tambahan	.....	28
Tabel 2.4	Tabel 2.4 Faktor beban Lajur “D”	.....	31
Tabel 2.5	Tabel Faktor beban Untuk Beban “T”	.....	33
Tabel 2.6	Tabel Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan	.....	35
Tabel 2.7	Tabel Faktor beban untuk gaya Rem	.....	36
Tabel 2.8	Tabel Faktor beban untuk beban Angin	.....	38
Tabel 2.9	Tabel Kecepatan Angin Rencana	.....	38
Tabel 2.10	Tabel Kombinasi Beban	.....	39
Tabel 2.11	Tabel Sifat Mekanis Struktur Baja	.....	40

Tabel 3.1	Tabel Luas Bidang Yang Terkena Angin	142
Tabel 3.2	Tabel Beban Angin Yang Diterima	143
Tabel 4.1	Tabel Muller Breslaw	213
Tabel 4.2	Tabel Kebutuhan Profil Baja	218

DAFTAR GAMBAR

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	9
Gambar 2.5	Jembatan lengkung	10
Gambar 2.6	Jembatan gantung	10
Gambar 2.7	Jembatan Type V-Truss	13
Gambar 2.8	Gambar Tulangan Rangkap	14
Gambar 2.9	Konstruksi Perletakan Sendi	18
Gambar 2.10	Bantalan Elastomer	21
Gambar 2.11	Potongan Elastomer	22
Gambar 2.12	Beban Lajur “D”	32
Gambar 2.13	Pembebanan Beban Truk “T”	33
Gambar 2.14	Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	34

Gambar 2.15	Faktor Pembebanan Untuk Pejalan Kaki	35
Gambar 2.16	Grafik Gaya Rem per Lajur 2,75 m	37
Gambar 2.17	Kecepatan Angin Rencana V_w	38
Gambar 2.18	Diagram Regangan Tegangan	42
Gambar 2.19	Diagram Regangan Tegangan	43
Gambar 2.20	Penampang Lintang batang-batang tarik	47
Gambar 2.21	Penampang Batang Lentur	49
Gambar 2.22	Kegagalan Geser baut Tanpa Ulir	51
Gambar 2.23	Kegagalan Geser baut ada ulir	52
Gambar 2.24	Kegagalan Tarik Baut	52
Gambar 2.25	Kegagalan tumpu baut ada ulir	54
Gambar 2.26	Jarak ujung baut dari pusat penyambung sampai ke pinggir luas berdekatan	55
Gambar 2.27	Jarak baut dari Pusat ke Pusat	55
Gambar 2.28	Jarak ujung baut	56

Gambar 2.29 Metode Full Temporary Support	59
Gambar 2.30 Metode Semi Temporary Support	60
Gambar 2.31 Metode Kantilever	60
Gambar 2.32 Metode Semi Kantilever	61
Gambar 3.1 Potongan memanjang Jembatan Tipe V-Truss	70
Gambar 3.2 Potongan Melintang jembatan Tipe V-Truss	70
Gambar 4.1 Kondisi I Pembebanan pada lantai kendaraan	76
Gambar 4.2 Kondisi II Pembebanan pada lantai kendaraan	77
Gambar 4.3 Kondisi II Pembebanan pada lantai kendaraan	77
Gambar 4.4 Kondisi III Pembebanan pada lantai kendaraan	78
Gambar 4.5 Gambar Penulangan Plat lantai	88
Gambar 4.6 Gambar Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoir	89
Gambar 4.7 Gambar Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	95
Gambar 4.8 Gambar Momen Akibat Beban Mati	97
Gambar 4.9 Gambar Momen Akibat Beban Hidup	98

Gambar 4.10 Gambar Momen Akibat Beban Mati	99
Gambar 4.11 Gambar Momen Akibat Beban Hidup	99
Gambar 4.12 Gambar Momen Akibat Beban Hidup Trotoar	100
Gambar 4.13 Gambar Diagram Penampang Plastis	106
Gambar 4.14 Gambar Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	115
Gambar 4.15 Gambar Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	123
Gambar 4.16 Gambar Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	136
Gambar 4.17 Gambar Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m	139
Gambar 4.18 Gambar Luas Bidang Yang Terkena Angin	142
Gambar 4.19 Gambar Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.....	179
Gambar 4.20 Gambar Perletakan Sendi.....	216
Gambar 4.21 Gambar Perletakan Roll.....	218

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai pada konstruksi yang mutakhir.

Jembatan merupakan sarana yang sangat penting untuk menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain melalui transportasi darat. Di mana pembangunan jalan dan jembatan sebagai lalu lintas kendaraan sangat perlu pembangunannya sebagai alat penyeberangan yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman untuk melalui sungai, danau, tebing dan segala penghalang.

Disamping alasan-alasan tersebut diatas, ada alasan lain yaitu aspek kepentingan ekonomi, jembatan sangat penting pula bagi hubungan antar daerah untuk kepentingan pemerintahan, pertukaran kebudayaan dan lain sebagainya. Terputusnya suatu daerah dari pemerintah pusat atau daerah lainnya menghambat kemajuan daerah tersebut.

Untuk mencapai sasaran tersebut, Pemerintah Kabupaten Nunukan membangun sebuah jembatan rangka baja baru di Kecamatan Sembakung. Jembatan ini mempunyai panjang bentang total 220 meter dan lebar lantai kendaraan 6 meter. Topografi alam yang sebagian berbukit dengan bantaran sungai yang merupakan lereng yang terjal.

Perlu dipahami bahwa masih banyaknya ruas jalan yang belum ada jembatan di daerah ini terutama jalan kabupaten–kabupaten yang sangat strategis. Hal ini sangat perlu dilaksanakan untuk mendukung program Pemerintah Pusat tentang Pembangunan wilayah perbatasan dimana masih banyak ruas jalan akses penghubung antar kabupaten yang pembangunan jembatannya masih sangat dibutuhkan. Kabupaten Nunukan menjadi salah satu daerah batas negara yang juga menjadi akses jalan masuk dan keluar antara penduduk yang berada di perbatasan Indonesia dan Malaysia

Dalam penulisan ini, saya memilih melakukan perencanaan dengan menggunakan jembatan rangka baja tipe *Truss-span (V-Truss)*, karena memiliki kelebihan dan keunggulan yang tidak dimiliki oleh jembatan yang menggunakan material selain baja seperti jembatan yang menggunakan material beton maupun kayu.

Berdasarkan dari tinjauan diatas maka penulis memilih judul :

“Studi Analisa dan Desain Jembatan Rangka Baja Tipe V-Truss Dengan Panjang Bentang 60 Meter Dengan Menggunakan Metode Load Resistance Factor Design (LRFD) di Kabupaten Nunukan - Kalimantan Utara”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan Skripsi ini diantaranya:

1. Berapa dimensi batang tarik dan batang tekan untuk jembatan tersebut ?

2. Berapa dimensi baja untuk gelegar memanjang, melintang, ikatan angin pada rangka induk jembatan?
3. Berapa jumlah baut yang digunakan untuk sambungan pada struktur jembatan untuk gelagar memanjang, gelagar melintang dan ikatan angin?
4. Berapa tebal plat lantai kendaraan pada struktur jembatan?
5. Jenis/model Perletakan/landasan apakah yang cocok untuk jembatan tersebut?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah agar dapat merencanakan suatu tipe konstruksi jembatan berdasarkan data-data yang didapat dengan menggunakan jembatan tipe *V-Truss* dengan menggunakan metode LRFD pada Jembatan Sembakung Nunukan.

Adapun tujuan dari penulisan proposal Skripsi ini yaitu :

1. Mengetahui besarnya dimensi pada batang tarik dan batang tekan.
2. Mengetahui dimensi atau ukuran baja WF untuk gelegar memanjang, melintang, induk serta ikatan angin.
3. Mengetahui jumlah baut yang digunakan untuk sambungan pada struktur jembatan.
4. Menghitung tebal plat lantai kendaraan.
5. Mengetahui Perletakan apakah yang cocok untuk jembatan tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat karena luasnya pembahasan dalam perencanaan konstruksi jembatan, maka perlu adanya ruang lingkup pembahasan tanpa mengurangi kejelasan

dari penulisan skripsi ini. Pada dasarnya jembatan terdiri dari dua bagian utama yaitu bangunan atas dan bangunan bawah, maka penulis membatasi pembahasan pada struktur atas yang meliputi :

1. Perhitungan pelat lantai kendaraan.
2. Perhitungan pelat lantai trotoar.
3. Perhitungan dimensi gelagar memanjang dan melintang
4. Perhitungan sambungan gelagar memanjang melintang
5. Perhitungan pembebanan pada rangka.
6. Perhitungan gaya-gaya batang.
7. Perhitungan dimensi batang tarik dan batang tekan gelagar induk
8. Perhitungan baut pada batang tarik dan batang tekan
9. Kontrol plat simpul.
10. Perhitungan dimensi gelagar induk dan gelagar melintang.
11. Perhitungan landasan/Elastomer/Perletakan
12. Gambar hasil perhitungan struktur atas jembatan secara keseluruhan

Metode dan peraturan – peraturan yang digunakan dalam merencanakan jembatan ini adalah :

1. Metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*), digunakan dalam perencanaan sambungan.
2. SNI-02-2015 tentang Standar Pembebanan Jembatan.
3. SNI-03-2015 tentang Pembebanan Struktur Baja Untuk Jembatan.
4. BMS (*Bridge Management System*), 1992 untuk perencanaan perletakan Elastomer.
5. Program Bantu StaadPro untuk perhitungan Statika (gaya-gaya yang bekerja pada jembatan)

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang di dapat dari perencanaan struktur Jembatan Nunukan di Kecamatan Sembakung, Kalimantan Utara adalah memberikan alternatif pemilihan model struktur untuk perencanaan jembatan dengan menggunakan Standar Pembebanan RSNI T-02-2005 dan diharapkan mampu menjadi masukan bagi instansi terkait serta bagi mahasiswa teknik sipil dan para praktisi perencanaan jembatan umumnya.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Jembatan Secara Umum

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah, dimana rintangan ini biasanya jalan berupa lain yaitu jalan air atau jalan lalu lintas biasa (Struyk, 1995). Jembatan memiliki arti penting bagi setiap orang, dengan tingkat kepentingan yang berbeda-beda tiap orangnya (Supriyadi, 2000). Menurut Dr. Ir. Bambang Supriyadi, jembatan bukan hanya konstruksi yang berfungsi menghubungkan suatu tempat ke tempat lain akibat terhalangnya suatu rintangan, namun jembatan merupakan suatu sistem transportasi, jika jembatan runtuh maka sistem akan lumpuh.

Tipe jembatan mengalami perkembangan yang sejalan dengan sejarah peradaban manusia, dari tipe yang sederhana sampai dengan tipe yang kompleks, dengan material yang sederhana sampai dengan material yang modern. Jenis jembatan yang terus berkembang dan beraneka ragam mengakibatkan seorang perencana harus tepat memilih jenis jembatan yang sesuai dengan tempat tertentu.

Perencanaan sebuah jembatan menjadi hal yang penting, terutama dalam menentukan jenis jembatan apa yang tepat untuk dibangun di tempat tertentu dan metode pelaksanaan apa yang akan digunakan. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga, target 3T (tepat) yaitu tepat mutu/kualitas, tepat biaya/kuantitas dan tepat waktu sebagaimana ditetapkan, dapat tercapai.

Jembatan sendiri dibedakan menjadi dua macam jenis bangunan yaitu bangunan dan bangunan atas.

2.1.1 Jenis-jenis Jembatan

Pada umumnya jembatan secara garis besar, jenis-jenis jembatan antara lain :

1. Jembatan Kayu

Jembatan kayu adalah jembatan yang pelaksanaannya sederhana dan dapat dilaksanakan tanpa harus menggunakan peralatan yang moderen. Jika dibandingkan dengan bahan lain seperti baja, beton atau lainnya, bahan kayu merupakan bahan yang potensial dan telah cukup lama dikenal manusia. Bila dimasa lampau untuk menghubungkan sungai, manusia cukup dengan menggunakan bambu 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 berkembangnya teknologi maka banyak tuntutan kegiatan sarana transportasi, manusia mengembangkan baja sebagai bahan dari struktur jembatan. Jembatan baja ini sangat menguntungkan bila digunakan untuk jembatan dengan bentang panjang.

2.1.2 Macam-macam Jembatan Baja

Konstruksi yang menggunakan bahan baja konstruksinya lebih ringan dari konstruksi jembatan lainnya dan terdapat berbagai macam ukuran dan bentuk. Sedangkan konstruksi jembatan baja terdiri dari berbagai macam antara lain :

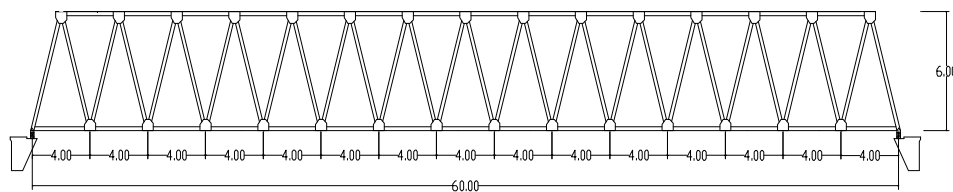
1. Jembatan balok.

Jembatan terletak diatas dua tumpuan dan lantai kendaraan langsung berada diatas gelagar memanjang. Pada jembatan jenis ini tidak ada gelagar melintang dan gelagar induk, hanya ada gelagar memanjang. Biasanya digunakan untuk bentang kecil yaitu *50 feet* sampai *120 feet*.

Ciri utama dari jembatan balok adalah pada beban tegak lurus juga timbul reaksi-reaksi tumpuan tegak lurus.

2. Jembatan baja dinding penuh.

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

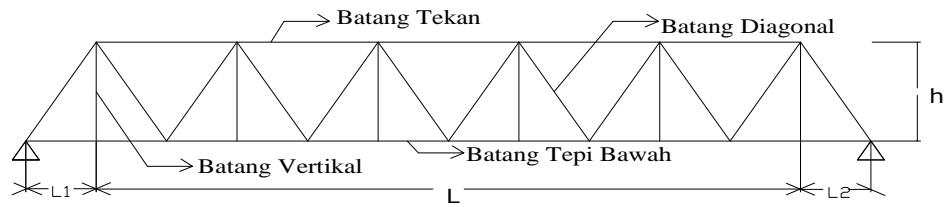


Gambar 2.1. Jembatan dinding penuh

(Sumber : <http://permatasumut.blogspot.com>)

3. Jembatan rangka sederhana.

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

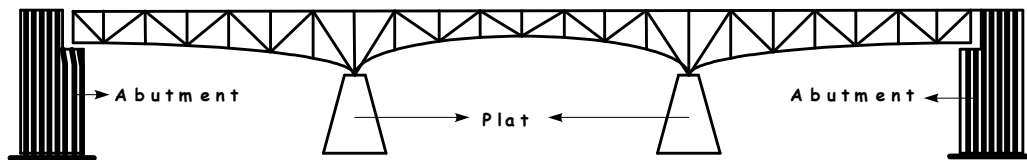


Gambar 2.2. Jembatan rangka sederhana

(Sumber : <http://permatasumut.blogspot.com>)

4. Jembatan rangka menerus.

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

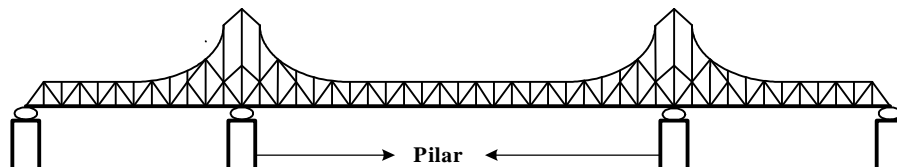


Gambar 2.3. Jembatan rangka menerus

(Sumber : <http://okbbridges.wkinsler.com/technology/index.html>)

5. Jembatan kantilever.

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

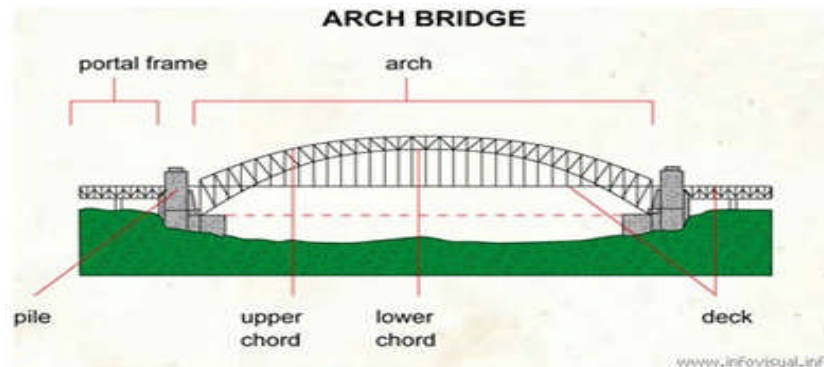


(Sumber : <http://permatasumut.blogspot.com>)

Gambar 2.4. Jembatan kantilever

6. Jembatan lengkung.

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

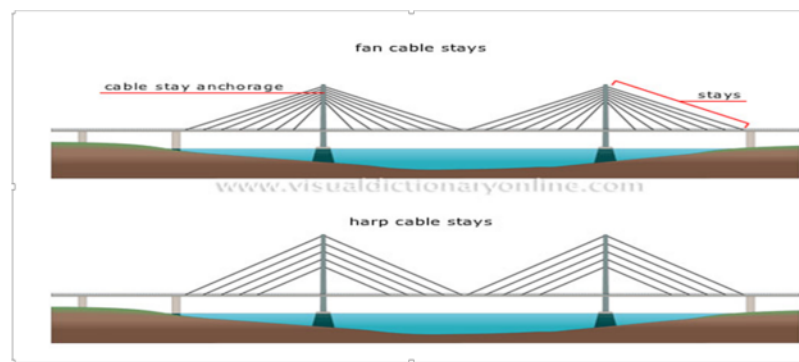


Gambar 2.5. Jembatan lengkung (arch)

(Sumber : <http://permatasumut.blogspot.com>)

7. Jembatan gantung.

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 *feet* sampai 10000 *feet*.



Gambar 2.6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

(Sumber : <http://permatasumut.blogspot.com>)

2.1.3 Bagian-bagian Jembatan

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

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

2.1.4. Sifat dan Karakteristik Baja

2.1.4.1 Sifat Mekanis Baja

Baja sebagai bahan konstruksi mempunyai beberapa sifat fisik dan mekanis yang dapat mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat mekanis dan fisik yang dimiliki oleh baja adalah: Tegangan, kekuatan tarik baja (tensile strength), kekuatan leleh (yield strength), ketangguhan baja (toughness), keliatan (ductility), kekerasan (hardness).

Data sifat mekanis baja yang digunakan berdasarkan Tabel 1, Bab 4.4, SNI T03-2005.

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber: SNI T-03-2005, Hal : 8)

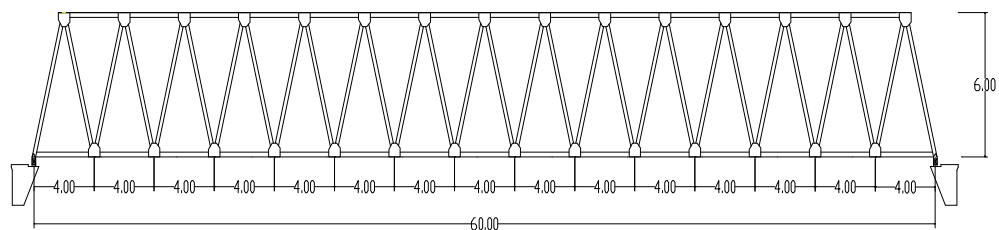
2.1.4.2 Faktor reduksi kekuatan

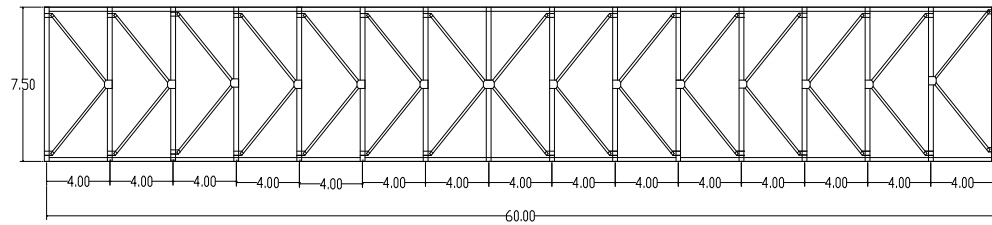
Untuk faktor reduksi kekuatan baja, ϕ diambil untuk nilai-nilai keadaan pada batas ultimate. Faktor reduksi kekuatan yang digunakan berdasarkan Tabel 1, Bab 4.4, SNI T03-2005.

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

(Sumber: SNI T-03-2005, Hal : 10)

2.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan (V-Truss)





Gambar 2.7. jembatan Tipe V-Truss

Jembatan baja tipe *V-truss* memiliki panjang bentangan antara 140-210 kaki.

2.2.1 Plat lantai kendaraan

Plat lantai kendaraan merupakan komponen jembatan tempat berpijaknya keadaan.

Dalam skripsi ini plat lantai kendaraan direncanakan terbuat dari struktur beton.

Lantai kendaraan pada umumnya dipikul atau ditopang oleh gelagar-gelagar memanjang yang letaknya searah dengan bentang jembatan. Gelagar memanjang dipikul oleh gelagar melintang.

Perhitungan pembebanan plat lantai kendaraan meliputi :

1. Pembebanan Plat Lantai
2. Pembebanan trotoar

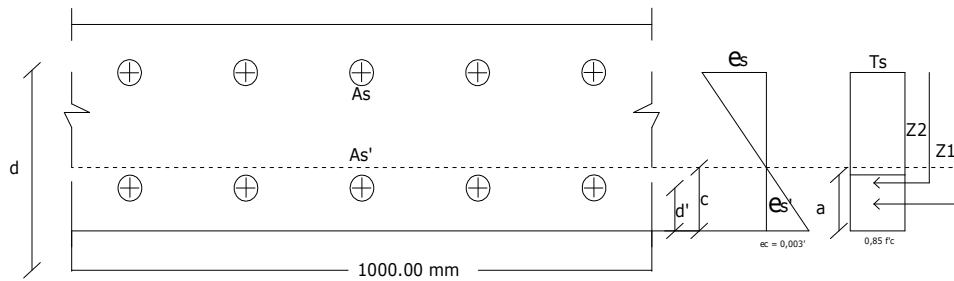
2.2.2 Penulangan plat lantai

Mu didapat dengan menggunakan *software STAAD Pro 2004*

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

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

Untuk perhitungan tulangan rangkap



Gambar 2.8. Gambar Tulangan Rangkap

(Sumber : RSNI T-03-2005)

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

Tegangan tekan pada serat beton:

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

Tegangan tekan pada serat baja:

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

Kekuatan momen yang terjadi:

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

Kekuatan momen rencana:

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

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

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

2.2.3 Gelagar Induk

Gelagar induk merupakan komponen utama yang berfungsi untuk mendistribusikan beban secara longitudinal yang biasanya di desain untuk

menahan lendutan. Biasanya di pasang di kedua sisi jembatan dan terletak kearah memanjang.

2.2.4 Perencanaan Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang adalah komponen profil baja yang dipasang arah memanjang jembatan, berfungsi sebagai tumpuan lantai kendaraan dan menyalurkan beban- beban yang diterimanya pada gelagar melintang. Gelagar memanjang selalu menerima beban dari lantai kendaraan dan selanjutnya beban tersebut akan diteruskan kepada gelagar melintang. Beban yang diterima oleh gelagar memanjang terdiri dari :

a. Beban mati lantai kendaraan

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

b. Beban lajur “D”

Dalam perhitungan kekuatan gelagar-gelagar, beban hidup yang harus dipertimbangkan adalah beban “D” atau beban jalur. Beban “D” terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dasar beban garis ‘P’ yang harus dikalikan dengan koefisien kejut. Setelah gelagar memanjang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

➤ Lendutan (Buku teknik Sipil, hal 48)

$$f_{ada} = \frac{5.Qu.L^4}{384.E.Ix} + \frac{P.L^3}{48.E.Ix} \quad (2.7)$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

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

$$\bar{f} = \frac{1}{360} \cdot L \quad (2.8)$$

(CG. Salmon, JE. Johnson, *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid II, 1992 : Hal 393)

2.2.5 Perencanaan Gelagar Melintang

Gelagar melintang selalu terdiri dari suatu profil I atau profil tersusun. Ada berapa beban yang bekerja pada gelagar melintang yaitu beban mati, beban hidup lajur “D”.

Gelagar melintang, berupa baja profil yang terletak di bawah lantai kendaraan, gunanya sebagai pemikul lantai kendaraan. Posisi melintang dibawah lantai kendaraan. Beban yang bekerja gelagar melintang adalah :

a. Beban Mati

Terdiri dari berat lantai kendaraan, trotoar dan berat sendiri gelagar melintang.

b. Beban hidup

Beban yang harus diperhitungkan yaitu beban “D” yang terdiri dari beban terbagi rata “q” tanpa koefisien kejut dan beban garis “P” yang harus dikalikan dengan koefisien kejut. Setelah gelagar melintang ditentukan, maka harus dikontrol terhadap tegangan dan lendutan yang terjadi. Rumus-rumus yang digunakan untuk kontrol tegangan dan lendutan adalah :

- Lendutan (Buku Teknik Sipil, hal 48)

Defleksi atau lendutan adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang.

$$f_{ada} = \frac{5.Q_u.L^4}{384.E.I_x} + \frac{P.L^3}{48.E.I_x} \quad (2.7)$$

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

q = beban mati (kg/cm)

L = panjang gelagar (cm)

I_x = momen inersia (cm⁴)

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

$$\bar{f} = \frac{1}{240}.L \quad (2.8)$$

(Laboratorium Mekanika Struktur, Pusat Penelitian antar Universitas Bidang Ilmu Rekayasa, Institute Teknologi Bandung, 2000 hal 15 dari 184)

2.2.6 Ikatan Angin

Ikatan angin/diafragma adalah elemen struktur yang berfungsi untuk memberikan ikatan antara gelagar sehingga akan memberikan kestabilan pada masing-masing gelagar dalam arah horisontal. Pengikat tersebut dilakukan dalam bentuk pemberian stressing pada diafragma dan gelagar sehingga dapat bekerja sebagai satu kesatuan. Selain itu agar mendapatkan kekakuan dalam arah melintang dan untuk menjaga kemungkinan geser/torsi, perlu adanya ikatan (bracing). Ikatan angin terdiri dari 2 yaitu :

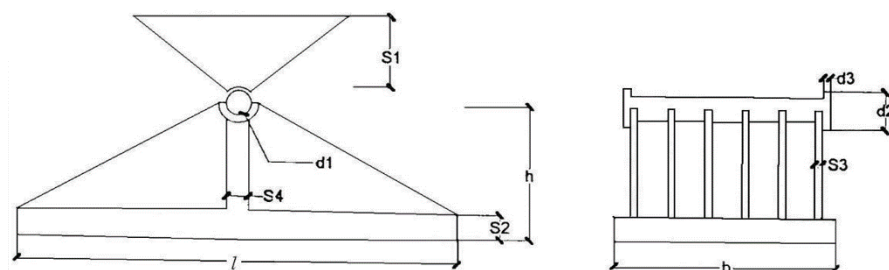
- a. Ikatan angin atas yang berfungsi sebagai pengaku bidang horizontal untuk menghantarkan gaya-gaya horizontal dan menahan tekuk batang atas.
- b. Ikatan angin bawah yang memiliki fungsi untuk meneruskan gaya-gaya akibat tekanan angin ke landasan dan terus ke pondasi tanah, dan fungsi lainnya untuk memberikan kekuatan pada konstruksi pada arah horizontal.

Ikatan angin dapat terletak diatas, ditengah atau dibawah. Ikatan angin yang terletak diatas disebut ikatan angin atas, yang terletak ditengah disebut ikatan angin tengah sedangkan yang terletak dibawah disebut ikatan angin bawah.

2.2.7 Konstruksi Perletakan/Landasan dan Tumpuan

Konstruksi perletakan adalah merupaka komponen utama yang berfungsi untuk mendistribusikan beban bangunan atas ke bangunan bawah. 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 2.8 Konstruksi Perletakan Sendi

(Sumber : Ir. H.J. Struyk, Prof.Ir.K.H.C.W.van der Veen dan Soemargono: *Jembatan. halaman: 243*)

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.9)$$

(Sumber : Ir. H.J. Struyk, Prof.Ir.K.H.C.W.van der Veen dan Soemargono:
Jembatan. halaman: 251)

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.10)$$

(Sumber : Ir. H.J. Struyk, Prof.Ir.K.H.C.W.van der Veen dan Soemargono:
Jembatan. halaman: 252)

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

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

- Selanjutnya untuk ukuran S₂, S₃, h dan W dapat direcanakan dengan melihat tabel

Muller Breslaw, sebagai berikut :

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	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	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

Tabel 2.1 Tabel Muller Breslaw

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 $S_5 = h/4$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot Pu \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot fy} \quad (2.11)$$

- Jari- Jari garis tengah sendi

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{2} \cdot d_1 \\ &= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot fy \cdot \ell} \end{aligned} \quad (2.12)$$

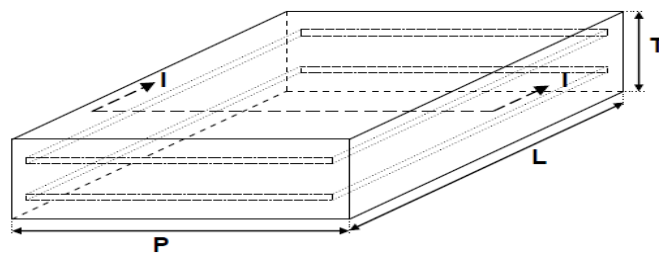
Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : 250

b. Perancangan Bantalan Perletakan Elastomer

Perletakan elastomer merupakan material yang memiliki sifat karet asli, karet vulkanisasi, atau karet sintetis yang meregang apabila diberi tegangan dan berdeformasi secara cepat dan dapat kembali ke dimensi semula.

Bantalan elastomer memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

- a. Terdiri dari dua atau lebih lapisan elastomer dan pelat baja yang bekerja secara komposit.
- b. Tipikal beban maksimum pada arah vertikal sebesar 5000 kN
- c. Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya memanjang jembatan
- d. Membutuhkan modifikasi untuk dapat menahan gaya melintang jembatan
- e. Tipikal perpindahan maksimum sebesar 50 mm
- f. Memungkinkan perputaran
- g. Baik untuk menahan beban gempa sebagai peredam (*buffer*)



Gambar 2.20 Bantalan Elastomer`

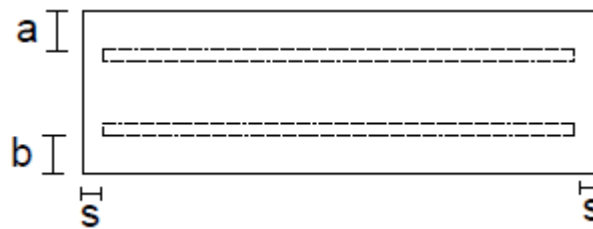
(Sumber : SNI 3967:2008, halaman 14)

Dimana:

P = panjang bantalan;

L = lebar bantalan;

T = tinggi bantalan.



Gambar 2.21. Potongan elastomer

(Sumber : SNI 3967:2008, halaman 14)

dimana :

a = tebal cover atas;

b = tebal cover bawah;

s = tebal cover samping.

Beban yang harus dihitung diterima oleh bantalan adalah beban hidup ditambah beban mati rencana.

Kontrol Elastomer

1. Faktor bentuk

$$S = \frac{Ar}{P \cdot te} \quad (2.66)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.5)

Dimana : Ar = Luas permukaan terikat

P = Keliling permukaan terikat

te = Tebal efektif lapisan elastomer

Syarat perletakan laminasi : $4 < S < 12$ (ok)

2. Persyaratan perencanaan

a. Regangan geser tekan ϵ_s

$$\delta_a = \frac{H_a \cdot t}{A_r \cdot G} \quad (2.67)$$

$$\delta_b = \frac{H_b \cdot t}{A_r \cdot G} \quad (2.68)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6)

Dimana :

$\delta_a = \delta_b$ = Simpangan geser max. tangensial pada permukaan tumpuandalam arah dimensi a dan b akibat gerakan struktur dan gaya tangensial.

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

G = modulus geser (Mpa)

t = tebal total elastomer (cm)

H_a = P gempa longitudinal (kg)

H_b = P gempa transversal (kg)

➤ A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

$$= A \cdot \left(1 - \frac{\delta_a}{a} - \frac{\delta_b}{b} \right) \quad (2.69)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.1.d)

Dimana :

A = Seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

a = Panjang perletakan

b = lebar perletakan

$$\text{➤ } \varepsilon_c = \frac{V \max}{3.A_{eff}.G.(1+2.S^2)} \quad (2.70)$$

Dimana :

ε_c = regangan geser

Vmax = tegangan geser maksimum

Aeff = luas daerah efektif perletakan

$$\text{➤ } \varepsilon_{sc} = 6 . S . \varepsilon_c \quad (2.71)$$

Dimana :

ε_{sc} = regangan geser tekan

S = faktor bentuk

b. Regangan geser torsi (ε_{sr})

Gaya vertikal Vmax bekerja pada pusat luasan Elastomer dan momen = 0,

maka : $\alpha_a = \alpha_b = 0$

$$\varepsilon_{sr} = 0$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.3)

c. Regangan geser tangensial (ε_{sh})

$$\varepsilon_{sh} = \frac{\delta a}{t} \quad (2.72)$$

Dimana :

ε_{sh} = Regangan geser tangensial

δa = simpangan geser max. tangensial pada permukaan tumpuandalam arah dimensi a dan b akibat gerakan struktur dan gaya tangensial.

t = tebal total elastomer (cm)

- Untuk membatasi distorsi tangensial dan agar ujung perletakan menggeling minimum mungkin atas kecenderungan pelat baja untuk melentur, syarat yang harus dipenuhi adalah (BMS pasal 8.3.6.3) ; nilai regangan geser maksimum ijin

$$A_{eff} \geq 0,9 \cdot A_r \quad (2.73)$$

$$\text{dan } \epsilon_{sh} \leq 0,7 \quad (2.74)$$

- Syarat untuk menjamin bahwa regangan geser total yang berkembang tidak berlebihan berdasarkan BMS pasal 8.3.6.1 adalah :

$$\epsilon_{sh} + \epsilon_{sr} + \epsilon_{sc} \leq \frac{2,6}{\sqrt{G}} = \frac{2,6}{\sqrt{1,2}} \quad (2.75)$$

Dimana

ϵ_{sh} = Regangan geser tangensial

ϵ_{sr} = Regangan geser torsi

ϵ_{sc} = Regangan geser tekan

3. Persyaratan tegangan tekan rata-rata

$$\frac{V_{max}}{A_r} \leq 15 \text{ Mpa} \quad (2.76)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.2)

Dimana :

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

4. Persyaratan stabilitas perletakan

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq \frac{2 \cdot b \cdot G \cdot S}{3 \cdot t} \quad (2.77)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.5)

Dimana :

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

b = lebar perletakan

G = modulus geser (Mpa)

S = faktor bentuk

t = tebal total elastomer (cm)

➤ **Persyaratan tebal minimum pelat baja**

Syarat 1 :

$$t_s \geq 3 \text{ mm} \quad (2.78)$$

dimana :

t_s = tebal plat baja (mm)

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.6)

➤ **Syarat 2 :**

$$t_s \geq \frac{3 \cdot V_{max} \cdot t_1}{A_r \cdot F_y} \quad (2.79)$$

t_s = tebal plat baja (mm)

t_1 = Tebal lapisan dalam

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

F_y = tegangan leleh baja

➤ **Persyaratan penahan perletakan** kombinasi beban

$$H' < 0,1 \cdot [V_{max} + 3 A_{eff} \cdot 0,001] \quad (2.80)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.7)

Dimana :

H' = Beban gempa horizontal terbesar

V_{max} = tegangan geser maksimum

A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

➤ beban permanen

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \geq 2 \quad (2.81)$$

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 peraturan SNI T-02-2005.

Pada perencanaan jembatan ini, semua beban dan gaya yang bekerja pada konstruksi dihitung berdasarkan : “SNI T-02-2005.”

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

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

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

Tabel 2.2. Faktor Beban untuk berat sendiri

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; 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.

Jangka waktu	Faktor beban	
	Keadaan	$K^{U_{MA}}$
Tetap	Keadaan Umum	2
	Keadaan Khusus	1.4

Tabel 2.3. Faktor beban untuk beban mati tambahan

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; 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
 - Berat sendiri gelagar induk, (faktor beban = 1,1)
$$G_1 = (20 + 3 \cdot L) \cdot B \cdot L \text{ (20 dan 3 adalah konstan)}$$

L = Panjang jembatan

B = Lebar jembatan

- Berat sendiri gelagar memanjang, (faktor beban = 1,1)

$$G_2 = (n \times G \times L \times 1,1)$$

N = jumlah gelagar Memanjang.

G = Berat per gelagar Memanjang.

- Berat sendiri gelagar melintang, (faktor beban = 1,1)

$$G_3 = (n \times G \times L \times 1,1)$$

n = jumlah gelagar melintang.

G = berat per gelagar Melintang.

- Berat lantai kendaraan, (faktor beban = 1,3)

$$G_4 = (t \times b \times L \times (q=2500))$$

t = tebal jalan

b = lebar jalan

- Berat lantai trotoir, (faktor beban = 1,3)

$$G_5 = (t \times (q=2500) \times 2(2 \text{ buah trotoir}) \times L)$$

t = tebal trotoar

- Berat sendiri pipa sandaran, (faktor beban = 1,1)

$$G_6 = (q_u \times n(\text{jumlah pipa sandaran}) \times L \times 1,1)$$

q_u = berat pipa sandaran

- Berat sendiri ikatan angin atas, (faktor beban = 1,1)

$$G_7 = (n \cdot a) \times L \times a \text{ (jmlh ikatan angin atas)}$$

n = (jumlah ikatan angin atas)

a = lebar jembatan

- o Berat sendiri ikatan angin bawah, (faktor beban = 1,1)

$$G_8 = (n \cdot a) \times L \times a \times 1,1$$

n = jumlah ikatan angin bawah

a = lebar jembatan

- o Berat sendiri aspal, (faktor beban = 1,3)

$$G_9 = ((t=0.07) \times b \times L \times (q=2240)) \times 1,3$$

t = tebal aspal

Jadi berat total :

$$G_{total}^u = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8 + G_9$$

Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{total}}{2}$$

(2 adl jmlh g. Induk kiri dan kanan)

Beban mati ,yang diterima tiap titik buhul :

$$P_1 = \frac{G}{n}$$

n = jumlah titik buhul

(setengah dari sisi ujung kiri dan kanan jadi 1 ditambah dengan

simpul pada bagian tengah jadi $\frac{1}{2}+n = \text{tengah} + 1/2$)

Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2} \text{ (2 adalah jumlah titik buhul tepi).}$$

c. Beban lajur “D”

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT).

a. Beban Terbagi Rata (BTR).

Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q dengan satuan kPa, dimana besarnya q bergantung pada panjang otal yang dibebani L sebagai berikut :

$$L < 30 \text{ m} ; q = 9.0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} ; q = 9.0 [0.5 + 15 / L] \text{ kPa} \quad (2.23)$$

b. Beban Garis Terpusat BGT)

Beban garis BGT dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas $P = 49.0$ kN/m.

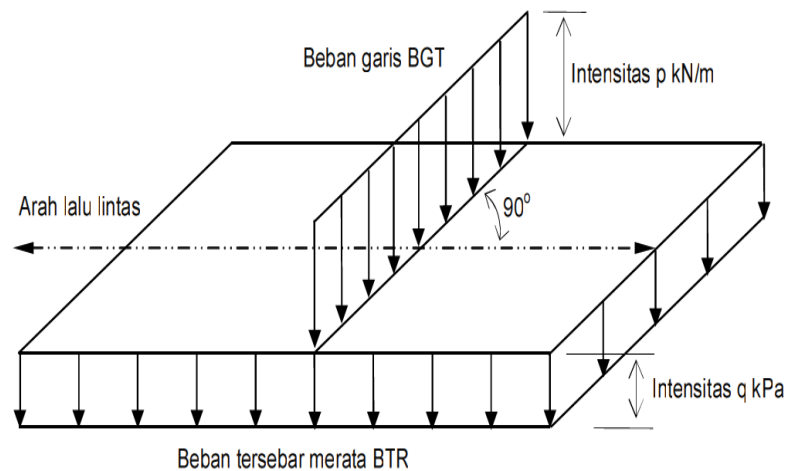
Penyebaran beban “D” pada arah melintang harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen yang maksimum

Penyusunan komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang harus sama. 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 %.

Jangka waktu	Faktor beban
Transien	1,8

Tabel 2.4. Faktor Beban lajur “D”

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 17)



Gambar 2.12. Beban Lajur “D”

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 18)

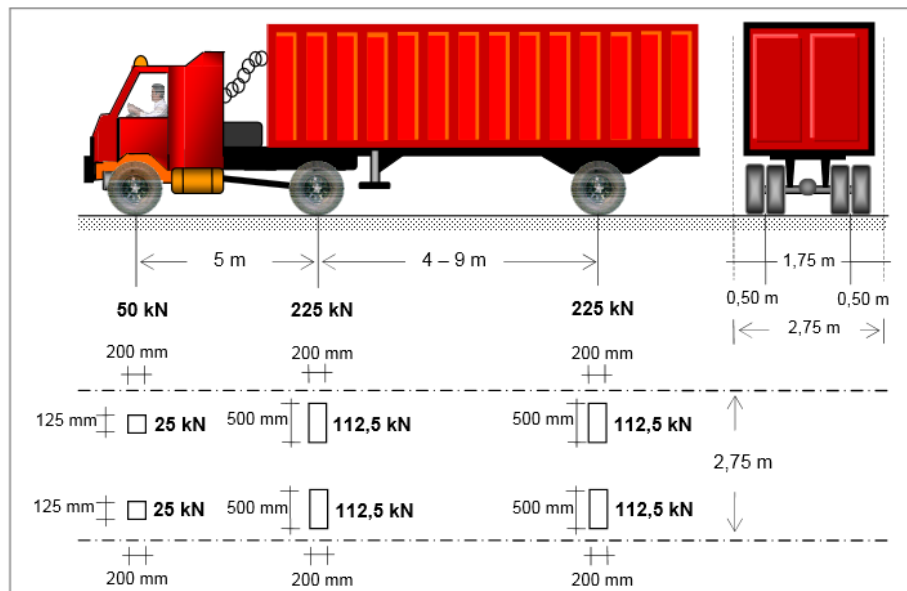
d. Beban truk “T”

Beban truk “T” adalah suatu beban kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. 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.

Jangka waktu	Faktor beban
Transien	1,8

Tabel 2.5. Faktor beban untuk beban truk "T"

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 22)



Gambar 2.13. Pembebanan Truk "T"

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 22)

Dimana :

$$b1 = 12,5 \text{ cm}$$

$$b2 = 50,00 \text{ cm}$$

$$ms = \text{muatan rencana sumbu} = 22,5 \text{ ton}$$

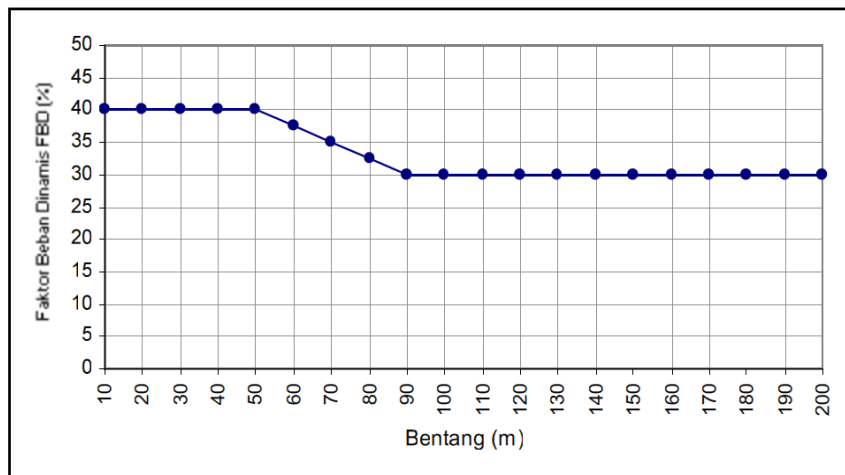
e. Faktor beban dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan merupakan iteraksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari

suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat untuk kendaraan berat dan frekuensi dari getaran lentur jembatan, biasanya dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

Untuk beban truk “T” FBD diambil 30%. Harga FBD yang harus diperhitungkan digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada dibawah garis permukaan FBD yang harus diambil sebagai peralihan linier dari harga pada garis permukaan tanah sampai.

Untuk truk “T” nilai FBD adalah 0.3. Untuk “BGT” nilai FBD diberikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.14. Faktor beban dinamis Untuk BGT Untuk pembebanan Lajur “D”

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 25)

f. Beban trotoar/pejalan kaki

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

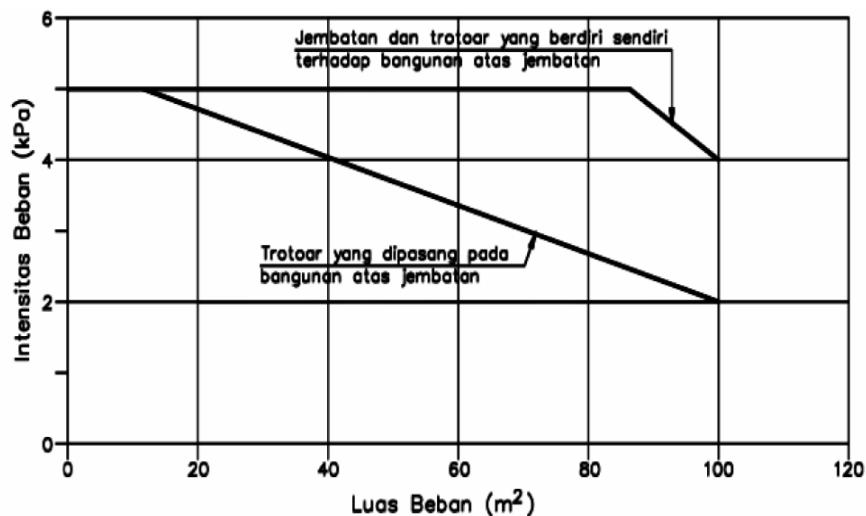
Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau untuk jembatan diambil secara bersamaan pada keadaan batas limit.

Apabila memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

Jangka waktu	Faktor beban
Transien	1,8

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

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 27)



Gambar 2.15. Faktor pembebanan untuk pejalan kaki

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 27)

f. Gaya Sentrifugal

Jembatan yang berada pada tikungan harus memperhitungkan bekerjanya suatu gaya horizontal radial yang dianggap bekerja pada tinggi 1,8 m diatas lantai kendaraan. Gaya horizontal tersebut harus sebanding dengan beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis. Beban lajur

D tidak boleh direduksi bila panjang jembatan lebih dari 30 m. Untuk kondisi ini $q = 9\text{kPa}$. Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran diatas 100% BGT dan BTR berlaku untuk gaya sentrifugal.

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

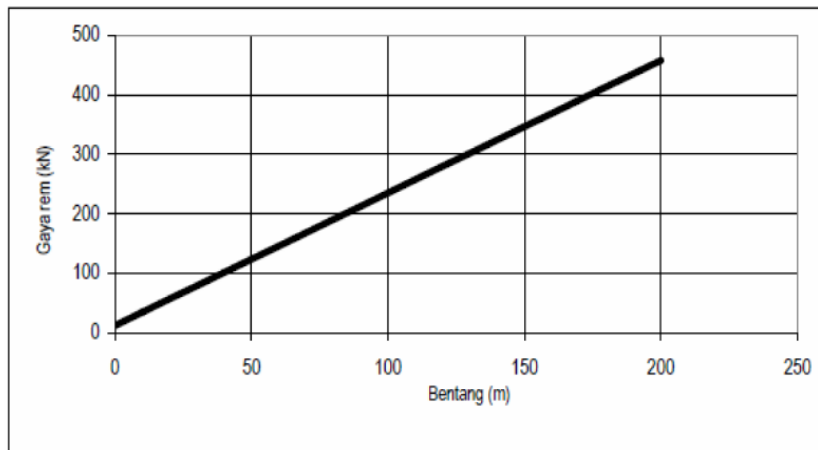
Bekerjanya gaya rem di arah memanjang jembatan akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai 5% dari beban “D” yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan dengan koefisien kejut atau faktor beban dinamis yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D tidak boleh direduksi bila panjang jembatan lebih dari 30 m. Untuk kondisi ini $q = 9\text{kPa}$. Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran diatas 100% BGT dan BTR berlaku untuk gaya rem.

Jangka waktu	Faktor beban
Transien	1,8

Tabel 2.7. Faktor Beban untuk gaya rem

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 27)

Hubungan antara besar gaya rem yang diperhitungkan dengan panjang bentang jembatan digambarkan seperti ini :



Gambar 2.16. Grafik Gaya rem per lajur 2,75m

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 26)

b. Gaya Angin

Kondisi angin pada suatu tempat merupakan beban yang akan bekerja pada struktur jembatan tertentu dan menjadi faktor yang diperhitungkan pada rencana pembebanan. Faktor beban akibat beban angin menurut SNI T-02-2005 sebesar 1,0 pada daya layan dan 1,2 pada daya ultimate.

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

$$T_{ew2} = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \text{ (KN)} \quad (2.24)$$

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 37)

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 :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.25)$$

Jangka waktu	Faktor beban
Transien	1.2

Tabel 2.8. Faktor beban untuk beban angin

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 36)

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Gambar 2.17. kecepatan angin rencana v_w

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 37)

c. Kombinasi beban

Kombinasi beban pada umumnya didasarkan pada beberapa kemungkinan tipe beban yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan. Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu dengan mengalikan faktor beban. Seluruh pengaruh aksi rencana harus mengambil faktor beban yang sama. Apakah itu tetap atau dikurangi. Disini paling berbahaya (maksimum) harus dijadikan acuan dalam perencanaan pembebanan.

Kombinasi pembebanan didasarkan pada batas dayan layan dan batas daya ultimit. Batas daya layan adalah kemampuan material elemen struktur menahan beban yang bekerja. Batas layan ultimit adalah kemampuan material elemen struktur menahan

beban dengan mengalikan dengan faktor beban sehingga tegangan pada material setara dengan tegangan leleh.

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

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

Tabel 2.9. Kombinasi beban

(Sumber : Peraturan SNI T-02-2005 ; hal 54)

Keterangan :

1. Dalam keadaan batas ultimit pada bagian tabel ini, aksi dengan tanda "X" untuk kombinasi tertentu adalah memasukan faktor harga beban ultimate penuh. Nomor dengan tanda "0" memasukkan harga yang sudah diturunkan besarnya sama dengan beban daya layan.

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

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

2.4 Teori Desain Srtuktur Baja Metode LRFD

Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum seperti tabel berikut :

- Tegangan leleh Tegangan leleh untuk perencanaan (f_y) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan tabel berikut.
- Tegangan putus Tegangan putus untuk perencanaan (f_u) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan tabel berikut.

Sifat mekanis baja struktural (Sumber: Amon dkk, 1996)

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, $y f$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sifat Mekanis Struktural Baja Wf dari suatu material adalah kemampuan bahan-bahan tersebut untuk memberikan perlawanan ketika diberi beban pada bahan tersebut. Atau dapat kita katakan adalah sifat mekanik bahan dalam kekuatan untuk menanggung beban yang datang dari luar. Sifat penting dari baja WF adalah kekuatan tarik.

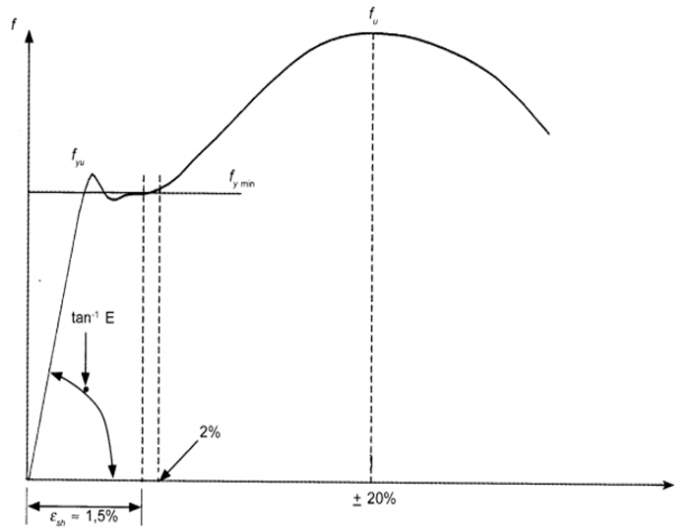
Pada saat regangan awal, dimana baja WF tidak berubah bentuk dan menyebabkan regangan pada saat beban regangan tadi dilepas, baja WF akan kembali ke bentuk aslinya. Regangan ini disebut regangan elastis karena sifat bahan masih elastis. Perbandingan antara tegangan dengan regangan dalam keadaan elastis disebut “Modulus Elastisitas/ Young Modulus”.

Ada 3 jenis tekanan yang terjadi pada baja WF, yaitu:

- Tegangan, dimana baja masih dalam keadaan elastis;
- Tegangan leleh, dimana baja mulai rusak/leleh; dan
- Tegangan plastis, tegangan maksimum baja, dimana baja mencapai kekuatan maksimum.

Kekerasan Baja adalah resistensi dari baja dengan jumlah kekuatan yang dapat menembus permukaan baja. Ketangguhan baja adalah hubungan antara jumlah energi yang dapat diserap oleh baja sampai baja tersebut putus.

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.

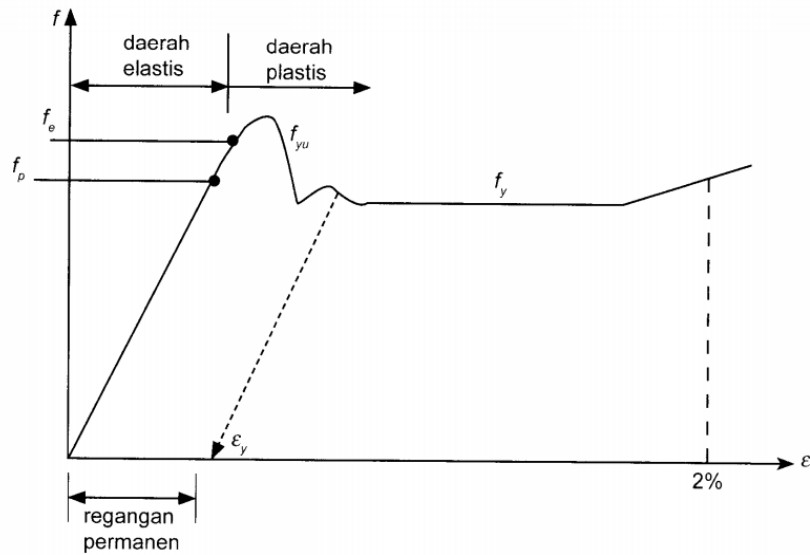


Gambar 2.18. Diagram Regangan Tegangan

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

Hasil uji ini di tunjukan dalam diagram regangan dan tegangan. Titik f_y (*Titik Limit Perporcional*) pada diagram hubungan linear antara tegangan dan regangan, apabila dilakukan pembebanan tidak melewati titik ini baja masih bersifat elastis artinya apabila beban dihilangkan maka baja masih dapat kembali keadaan semula, tetapi apa bila dibebankan terus sampai melampai 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 2.19. Diagram Regangan Tegangan

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD* :

Agus Setiawan, halaman 19)

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

2. 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.
3. 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 perubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.

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

2.5 Dasar Perencanaan Load Resistance Design LRFD

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

Terjadinya penyimpangan dalam dimensi batang, meskipun dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan yang telah diperhitungkan. Secara umum, persamaan untuk persyaratan keamanan dapat ditulis sebagai berikut (Struktur Baja Desain dan Perilaku, CG salmon, JE Johnson, Jilid I, hal. 28) :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.26)$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (faktor 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*) ϕ untuk mendapatkan kekuatan design. Pada sisi beban dari persamaan diatas, berbagai faktor-faktor kelebihan beban γ ; untuk mendapatkan jumlah $\sum \gamma; Q$; 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 :

a. Stabilitas batang tarik

Berdasarkan beba tarik yang bekerja, mutu baja dan jenis profil, dapat ditentukan profil yang kuat namun cukup hemat. Proses pemilihan ukuran profil seperti dimaksudkan diatas dinamakan perencanaan batang tarik.

Perencanaan batang tarik yang baik harus ditinjau dari beberapa segi yakni:

1. Tegangan (*Stress*)

Ukuran profil harus dipilih sedemikian rupa sehingga tegangan yang terjjadi kurang atau sama dengan tegangan tarik ijin. Dari perbandinga tegangan tarik ijin dapat diketahuui hemat tidaknya sebuah perencanaan. Semakin dekat dengan tegangan yang terjadi dengan tegangan ijinnya ,maka perencanaan semakin ekonomis .

2. Pelayanan (*Serviceability*)

Struktur tidak diperkenankan menunjukan prilaku yang menghawatirkan pemakai, misalnya defleksi yang berlebihan, bergetarnya elemen struktur oleh

kendaraan yang bergetar dan sebagainya. Dalam hal ini kelangsinganya harus dibatasi.

3. Sifat Keliatan (*Ductility*)

Hal ini merupakan persyaratan yang sangat penting. Tanpa daktilitas yang baik tidak akan terjadi distribusi yang menyebabkan hitungan menjadi sederhana khususnya pada perencanaan plastis. Sifat ini diketahui dari percobaan tarik.

4. Ketahanan (*Durability*)

Ketahanan dari cuaca panas dan dingin, korosi atau suhu yang meningkat perlu diperhatikan. Khusus untuk batang tarik, stabilitas (*stability*) tidak perlu ditinjau karena baik *local buckling* maupun *torsional buckling*, tidak mungkin terjadi pada batang ini.

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

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.27)$$

Dimana :

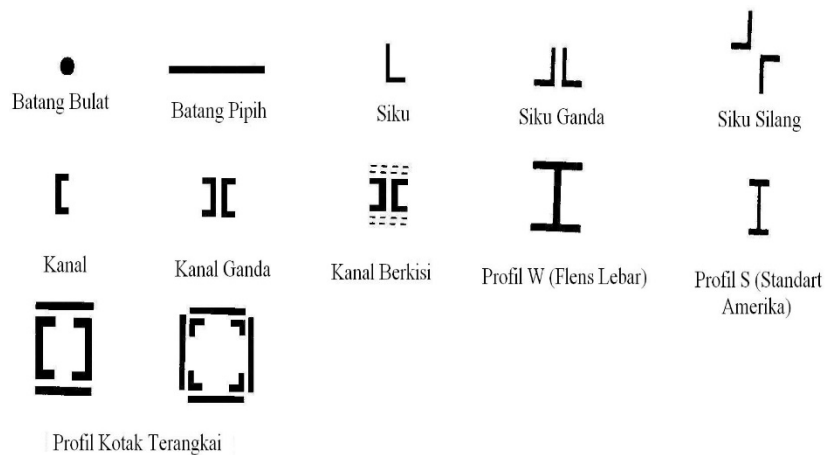
ϕ_t = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang tarik

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

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g = 0,90 \cdot F_y \cdot A_g \quad (2.28)$$



Gambar 2.20 Penampang lintang batang- batang tarik

((Sumber : *Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD : Agus Setiawan, halaman. 79*)

b. Stabilitas batang tekan

Batang tekan merupakan batang dari suatu rangka batang yang menerima tekan searah panjang batang. Beban yang cenderung membuat batang bertambah pendek akan menghasilkan tegangan tekan pada batang tersebut. Pada rangka batang, umumnya batan tepi atas adalah batang tekan.

Batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga menjamin stabilitasnya (tidak ada bahaya tekuk). Persyaratan kekuatan dalam desain faktor dan resistensi menurut LRFD adalah (*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 342*)

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \tag{2.29}$$

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 :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (2.30)$$

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 $\lambda_c \leq 1,5$

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (2.31)$$

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

$$F_{cr} = \left(\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) f_y \quad (3.32)$$

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*)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 \cdot E}} \quad (2.33)$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif

L = panjang batang

$$r = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I}{Ag}} \quad (2.34)$$

$$r_y = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \quad (2.35)$$

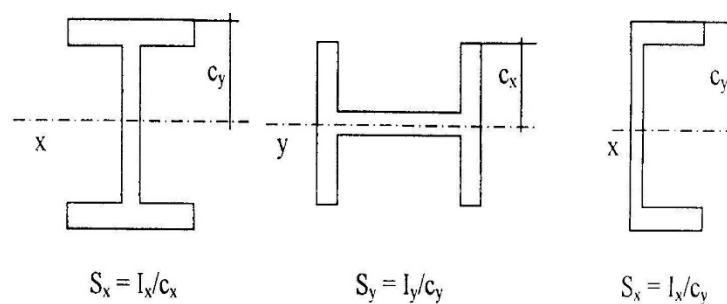
$$r_x = \text{radius girasi} = \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \quad (2.36)$$

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja

c. Stabilitas 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 :



Gambar 2.21. Penampang batang lentur

$$f = \frac{M_{xx}}{S_x} = \frac{M_{yy}}{S_y} \quad (2.37)$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid 1, 1992 : 421)

Dimana : f = tegangan lentur

S = modulus elastisitas

2.6 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.

Pada perencanaan jembatan rangka tipe truss ini sambungan direncanakan dengan menggunakan baut mutu tinggi (A490).

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

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

Dimana :

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

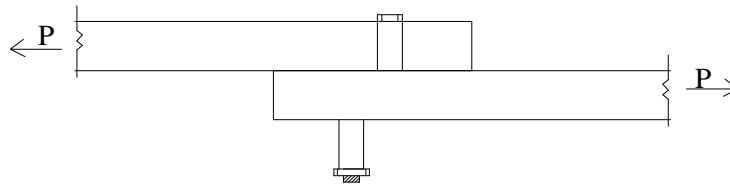
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

2.6.1 Kekuatan Geser Desain Tanpa Ulir Bidang Geser

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

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



Gambar 2.22. Kegagalan geser baut tanpa ulir

Dimana :

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

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

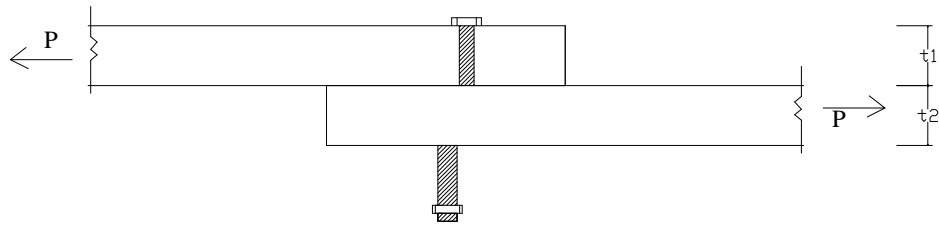
m = banyaknya bidang geser yang terlibat

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

2.6.2 Kekuatan Geser Desain Ada Ulir Pada Bidang Geser

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

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



Gambar 2.23. Kegagalan geser baut ada ulir

2.6.3 Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut

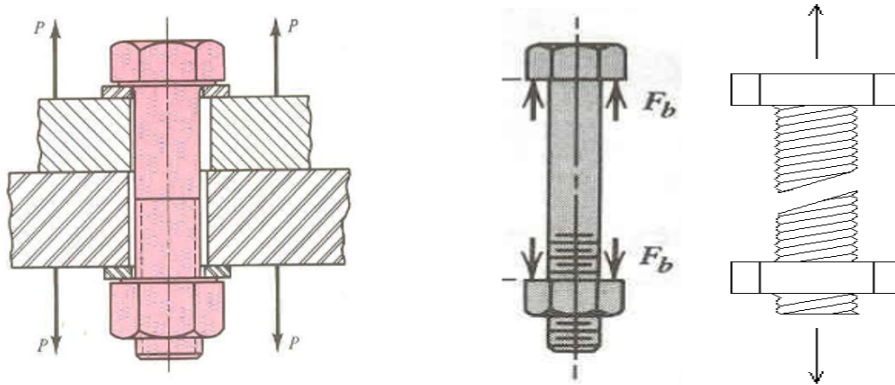
Kekuatan desain ϕR_n , berdasarkan kekuatan tarik penyambung menurut LRFD (CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 132*)

adalah :

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

Atau :

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



Gambar 2.24. Kegagalan tarik baut

Dimana :

ϕ = 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)

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

2.6.4 Kekuatan Tumpu Desain Untuk Baut

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

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

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

Dimana :

ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

d = diameter nominal baut (bukan pada bagian ulir)

t = ketebalan bagian yang disambung (misalnya pelat)

F_u = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

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

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

Dimana : ϕ = 0,75, harga untuk baut terhadap sisi lubang

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

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

Dimana :

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

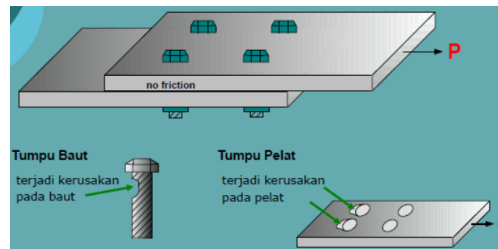
$L =$ jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

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

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

Dimana :

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



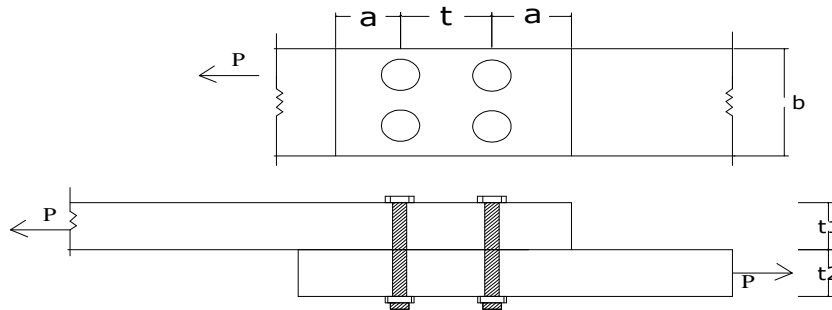
Gambar 2.25. Kegagalan tumpu baut ada ulir

2.6.5 Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya

Untuk jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas

berdekatan:
$$L \geq \frac{R_n}{F_u t} \quad (2.45)$$

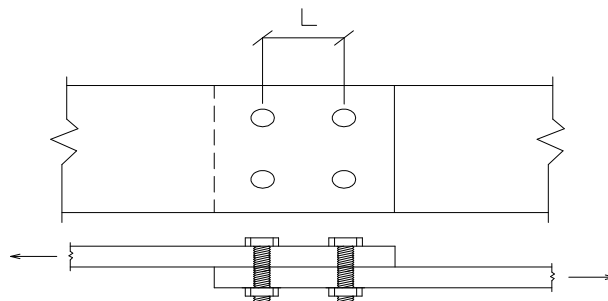
(CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid 1, 1992 : 135)



Gambar 2.26. Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan

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

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



Gambar 2.27. Jarak baut dari pusat sampai kepusat

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

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.47)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat

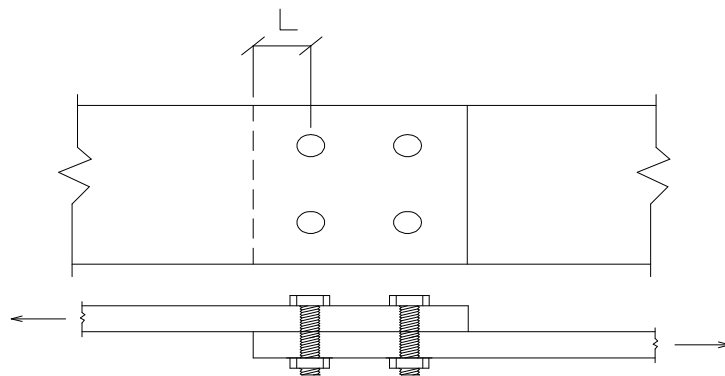
D_b = diameter ludang baut

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

2.6.6 Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan :

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



Gambar 2.28. Jarak ujung baut

(Sumber CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jilid 1, 1992 : 135)

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

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t} \quad (2.49)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

2.6.7 Menentukan tebal plat simpul (t)

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

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

*(Struktur Baja Desain dan Perilaku I, Charles G. Salmon & John E. Johnson :
hal. 135*

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

Kontrol pelat simpul LRFD

Menghitung kekuatan nominal pelat :

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

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

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

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

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. Metode Pelaksanaan Jembatan

Proses pelaksanaan pada jembatan untuk mempercepat dan mengurangi pemakaian perancah, metode pelaksanaan yang digunakan menggunakan *steel deck* dan sistem kantilever pada konstruksi rangkanya.

Metode pelaksanaan Jembatan rangka dapat dibedakan menjadi 2 yaitu *Temporary Support* dan *Cantilever*. Dimana secara lebih rinci adalah sebagai berikut.

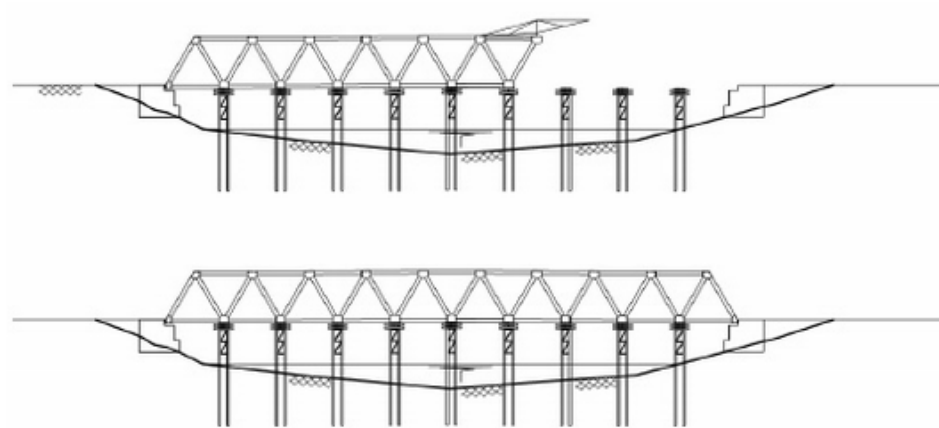
- a. *Full Temporary Support*
- b. *Semi Temporary Support*
- c. *Full Cantilever*
- d. *Semi Cantilever*

2.7.1 *Full Temporary Support*

Full temporary support merupakan metode jembatan rangka yang dapat diterapkan apabila kondisi sungai memungkinkan untuk dipasang perancah dengan jumlah yang banyak. Kondisi sungai yang memungkinkan untuk

dipasang perancah dalam artian kedalaman sungai dapat dijangkau perancah/
temporary support.

Pada metode *Full temporary support* setiap buhul dapat dipasang perancah.
Metode ini dapat dilihat pada gambar berikut.

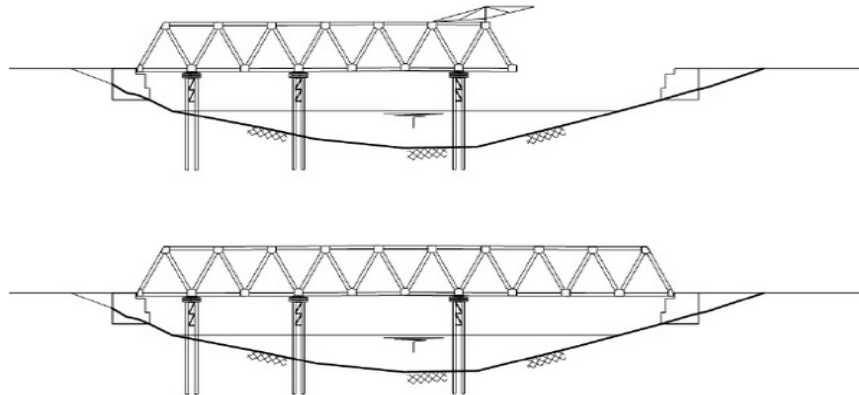


Gambar 2.29. Metode *Full Temporary Support*

2.7.2. *Semi Temporary Support*

Semi temporary support merupakan metode pelaksanaan jembatan rangka yang dapat diterapkan apabila metode *full temporary support* tidak memungkinkan untuk dilakukan.

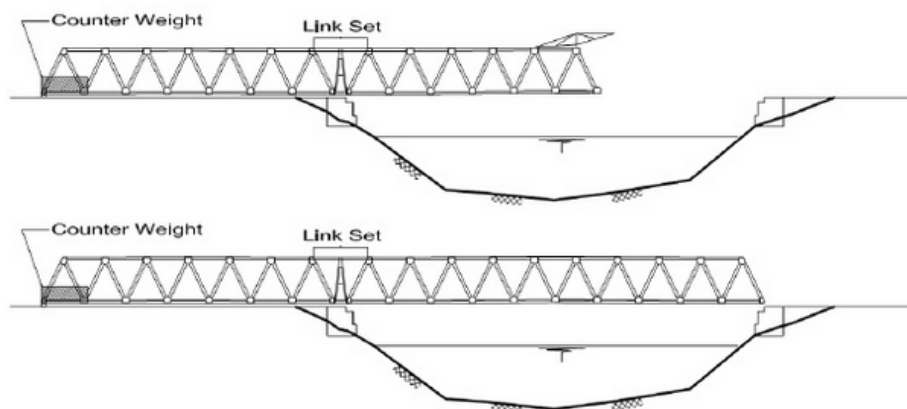
Semi temporary support digunakan karena kedalaman sungai tidak memungkinkan untuk dipasang perancah, sehingga pemasangan perancah tidak pada setiap buhul akan tetapi bisa loncat dari beberapa titik sampai pada tempat yang bisa untuk dipasang perancah. Pada proses pelaksanaan setelah dipasang perancah maka dilakukan pemasangan reng per perbatang, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.30. Metode *Semi Temporary Support*

2.7.3 Full Cantilever

Full cantilever adalah metode pelaksanaan jembatan rangka dengan menggunakan pemberat pada bagian ujung atau *counter weight*. Pada tahapan awal rangka dipasang didarat, setelah selesai pada bagian ujung ditambah beban pemberat dengan tujuan sebagai penyeimbang kantilever pada saat ereksi. Kemudian tahapan terakhir adalah proses *erection* dimana jembatan yang telah dirangkai diluncurkan menggunakan *Link set*, seperti terlihat pada gambar berikut.

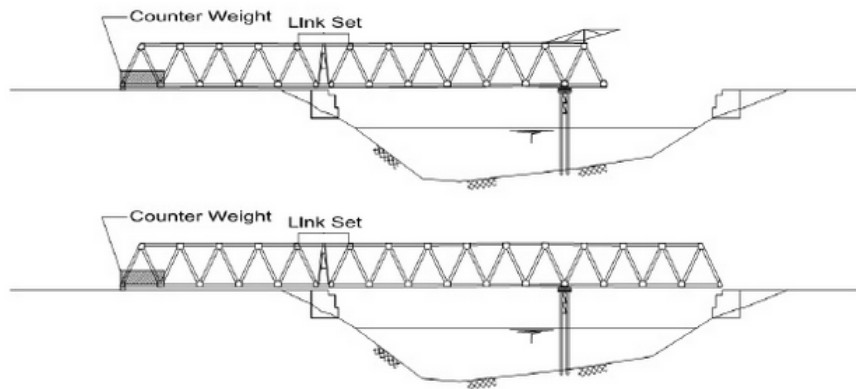


Gambar 2.31. Metode *Cantilever*

2.7.4 *Semi Cantilever*

Semi cantilever adalah metode pelaksanaan jembatan rangka yang dapat digunakan selain *Full cantilever*.

Semi cantilever digunakan apabila bentang jembatan terlalu panjang dan kondisi sungai memungkinkan untuk dipasang perancah. Perbedaan antara kedua metode ini adalah pada penggunaan perancah dimana pada *Full cantilever* tidak menggunakan perancah akan tetapi pada gambar berikut.



Gambar 2.32. Metode Semi Cantilever

Ada 4 (empat) metode yang dapat digunakan untuk pekerjaan pemasangan/penyetelan perangkat jembatan rangka baja yaitu :

1. Pemasangan dengan cara memakai perancah.
2. Pemasangan dengan cara *cantilever* (pemasangan konsol sepotong demi sepotong).
3. Pemasangan dengan cara peluncuran.
 - a. Bentang tunggal.
 - b. Bentang lebih dari satu.
4. Kombinasi dari ketiga cara di atas.

2.7.5 Pelaksanaan Pemasangan Gelagar

Gelagar jembatan itu sendiri mempunyai fungsi sebagai pemikul beban bergerak (kendaraan mobil, kereta api, dan manusia). Gelagar ini dapat dibuat dari beton, baja, atau kayu. Tetapi dalam metode pelaksanaan ini membahas menggunakan gelagar beton. Penggunaan dari bentuk gelagar yang dilaksanakan sebagai pekerjaan yang ini perlu diperhitungkan kemiringan sudutnya yang diberikan dalam persamaan trigonometri. Dalam perencanaan pembangunan jembatan ini diperlukan perencanaan awal yang matang, salah satunya adalah perencanaan gelagar. Pekerjaan pemasangan gelagar dilaksanakan setelah pekerjaan pondasi jembatan selesai. Pelaksanaan pekerjaan pemasangan gelagar terdiri dari:

Menurunkan gelagar dan plat dari kendaraan truk *trailer* menggunakan *crane*.

Untuk perakitan gelagar jembatan ini dibutuhkan suatu daerah persiapan yang mempunyai panjang sebesar bentang gelagar. Sebagai tambahan diperlukan pula daerah untuk menyimpan balok-balok beton yang nantinya berfungsi sebagai penopang sementara gelagar.

Kemudian dengan menggunakan *crane* gelagar diletakkan pada posisi memanjang di atas alat bantuan tumpuan, lalu dilakukan penyatuan gelagar, dengan menggunakan metode *stressing* atau *post tension*.

Metode *stressing* dilakukan apabila kekuatan beton sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan *initial jacking force* yang telah di-*approval*. Langkah-langkah *stressing* adalah sebagai berikut:

1. Masukkan *Strand*.
2. *Setting* angkur balok.

3. *Stressing*.
4. Potong *strand*.
5. *Grouting* dan *patcing*.
6. *Finishing*.

Metode *post tension* dilakukan dengan menggabungkan beberapa segmen balok untuk kemudian disatukan dengan menggunakan perekat lalu di-*stressing*.

1. *Install Strand Ke Dalam Ducting*.
2. Pemberian *Epoxi* pada Permukaan Segmen.
3. Proses *Stressing*.

Pekerjaan selanjutnya adalah erection, dengan cara meluncurkan gelagar tersebut pada posisi bentangan jembatan dengan menggunakan bantuan 2 unit crane dimana 1 crane sebagai penarik dan 1 unit crane lagi membantu mengangkat/pegangan belakang.

Pelaksanaan Pemasangan Diafragma

Diafragma adalah elemen struktur yang berfungsi untuk memberikan ikatan antara gelagar sehingga akan memberikan kestabilan pada masing-masing gelagar dalam arah horisontal. Pengikat tersebut dilakukan dalam bentuk pemberian *stressing* pada diafragma dan gelagar sehingga dapat bekerja sebagai satu kesatuan.

Pelaksanaan Pekerjaan Plat Lantai Jembatan

Plat lantai jembatan berfungsi untuk menahan beban yang bekerja di atas jembatan secara merata dan agar mendapat permukaan yang rata. Urutan pelaksanaan pekerjaan plat lantai jembatan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan *bekizting* plat lantai.
2. Pelaksanaan pekerjaan pembesian.

3. Metode pelaksanaan pekerjaan pengecoran beton.

Pemasangan bekisting dilakukan setelah pemasangan gelagar jembatan yang di atasnya telah dipasang *shear conector*. Berikut ini adalah prosedur pelaksanaan bekisting:

1. Menentukan lahan yang akan dipasang *bekisting*.
2. Melakukan pengukuran rencana lokasi pengecoran sesuai gambar rencana.
3. Membersihkan lokasi *bekisting* dari segala macam kotoran.
4. Menyiapkan komponen-komponen dan panel-panel *bekisting* besi di lapangan.
5. Merakit dan *setting* panel/komponen *bekisting* di lapangan dengan kuat dan tepat.
6. Melakukan pengecekan apakah letak dan posisi *bekisting* sudah sesuai.
7. Olesi dengan pelumas bagian dalam *bekisting* yang akan dilapisi beton basah, agar mudah untuk membuka dan menghasilkan beton keras yang bagus dan tidak keropos.

Prosedur pelaksanaan pekerjaan pembesian yaitu:

1. Menyiapkan material besi tulangan sesuai dengan ukuran dan gambar yang sudah direncanakan.
2. Menyiapkan lokasi untuk pemotongan dan perakitan tulangan.
3. Menyiapkan peralatan dan tenaga pembesian sesuai dengan kebutuhan.
4. Pastikan perakitan tulangan dengan bndrat bersilangan tumpang tindih.
5. Potong dan rakit pembesian dengan sesuai ukuran gambar rencana.
6. Menyiapkan lokasi pemasangan panel rakitan pembesian di lapangan bersih dari segala kotoran
7. Pastikan posisi ikatan antar besi tulangan sudah cukup kuat dan pada tempatnya

Metode pelaksanaan untuk pekerjaan beton ini dilaksanakan dengan sistem serempak untuk semua unit dengan metode konvensional (dicor di tempat lokasi pekerjaan). Karena pekerjaan beton pada pier dikerjakan secara bertahap, maka untuk memulai pekerjaan tahap berikut diberi pasta dahulu agar terjadi ikatan antara beton yang lama dengan beton yang baru. Prosedur pelaksanaan pekerjaan pengecoran beton yaitu:

1. Siapkan perijinan untuk memulai pekerjaan (*request*) yang disetujui oleh direksi pekerjaan.
2. Cek bersama dengan direksi sebelum dilakukan pekerjaan pengecoran.
3. Lakukan pengecoran dan setiap melakukan pengecoran maka campuran beton sudah harus dilakukan pengecekan terhadap kadar airnya dengan slump test dan buat silinder untuk pengujian kuat tekan beton tersebut.
4. Pastikan skor-skor dan perancah kuat menopang beton basah sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan gambar.
5. Lakukan pemeliharaan beton dengan penyiraman terus menerus atau dengan pemberian karung goni sampai beton mencapai umur 28 hari.

Standar Mutu :

1. Pelaksanaan pekerjaan jembatan ini sesuai dengan standar dan aturan yang sudah ditetapkan.
2. Gelagar beton dan diafragma menggunakan beton dengan mutu yang tinggi dan kualitasnya sudah teruji di laboratorium. Selain itu untuk dimensinya sudah sesuai dengan perencanaan
3. Baja tendon yang digunakan mempunyai mutu yang tinggi dan kualitasnya baik. Diameter yang digunakan sudah sesuai dengan perencanaan

4. Dalam pelaksanaan pekerjaan selalu mengutamakan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
5. Waktu pelaksanaan pekerjaan sudah diatur sedemikian rupa agar mencapai target yang sudah ditetapkan baik mengenai biaya, mutu, waktu, dan bahan

Kontrol Kualitas :

Tujuan dari kontrol kualitas adalah agar kualitas struktur yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengontrolan terhadap kualitas sangat penting untuk menjamin kekuatan struktur yang telah direncanakan. Pengontrolan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Kontrol kualitas bahan
2. Kontrol kualitas pekerjaan
3. Kontrol kualitas peralatan
4. Kontrol kualitas tenaga kerja
5. Kontrol waktu

1. Kontrol kualitas bahan

Struktur yang baik terbuat dari bahan-bahan yang memenuhi syarat-syarat kualitas yang ditetapkan. Demikian pentingnya pengendalian kualitas bahan maka material yang digunakan dalam proyek ini harus diuji secara visual dan tes laboratorium.

Hasil pekerjaan dipengaruhi oleh mutu dan kualitas bahan sehingga diperlukan pengawasan dalam hal:

1. Ketersediaan bahan: tersedianya bahan sesuai dengan spesifikasi, termasuk di dalamnya persetujuan di masing-masing pihak yang terlibat terhadap mutu dari bahan-bahan tersebut
2. Jadwal pengadaan bahan: jadwal pengadaan bahan harus tepat, karena seluruh waktu yang digunakan untuk melaksanakan kegiatan saling tergantung satu sama lain
3. Penerimaan bahan: penerimaan bahan hendaknya diawasi dan dicek secara teliti agar mutu dari bahan yang diperoleh sesuai dengan mutu bahan yang direncanakan sebelumnya
4. Pemakaian bahan: kontrol mutu bahan saat pemakaian bahan dilakukan dengan cara pengujian kualitas bahan bangunan yang akan digunakan

2. Kontrol kualitas pekerjaan

Pengendalian ini untuk mengontrol apakah hasil pelaksanaan telah memenuhi standard dan spesifikasi yang telah ditentukan. Sehingga bila terjadi kesalahan atau kekurangan bisa diperbaiki, dan untuk mencegah kesalahan bisa terjadi selanjutnya. Metode-metode yang bisa dilakukan dalam melakukan pengawasan kualitas mutu pekerjaan antara lain:

1. Pengawasan langsung secara visual
2. Pengukuran langsung di lapangan
3. Kontrol dengan hitungan
4. Pengujian di lapangan

Kontrol kualitas pekerjaan dilakukan untuk mengawasi hasil pekerjaan yang telah dilakukan.

3. Kontrol kualitas peralatan

Pengendalian kualitas peralatan terutama ditujukan kepada pengawasan bidang peralatan terhadap peralatan yang ada. Pengawasan bidang peralatan berupa pencatatan kondisi alat setiap hari dapat memaksimalkan fungsi alat, karena alat yang dipakai lebih dari umur kerjanya dapat menurunkan produktivitas alat tersebut.

4. Kontrol kualitas tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan faktor utama bagi pelaksanaan suatu kegiatan. Pemilihan tenaga kerja harus sesuai dengan kemampuan serta jumlah tenaga kerja yang diperlukan. Hal ini berkaitan dengan efisiensi pengerjaan suatu kegiatan. Penentuan produktivitas tergantung pada sistem manajemen dan hubungan kerja yang kondusif. Dalam kaitannya, serta jumlah yang diperlukan dalam penanganan suatu kegiatan.

Karakter tenaga kerja yang ada dalam suatu kegiatan berbeda-beda. Masing-masing mewakili strata sosial yang berbeda-beda pula. Oleh karenanya perlu penanganan yang baik dari para pelaksana untuk mengarahkan tenaga kerja tersebut.

5. Kontrol waktu

Pengendalian waktu merupakan kegiatan yang sangat penting dalam pelaksanaan suatu kegiatan. Kegiatan ini bertujuan agar seluruh pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan jangka waktu yang telah direncanakan, dan juga agar pekerjaan dapat menghindari kerugian, baik kerugian waktu maupun biaya. Pengendalian dilakukan dengan *Time Schedule* dan *Network Planning*.

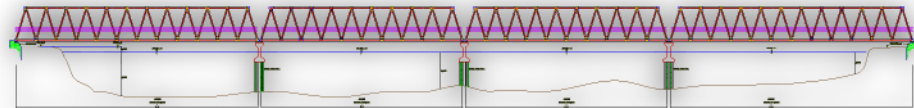
BAB III

METODOLOGI

3.1 Data Perencanaan

Berikut ini akan dipaparkan penjelasan secara fisik kondisi jembatan nunukan Kalimantan Utara :

1. Jembatan nunukan ini terdiri dari empat bentangan dengan ukuran :

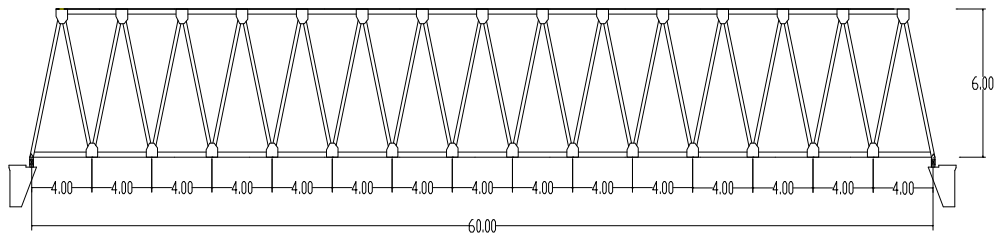


- Bentang 1 : 60 m
- Bentang 2 : 50 m
- Bentang 3 : 50 m
- Bentang 4 : 60 m

2. Jenis pondasi adalah pondasi tiang pancang
3. Jembatan ini menghubungkan jalan jurusan Kecamatan Sembakung dan daerah perkotaan.

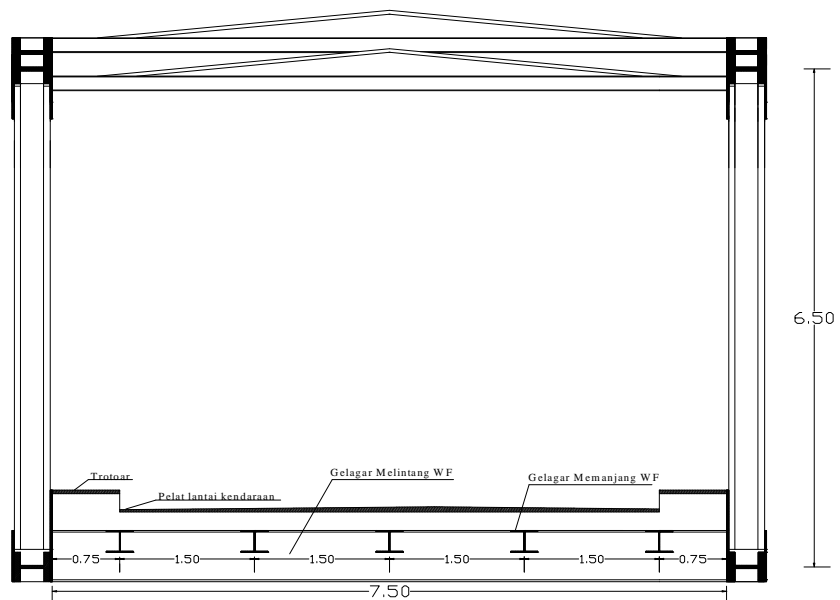
3.2 Gambar Perencanaan

Untuk mempermudah dalam perhitungan selanjutnya, berikut ini akan disajikan gambar perencanaan jembatan.



TAMPAK SAMPING JEMBATAN

Gambar 3.1 potongan memanjang jembatan tipe *V-Truss*



Gambar 3.2 potongan melintang jembatan tipe *V-Truss*

3.3 Data struktur

Data perencanaan struktur atas Jembatan Nunukan – Kalimantan

Utara :

1. Kelas Jembatan : I (satu)
2. Panjang Jembatan : 60,00 meter
3. Lebar Lantai Kendaraan : 6.00 meter
4. Lebar Trotoir : 2 x 0.750 meter

5. Tipe Jembatan : Rangka Baja tipe *V-Truss*
6. Jarak antar Gelagar Melintang : 4,00 meter
7. Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,50 meter
8. Mutu Baja Tulangan :
- Mutu baja tulangan ulir (f_y) : 410 Mpa
9. Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- $E = 4700 \sqrt{f_c}$: $4700\sqrt{35}$
- : 27805,57 Mpa
10. Mutu baja : St 55
- : 360 Mpa
11. Mutu baut : A 490
- Kuat tarik Baut = 1035 Mpa

3.4 Data Pembebanan

↳ Lapisan aspal lantai kendaraan :

1. Tebal Lapisan Aspal : 0,05 meter (tepi)
- : 0,08 meter (tengah)

Diambil $(0.05 + 0.08) / 2$: 0.065 meter

2. Berat Jenis Aspal : 2240 kg/m³

Pelat beton trotoir :

1. Tebal Plat Beton : 0,55 meter
2. Tegel + Spesi : 0,05 meter
3. 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. Ketebalan Air Hujan (diasumsikan): 0,05 meter
2. Berat Air Hujan : 1000 kg/m³

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Plat lantai kendaraan

4.1.1 Perhitungan Pembebanan

a. Plat lantai kendaraan (diambil pias 1 meter)

Pembebanan diambil dari (*Sumber : SNI-T-02 2005, Halaman11*)

Beban Mati (q_d)

- Berat sendiri lantai kend. = $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1.30 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1.30 = 145.6 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2.00 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat Steel deck (0.76 mm) = $8.48 \times 1 \times 1.10 = \underline{9.328 \text{ kg/m}}$

$$q_d^u = 1034.928 \text{ kg/m}$$

Beban Gandar (T)

Beban lantai kendaraan untuk jembatan kelas standart truck

$$\begin{aligned} 11.250 \text{ ton} &= 11250 \text{ kg} = 11250 \times 1.8 \text{ (factor beban truck)} \\ &= 20250 \text{ kg} \end{aligned}$$

(*Sumber : SNI-T-02 2005, Halaman 22*)

b. Trotoar

Beban Mati (q_d)

- Berat sendiri lantai trotoar = $0.55 \times 1 \times 2400 \times 1.30 = 1716 \text{ kg/m}$
- Berat tegel + spesi = $0.05 \times 1 \times 2240 \times 1.30 = 145,6 \text{ kg/m}$ Berat

- air hujan $= 0.05 \times 1 \times 1000 \times 2.0 = 100 \text{ kg/m}$

- Berat Steel deck (0.76 mm) $= 8.48 \times 1 \times 1.10 = 9.328 \text{ kg/m} +$

$q_d^u = 1970.928 \text{ kg/m}$

Beban hidup (ql)

Yaitu beban guna sebesar $= 500 \text{ kg/m}^2$

$q_l = 500 \times 1$ (Diasumsikan 1 meter panjang)

$= 500 \text{ kg/m}$

Beban trotoir

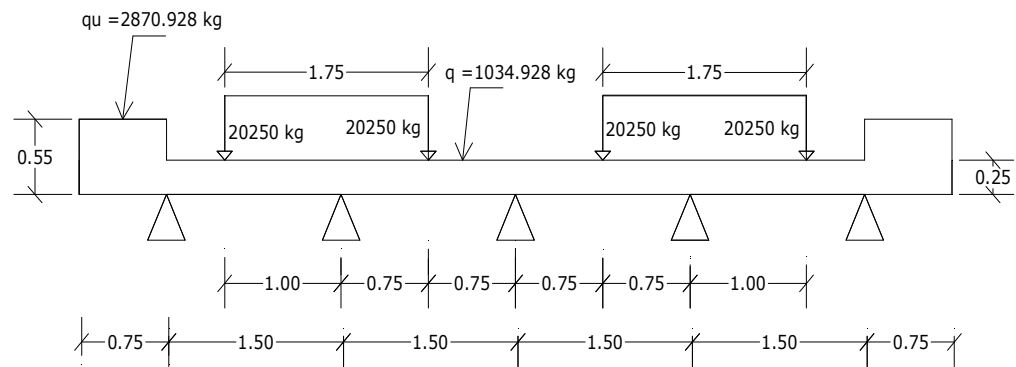
$Q^u = q_d^u + 1,8 \times q_l$

$= 1970,928 + 1,8 \times 500$

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

4.1.2 Perhitungan statika

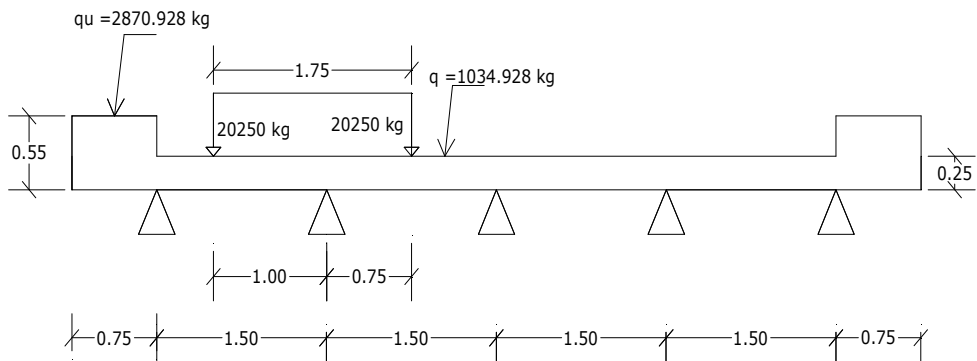
Kondisi I



Gambar 4.1. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

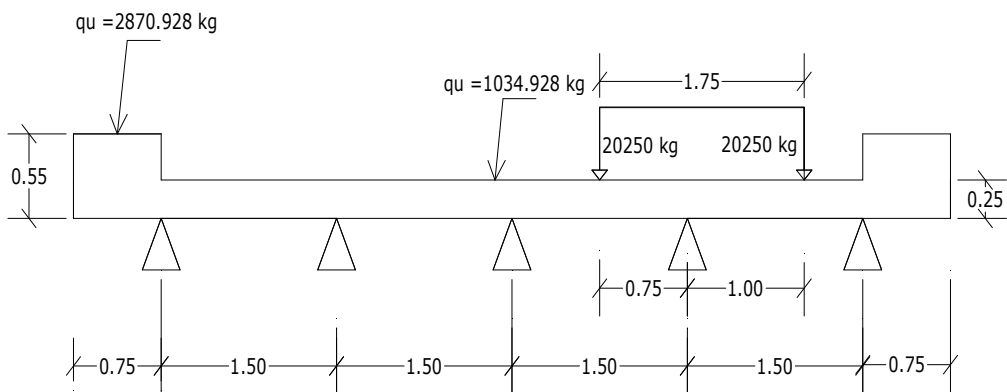
Kondisi II



Gambar 4.2 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

Untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

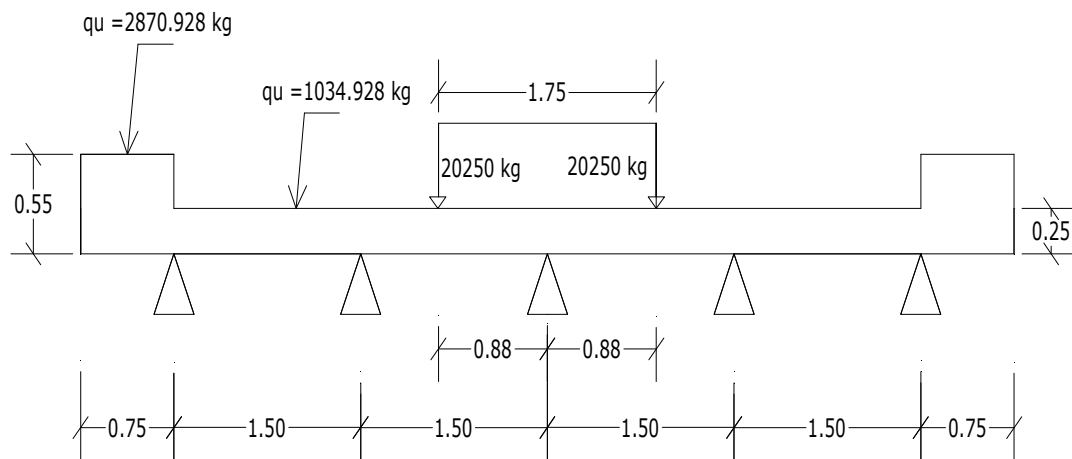
Kondisi III



Gambar 4.3 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

Kondisi IV



Gambar 4.4. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

Untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

TITIK	KONDISI I (Kg.m)		KONDISI II (Kg.m)		KONDISI III (Kg.m)	
	TUMP	LAP	TUMP	LAP	TUMP	LAP
A'	0		0		0	
A'A		143.978		143.978		143.978
A	575.913		575.913		575.913	
AB		-5213.00		-5070.200		-.171.802
B	4239.000		4667.000		.384.350	
BC		131.723		-4523.000		-569.721
C	3875.000		2059.000		2059.000	
CD		-50.023		-171.802		4523.000
D	4239.000		569.000		4667.000	
DE		-5213.00		-171.802		5070.200
E	575.913		575.913		575.913	
EE'		143.978		143.978		143.978
E	0		0		0	

TITIK	KONDISI IV ((Kg.m)		TUMPUAN MAX (Kg.m)	LAPANGAN MAX (Kg.m)
	TUMPUAN	LAPANGAN		
A'	0	0	0.000	0
A'A		143.978		143.978
A	575.913		575.913	
AB		974.686		-5213.000
B	1958.000		4667.000	
BC		-4652.200		-4652.200
C	4494.000		4494.000	
CD		-4652.000		-4652.200
D	1958.000		4667.000	
DE		974.686		-5213.000
E	575.913		575.913	
EE'		143.978		143.978
E	0	0	0	0

4.1.3 Penulangan Plat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software Staad Pro 2004 didapat momen maximum pada kondisi I.

Kontrol Momen Tumpuan (Momen Negatif)

$$M_{max} = 4667.000 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 46670000.000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13$$

$$= 203.500 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203.500$$

$$= 46.500 \text{ mm}$$

Diambil D13 dengan jarak 200 mm

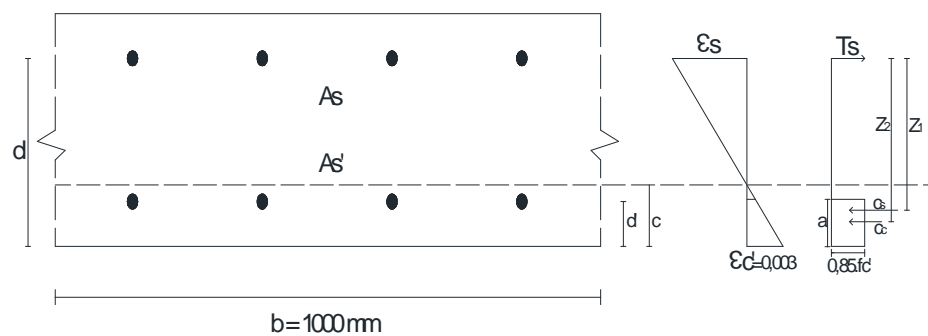
$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000) / 200$$

$$= 663.929 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663.929 \text{ mm}^2$$

Mencari letal garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

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

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

$$\beta = 0.84642857 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

$$(0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000)c + 663.929 \times \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c' \right) - 663.929 \times$$

$$\frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287.5 \times c + 663.929 \times \left(\frac{c-46.500}{c} \times 600 - 0.85 \times 35 \right) - 663.929$$

$$\times \frac{203.500-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287.5 \times c + \left(\frac{378261.081 \cdot c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \cdot c}{c} \right) = 0$$

$$\left(25287.5 \times c + \left(\frac{378261.081 \times c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \cdot c}{c} \right) \right) \times c$$

$$25287.5 \times c^2 + 378261.081 \cdot c - 18466968 - 81031782 + 397995 \cdot c = 0$$

$$25287.5 \times c^2 + 77625.081 \times c - 99498750$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 46.282 \text{ mm}$$

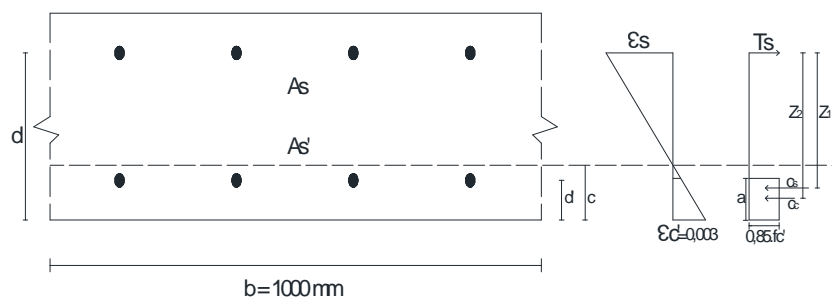
$$c2 = -72.926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \text{ atau}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0.85 \times 49.229$$

$$= 41.845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$= \frac{49.229-46.500}{46.500} \times 600$$

$$= 33.261 \text{ Mpa} < f_y = 410 \text{ Mpa}$$

karena $f_s' < f_y$, maka dipakai $f_s' = 410 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$= \frac{203.500-46.500}{6.500} \times 600$$

$$= 1880.245 \text{ Mpa} > f_y = 410 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 410 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s \times f_s$$

$$= 663.929 \times 410$$

$$= 272210.714 \text{ Nmm}$$

$$C_c = 0.85 \times f_c' \times a \times b$$

$$= 0.85 \times 35 \times 41.845 \times 1000$$

$$= 1244878.338 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times (f_s' - 0.85 f_c')$$

$$= 663.929 \times (33.261 - 0.85 \times 35)$$

$$= 2330.975 \text{ N}$$

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

$$= 203.500 - \left(\frac{1}{2} \times 41.845 \right)$$

$$= 182.578 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203.500 - 46.500$$

$$= 157.000 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka

$$\begin{aligned}
M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\
&= (1244878.338 \times 182.578) + (2330.975 \times 157) \\
&= 227652955.658 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \Phi \times M_n \\
&= 0.85 \times 227652955.658 \\
&= 193505012.309 \text{ Nmm} \\
&= 193.505 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193.505 \text{ KNm} > 46.670 \text{ KNm} \quad \text{.....Ok.....}$$

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

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$\begin{aligned}
A_{S \text{ bagi}} &= 20\% \times A_{S \text{ perlu}} \\
&= 0.2 \times 663.929 \\
&= 132.786 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$\begin{aligned}
n &= \frac{A_{S \text{ bagi}}}{A_{S \text{ ada}}} \\
&= \frac{132.786}{1/4 \pi \cdot 12^2} \\
&= 1.174 \approx 4 \text{ tulangan}
\end{aligned}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n}$$

$$= \frac{1000}{4}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

Kontrol Momen Lapangan (Momen Positif)

Dari hasil perhitungan StaadPro 2004 diperoleh momen maximum pada kondisi I.

$$M_{\max} = 5213.000 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 52130000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - (\frac{1}{2}.13)$$

$$= 203.500 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203.500$$

$$= 46.500 \text{ mm}$$

Diambil D13 dengan jarak 200 mm

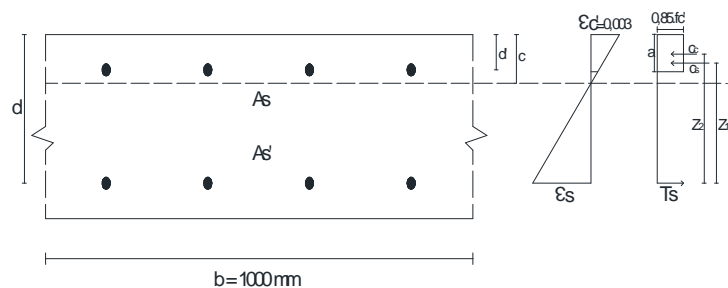
$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000) / 200$$

$$= 663.929 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663.929 \text{ mm}^2$$

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



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

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

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

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

$$\beta = 0,846 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

$$(0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000) \cdot c + 663.929 \times \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \times f_c' \right) -$$

$$663.929 \times \frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663.929 \left(\frac{c-46.500}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35 \right) - 663.929 \times$$

$$\frac{203.500-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,50 \cdot c + \left(\frac{378261,081 \times c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \times c}{c} \right) \times$$

$$600 = 0$$

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

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

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

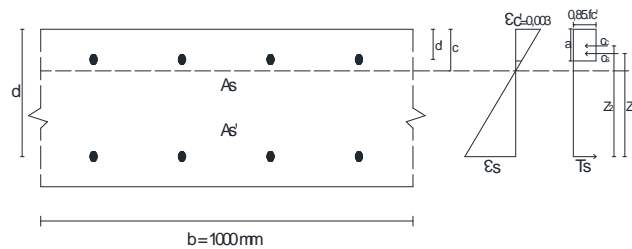
Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

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

$$c_2 = -72,926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \text{ atau}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,85 \times 49,229 \\ &= 41,845 \text{ mm} \end{aligned}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{c-d'}{c} \times 600 \\ &= \frac{49,229-46,500}{46,500} \times 600 \\ &= 33,261 \text{ Mpa} < f_y = 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

karena $f_s < f_y$, maka dipakai $f_s' = 33,261 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} f_s' &= \frac{d-c}{c} \times 600 \\ &= \frac{203,500-46,500}{46,500} \times 600 \\ &= 1880,245 \text{ Mpa} > f_y = 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 410 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s' \times f_s' \\ &= 663,929 \times 410 \\ &= 272210,714 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$= 1244878.338 \text{ N}$$

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

$$= 663.929 \times (33.261 - 0,85 \times 35)$$

$$= 2330.975 \text{ N}$$

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

$$= 203.500 - (\frac{1}{2} \times 41.845)$$

$$= 182.578 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203.500 - 46.500$$

$$= 157 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka

$$M_n = C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2$$

$$= 1244878.338 \times 182.578 + 2330.975 \times 157.000$$

$$= 227652955.658 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \Phi \times M_n$$

$$= 0,85 \times 227652955.658$$

$$= 193505012.309 \text{ Nmm}$$

$$= 193.505 \text{ KNm}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193.505 \text{ KNm} > 52.130 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots\text{Ok}\dots\dots\dots$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D 13 – 200 mm (untuk tulangan tarik)

D 13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

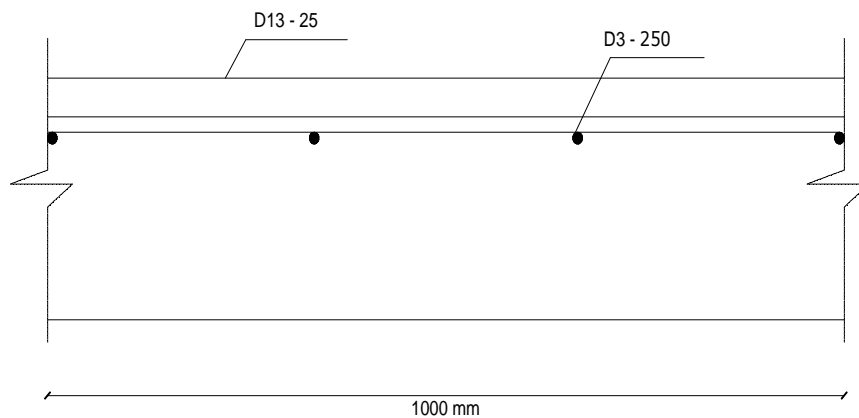
$$\begin{aligned} A_{S\text{bagi}} &= 20\% \times A_{S\text{perlu}} \\ &= 0.20 \times 663.929 \\ &= 132.786 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S\text{ bagi}}}{A_{S\text{ ada}}} \\ &= \frac{132.786}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2} \\ &= 1.174 \sim 4 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b \text{ ditinjau}}{n} \\ &= \frac{1000}{4} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

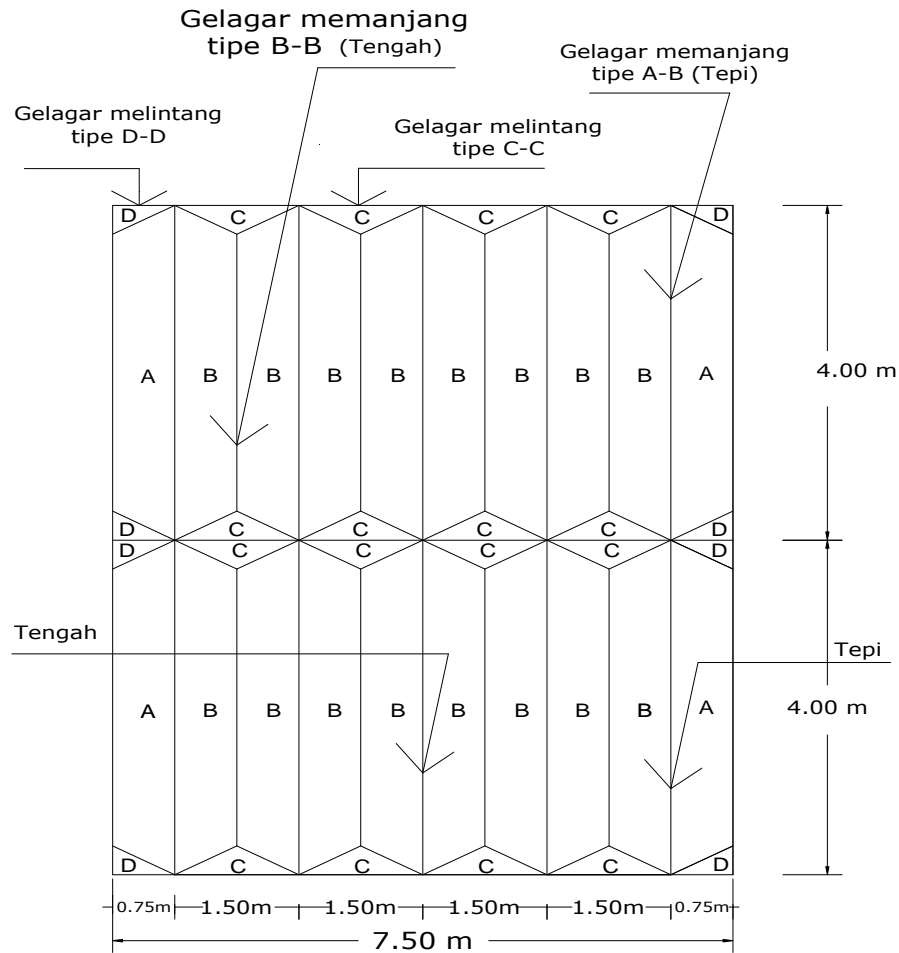
Dipakai tulangan : D13 – 250 mm



Gambar 4.5 Penulangan Plat Lantai

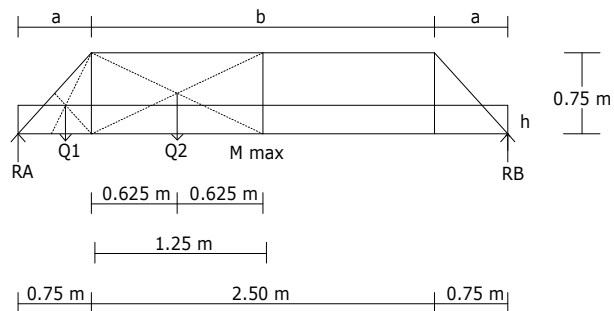
4.2 Perhitungan Gelagar Memanjang dan Melintang

4.2.1 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 4.6 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoar

1. Perataan Tipe A



$$q1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$q2 = 1.25 \times 0.75$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$a1 = 0.5 \times 0.75 \times 2.50$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$A2 = (0.330 \times 0.75) + (0.50 \times 2.50)$$

$$= 1.500 \text{ m}$$

$$A3 = 0.25 \times 2.50$$

$$= 0.625 \text{ m}$$

$$RA = RB = q1 + q2$$

$$= 0.281 + 0.938$$

$$= 1.219 \text{ m}$$

$$M_1 = (RA \times 2) - ((q1 \times (1/3 \times a + 1/2 \times b)) + (q2 \times 1/2 \times b))$$

$$M_1 = (1.219 \times 2) - ((0.281 \times (1/3 \times 0.75 + 1.25)) + (0.938 \times 1.25))$$

$$M_1 = 1.196$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 4^2$$

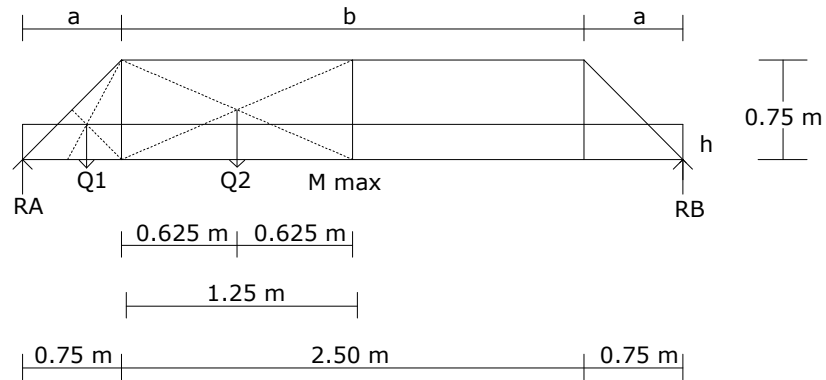
$$M_2 = 2 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$1.196 = 2 h$$

$$h = 0.598 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots\dots$$

2. Perataan Tipe B



$$q1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$q2 = 1.25 \times 0.75$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$RA = RB = q1 + q2$$

$$= 0.281 + 0.938$$

$$= 1.219 \text{ m}$$

$$M_1 = (RA \times 2) - ((q1 \times (1/3 \times a + 1/2 \times b)) + (q2 \times 1/2 \times b))$$

$$= (1.219 \times 2) - ((0.281 \times (1/3 \times 0.75 + 1/2 \times 2.5)) + (0.938 \times 1/2 \times 1.25))$$

$$= 1.196$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 4^2$$

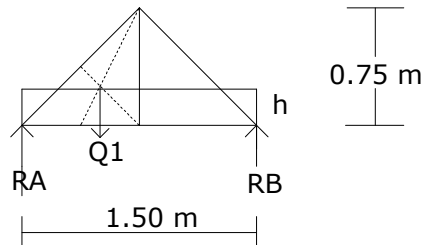
$$M_2 = 2 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$1.196 = 2 h$$

$$h = 0.598 \text{ m} < 0,750 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots\dots$$

3. Perataan Tipe C



$$q_1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = 0.281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0.75) - (q_1 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= (0.281 \times 0.75) - (0.281 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= 0.141 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 1.5^2$$

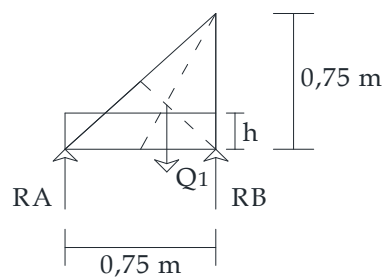
$$M_2 = 0.281 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$0.141 = 0.281 h$$

$$h = 0.50 \text{ m} < 0.75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

4. Perataan Tipe D



$$q_1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = 0.281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0.75) - (q_1 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= (0.281 \times 0.75) - (0.281 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= 0.141 \text{ m}$$

$$M_2 = \frac{1}{2} \times h \times L^2$$

$$= \frac{1}{2} \times h \times 0.75^2$$

$$M_2 = 0.281 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0.141 = 0.281 \text{ h}$$

$$h = 0.50 \text{ m} < 0.75 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots$$

4.2.2 Perhitungan Gelagar Memanjang

a. Pembebanan

Beban Mati (qd)

$$q \text{ Trotoar} = 1970.928 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ Plat lantai} = 1034.928 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Memanjang} = 1.500 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 4.000 \text{ m}$$

b. Berat Lantai Trotoir (Gelagar Memanjang Tipe AB) untuk Gelagar tepi

$$q_d^u = (\text{Perataan beban tipe A} \times q \text{ Trotoar}) + (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai})$$

$$= (0.728 \times 1970.928) + (0.728 \times 1034.928)$$

$$= 2186.760 \text{ kg/m}$$

$$q_l^u = (\text{Beban hidup trotoar} \times \text{perataan tipe A} \times \text{factor beban (1.80)})$$

$$= 500 \times 0.728 \times 1.80$$

$$= 654.750 \text{ kg/m}$$

c. Berat lantai kendaraan (Gelagar Memanjang Tipe BB) untuk gelagar tengah

$$q_d^u = (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai}) + (\text{Perataan beban tipe B} \\ \times \text{Plat lantai})$$

$$= (0.728 \times 1034.928) + (0.728 \times 1034.928)$$

$$= 1505.820 \text{ kg/m}$$

1. Beban Hidup “D” (q_l)

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lanjur 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. Beban Tersebar Merata “BTR”

$$\text{Faktor beban} = 1.80$$

$$\text{Dimana : } L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$q = 9.00 \times (0.50 + \frac{15}{L}) \text{ kPa}$$

$$q = 9.00 \times (0.50 + \frac{15}{60}) \text{ kPa}$$

$$= 6.675 \text{ kPa}$$

$$= 675.000 \text{ kg/m}^2$$

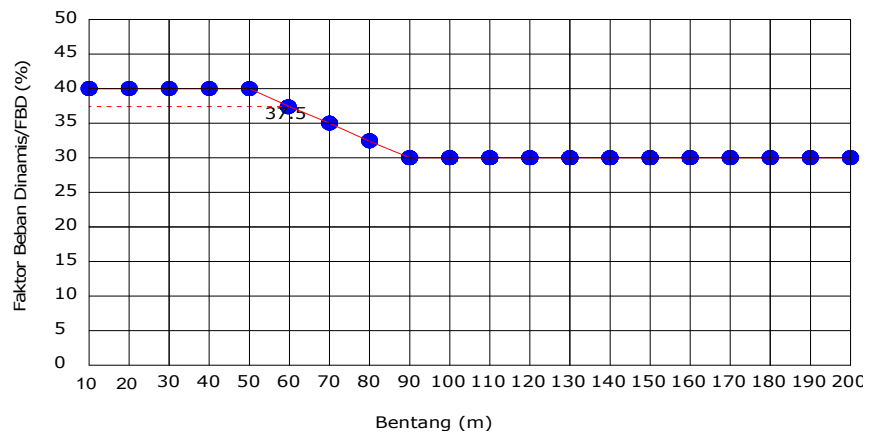
b. Beban Garis “P”

$$\text{Factor beban} = 1.80$$

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\text{FBD} = (0.525 - 0.0025 \times 60)$$

$$= 0.375$$



Gambar 4.7 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

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

$$= 1 + 0.375$$

$$= 1.375$$

Beban Garis

$$P = 49 \text{ KN/m}$$

$$= 4900 \text{ kg/m}$$

$$Pl^u = 4900 \times 1.80$$

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

Beban hidup yang diterima gelagar adalah

a. Berat lantai Trotoir Gelagar Memanjang Tipe AB

$$q_l^u = \frac{675}{2.75} \times 0.728 \times 1.80 \times 50\%$$

$$= 160.711 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = \frac{8820}{2.75} \times 0.728 \times 1.375 \times 50\%$$

$$= 1604.138 \text{ kg/m}$$

b. Berat Lantai Kendaraan (Gelagar Memanjang Tipe BB)

$$q_l^u = \frac{675}{2.75} \times (0.728 + 0.728) \times 1.80$$

$$= 642.845 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = \frac{8820}{2.75} \times (0.728 + 0.728) \times 1.375$$

$$= 6416.550 \text{ kg/m}$$

c. Akibat beban hidup trotoar

$$qL = (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{faktor beban}) + \text{BTR lantai kendaraan}$$

$$= 500 \times 0.598 \times 1.80$$

$$= 802.323 \text{ kg/m}$$

Catatan : Pembagian 2.75 selalu tetap dan tidak tergantung pada Lebar lalu

lintas. Diambil beban terbesar yang menentukan yaitu :

$$q_l^u = 642.845 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = 6416.550 \text{ kg/m}$$

4.2.3 Perhitungan Statika

1. Perhitungan Momen Pada Gelagar Memanjang

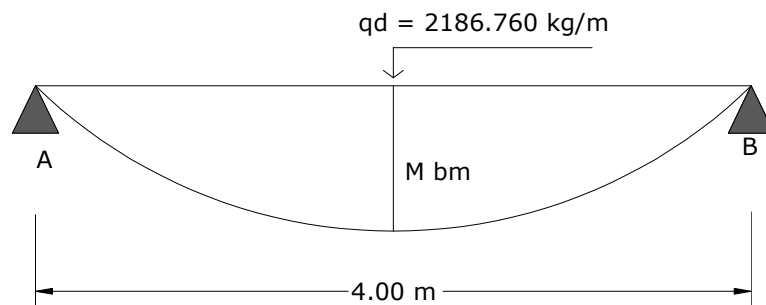
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

1. Gelagar memanjang tipe AB (Tepi)

a. Akibat beban mati (qd)

Momen akibat berat sendiri lantai kendaraan, (faktor beban beton dicor ditempat = 1.30)

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 10)



Gambar 4.8 Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 2186.760 \times 4 \\ &= 4373.520 \text{ kg} \end{aligned}$$

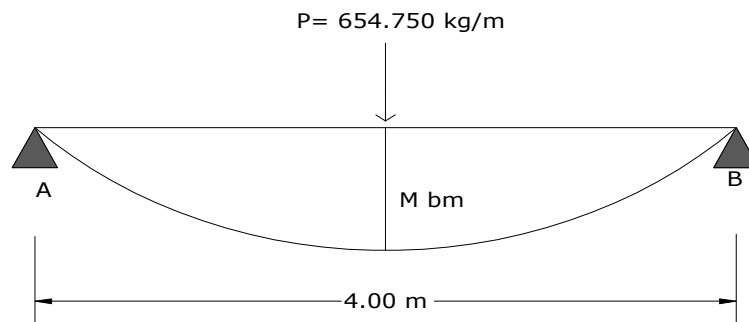
$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{2} \times 2186.760 \times 4 \\ &= 4373.520 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bm} &= \frac{1}{8} \times qd \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 2186.760 \times 4^2 \\ &= 4373.520 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Akibat beban hidup

Momen akibat beban hidup (Faktor beban = 1.80)

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



Gambar 4.9 Momen akibat beban hidup

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 654.750 \times 4 \\ &= 982.125 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{1}{2} \times 654.750 \times 4 \\ &= 1309.500 \text{ kg} \end{aligned}$$

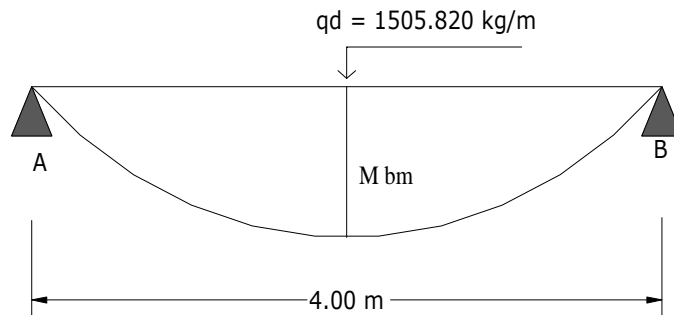
$$\begin{aligned} M_{bh} &= \frac{1}{8} \times qdu \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 654.750 \times 4^2 \\ &= 1309.500 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. Gelagar memanjang tipe BB (Tengah)

a. Akibat beban mati

Momen akibat berat sendiri lantai kendaraan, (factor beban beton dicor ditempat = 1,3)

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 10)



Gambar 4.10 Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 1505.820 \times 4 \\
 &= 3011.640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

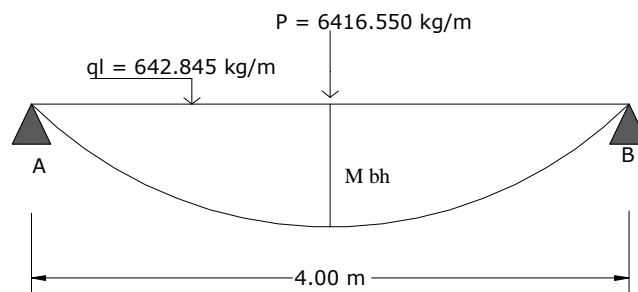
$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{1}{2} \times 1505.820 \times 4 \\
 &= 3011.640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{bm} &= \frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1505.820 \times 4^2 \\
 &= 3011.640 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Akibat beban hidup

Momen akibat beban hidup “D” (Faktor beban = 1.80)

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



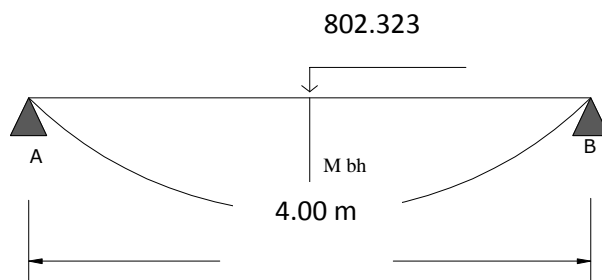
Gambar 4.11 Momen akibat beban hidup

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \times ((642.845 \times 4) + 6416.550)$$

$$\begin{aligned}
 &= 4493.966 \text{ kg} \\
 V_2 &= \frac{1}{2} \times (642.845 \times 4) + 6416.550 \\
 &= 4493.966 \text{ kg} \\
 M_{bh} &= \left(\frac{1}{8} \times qdu \times L^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times P \times L\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 642.845 \times 4 + \left(\frac{1}{4} \times 6416.550 \times 4\right)\right) \\
 &= 7702.241 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

c. Akibat beban hidup trotoar

$$\begin{aligned}
 q_u &= \text{beban hidup yang bekerja pada trotoar} \\
 &= 802.323 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Momen akibat beban hidup trotoar

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot 802.323 \times 4.00 \\
 &= 1604.647 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u3} &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 802.323 \times 4^2 \\
 &= 1604.647 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen Total

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tepi} &= 4373.520 + 1309.500 \\
 &= 5683.020 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tengah} &= 3011.640 + 7702.241 \\
 &= 10713.881 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser Total

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tepi} &= 4373.520 + 1309.500 \\
 &= 5683.020 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tengah} &= 3011.640 + 4493.966 \\
 &= 7505.606 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Diambil yang terbesar :

$$V_{\text{total}}^u = 7505.606 \text{ kg.m}$$

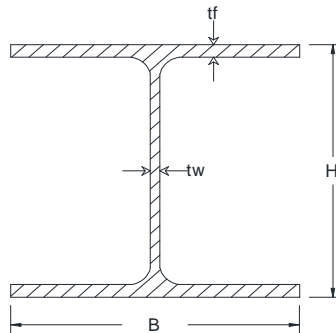
4.2.4 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

1. Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13

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

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



Factor beban untuk baja = 1.10

$$G = 66.03 \text{ kg/m} \quad b = 200 \text{ mm} \quad A = 84.12 \text{ cm}^2$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad tw = 8 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad tf = 13 \text{ mm} \quad \sigma = 4100 \text{ kg/cm}^3$$

$$rx = 16.79 \text{ cm} \quad Z_x = 1286 \text{ cm}^3 \quad ry = 4.55 \text{ cm}$$

$$Z_y = 266 \text{ cm}^3 \qquad r = 16 \text{ mm}$$

Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS

Momen akibat berat sendiri profil

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 66.03 \times 4^2\right) \\ &= 132.060 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}}^u &= 132.060 \times 1.10 \\ &= 145.266 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

$$(M_{Total}^u) = M_{bm}^u + M_{bh}^u + M_{bs}^u_{profil}$$

$$\begin{aligned} \text{- Gelagar tepi} &= 4373.520 + 1039.500 + 145.266 \\ &= 5828.286 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Gelagar tengah} &= 3011.640 + 7702.241 + 145.266 \\ &= 10859.147 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen total (M_{Total}^u) yang diambil adalah momen yang terbesar

$$(M_{Total}^u) = 10859.147 \text{ kgm}$$

2. Desain struktur sebelum komposit

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai

berikut :

$$\phi M_n > M_u$$

$$\text{Dengan : } \phi = 0.90$$

M_n = Tahanan momen nominal

Mu = Momen lentur akibat beban terfaktor

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

Penerbit Erlangga hal.85)

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) \times 1.10 \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 66.03 \times 4^2\right) \times 1.10 \\ &= 145.266 \text{ kg.m} \\ &= 0.145 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}}^u &= 0.145 / 0.90 \\ &= 0.161 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{B}{2 \cdot t_f} \\ &= \frac{200}{2 \times 13} \\ &= 7.692 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8.396 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h}{t_w} \\ &= \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \\ &= \frac{400 - (2 \times (26 + 13))}{8} \\ &= 42.750 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82.969 \end{aligned}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$42.750 \leq 82.969 \quad \dots \text{Ok} \dots$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

❖ **Penampang kompak**

$$\begin{aligned} Z_x &= B \cdot t_f \cdot (h - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot 2 \\ &= 200 \times 13 \times (400 - 13) + \frac{1}{4} \times 8 \times (400 - 2 \times 13) \times 2 \\ &= 1007696.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 1007696 \times 410 \\ &= 413155360 \text{ N/mm} \\ &= 41.316 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = 41.316 \geq 0.161 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

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

❖ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$Bo = 1.50 \text{ m} = 150 \text{ cm (jarak antara gelagar memanjang)}$$

$$bE \leq \frac{L}{4}$$

$$= \frac{400}{4}$$

$$= 100 \text{ cm}$$

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

$$b_E \leq b_f + 16.t_s$$

$$= 15 + (16 \times 25)$$

$$= 415 \text{ cm}$$

Diambil nilai b_E yang terkecil = 100 cm, maka b_E ditransformasikan menjadi

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

Elastisitas :

$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E_{\text{baja}} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

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

$$= \frac{210000}{27805.575}$$

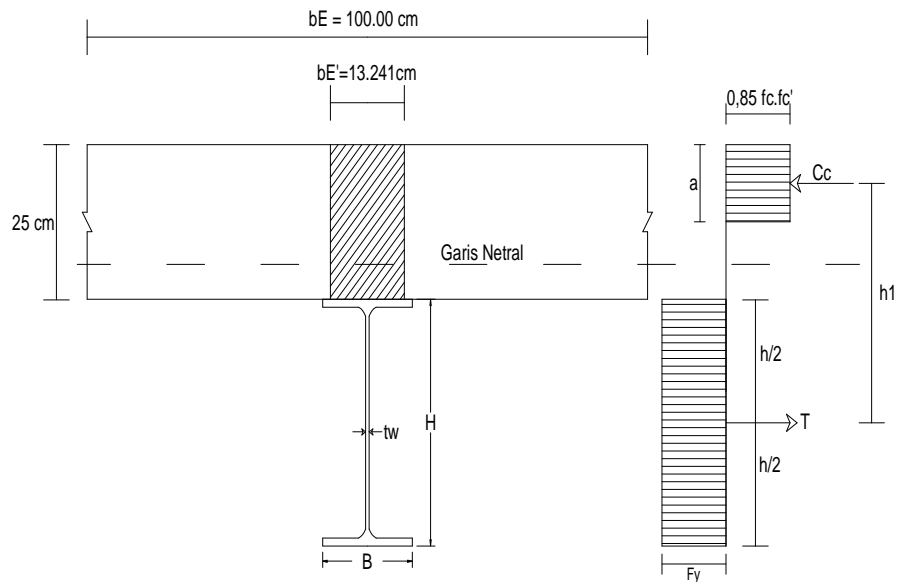
$$= 7.552$$

$$b_E = \frac{100}{7.552}$$

$$= 13.241 \text{ cm}$$

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

❖ **Kontrol kekuatan penampang**



Gambar 4.13 Diagram penampang plastis

Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 13.241 x 25 = 331.019	$\frac{25}{2} = 12.50$	4137.734
2	Baja = 84.120	$\frac{40}{2} + 25 = 45$	3785.400
	$\Sigma A = 415.139$		$\Sigma A.Y = 7923.134$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A}$$

$$= \frac{7923.134}{415.134}$$

$$= 19.086 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 40 - 19.086$$

$$= 45.914 \text{ cm}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io+Ad ² (cm ⁴)
1	331.019	$\frac{25}{2} \cdot 12.50$	$\frac{1}{12} \times 13.241 \times 25^3$ = 17240.560	19.086-12.5 = 6.586	31596.489
2	84.120	$\frac{40}{2} + 25$ = 45	23700.00	45.194- (40/2) = 25.914	80191.698
ΣA =	415.139			Σ Ix =	111788.187

Karena $Y_a = 19.086 \text{ cm} <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E}$$

$$a = \frac{841.200 \times 410}{0.85 \times 35 \times 100}$$

$$= 115.930 \text{ mm}$$

Tebal plat beton $250 \text{ mm} >$ $a = 115.930 \text{ mm}$, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\ &= 0.85 \times 35 \times 115.930 \times 1250 \\ &= 4311150.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 8412.000 \times 410 \\ &= 3448920.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times h_1 \\ &= 4311150.000 \times (0.5 \times 400 + 250 - 0.5 \times 115.930) \\ &= 1552013942.035 \text{ Nmm} \\ &= 155201.394 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Agus Setiawan. "Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD". Halaman : 293

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned} M_n \cdot \phi_b &= 155201.394 \times 0.85 \\ &= 139681.255 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_{\text{total}}^u$$

$$139681.255 \text{ kg.m} \geq 11020.554 \text{ kg.m} \quad \dots\dots\text{Ok}\dots\dots$$

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

Penerbit Erlangga hal.291)

❖ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 7505.606 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned} V_y &= 0.55 d.t.w.f_y \\ &= 0.55 \times 374 \times 0.8 \times 4100 \\ &= 72160 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_y \geq V_{total}^u$$

$$674696.000 \text{ kg} \geq 7505.606 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

❖ **Kontrol Lendutan**

$$L = 4.00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid II, 1992 : Hal 393)

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\ &= \frac{1}{360} \times 400 \\ &= 1.111 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} f_{ada} &= \frac{5 \cdot (q^u) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P^u \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I \cdot I_x} \\ &= \frac{5 \cdot (21.86 + 15.060 + 12.98) \cdot 400^4}{384 \cdot (2.1 \times 10^6) \cdot 111788.187} + \frac{6416.550 \cdot 400^3}{48 \cdot (2.1 \times 10^6) \cdot 111788.187} \end{aligned}$$

$$= 0.110 \text{ cm}$$

Kontrol

$$f_{ijin} \geq f_{ada} = 1.111 \geq 0.110 \dots \text{Ok} \dots$$

4.2.5 Perencanaan *shear conector*

Balok induk Memanjang

Digunakan konector geser berkepala (stud diameter 19.05 mm dengan tinggi 100 mm) yang dilaskan pada flens.

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times 19.05^2$$

$$= 284.880 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E \text{ baja} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c}$$

$$= 0.5 \times 284.880 \times \sqrt{35 \times 27805.575}$$

$$= 140517.990 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$C_{max} = 0.85 \cdot f_c' \times bE \times t_s$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ ''=1.905 cm dengan tinggi stud 15 cm)

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 0.85 \times 35 \times 1250 \times 13.241 \\ &= 492390.390 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_h = C_{\max} = 492390.390 \text{ N}$$

T max= gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$\begin{aligned} &= A_s \cdot F_y \\ &= 8412 \times 410 \\ &= 3448920.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$C_{\max} = 492390.390 \text{ N} \geq T_{\max} = 3448920.000 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 492390.390 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$\begin{aligned} N &= \frac{T_{\max}}{Q_n} \\ &= \frac{492390.390}{140517.990} \\ &= 3.504 \approx 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

(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

$$S_{\min} = 6 \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 6 \times 19.05 \\
 &= 114.300 \text{ mm} \\
 &= 11.430 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 8 \times t \text{ (plat beton)} \\
 &= 8 \times 250 \text{ mm} \\
 &= 2000 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan jarak stud = 12.00 cm

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

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

$$\begin{aligned}
 4 \times d &= 4 \times 19.05 \\
 &= 76.2 \text{ mm} \\
 &= 7.62 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

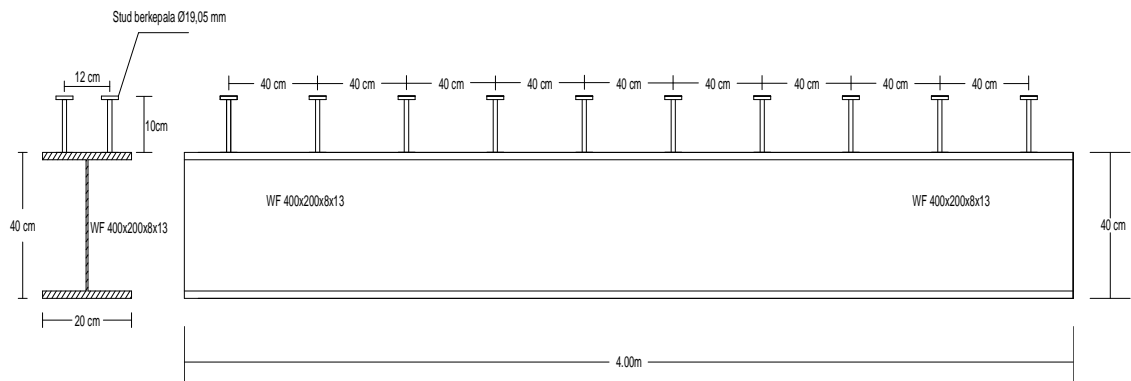
digunakan jarak 12 cm

Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama

= 5 stud.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar stud} &= \frac{200}{5} \\
 &= 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



4.2.6 Perhitungan Gelagar Melintang

➤ Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

$$q \text{ Trotoar} = 1970.928 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ Plat lantai} = 1034.928 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 4 \text{ m}$$

a. Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= (\text{Perataan beban tipe D} \times 2) \times (q \text{ trotoar}) \\ &= (0.500 \times 2) \times (1970.928) \\ &= 1969.176 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Akibat Berat lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= (\text{perataan tipe C} \times 2) \times (q \text{ plat lantai}) \\ &= (0.500 \times 2) \times (1034,928) \\ &= 1034.008 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Akibat Beban Profil Memanjang (WF 400 x 200 x 8 x 13)

$$\text{Factor beban untuk baja} = 1.10$$

$$W = 66.03 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = W \times L \times \text{Faktor beban}$$

$$= 66.03 \times 4 \times 1.10$$

$$= 290.532 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

a. 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*)

b. Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1.80

Dimana : $L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$

$$q = 9.00 \times \left(0.50 + \frac{15}{L} \right) \text{ kpa}$$

$$= 9.00 \times \left(0.50 + \frac{15}{60} \right) \text{ kpa}$$

$$= 6.755 \text{ kpa}$$

$$= 675.00 \text{ kg/m}^2$$

$$q_3 = \frac{675}{2.75} \times (2 \times 0.50)$$

$$= 245.455 \text{ kg/m}$$

$$q_3^u = (245.236 \times 1.80) \times 100\%$$

$$= 441.418 \text{ kg/m}$$

$$q_4^u = (245.236 \times 1.80) \times 100\%$$

$$= 441.818 \text{ kg/m}$$

$$q_4^u = (245.236 \times 1.80) \times 50\%$$

$$= 220.909 \text{ kg/m}$$

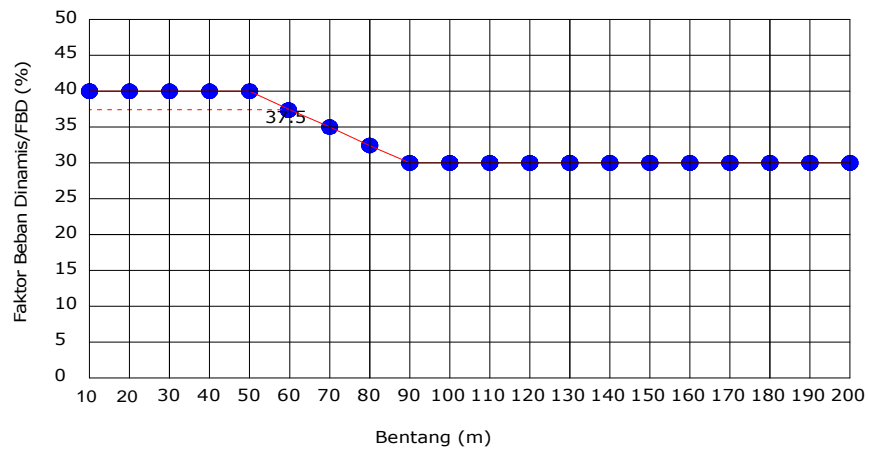
c. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1.80

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan faktor beban dinamis.

$$\text{FBD} = (0.525 - 0.0025 \times 60)$$

$$= 0.375$$



Gambar 4.14 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk

pembebanan lajur "D" (Sumber : SNI T 02-2005, halaman 25)

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

$$= 1 + 0.375$$

$$= 1.375$$

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

$$= 4900 \text{ kg/m'}$$

$$P_u = 4900 \times 1.80$$

$$= 8820.00 \text{ kg/m'}$$

$$Pu^4 = \frac{8820}{2.75} \times (1.375 + 100\%)$$

$$= 4410.00 \text{ kg/m'}$$

$$Pu^5 = \frac{8820}{2.75} \times (1.375 + 50\%)$$

$$= 2205.00 \text{ kg/m'}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q5^{100\%} = (441.425 + 4410.00)$$

$$= 4851.425 \text{ kg/m'}$$

$$q6^{50\%} = (220.909 + 2205)$$

$$= 2425.713 \text{ kg/m'}$$

3. Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar

Faktor beban = 1.80

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

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

$$q7^u = 500 \times L \times 1.80$$

$$= 500 \times 4 \times 1.80$$

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

4. Akibat Beban “T” (Beban Gandar)

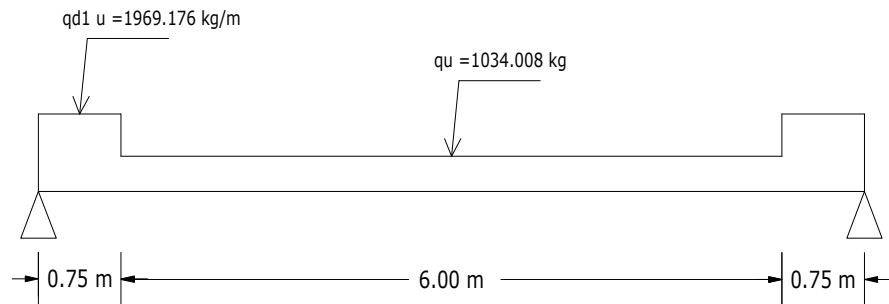
Faktor beban = 1.80

$$P6^u = 11250 \times 1.80$$

$$= 20250 \text{ kg}$$

➤ **Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang**

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



$$RA = (q_1 \times 0.75) + (q_2 \times 3)$$

$$= (1969.176 \times 0.75) + (1034.008 \times 3)$$

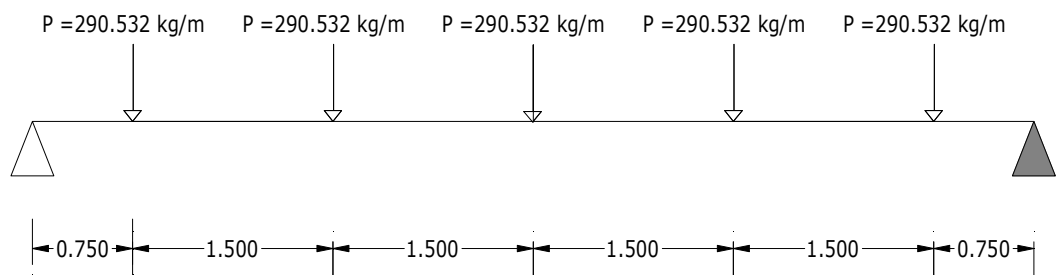
$$= 4578.906 \text{ kg}$$

$$M1 = (RA \times 3.75) - (q_1 \times 0.5 \times 3.375) - (q_2 \times 3 \times 1.5)$$

$$= (4578.906 \times 3.75) - (1969.176 \times 0.5 \times 3.375) - (1034.008 \times 3 \times 1.5)$$

$$= 7533.385 \text{ kg.m}$$

❖ **Akibat berat Gelagar Memanjang**



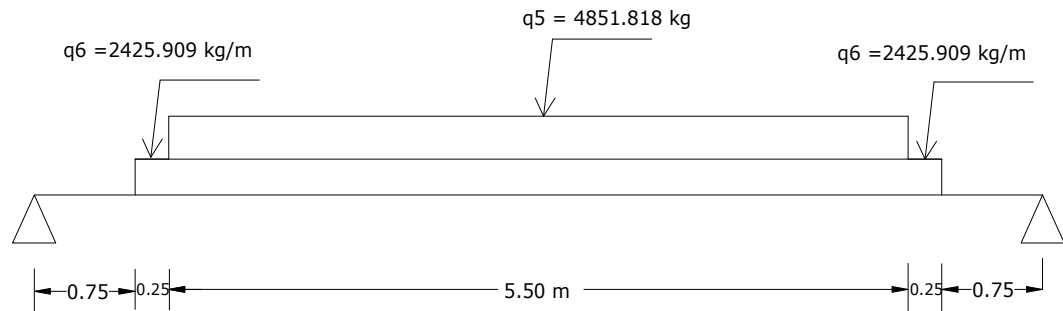
$$RA = \frac{P \times 4}{2}$$

$$= \frac{290.532 \times 4}{2}$$

$$= 581.064 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M2 &= (RA \times 3.75) - (P1 \times 3) - (P1 \times 1.50) \\
 &= (726.330 \times 3.75) - (290.532 \times 3) - (290.532 \times 1.50) \\
 &= 1416.344 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

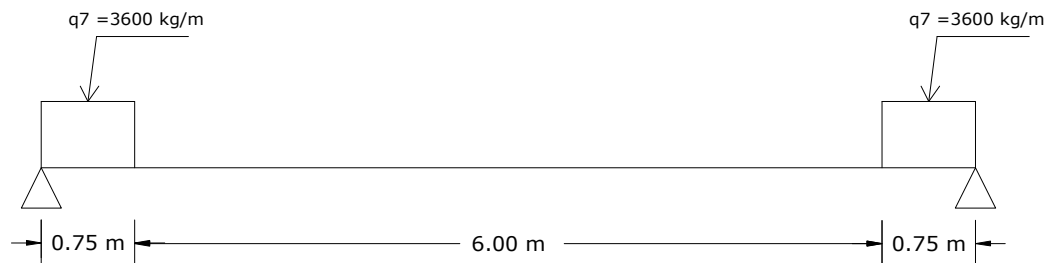
❖ **Akibat beban lajur “D”**



$$\begin{aligned}
 RA &= (q6 \times 0.25) + (q5 \times 2.75) \\
 &= (2425.909 \times 0.25) + (4851.818 \times 2.75) \\
 &= 13948.977 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= (RA \times 3.75) - (q6 \times 0.25 \times 2.875) - (q5 \times 2.75 \times 1.375) \\
 &= (13948.977 \times 3.75) - (2425.909 \times 0.25 \times 2.875) - \\
 &\quad (4851.818 \times 2.75 \times 1.375) \\
 &= 32219.105 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

❖ **Akibat muatan Hidup Trotoar**



$$\begin{aligned}
 RA &= 3600 \times 0.75 \\
 &= 2700.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_4 &= (RA \times 3.75) - (q_7 \times 0.75 \times 3.375) \\
 &= (2700.000 \times 3.75) - (3600 \times 0.75 \times 3.375) \\
 &= 1012.500 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max}^u &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \\
 &= 7533.385 + 1416.344 + 32219.105 + 1012.500 \\
 &= 42181.330 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}}^u &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\
 &= 4578.906 + 581.064 + 13948.977 + 2700.000 \\
 &= 21808.948 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

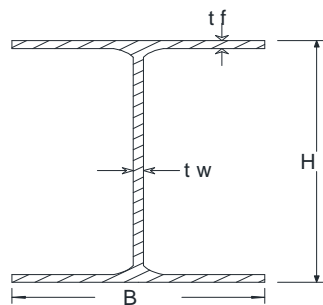
4.2.7 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

❖ Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 800 x 300 x 14 x 26

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

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



Factor beban untuk baja = 1.10

$$G = 209.91 \text{ kg/m} \quad b = 300 \text{ mm} \quad A = 267.40 \text{ cm}^2$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad I_x = 292000 \text{ cm}^4 \quad t_w = 13 \text{ mm}$$

$$I_y = 11700 \text{ cm}^4 \quad t_f = 24 \text{ mm} \quad Z_x = 7290 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \qquad Z_y \qquad = 782 \text{ cm}^3$$

Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS

❖ **Desain struktur sebelum komposit**

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\phi M_n > M_u$$

$$\text{Dengan : } \phi = 0.90$$

M_n = Tahanan momen nominal

M_u = Momen lentur akibat beban terfaktor

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

$$\begin{aligned} M_{bs}^{\text{profil}} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 209.910 \times 7.50^2 \\ &= 1475.930 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bs}^u \text{ profil} &= 1475.930 \times 1.10 \\ &= 1623.523 \text{ kg.m} \\ &= 1.624 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u / \phi &= 1.624 / 0.90 \\ &= 1.804 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{2 \cdot t_f} \\ &= \frac{300}{2 \times 26} \\ &= 5.769 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8.396\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{h}{t_w} \\ &= \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \\ &= \frac{800 - (2 \times (28 + 26))}{14} \\ &= 49.714 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82.969\end{aligned}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$49.714 \leq 82.969 \quad \dots\dots\text{Ok}\dots\dots$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

Penerbit Erlangga hal.85)

❖ **Penampang kompak**

$$\begin{aligned}Z_x &= B \cdot t_f \cdot (h - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot 2 \\ &= 300 \times 26 \cdot (800 - 26) + \frac{1}{4} \times 8 \times (800 - 2 \times 26) \times 2 \\ &= 6042436.000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 6042436.000 \times 410 \\
&= 2477398760.000 \text{ N/mm} \\
&= 247.740 \text{ ton/m}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = 247.740 \geq 1.804 \dots\dots\dots\text{Ok} \dots\dots\dots$$

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

❖ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 7.50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

$$Bo = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm (jarak antara gelagar melintang)}$$

$$\begin{aligned}
bE &\leq \frac{L}{4} = \frac{750}{4} \\
&= 187.500 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$bE \leq bo = 400 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
bE &\leq bf + 16.ts = 28 + 16 \times 25 \\
&= 428 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Diambil nilai bE yang terkecil = 187.500 cm, maka bE ditransformasikan menjadi :

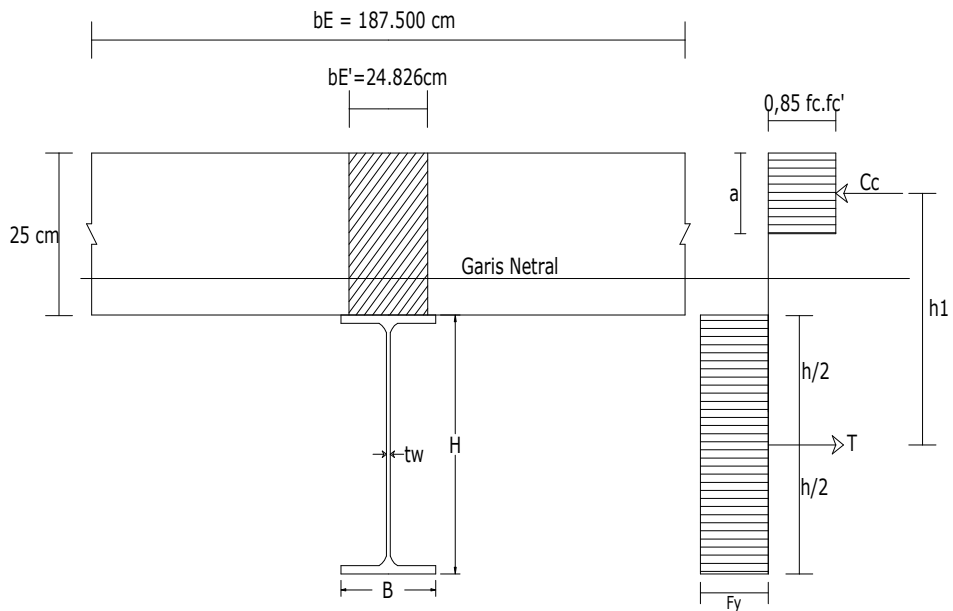
$$bE = \frac{bE}{n}$$

Elastisitas :

$$E_{beton} = 4700\sqrt{f_c}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4700\sqrt{35} \\
 &= 27805.575 \text{ M.Pa} \\
 E \text{ baja} &= 2100000 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 210000 \text{ M.Pa} \\
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= \frac{210000}{27805.575} \\
 &= 7.552 \\
 bE &= \frac{187.500}{7.552} \\
 &= 24.826 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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



Gambar 4.15 Diagram Penampang Plastis

Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 24,826 x 25 = 620.660	$\frac{25}{2} = 12.50$	7758.252
2	Baja = 267.400	$\frac{80}{2} + 25 = 65$	17381.000
	$\Sigma A = 888.060$		$\Sigma A.Y = 25139.252$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A}$$

$$= \frac{25139.252}{888.060}$$

$$= 28.308 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 80 - 28.308$$

$$= 76.692 \text{ cm}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
1	620.660	12.50	$\frac{1}{12} \times 24.826 \times 25^3$ = 32326.050	28.308-12.50 = 15.808	187425.589
2	267.400	60	201000	76,692-(80/2) = 36.692	561001.386
	$\Sigma A = 888.060$				$\Sigma I_x = 748426.975$

Karena $Y_a = 28,308 \text{ cm} < \text{tebal plat beton}$ maka garis netral terletak pada plat beton.

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

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot bE} \\ &= \frac{2674 \times 410}{0.85 \times 35 \times 187.500} \\ &= 196.543 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal plat beton $250 \text{ mm} > a = 196.543 \text{ mm}$, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE \\ &= 0.85 \times 35 \times 196.543 \times 1875 \\ &= 10963400.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 26740.000 \times 410 \\ &= 10963400.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times h_l \\ &= 10963400 \times \left(\frac{1}{2} \times 800 + 250 \right) - \left(\frac{1}{2} \times 196.543 \right) \\ &= 7126209901.729 \text{ Nmm} \\ &= 712620.990 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned} \text{Øb. } M_n &= 0.85 \times 712620.990 \\ &= 605727.842 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\text{Øb. } M_n \geq M_{\text{total}}^u$$

$$605727.842 \text{ kg.m} \geq 136811.586 \text{ kg.m} \dots\dots\text{OK}\dots\dots$$

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

❖ Kontrol terhadap kapasitas geser

Gaya geser rencana :

$$V_{\text{total}}^u = 21808.948 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned} V_y &= 0.55 d.t_w.f_y \\ &= 0.55 \times 774 \times 1.3. \times 4100 \\ &= 2268981.000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_y \geq V_{\text{total}}^u$$

$$2268981.000 \text{ kg} \geq 21808.948 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK} \dots\dots\dots$$

❖ **Kontrol Lendutan**

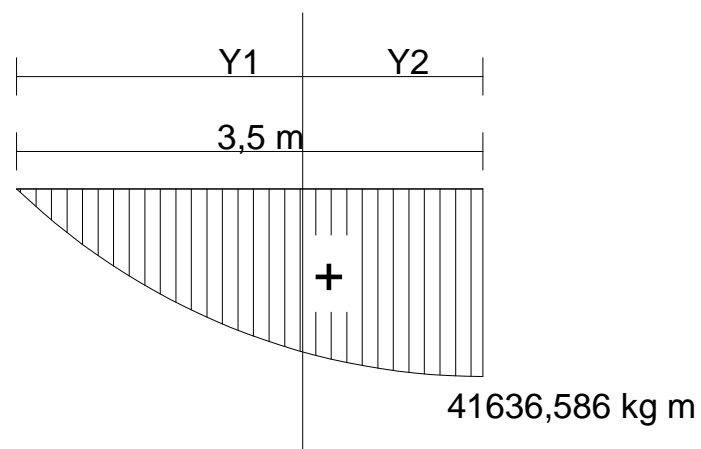
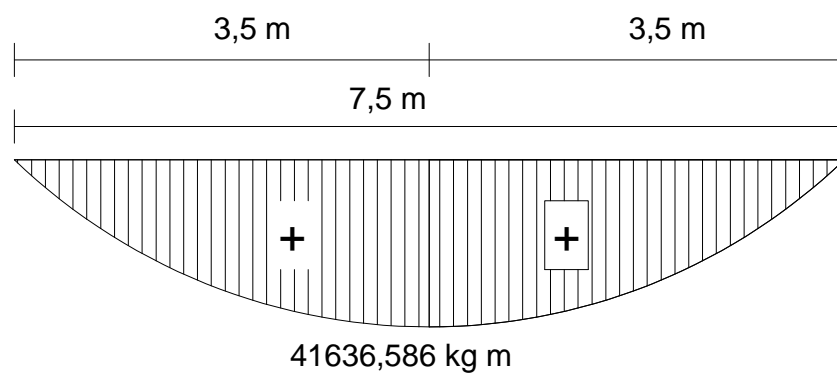
$$L = 7.50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid II, 1992 : 393*)

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\ &= \frac{1}{360} \times 750 \\ &= 2.083 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah :

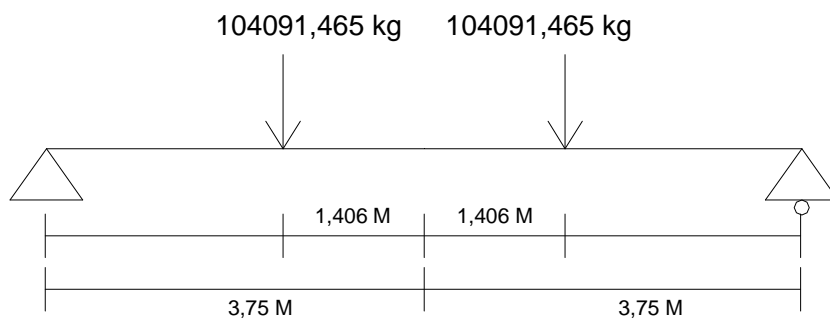
Dihitung menggunakan momen area



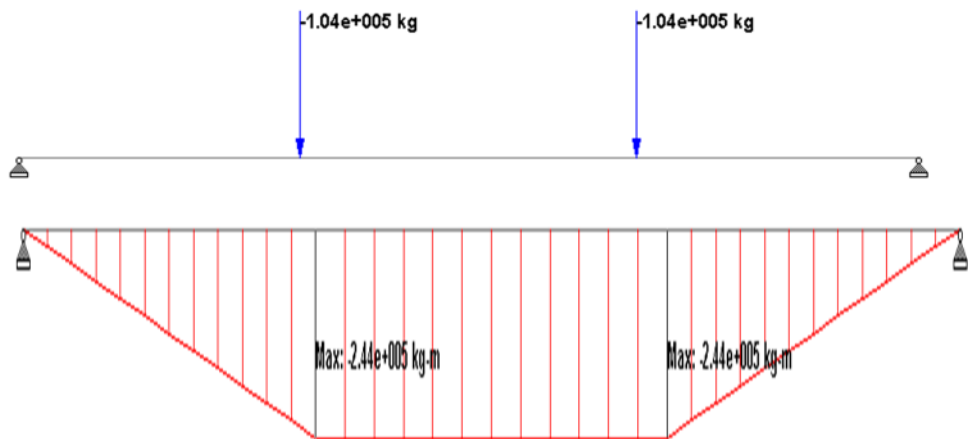
$$\begin{aligned}
 X1 &= X2 = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H \\
 &= \frac{2}{3} \times 3.75 \times 41636.586 \\
 &= 104091.465 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y1 &= \frac{5}{8} \cdot H \\
 &= \frac{5}{8} \times 3.75 \\
 &= 2.344 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y2 &= 3.75 - 2.344 \\
 &= 1.406 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Menghitung dengan program bantu staad pro untuk menghitung momen maksimum



$$E = E_s \times \left(\frac{A_s}{A_s + A_c} \right) + E_c \times \left(\frac{A_c}{A_c + A_s} \right) / 2$$

$$E = 210000 \times \left(\frac{267.400}{267.400 + 620.660} \right) + 27805.575 \times \left(\frac{620.660}{620.660 + 267.400} \right) / 2$$

$$E = 41332.685$$

$$\delta = \frac{M}{EI}$$

$$= \frac{244000 \times 10^4}{41332.685 \times 480248.653}$$

$$= 0.130 \text{ cm}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} \geq f_{ada}$$

$$2.083 \geq 0.130 \dots\dots\dots\text{ok}$$

4.2.8 Perencanaan *shear conector*

Balok induk Memanjang

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

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times 19.05^2$$

$$= 284.878 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E \text{ baja} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{f'c' \times E_c}$$

$$= 0.5 \times 284.880 \times \sqrt{27805.575}$$

$$= 140517.990 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$C_{\max} = 0.85 \cdot f'c' \times bE \times t_s$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ " = 1.905 cm dengan tinggi stud 15 cm)

$$V_h = 0.85 \times 35 \times 1875 \times 24.826$$

$$= 1384847.973 \text{ N}$$

$$V_h = C_{\max} = 1384847.973 \text{ N}$$

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

$$= A_s \cdot F_y$$

$$= 26740 \times 410$$

$$= 10963400.000 \text{ N}$$

$C_{\max} = 1384847.973 \text{ N} > T_{\max} = 10963400.000 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 1384847.973 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar melintang adalah :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{T_{max}}{Q_n} \\
 &= \frac{1384847.973}{140517.990} \\
 &= 9.855 \approx 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

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

Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar melintang adalah :

- Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuh

$$\begin{aligned}
 S_{min} &= 6 \times d \\
 &= 6 \times 19.05 \\
 &= 114.3 \text{ mm} \\
 &= 11.43 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= 8 \times t \text{ (plat beton)} \\
 &= 8 \times 250 \\
 &= 2000 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan jarak stud = 12.00 cm

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

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

$$\begin{aligned}
 4 \times d &= 4 \times 19.05 \\
 &= 76.200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 7.620 \text{ cm}$$

digunakan jarak 12 cm

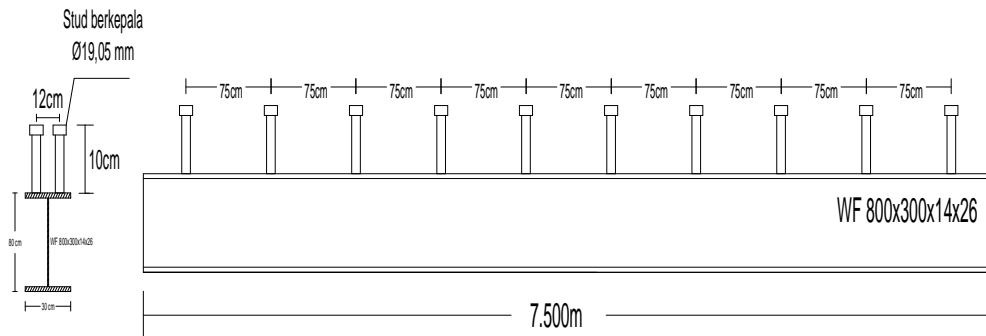
Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama

= 5 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{375}{5}$$

$$= 75 \text{ cm}$$



4.3 Perencanaan Gelagar Induk

A. Beban mati

- Berat sendiri gelagar induk didalam menghitung berat sendiri gelagar induk penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).
- Berat lantai kendaraan, (faktor beban = 1.30), karena suda menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1.30 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$G_2 = (q^u \times b \times L)$$

$$b = \text{lebar lantai kendaraan}$$

$$= 1034.928 \times 6 \times 60$$

$$= 372574.080 \text{ kg}$$

- Berat lantai Trotoar, (faktor beban = 1.30), karena sudah menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1.30 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$G_3 = (q^u \times (2 \times b) \times L)$$

$$b = \text{lebar Trotoar}$$

$$= (1969.176 \times (2 \times 0.75) \times 60)$$

$$= 177225.846 \text{ kg}$$

- Berat sendiri pipa sandaran

Dipasang pipa Ø 73.30 mm ; ($q_u = 5.08 \text{ kg/m}$),

(faktor beban = 1.10)

$$G_4 = (q_u \times n \times L \times 1.10)$$

$$n = \text{jumlah pipa sandaran}$$

$$= (5.08 \times 2 (2 \text{ bh pipa}) \times 60 \times 1.10) \times 2 (\text{pipa kiri dan kanan})$$

$$= 1341.120 \text{ kg}$$

Jadi berat total beban mati yang bekerja :

$$G^u_{\text{total}} = G_2 + G_3 + G_4$$

$$= 372574.080 + 177225.846 + 1341.120$$

$$= 551141.046 \text{ kg}$$

Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{\text{total}}}{2}$$

$$= \frac{551141.046}{2}$$

$$= 275570.523 \text{ kg (2 adalah jumlah gelagar Induk)}$$

Beban mati, yang diterima tiap titik buhul :

$$P_1 = \frac{G}{15}$$

$$= \frac{275570.523}{15}$$

$$= 18371.368 \text{ kg}$$

(setengah dari sisi ujung kiri dan kanan jadi 1 ditambah

dengan simpul pada bagian tengah jadi $\frac{1}{2}+14+\frac{1}{2}$)

Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

$$= \frac{18371.368}{2}$$

$$= 9185.684 \text{ kg}$$

2. Beban hidup (Faktor beban = 1.8)

Beban lajur "D"

1. Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1,8

$$L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) = 6,75 \text{ kpa}$$

$$= 675 \text{ kg/m}$$

Maka :

$$q = 675$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 100 \% } \rightarrow q &= \frac{675}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \\ &= 1350.000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 50 \% } \rightarrow q &= \frac{675}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 50\% \\ &= 122.727 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Q_i^u}{\sum \text{titik buhul}} \times L \\ &= \frac{(1350 + 122.727)}{2} \times 60 \\ &= 44181.818 \text{ kg (karena beban lajur bekerja secara} \\ &\quad \text{keseluruhan)} \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_t}{15} \\ &= \frac{44181.818}{15} \\ &= 2945.455 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

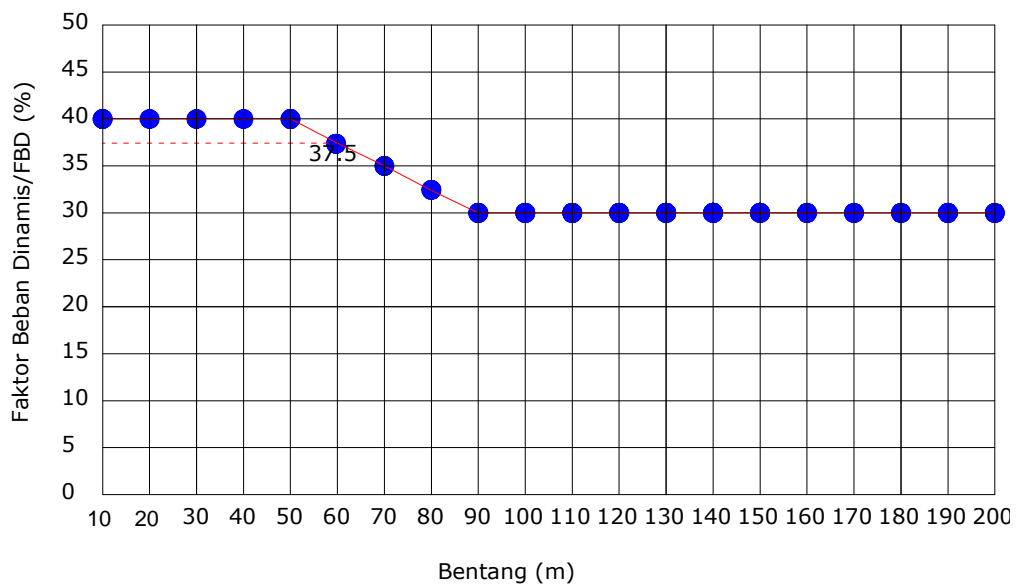
$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_t}{2} \\ &= \frac{2945.455}{2} \\ &= 1472.727 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1.80

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\begin{aligned} \text{FBD} &= (0.525 - 0.0025 \times 60) \\ &= 0.375 \end{aligned}$$



Gambar 4.16 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.

$$\begin{aligned} K &= 1 + \text{FBD} \\ &= 1 + 0.375 \\ &= 1.375 \end{aligned}$$

Beban Garis :

$$\begin{aligned} P &= 49 \text{ KN/m} \\ &= 4900 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$P1^u = \frac{4900}{2.75} \times 5.50 \times 1.375 \times 100\%$$

$$= 13475.000 \text{ kg/m'}$$

$$P2^u = \frac{4900}{2.75} \times 2 \times 0.25 \times 1.375 \times 50\%$$

$$= 612.500 \text{ kg/m}$$

Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$P_t = \frac{P_{tot}^u}{\sum \text{titik buhul}} \times L$$

$$= \frac{13475.000 + 612.500}{2}$$

$$= 7043.750 \text{ kg}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P = \frac{P_t}{15}$$

$$= \frac{7043.750}{15}$$

$$= 469.583 \text{ kg}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$P = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{469.583}{2}$$

$$= 234.792 \text{ kg}$$

Beban terpusat total akibat beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_{\text{tengah}} = 2945.455 + 469.583$$

$$= 3415.038 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tepi}} = \frac{3415.038}{2}$$

$$= 1707.519 \text{ kg}$$

3. Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005, halaman : 27, beban hidup trotoir diambil sebesar : 5 kPa = 500 kg/m² dengan lebar lantai trotoar = 0.75 meter.

$$P = 500 \times 0.75 \times 60 \times 2$$

$$P = 45000 \text{ kg}$$

Beban hidup trotoar yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

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

$$= \frac{45000}{2}$$

$$= 22500 \text{ kg (2 adalah jumlah gelagar Induk)}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_{\text{tengah}} = \frac{P}{15}$$

$$= \frac{22500}{15}$$

$$= 1500.000 \text{ kg}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

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

$$= \frac{1500}{2}$$

$$= 750.000 \text{ kg}$$

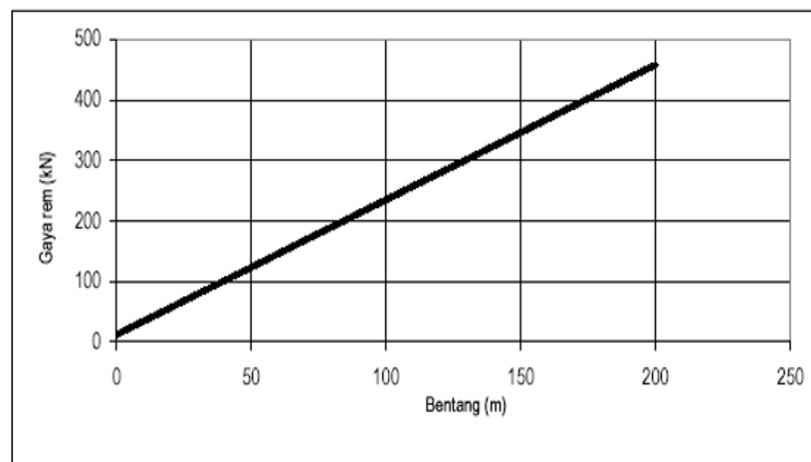
4. Gaya rem

(Faktor beban = 1.80)

Panjang jembatan = 60 meter

Berdasarkan gambar 3.17 untuk jembatan dengan bentang L = 60 m, maka

gaya rem sebesar = 140 kN = 14000 kg



Gambar 4.17 Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)

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

– Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$P_R = \frac{P}{2}$$

$$= \left(\frac{14000}{2} \right)$$

$$= 7000 \text{ kg}$$

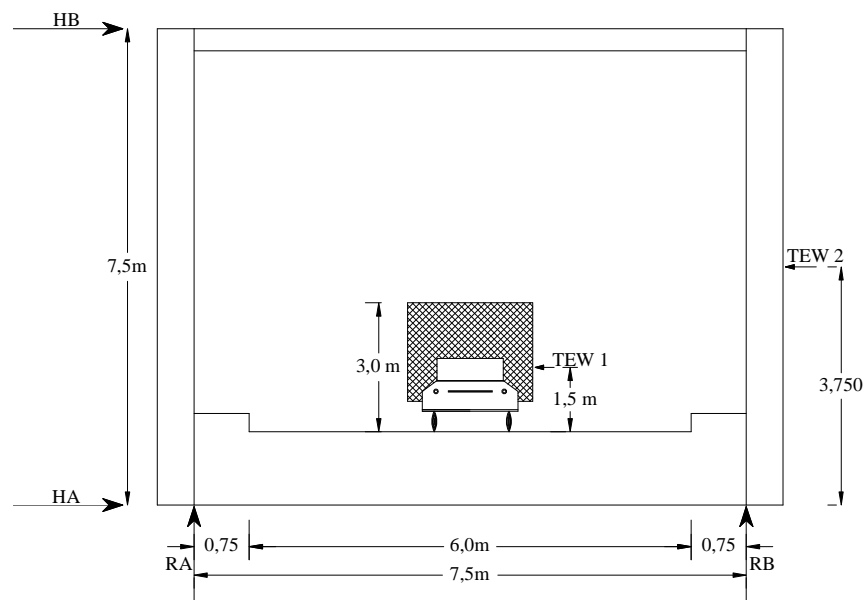
- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{PR}{15} \\
 &= \frac{7000}{15} \\
 &= 466.667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{P_1}{2} \\
 &= \frac{466.667}{2} \\
 &= 233.333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5. Beban Angin



- Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas; Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas

jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW1} = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \times A_b$$

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

$$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

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

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1.20$)

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

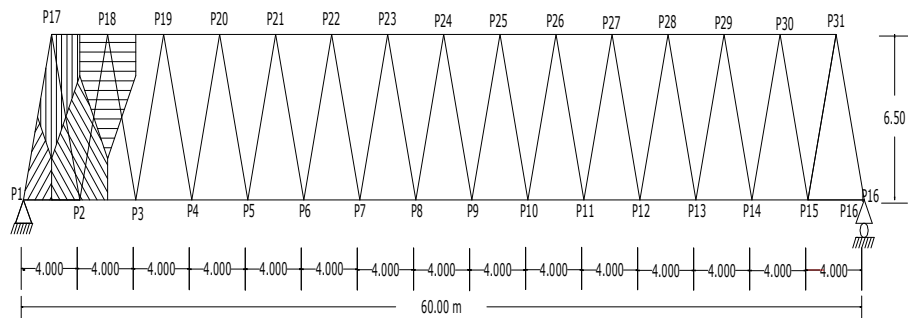
Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan.

Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Beban angina jembatan tergantung pada kecepatan angina rencana :

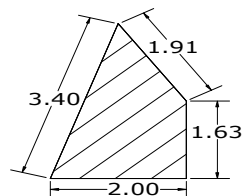
Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Luas beban tekanan angin :



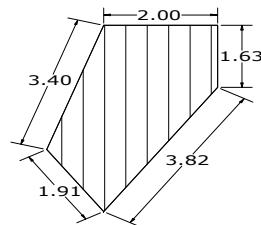
Gambar 4.18 Luas beban yang terkena angin

Gaya yang terjadi pada titik :



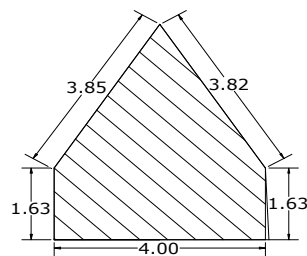
$P_1 = P_{16} = \text{Luas Daerah A}$

$$P_1 = P_{13} = \text{Luas daerah A} = 4.060 \text{ kg}$$



$P_{17} = P_{31} = \text{Luas Daerah B}$

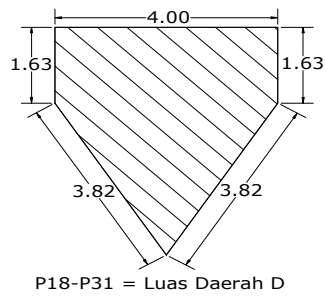
$$P_{17} = P_{31} = \text{Luas daerah B} = 8.940 \text{ kg}$$



$P_2 - P_{15} = \text{Luas Daerah C}$

$$P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = P_{11} = P_{12} = P_{13} = P_{14} =$$

$$P_{15} = \text{Luas daerah C} = 13.050 \text{ kg}$$



Luasan daerah D

P8=P19=P20=P21=P22=P23=P24=P25=P26=P27=P28=P29=P30=P31=

Luas daerah D = 13.050 kg

Table 3.1 Luas bidang yang terkena angin :

Area	Luas (m2)	Area	Luas (m2)	Area	Luas (m2)
P1	4.060	P12	13.050	P23	13.050
P2	13.050	P13	13.050	P24	13.050
P3	13.050	P14	13.050	P25	13.050
P4	13.050	P15	13.050	P26	13.050
P5	13.050	P16	4.060	P27	13.050
P6	13.050	P17	8.940	P28	13.050
P7	13.050	P18	13.050	P29	13.050
P8	13.050	P19	13.050	P30	13.050
P9	13.050	P20	13.050	P31	8.940
P10	13.050	P21	13.050		
P11	13.050	P22	13.050		

Total luas bidang yang terkena angina adalah 378.350 m² (Ab)

- $$T_{EW1} = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$= 0.0012 \times 1.20 \times (30)^2 \times 378.350 \times 30\%$$

$$= 147.102 \text{ kN}$$

$$= 14710.248 \text{ kg (1 kN = 100 kg)}$$
- $$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30\%$$

$$= 0.0006 \times 1.20 \times (30)^2 \times 378.350 \times 30\%$$

$$= 73.551 \text{ kN}$$

$$= 7355.124 \text{ kg (1 kN = 100 kg)}$$

Beban angin yang diterima gelagar induk adalah :

Table 3.2 Beban angin yang diterima

<i>AREA</i>	<i>Ab (M²)</i>	<i>CW</i>	<i>VW²</i> <i>30m/s</i>	<i>Tew = 0,0006 . Cw .</i> <i>(Vw²) . Ab . 30%</i> <i>(kg)</i>
<i>P1</i>	4.060	1.20	900	78.926
<i>P2</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P3</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P4</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P5</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P6</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P7</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P8</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P9</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P10</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P11</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P12</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P13</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P14</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P15</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P16</i>	4.060	1.20	900	78.926
<i>P17</i>	8.940	1.20	900	173.794
<i>P18</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P19</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P20</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P21</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P22</i>	13.050	1.20	900	253.692

P23	13.050	1.20	900	253.692
P24	13.050	1.20	900	253.692
P25	13.050	1.20	900	253.692
P26	13.050	1.20	900	253.692
P27	13.050	1.20	900	253.692
P28	13.050	1.20	900	253.692
P29	13.050	1.20	900	253.692
P30	13.050	1.20	900	253.692
P31	8.940	1.20	900	173.794

- Beban angin yang diterima oleh gelagar induk :

$$\sum V = 0$$

$$RA \times 7.50 = T_{EW1} \times 1 + T_{EW2} \times (\frac{1}{2} \times 8)$$

$$7.50 RA = (14710.248 \times 1) + (7355.124 \times \frac{1}{2} \times 6.5)$$

$$= 38614.401 \text{ kg}$$

$$RA = 5148.587 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima tiap titik buhul tengah :

$$Pt = \frac{Ra}{\sum \text{titik buhul}}$$

$$= \frac{5148.587}{15}$$

$$= 343.239 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi (ujung):

$$Pt = \frac{Pt}{2}$$

$$= \frac{343.239}{2}$$

$$= 171.620 \text{ kg}$$

- Beban angin yang diterima ikatan angin atas

$$\Sigma MB = 0$$

$$(H_A \times 6.50) - (T_{EW1} \times 1) - (T_{EW2} \times 3.25)$$

$$(H_A \times 6.50) - (14710.248 \times 1) - (7355.124 \times 3.25)$$

$$H_A = 5940.677 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

$$P_{At} = \frac{5940.677}{15}$$

$$= 396.045 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi :

$$P_{At} = \frac{396.045}{2}$$

$$= 198.023 \text{ kg}$$

- Beban angin yang diterima ikatan angin bawah

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + H_B - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$5940.677 + H_B - 14710.248 - 7355.124 = 0$$

$$H_B = 14711.486 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

$$P_{At} = \frac{14711.486}{15}$$

$$= 980.766 \text{ kg}$$

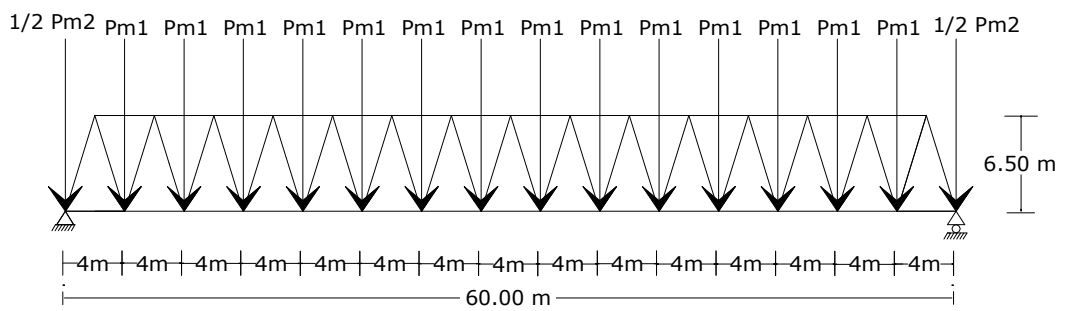
Beban angin yang diterima titik buhul tepi :

$$P_{At} = \frac{980.766}{2}$$

$$= 490.383 \text{ kg}$$

4.3.1 Statika

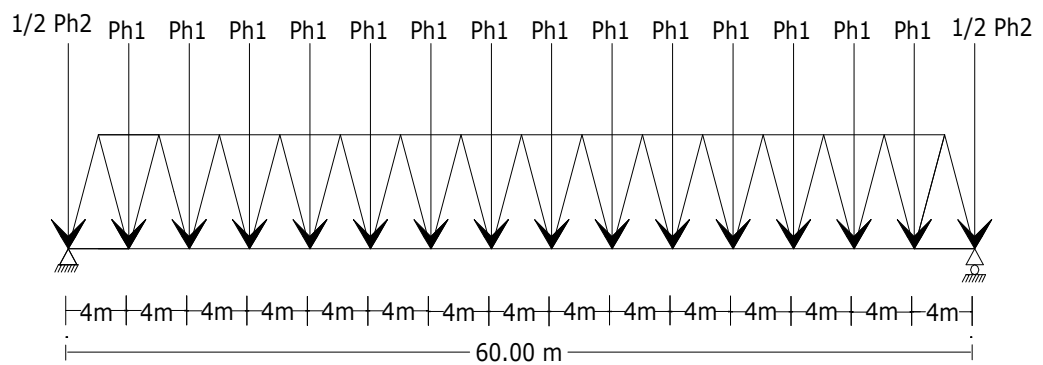
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{tepi} = 9185.684 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 18371.368 \text{ kg}$$

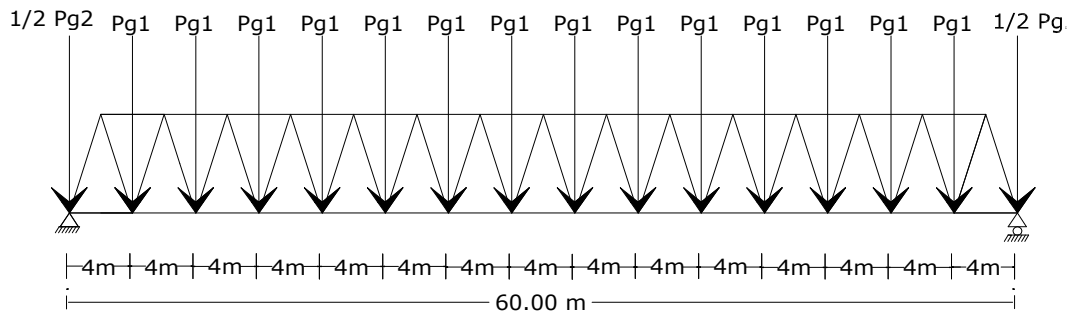
B. Skema pembebanan akibat beban lajur "D"



$$P_{tepi} = 1472.727 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 2945.455 \text{ kg}$$

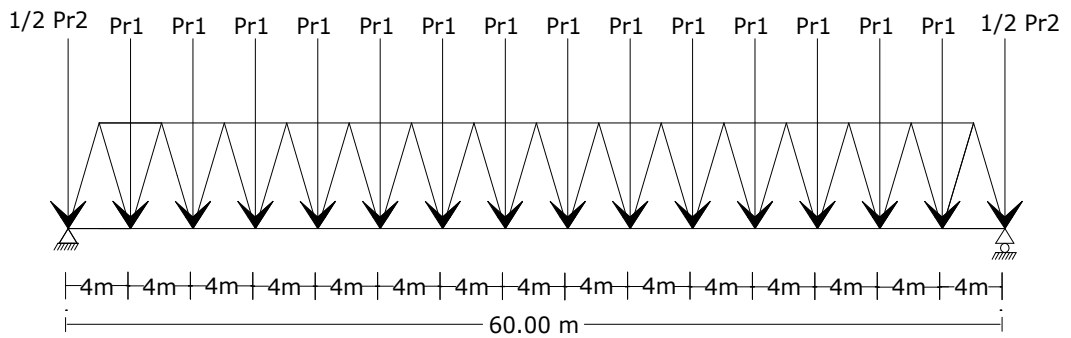
C. Skema pembebanan akibat beban Hidup trotoar



$$P_{tepi} = 750.000 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 1500.000 \text{ kg}$$

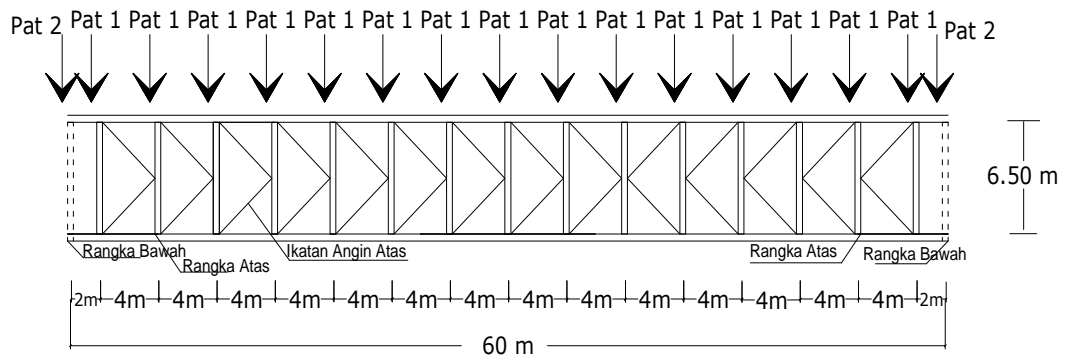
D. Skema pembebanan akibat Gaya rem



$$P_{tepi} = 233.333 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 466.667 \text{ kg}$$

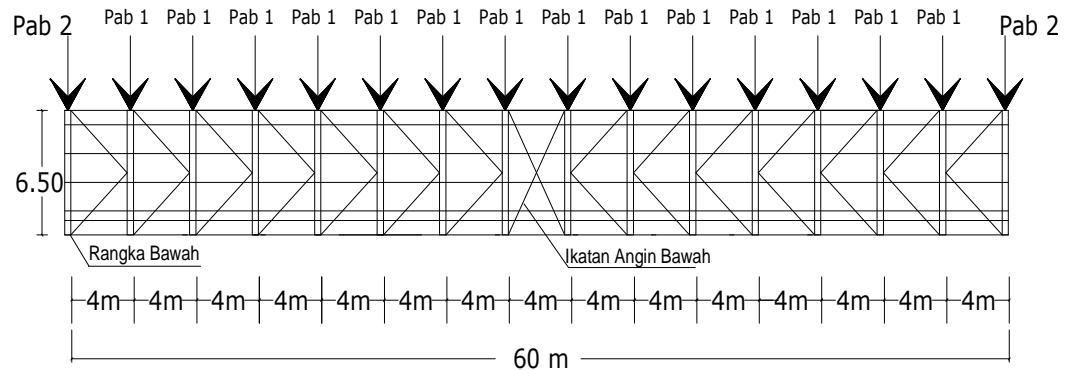
E. Skema pembebanan akibat Beban angin atas



$$P_{tepi} = 198.023$$

$$P_{tengah} = 396.045 \text{ kg}$$

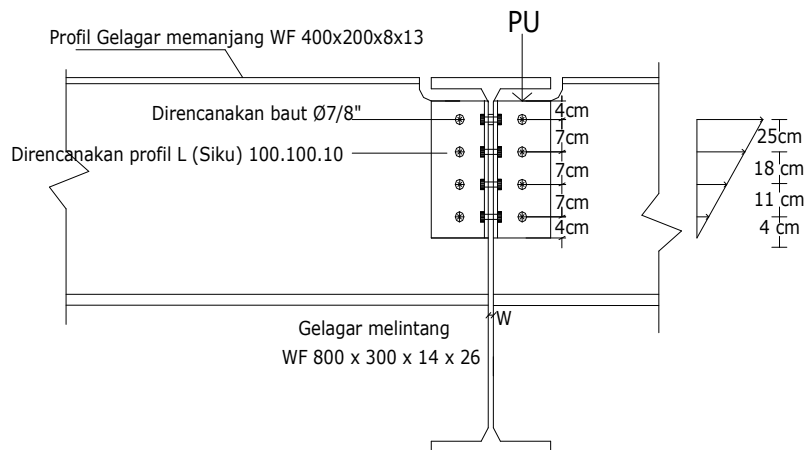
F. Skema pembebanan akibat Beban angin bawah



$$P_{tepi} = 490.383 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 980.766 \text{ kg}$$

4.3.2 Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



➤ Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2.222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2.222 + 0.20$$

$$= 2.422 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 F_u^b &= \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} \rightarrow \text{Ksi} = 68.950 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 10342.500 \text{ Mpa} \\
 &= 1034.250 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

F_u = Tegangan putus minimum = 550 Mpa, BJ-55

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22.220^2 \\
 &= 387.577 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan profil L 100.100.10 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

➤ Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (P_u)

$$P_u = 7505.606 \text{ kg (} V_u \text{ Total gelagar memanjang)}$$

4.3.3 Sambungan irisan tunggal (melintang)

- **Kekuatan tarik desain baut**

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

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0.750 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\
 &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 387.577 \\
 &= 22547.976 \text{ N} \\
 &= 22547.886 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- **Kekuatan geser desain baut**

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 2$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0.750 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577
 \end{aligned}$$

$$= 390830.017 \text{ N}$$

$$= 39083.002 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu ($t_w = 1.30 \text{ cm}$).

$$\phi.Rn = \phi. (2.400.d.t.Fu^P)$$

$$= 0.750 \times (2.400 \times 24.220 \times 13 \times 550)$$

$$= 311711.400 \text{ N}$$

$$= 31171 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$T_n = 0.600.F_y.A_{ug}$$

$$= 0.600 \times 410 \times (1.3 \times 80-2 \times 2.4)$$

$$= 240489.600 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

▪ **Momen Ultimit**

$$M_u = P_u \times w$$

$$= 7505.606 \times 5.50$$

$$= 41280.835 \text{ kg}$$

w = titik perlemahan (Profil Siku (L) 100 x100x10)

▪ **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 15t_p$ atau 200 mm

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut = 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

- **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}}$$

Dimana :

n = jumlah baut

Mu = Momen ultimit

P = jarak antar baut = 7

R = \emptyset .Rn kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil

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

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat

$$\begin{aligned}
 t &\geq \frac{P}{\phi.Fu.L} \\
 1 &\geq \frac{(7505.606/4)}{0.75 \times 4100 \times 4} \\
 &= 0.153 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10 dengan tebal 1 cm.

▪ **Kontrol Kekuatan geser desain terhadap Kekuatan Baut penyambung :**

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

$$\phi \cdot R_{nt} = \text{Kekuatan tarik desain}$$

$$R_{ut} = \text{Beban tarik terfaktor baut}$$

$$\begin{aligned}
 R_{ut} &= \frac{Mu y}{\sum y^2} \\
 &= \frac{41280.835 \times 25}{4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2} \\
 &= 950.290 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3.4 Sambungan irisan Ganda (memanjang)

- **Kekuatan tarik desain**

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (0.750.Fu^b). Ab \\ &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 387.577 \\ &= 225478.856 \text{ N} \\ &= 22547.886 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Kekuatan geser desain baut**

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (0.750.Fu^b). m . Ab \\ &= 0.650 \times (0.600 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312664.013 \text{ N} \\ &= 31266.401 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 0.8 cm =8 mm

(CG. Salmon, JE. Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : Hal : 134)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (2.400.d.t.Fu^p) \\ &= 0.750 \times (2.400 \times 24.220 \times 8 \times 550) \\ &= 191822.400 \text{ N}\end{aligned}$$

$$= 19182.240 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$\begin{aligned} T_n &= 0.600 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0.600 \times 410 \times (8.00 \times 400 - 2 \times 13) \\ &= 736032.000 \text{ N} \\ &= 73603.200 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg} \end{aligned}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

▪ **Jarak Baut**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 15t_p$ atau 200 mm

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut = 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

▪ **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah baut

Mu = Momen ultimit

P = jarak antar baut = 7

R = $\emptyset.Rn$ kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nilainya lebih kecil), (N)

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat :

$$t \geq \frac{P}{\emptyset.Fu.L}$$

$$1 \geq \frac{75050.606/8}{0.75 \times 4100 \times 4}$$

$$1 \geq = 0.076 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10 dengan tebal 1 cm.

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

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

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2}$$

$$= \frac{41280.835 \times 25}{4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2}$$

$$= 950.290 \text{ kg}$$

Kontrol :

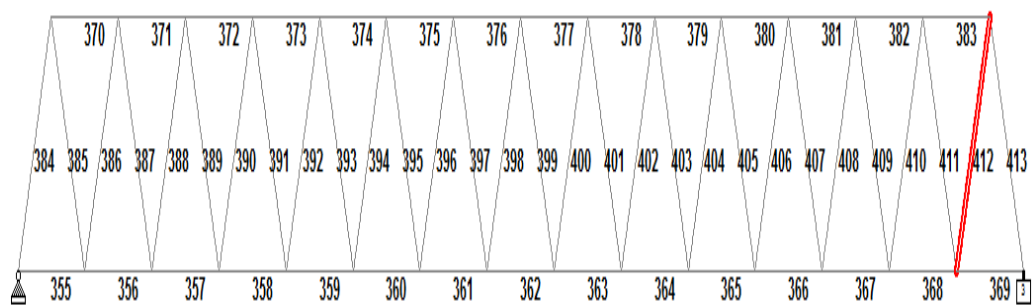
$$\phi \cdot R_n > R_{ut}$$

$$22547.886 > 1296.007 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{aman} \dots\dots\dots$$

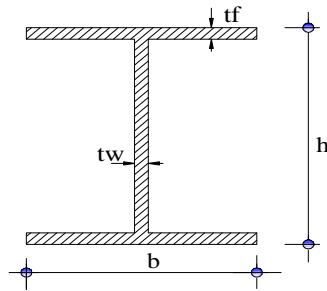
4.4 Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk

4.4.1 Perhitungan dimensi batang (Tekan /Compression)

❖ **Batang nomor 384 (Tekan /Compression)**



Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 x 20 x 30



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 528.06 \text{ cm}^2 \qquad h = 458 \text{ mm} \qquad b = 417 \text{ mm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \qquad tw = 30 \text{ mm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \qquad tf = 50 \text{ mm}$$

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

P_u

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah

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

Dimana :

$$A_g = \text{luas penampang bruto batang tekan}$$

$$F_{cr} = \text{tegangan kritis}$$

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{Pu} = 186772.500 \text{ kg}$$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{187000}{528.060}} \\ &= 18.818 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{60500}{528.060}} \\ &= 10.704 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ Menghitung parameter kerampingan

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} \\ &= \frac{1 \times 680.074}{10.704} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}} \\ &= 0.894 \text{ cm cm} \end{aligned}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{K.L}{r} &= \text{rasio kerampingan efektif} \\ K &= \text{factor panjang efektif sendi- sendi} = 1 \\ L &= \text{panjang batang yang ditinjau (cm)} \\ r_y &= \text{radius girasi arah sumbu y} \end{aligned}$$

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = 4100 kg/cm²

I = momen inersia

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

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$F_{cr} = (0,658^{(0,784^2)}) \times 4100$

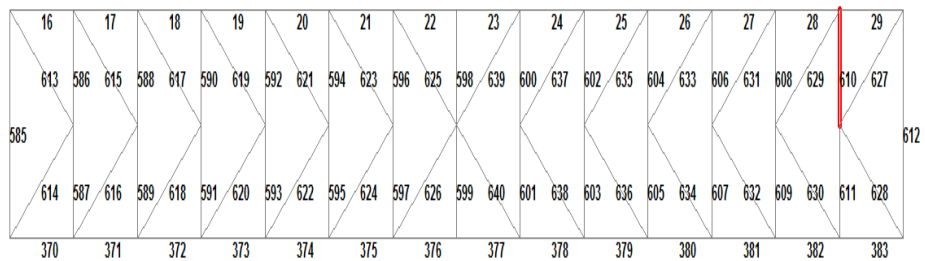
$F_{cr} = 3169.971$ kg/cm²

Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

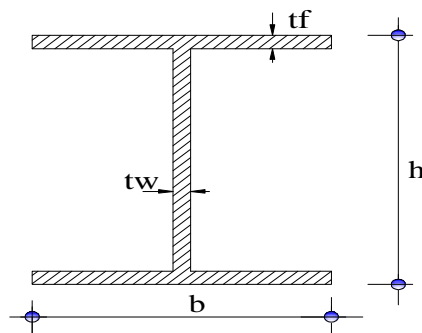
$0.85 \times 3169.971 \times 528.060 = 1422844.653$

$1422844.653 \geq 186772.500$ Profil aman

2. Batang nomor 610 (Tekan /Compression)



Dimensi Batang Profil H 175 x 175 x 7.5 x 11



Factor beban untuk baja = 1.10

$A = 528.06 \text{ cm}^2$ $h = 175 \text{ mm}$ $b = 175 \text{ mm}$

$I_x = 2880 \text{ cm}^4$ $t_w = 7.5 \text{ mm}$ $t_f = 11 \text{ mm}$

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

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

P_u

Dimana :

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

$P_n =$ kekuatan nominal batang tekan

$P_u =$ beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$P_n = A_g \cdot F_{cr}$

Dimana :

$A_g =$ luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr} =$ tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$P_u = 1888.408 \text{ kg}$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2880}{51.420}}$$

$$= 6.659 \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}}$$

$$= \sqrt{\frac{984}{51.420}}$$

$$= 4.375 \text{ cm}$$

➤ Menghitung parameter kerampingan

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}}$$

$$= \frac{1 \times 375.000}{4.947} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}}$$

$$= 1.206 \text{ cm}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

- $\frac{K.L}{r}$ = rasio kerampingan efektif
- K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1
- L = panjang batang yang ditinjau (cm)
- r_y = radius girasi arah sumbu y
- r_x = radius girasi arah sumbu x
- F_y = 4100 kg/cm²
- I = momen inersia
- E_s = modulus elastisitas baja 2.1×10^6 kg/cm²

$$= 2.1 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

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

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(0,784^2)}) \times 4100$$

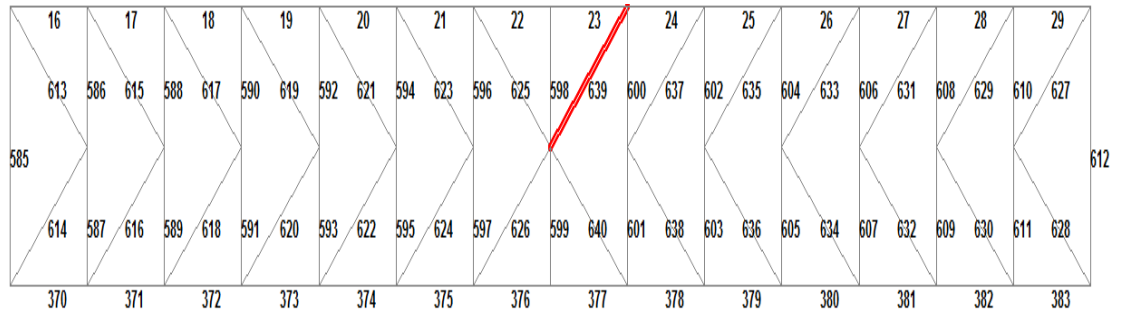
$$F_{cr} = 3169.971 \text{ kg/cm}^2$$

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

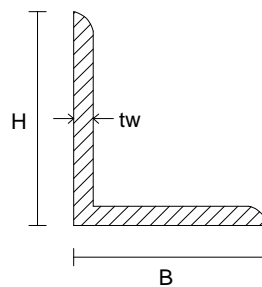
$$0.85 \times 3169.971 \times 40.200 = 108317.909$$

$$108317.909 \geq 1888.408 \dots\dots\dots \text{Profil aman} \dots\dots\dots$$

3. Batang no 639 (Tekan /Compression)



Dimensi Batang Profil Siku L 175 x 175 x 15



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 39.400 \text{ cm}^2$$

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

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

$$I_x = 2290 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 588 \text{ cm}^4$$

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

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

$$A_g = \text{luas penampang bruto batang tekan}$$

$$F_{cr} = \text{tegangan kritis}$$

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{P_u = 17362.186 \text{ kg}}$$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{2290}{39.400}} \\ &= 7.624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{588}{39.400}} \end{aligned}$$

$$= 3.863 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} \\ &= \frac{1 \times 548.293}{3.863} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}} \\ &= 1.997 \text{ cm} \end{aligned}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{K.L}{r} &= \text{rasio kerampingan efektif} \\ K &= \text{factor panjang efektif sendi- sendi} = 1 \\ L &= \text{panjang batang yang ditinjau (cm)} \\ r_y &= \text{radius girasi arah sumbu y} \\ r_x &= \text{radius girasi arah sumbu x} \\ F_y &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= \text{momen inersia} \\ E_s &= \text{modulus elastisitas baja } 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2.1 \times 10^5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

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

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0.658^{(0.784^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3169.971 \text{ kg/cm}^2$$

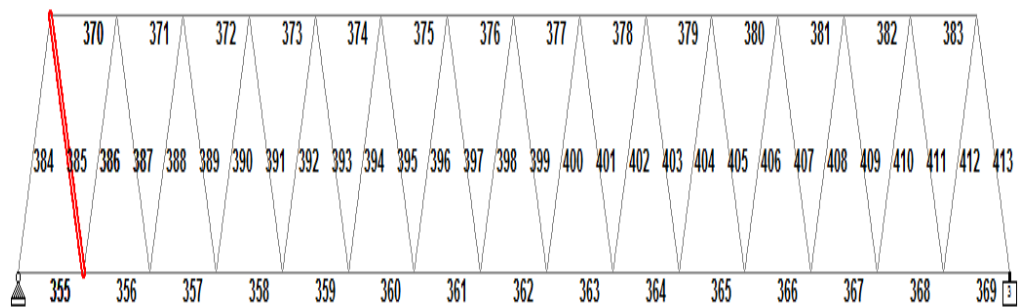
Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$0.85 \times 3169.971 \times 2290 = 6170348.552$

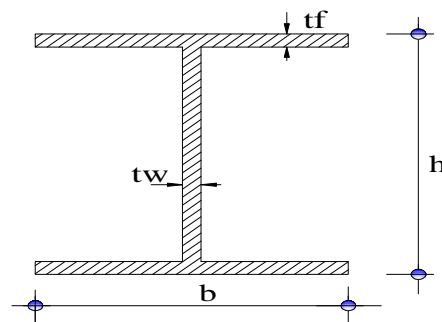
$6170348.552 \geq 17362.186$ Profil aman

4.4.2 Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Tension)

1 Batang no 385 (Tension)



Dimensi batang profil WF 458 x 417 x 20 x 35



Factor beban untuk baja = 1.1

$A = 528.600 \text{ cm}^2$

$h = 458 \text{ mm}$

$I_x = 187000 \text{ cm}^4$

$tw = 20 \text{ mm}$

$I_y = 60500 \text{ cm}^4$

$tf = 35 \text{ mm}$

$b = 417 \text{ mm}$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$T_u = 186776.063$ kg

➤ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I,

1992 hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{187000}{528.600}} \\ &= 18.809 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{60500}{528.600}} \end{aligned}$$

$$= 10.698 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{10.698}$$

$$= 70.105 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

➤ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diameter $\frac{7}{8}$ inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut = 0.100 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right] \\ &= 2.222 + 0.100 \\ &= 2.322 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n \\ &= 528.600 - (2.322 \times 1.10) \times 4 \\ &= 518.383 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,

1992 hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}
A_e &= U \cdot A_n \\
&= 0.85 \times 518.383 \\
&= 440.626 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan desain

▪ **Didasarkan pada pelepasan penampang bruto :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 528.600 \geq 186776.063$$

$$2616570.000 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Profil Aman} \dots\dots\dots$$

▪ **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_e = 0.75 \times F_u \cdot A_e$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.75)

$F_u = \text{Kekuatan tarik baja struktur} = 5500 \text{ kg/cm}^2$

$A_e = \text{Luas bersih efektif antar batang tarik}$

$T_n = \text{Kekuatan nominal batang tarik (kg)}$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \geq T_u$$

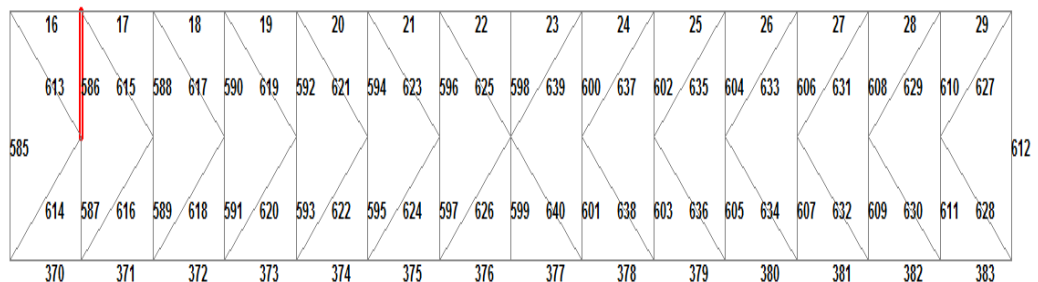
$$0.75 \times 5500 \times 440.626 \geq 186776.063$$

$$1817581.095 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg}$$

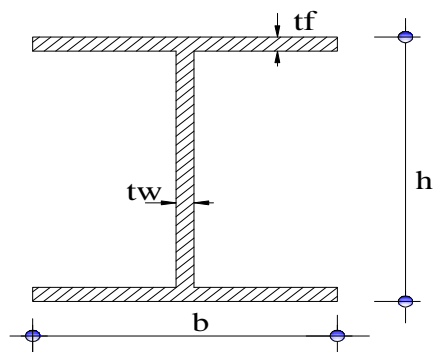
dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$$1817581.095 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg} \quad \dots \text{ Profil aman } \dots$$

2. Batang nomor 586 (Tarik /Tension)



Dimensi batang profil WF 175 x 175 x 7.5 x 11



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 40.200 \text{ cm}^2 \quad h = 175 \text{ mm} \quad b = 175 \text{ mm}$$

$$I_x = 2880 \text{ cm}^4 \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$I_y = 984.000 \text{ cm}^4 \quad t_f = 11 \text{ mm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$T_u = \mathbf{1859.813 \text{ kg}}$$

➤ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{2880.000}{40.200}} \end{aligned}$$

$$= 8.464 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{984.000}{40.200}} \\ &= 4.947 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{4.947}$$

$$= 151.592 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

➤ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut = 0.1 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right] \\ &= 2.222 + 0.1 \\ &= 2.322 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n \\ &= 2880 - (2.54 \times 1.10) \times 4 \\ &= 2869.783 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0.85 \times 2869.783 \\ &= 2439.316 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan desain

▪ **Didasarkan pada pelepasan penampang bruto :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,
1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 40.200 \geq 1859.813$$

$$198990.000 \text{ kg} \geq 1859.813 \text{ kg} \quad \text{..... Profil Aman}$$

- **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0.75 \times F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0.90)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antar batang tarik =

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \geq T_u$$

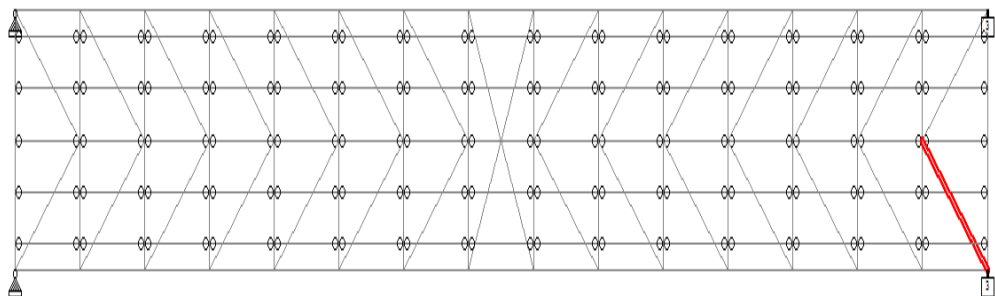
$$0.75 \times 5500 \times 2439.316 \geq 1859.813$$

$$10062177.345 \text{ kg} \geq 1859.813\text{kg}$$

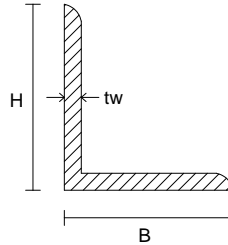
dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$$10062177.345 \text{ kg} \geq 1859.813\text{kg} \dots\dots\dots \text{Profil Aman} \dots\dots\dots$$

3. Batang nomor 672 (Tarik /Tension)



Dimensi Batang Profil Siku L 175 x 175 x 7.5 x 15



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 39.400 \text{ cm}^2 \quad h = 175 \text{ mm} \quad b = 175 \text{ mm}$$

$$I_x = 2290 \text{ cm}^4 \quad tw = 15 \text{ mm}$$

$$I_y = 588 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{T_u = 18368.633 \text{ kg}}$$

4. Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992

hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{2290}{39.400}} \\ &= 7.624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{588}{39.400}} \\ &= 3.863 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{3.863}$$

$$= 194.143 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

5. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut =0.1 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right]$$

$$= 2.222 + 0.1$$

$$= 2.322 \text{ cm}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n \\ &= 39.400 - (2.54 \times 1.10) \times 4 \\ &= 29.183 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned} A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0.85 \times 29.183 \\ &= 24.806 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

6. Kontrol kekuatan desain

- **Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,
1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 39.400 \geq 18368.633$$

$$195030.000 \text{ kg} \geq 18368.633 \text{ kg} \quad \text{.....Profil Aman}$$

▪ **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_t \cdot A_e$$

$$= 0.90 \times F_u \cdot A_e$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0.90)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm²

A_e = Luas bersih efektif antar batang tarik

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_u \cdot A_c \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 24.806 \geq 18368.633$$

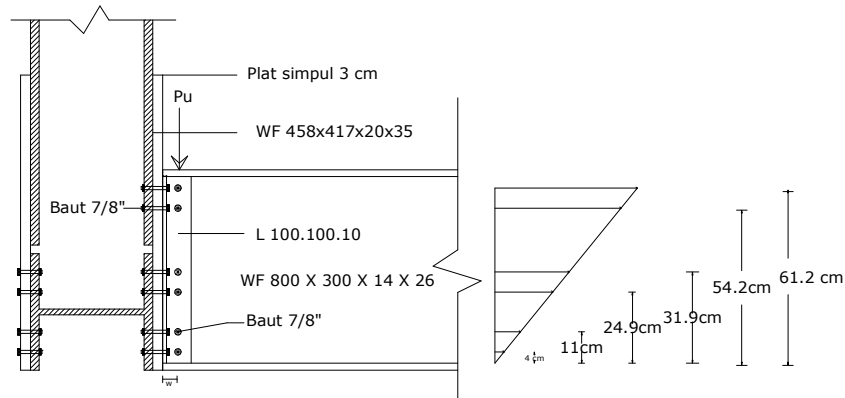
$$122788.314 \text{ g} \geq 18368.633\text{kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang

lebih kecil yaitu :

$$122788.314 \text{ g} \geq 18368.633\text{kg} \quad \text{..... profil aman}$$

4.5 Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang



Gambar 4.19 Sambungan Gelagar Induk Dan Gelagar Melintang

- Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2.222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2.222 + 0.1 = 2.322 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ Ksi} = 68.95 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 22.222^2$$

$$= 387.577 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 100.100.10 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

- Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (Pu)

$$P_u = 7505.606 \text{ kg (} V_u \text{ Total gelagar melintang)}$$

❖ **Sambungan irisan Ganda (Melintang)**

▪ **Kekuatan tarik desain**

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

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset.(0.75.Fu^b).Ab \\ &= 0.75 \times (0.75 \times 1034.250) \times 387.577 \\ &= 225478.976 \text{ N} \\ &= 22547.898 \text{ kg}\end{aligned}$$

▪ **Kekuatan geser desain baut**

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

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset.(0.60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0.75 \times (0.75 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312664.180 \text{ N} \\ &= 31266.418 \text{ kg}\end{aligned}$$

▪ **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1.3 cm = 13 mm

(CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 134)

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset.(2.40.d.t.Fu^p) \\ &= 0.75 \times (2.40 \times 23.2222 \times 13 \times 550)\end{aligned}$$

$$= 298841.400 \text{ N}$$

$$= 29884.140 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$T_n = 0.60.F_y.A_{ug}$$

$$= 0.60 \times 4100 \times (2.(80-2 \times 2.40))$$

$$= 369984.000 \text{ kg}$$

$$= 369984.000 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

▪ **Momen ultimit**

$$M_u = P_u \cdot w$$

$$= 7505.606 \times 5.50$$

$$= 41280.835 \text{ kg.cm}$$

▪ **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1.50 d_b < L < 3 d_b$

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

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

- **Menentukan jumlah baut (n) :**

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

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut 7 cm

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

$$= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{31266.401 \times 7}}$$

$$= 1.500 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

- **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat :

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

$$3 \geq \frac{7505.606/6}{0.75 \times 5500 \times 5}$$

$$= 0.061 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10

CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992
halaman 135

➤ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

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

$$\phi t \cdot Rnt \geq Rut$$

Dimana :

$\phi t \cdot Rnt$ = kekuatan tarik desain

Rut = beban tarik terfaktor baut

$$Rut = \frac{Mu \cdot y}{\sum y^2}$$

$$Rut = \frac{41280.835 \cdot 61.200}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)}$$

$$= 2326.323 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot Rn \geq Rut$$

$$= 312664.013 \geq 2326.323 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{Aman}) \dots\dots\dots$$

- **Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :**

$$\phi v \cdot Rnv \geq Ruv$$

Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{P}{\sum n}$$

$$R_{uv} = \frac{7505.606}{15}$$

$$= 500.374$$

Kontrol :

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

$$31266.401 \geq 500.374 \dots\dots\dots \text{Aman} \dots\dots\dots$$

4.6 Sambungan Gelagar Induk-Induk

1. Joint Kedua (Joint No 1)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\emptyset_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

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

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.22^2$$

$$= 387.577 \text{ mm}^2$$

- \emptyset lubang baut Baut

$$= 22.220 + 1.00$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0.60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312720.301 \text{ N} \\ &= 31272.030 \text{ kg}\end{aligned}$$

❖ Kekuatan Tumpu desain

Tebal plat simpul = 3 cm

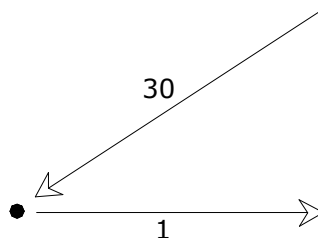
$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 23.222 \text{ mm} \\ &= 2.322 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\phi.Rn = \phi.(2.40..d.t.Fu^b).$$

$$\phi = 0.75$$

$$\begin{aligned}Fu &= 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 26 \times 550) \\ &= 597734.280 \text{ N} \\ &= 59773.428 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari StaadPro



❖ **Perhitungan sambungan**

$$S1 = 227821.266 \text{ kg}$$

$$S30 = 176852.578 \text{ kg}$$

➤ **Batang No 30 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_{s30} = \frac{176852.578}{31272.030}$$

$$= 5.655 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{176852.578 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.191 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 3d &= 3 \times 2.222 \\ &= 6.666 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7d &= 7 \times 2.222 \\ &= 15.555 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil = 8 cm

➤ **Batang No 1 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_{s1} = \frac{27821.266}{31272.030}$$

$$= 0.890 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 1.50 d &= 1.5 \times 2.222 \\ &= 3.333 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3d &= 3 \times 2.222 \\ &= 6.666 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{27821.266 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.187 \text{ cm}$$

❖ **Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 1***

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 1)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22.222 \text{ mm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 126 \\ &= 378.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

$t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 378 - ((4 \times 2.322) \times 3) \\ &= 340.845 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = 126 \times 3 \times \left(\frac{126}{2}\right) - (2.322 \times 63.600) - (2.322 \times 3 \times 63.000)$$

$$340.845 \times Y_a = (31752.000) - (585.194) - (585.194)$$

$$Y_a = \frac{30581.611}{340.845}$$

$$= 89.723 \text{ cm}$$

$$Y_b = 126.000 - 89.723$$

$$= 36.277 \text{ cm}$$

- Batang No 30 (Batang Tekan)

$$P_{30} = \frac{176852.578}{2}$$

$$= 88426.289 \text{ kg}$$

$$D_{30} = 88426.289 \cos 51$$

$$= 55620.136 \text{ kg}$$

$$N_{30} = 88426.289 \sin 51$$

$$= 68707.227 \text{ kg}$$

- Batang No 1

$$P_1 = \frac{27821.266}{2}$$

$$= 13910.633 \text{ kg}$$

$$D_1 = 13910.633 \cos 31$$

$$= 11921.412 \text{ kg}$$

$$N_1 = 13910.633 \sin 31$$

$$= 7163.976 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= D_{30} + D_1 \\
 &= 55620 + 11921.412 \\
 &= 67541.548 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N_{30} + N_1 \\
 &= 68707.227 + 7163.976 \\
 &= 75871.203 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D_{30} \times Z_1) - (D_1 \times Z_2) \\
 &= (55620.136 \times 38.000) - (11921.412 \times 33.000) \\
 &= 1720158.548 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{6} \times t \times h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 3 \times 126^2
 \end{aligned}$$

$$= 7938.000 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{75871.203}{340.845} + \frac{1720158.548}{7938.000} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 439.297 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 439.297 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_v &= \frac{N_u}{A_n} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{67541.548}{340.845} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 198.159 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$\text{FR} = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{439.297^2 + 198.159^2}$$

$$= 365.362 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 365.362 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

2. Joint Kedua (Joint No 204)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

1 Ksi = 68,95 kg/cm²

▪ Luas Baut :

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.222^2 \\ &= 387.577 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ \varnothing lubang baut Baut

$$= 22.220 + 0.10$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(0.60.F_u^b).m.Ab$$

$$= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577$$

$$= 312720.301 \text{ N}$$

$$= 31272.030 \text{ kg}$$

$$= 31272.030 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan Tumpuh desain

$$\text{Tebal plat simpul} = 3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{\textcircled{O}} \text{ lubang} &= 23.222 \text{ mm} \\ &= 2.322 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{\textcircled{O}}.Rn = \text{\textcircled{O}}.(2.40..d.t.Fu^b).$$

$$\text{\textcircled{O}} = 0.75$$

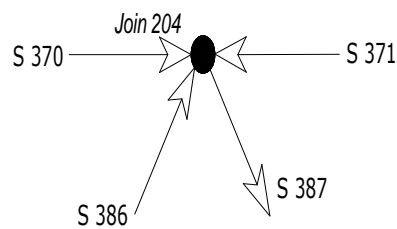
$$Fu = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 32 \times 550)$$

$$= 735672.960 \text{ N}$$

$$= 73567.296 \text{ kg}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari Staadpro



❖ Perhitungan sambungan

$$S 386 = 162760.391 \text{ kg}$$

$$S 387 = 166225.859 \text{ kg}$$

$$S 370 = 107059.961 \text{ kg}$$

$$S 371 = 210026.922 \text{ kg}$$

➤ Batang No 386 (batang tekan)

- Menentukan jumlah baut

$$Ns_{386} = \frac{162760.391}{31272.030}$$

$$= 5.205 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{162760.391 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.096 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 387 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 387 = \frac{166225.859}{31272.030}$$

$$= 5.315 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{162225.859 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.119 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 370 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 370 = \frac{107059.961}{31272.030}$$

$$= 3.424 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{107059.961 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.721 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 371 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 371 = \frac{210026.922}{31272.030}$$

$$= 6.716 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 16 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{210026.922 / 16}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.061 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

❖ Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 204*

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 204)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch}$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Diameter lubang } 7/8'' = 22.222 \text{ mm}$$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 226.300 \\ &= 678.900 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 678.900 - ((3 \times 2.322) \times 3) \\ &= 658.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = 226.300 \times 3 \times \left(\frac{226.300}{2} \right) - (2.322 \times 113.200) -$$

$$(2.322 \times 3 \times 113.200)$$

$$658.000 \times Y_a = (102423.380) - (1051.491) - (1051.491)$$

$$Y_a = \frac{75240.297}{658.000}$$

$$= 114.347 \text{ cm}$$

$$Y_b = 226.300 - 114.347$$

$$= 111.953 \text{ cm}$$

- Batang No 386 (Batang Tekan)

$$P_{386} = \frac{162760.391}{2}$$

$$= 81380.196 \text{ kg}$$

$$D_{386} = 81380.196 \times \cos 49$$

$$= 53385.408 \text{ kg}$$

$$N_{386} = 81380.196 \times \sin 49$$

$$= 61442.048 \text{ kg}$$

- Batang No 387 (Batang Tarik)

$$P_{387} = \frac{162225.859}{2}$$

$$= 83112.930 \text{ kg}$$

$$D_{387} = 83112.930 \cos 24$$

$$= 75965.218 \text{ kg}$$

$$N_{387} = 83112.930 \sin 24$$

$$= 33826.962 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{386} + D_{387}$$

$$= 533885.408 + 75965.218$$

$$= 129350.626 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{386} + N_{387}$$

$$= 61442.048 + 33826.962$$

$$= 95269.010 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{386} \times Z1) - (D_{387} \times Z2)$$

$$= (53385.408 \times 27.500) - (75965.218 \times 65.800)$$

$$= 3530412.589 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} x t x h^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 3 \times 226.300^2$$

$$= 25605.845 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{95269.010}{641.745} + \frac{3530412.589}{25605.845} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 286.328 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$F_v = \frac{Nu}{An} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{129350.626}{641.745} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 201.561 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 201.561 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$FR = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{286.328^2 + 201.561^2}$$

$$= 298.013 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 298.013 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

3. Joint Ketiga (Joint No 188)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

1 Ksi = 68,95 kg/cm²

▪ Luas Baut :

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$Ab = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.222^2$$

$$= 387.577 \text{ mm}^2$$

▪ \varnothing lubang baut Baut

$$= 22.220 + 0.10$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(0.60.F_u^b).m.Ab$$

$$= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577$$

$$= 312720.301 \text{ N}$$

$$= 31272.030 \text{ kg}$$

$$= 31272.030 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan Tumpuh desain

Tebal plat simpul = 3 cm

$$\varnothing \text{ lubang} = 23.222 \text{ mm}$$

$$= 2.322 \text{ cm}$$

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(2.40..d.t.Fu^b)$$

$$\varnothing = 0.75$$

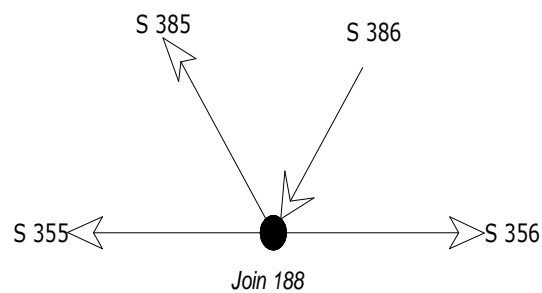
$$Fu = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 26 \times 550)$$

$$= 597734.280 \text{ N}$$

$$= 59773.428 \text{ kg}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari Staadpro



❖ Perhitungan sambungan

$$S 355 = 28359.600 \text{ kg}$$

$$S 356 = 119542.047 \text{ kg}$$

$$S 385 = 186776.063 \text{ kg}$$

$$S 386 = 162760.391 \text{ kg}$$

➤ Batang No 355 (batang tarik)

- Menentukan jumlah baut

$$Ns_{355} = \frac{28359.600}{31272.030}$$

$$= 0.907 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{28359.600 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.191 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 356 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 387 = \frac{119542.047}{31272.030}$$

$$= 3.823 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{119542.047 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.805 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 385 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 385 = \frac{186776.063}{31272.030}$$

$$= 5.973 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$. = 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\emptyset \cdot Fu \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{186776.063 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.258 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 386 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 386 = \frac{162760.391}{31272.030}$$

$$= 5.205 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{162760.391 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.096 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

❖ Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 188*

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul *join 188*)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22.222 \text{ mm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 199.600$$

$$= 598.800 \text{ cm}$$

Dimana :

t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 598.800 - ((2 \times 2.322) \times 3) \\ &= 584.867 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$\begin{aligned} A_n \times Y_a &= 199.600 \times 3 \times \left(\frac{199.600}{2}\right) - (2.322 \times 99.800) - \\ &(2.322 \times 3 \times 99.800) \end{aligned}$$

$$584.867 \times Y_a = (59760.240) - (695.267) - (695.267)$$

$$Y_a = \frac{583690.707}{584.867}$$

$$= 99.800 \text{ cm}$$

$$Y_b = 199.600 - 99.800$$

$$= 99.800 \text{ cm}$$

- Batang No 386 (Batang Tekan)

$$P_{386} = \frac{162762.391}{2}$$

$$= 81380.196 \text{ kg}$$

$$D_{386} = 81380.196 \times \cos 49$$

$$= 53385.408 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} N_{386} &= 81380.196 \times \sin 24 \\ &= 61442.048 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Batang No 356 (Batang Tarik)

$$P_{356} = \frac{119542.047}{2}$$

$$= 59771.024 \text{ kg}$$

$$D_{356} = 59771.024 \cos 24$$

$$= 54570.944 \text{ kg}$$

$$N_{356} = 59771.024 \sin 24$$

$$= 24326.807 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{386} + D_{356}$$

$$= 53385.408 + 54570.944$$

$$= 107956.353 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{386} + N_{356}$$

$$= 61442.048 + 24326.807$$

$$= 37115.241 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{386} \times Z_1) - (D_{356} \times Z_2)$$

$$= (53385 \times 47.200) - (54570.944 \times 29.200)$$

$$= 926319.691 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2 = \frac{1}{6} \times 3 \times 199.600^2$$

$$= 199920.080 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{570.934}{111.510} + \frac{926319.691}{199920.080} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 111.510 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$F_v = \frac{Nu}{An} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{107956.353}{570.934} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 189.087 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 189.087 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

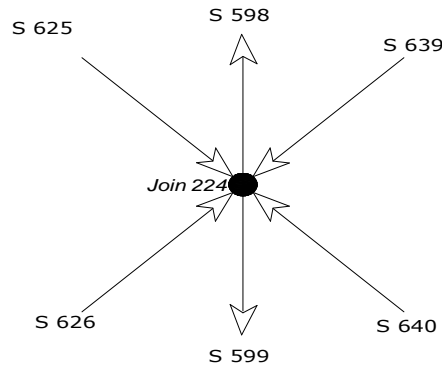
$$F_R = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{111.510^2 + 189.087^2}$$

$$= 209.460 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 209.460 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

➤ **Joint 224 (ikatan angin atas)**



$$S\ 599 = 1389.912\ \text{kg}$$

$$S\ 626 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 640 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 625 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 598 = 1389.912\ \text{kg}$$

$$S\ 639 = 17362.178\ \text{kg}$$

❖ Batang nomor 598 = 599 (Batang Tarik)

$$NS_{599} = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

$$= \frac{1389.912}{15636.015}$$

$$= 0.089 \sim 12\ \text{baut}$$

$$\text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} = 1.50\ d\ \text{s/d}\ 3\ d$$

$$= (1.50 \times 2.222)\ \text{s/d}\ (3 \times 2.222)$$

$$= 3.333\ \text{cm}\ \text{s/d}\ 6.667\ \text{cm}$$

$$\text{Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat} = 5\ \text{cm}$$

$$\text{Direncanakan ketebalan plat penyambung} = 3\ \text{cm}$$

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson,Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{874,800}{0,75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.009 \text{ cm}$$

Maka dalam perencanaan dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2.222) \text{ s/d } (7 \times 2.222)$$

$$= 6.667 \text{ cm s/d } 15.555 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

❖ Batang nomor 625 = 626 = 639 = 640 (Batang Tekan)

$$NS_{625} = \frac{Pu}{\phi Rn}$$

$$= \frac{17362.178}{15636.015}$$

$$= 1.110 \sim 12 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1.50 d s/d 3 d

$$= (1.50 \times 2.222) \text{ s/d } (3 \times 2.222)$$

$$= 3.333 \text{ cm s/d } 6.667 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

▪ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} \quad (\text{CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{52539.714}{0,75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.117 \text{ cm}$$

Maka dalam perencanaan dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2.222) \text{ s/d } (7 \times 2.222)$$

$$= 6.667 \text{ cm s/d } 15.555 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

4.7. Perencanaan perletakan

4.7.1 Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S₁)

$$P_u = 327551.375 \text{ kg}$$

$$F_y = B_j 55 (410 \text{ Mpa})$$

$$\emptyset = 0.90$$

✓ Panjang empiris

$$\ell = L + 40$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

$$\ell = L + 40$$

$$= 60 + 40$$

$$= 100 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

✓ Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 327551.375 \times 100}{60 \times 0.90 \times 4100}}$$

$$= 10.534 \text{ cm} = 11.000 \text{ cm}$$

2. Tebal Bantalan (S₂)

$$M_u = \frac{1}{8} \times P_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{8} \times 327551.375 \times 100$$

$$= 4094392.188 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{Mu}{\phi \cdot fy}$$

$$= \frac{4094392.188}{0.90 \times 4100}$$

$$= 1109.591 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S_2 , S_3 , S_4 , dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel 4.1 Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0.2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

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

$$\text{Diambil : } \frac{h}{S_2} = 4 ; \frac{b}{a \cdot S_3}$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4.20$$

$$S_3 = \frac{b}{4.20 a}$$

$$= \frac{60}{4.20 \times 4}$$

$$= 3.571 \text{ cm} \rightarrow 4 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0.2251 \times a \times h^2 \times S_3$$

$$= 0.2251 \times 4 \times h^2 \times 3$$

$$W = 2.7012 \cdot h^2$$

$$1109.591 \text{ cm}^3 = 2.7012 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{1109.591}{2.7012} =$$

$$= 410.777$$

$$h = \sqrt{410.777}$$

$$= 20.268 \approx 21 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$S_2 = \frac{21.000}{4}$$

$$= 5.250 \text{ cm} \sim 6.000 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6}$$

$$= \frac{21.000}{6}$$

$$= 3.500 \text{ cm} \rightarrow 4.000 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9}$$

$$= \frac{21.000}{9}$$

$$= 2.333 \text{ cm} \rightarrow 3.000 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0.80 \times P}{\phi \cdot f_y \cdot L}$$

Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W, Ir. Prof., hal 250

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0.80 \times 327551.375}{0.90 \times 4100 \times 100}$$

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = 0.710 \text{ cm}$$

$$d_1 = 1.420 \text{ cm} \approx 2.000 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} \times d_1$$

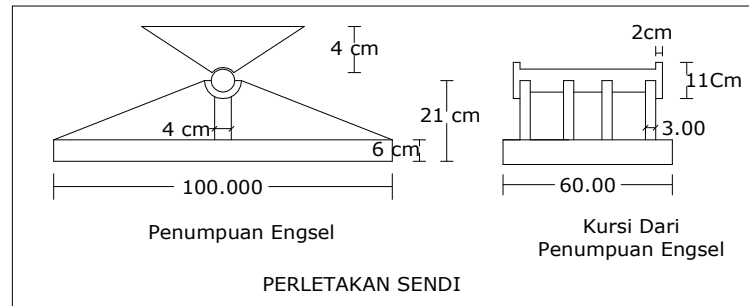
$$d_3 = \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 1.750 \approx 2.000 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$



Gambar 4.20 Perletakan sendi

4.7.2 Perletakan Rol

- ✓ Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$l = L + 40$$

$$= 60 + 40$$

$$= 100 \text{ cm}$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$P_u = 32037.717 \text{ kg}$$

- ✓ Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 327551.375 \times 100}{60 \times 0.90 \times 4100}}$$

$$= 10.534 \text{ cm} \sim 11.000 \text{ cm}$$

- ✓ Diameter rol :

$$d_4 = 0.75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2}$$

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$= 0.75 \times 10^6 \times \frac{327551.375}{100 \times (0.90 \times 8500)^2}$$

$$= 37.780 \text{ cm} \sim 38.000 \text{ cm}$$

✓ Tebal bibir rol :

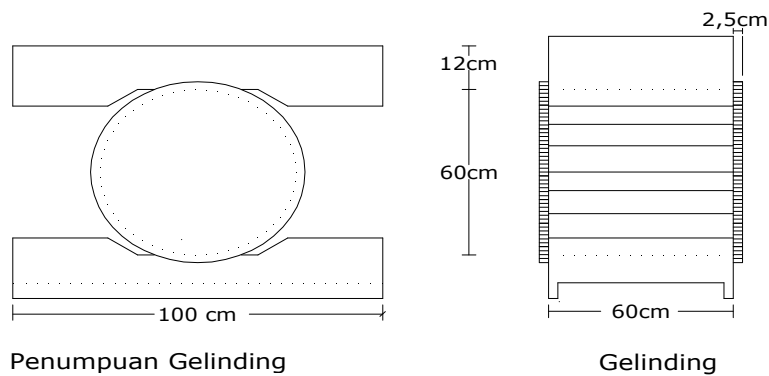
d_6 = diambil sebesar 2.50 cm (tebal pergelasan rol)

✓ Tinggi total rol :

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6$$

$$= 38 + 2 \times 2.50$$

$$= 43.000 \text{ cm}$$



PERLETAKAN ROL

Gambar 4.21 Perletakan Roll

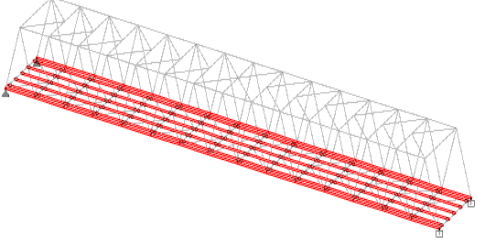
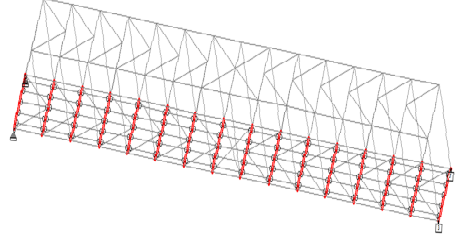
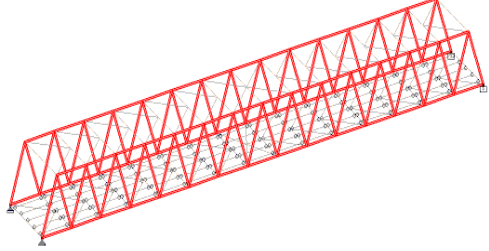
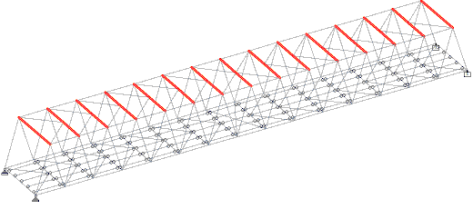
4.8 Perhitungan Kebutuhan Dan Bahan

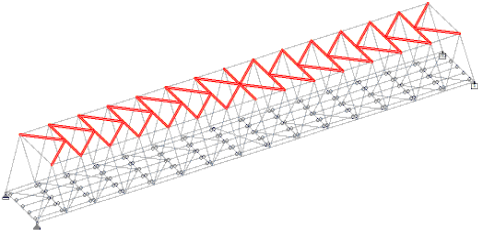
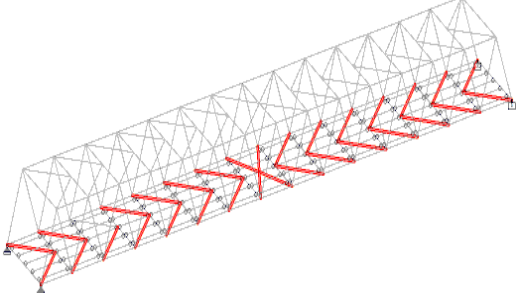
1. Profil Baja

Berat profil baja didapat dari hasil perhitungan STAAD PRO

Tabel 4.2 kebutuhan profil baja

Nama	Jenis Profil/ Diameter	Berat (kg)
Gelagar Memanjang		

	WF 400x200x8x13	19592.133
<p>Gelagar Melintang</p> 	WF 800x300x14x26	24769.258
<p>Gelagar Induk</p> 	WF 457 x 417x 20 x35	265025.781
<p>Pengaku melintang atas</p> 	WF 175x175x7.5x15	4531.431

<p>Ikatan Angin atas</p> 	<p>LD 175 x 175 x 15</p>	<p>12745.152</p>
<p>Ikatan Angin bawah</p> 	<p>LD 175 x 175 x 15</p>	
<p>Total Berat</p>		<p>32663.755</p>

2 Kebutuhan Baut

a. Sambungan gelagar memanjang

- Ukuran Baut yang digunakan = $\varnothing 7/8$ "
- Jumlah titik simpul tepi = $5 \times 2 = 10$
- Jumlah baut tiap simpul tengah = 65
- Jumlah titik simpul tepi = $5 \times (12 \times 2)$
= 120
- Jumlah baut tiap simpul tengah = $120 + 16 \times 65$
= 1160

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= 120 + 1160 \\ &= 1280 \text{ buah} \end{aligned}$$

b. Sambungan gelagar melintang

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 7/8$ “
- Jumlah titik simpul = 32
- Jumlah baut tiap simpul = $6 + (6 \times 2)$
= 18
- Jumlah baut = 32×18
= 576 buah

c . Sambungan simpul ikatan angin atas

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 1/2$ “
- Jumlah titik simpul tepi = 12
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 4
Jumlah baut = 48 buah
- Jumlah titik simpul tengah = 18
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 2
Jumlah baut = 36 buah
- Jumlah baut (Tengah+tepi) = $48+36$
= 84 buah
- Total kebutuhan baut = $672 + 84$
= 756 buah

d . Sambungan simpul ikatan angin bawah

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 1/2$ “

- Jumlah titik simpul tepi = 12
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 12 x 4
= 48
- Jumlah titik simpul tengah = 14
- Jumlah baut tiap simpul tengah = 15 x 14
= 784
- Jumlah baut (Tengah+tepi) = 48 + 784
= 832 buah

e . Sambungan gelagar Induk

- Ukuran Baut yang digunakan = Ø 7/8 “
- Jumlah titik simpul = 12 (tepi) dan 52 (tengah)
- Jumlah baut tiap simpul = 248 (tepi)
= 956 (Tengah bawa)
= 384 (tengah tengah)
= 628 (tengah atas)

Tottal = 1968

- Jumlah baut = 12 x 248 = 2976 buah
= 2 x 1968 = 3936 buah

Total = 6912 buah

3. Kebutuhan Beton

a. Volume beton

➤ Lantai kendaraan = 0.25 x 6 x 60
= 90 m³

- Trotoir = $0.55 \times 0.75 \times 60 \times 2$
= 49.500 m^3
- Tegel + spesi = $0.05 \times 0.75 \times 60 \times 2$
= 4.500 m^2
- Aspal = $0.05 \times 7.50 \times 60$
= 22.500 m^3

b. Kebutuhan Tulangan

1 lonjor = 12 cm

- Tulangan pokok D13 – 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan} &= \left[\left(\frac{60}{0,2} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,2} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,2} \times 2 \right) \right] \\ &= 5100.000 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{5100.000}{12} \\ &= 425 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

- Tulangan bagi D 13 – 250 mm

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan} &= \left[\left(\frac{60}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,25} \times 2 \right) \right] \\ &= 4080.000 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{4080.000}{12} \\ &= 340 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan

1. Dimensi batang tarik dan batang tekan yang dipakai untuk perencanaan jembatan rangka baja tipe *V-truss* di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut :

❖ Perencanaan batang tekan :

- Dimensi batang profil yang dipakai adalah 458 x 417 x 20 x 35 pada gelagar induk.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15 (bagian tepi).
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15 (bagian tengah).

❖ Perencanaan batang tarik :

- Dimensi batang profil yang dipakai adalah 458 x 417 x 20 x 35 pada gelagar induk.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada pengaku melintang atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15.

- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$.
 - Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin bawah adalah $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$.
2. Dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang, melintang, dan induk yang diperlukan untuk memikul semua beban yang bekerja adalah sebagai berikut:
- a. Perencanaan gelagar memanjang :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
 - Berat total profil bajanya sebesar 19592.133 kg
 - b. Perencanaan gelagar melintang :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $800 \times 300 \times 14 \times 26$
 - Berat total profil bajanya sebesar 24769.258 kg
 - c. Perencanaan gelagar Induk :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $458 \times 417 \times 20 \times 35$
 - Berat total profil bajanya sebesar 265025.781 kg
 - d. Perencanaan pengaku melintang atas :
 1. Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$
 2. Berat total profil bajanya sebesar 4531.431 kg
 - e. Perencanaan Ikatan angin atas dan bawah :
 1. Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$
 2. Berat total profil bajanya sebesar 12745.152 kg

3. Jumlah baut yang digunakan untuk sambungan pada struktur jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut:

a. Baut untuk sambungan gelagar memanjang :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 1280 buah

b. Baut untuk sambungan gelagar melintang :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 576 buah

c. Baut untuk sambungan gelagar Induk dan induk :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 1584 buah

d. Baut untuk sambungan Ikatan angin atas:

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 1/2$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 756 buah

e. Baut untuk sambungan Ikatan angin bawah:

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 1/2$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 832 buah

4. Tebal plat lantai kendaraan untuk jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan plat lantai kendaraan :

- Tebal plat beton 250 mm

- Tulangan pokok yang dipakai adalah D13 – 200
- Tulangan bagi yang dipakai D 13 – 250

b. Perencanaan Trotoar jembatan :

- Tebal Trotoar 550 mm
- Dimensi tulangan pokok D 13 – 200
- Dimensi tulangan bagi D 13 – 250

5. Model atau jenis perletakan yang cocok dipakai untuk jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah perletakan sendi dan perletakan roll:

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang dilakukan pada jembatan rangka dengan tipe V-Trus dan berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis memberikan saran :

1. Untuk perencanaan Jembatan rangka baja di Kabupaten Nunukan bisa direncanakan dengan menggunakan rangka baja tipe *V-truss* sebagai salah satu alternatif dengan alasan bahwa jembatan rangka baja tipe *V-truss* bisa memberikan hasil perencanaan yang ekonomis dan kuat.
2. Dalam merencanakan pembebanan pada jembatan harus didasarkan pada standar yang sudah ditetapkan oleh badan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan akan lebih baik menggunakan standar terbaru (SNI-T 02-2005).
3. Untuk perhitungan pembebanan pada gelagar induk jembatan sebaiknya menggunakan program bantu teknik spil (STAAD Pro) tiga dimensi sehingga perhitungan pembebanan lebih akurat.

4. Sedangkan untuk perencanaan sambungan pada jembatan sebaiknya menggunakan metode yang lebih moderen dan pada perencanaan jembatan ini penulis memilih metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) dengan alasan metode ini adalah metode yang sering dipakaai karena memiliki kelebihan (struktur lebih aman dan ekonomis) dibandingkan metode yang lain.
5. Dalam merencanakan sambungan harus dihitung dengan baik dan sesuai dengan rumus yang ditetapkan dalam metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau kegagalan pada struktur jembatan yang direncanakan.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Plat lantai kendaraan

4.1.1 Perhitungan Pembebanan

a. Plat lantai kendaraan (diambil pias 1 meter)

Pembebanan diambil dari (*Sumber : SNI-T-02 2005, Halaman 11*)

Beban Mati (q_d)

- Berat sendiri lantai kend. = $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1.30 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1.30 = 145.6 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2.00 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat Steel deck (0.76 mm) = $8.48 \times 1 \times 1.10 = \underline{9.328 \text{ kg/m}}$

$$q_d^u = 1034.928 \text{ kg/m}$$

Beban Gandar (T)

Beban lantai kendaraan untuk jembatan kelas standart truck

$$\begin{aligned} 11.250 \text{ ton} &= 11250 \text{ kg} = 11250 \times 1.8 \text{ (factor beban truck)} \\ &= 20250 \text{ kg} \end{aligned}$$

(*Sumber : SNI-T-02 2005, Halaman 22*)

b. Trotoar

Beban Mati (q_d)

- Berat sendiri lantai trotoar = $0.55 \times 1 \times 2400 \times 1.30 = 1716 \text{ kg/m}$
- Berat tegel + spesi = $0.05 \times 1 \times 2240 \times 1.30 = 145,6 \text{ kg/m}$ Berat

- air hujan $= 0.05 \times 1 \times 1000 \times 2.0 = 100 \text{ kg/m}$

- Berat Steel deck (0.76 mm) $= 8.48 \times 1 \times 1.10 = \underline{9.328 \text{ kg/m}}$

$q_d^u = 1970.928 \text{ kg/m}$

Beban hidup (ql)

Yaitu beban guna sebesar $= 500 \text{ kg/m}^2$

$q_l = 500 \times 1 \text{ (Diasumsikan 1 meter panjang)}$

$= 500 \text{ kg/m}$

Beban trotoir

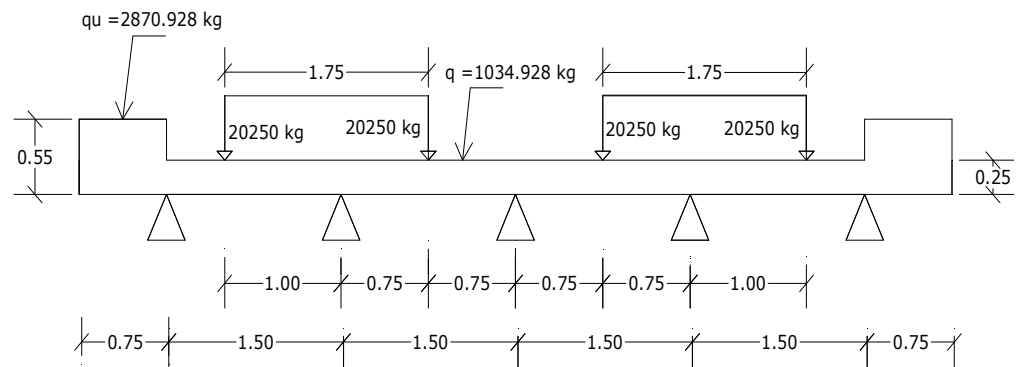
$Q^u = q_d^u + 1,8 \times q_l$

$= 1970,928 + 1,8 \times 500$

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

4.1.2 Perhitungan statika

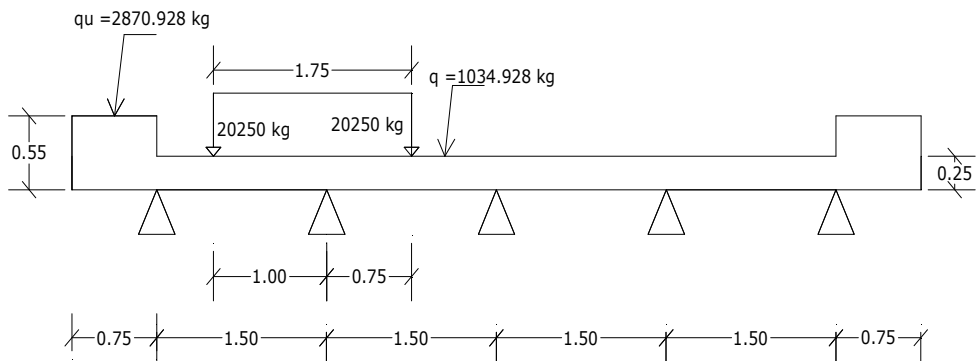
Kondisi I



Gambar 4.1. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

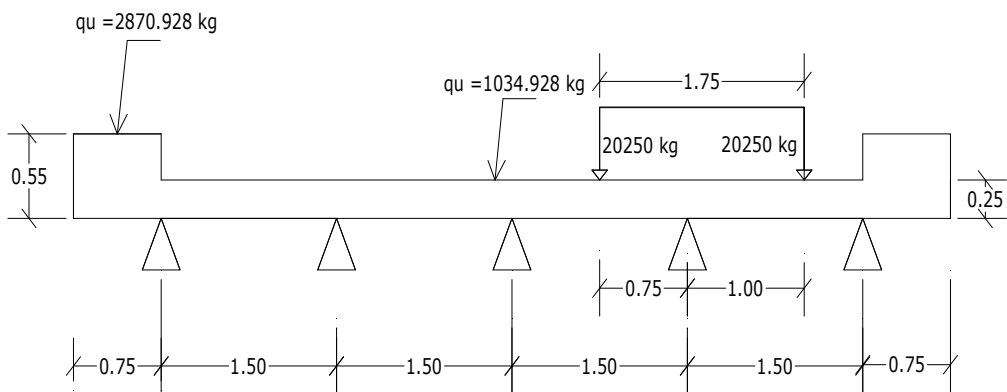
Kondisi II



Gambar 4.2 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

Untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika
Staad Pro 2004).

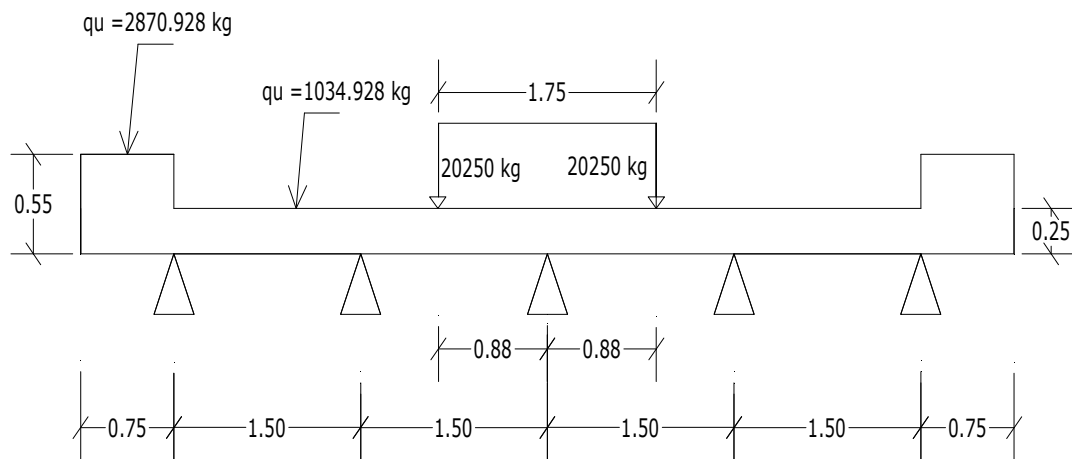
Kondisi III



Gambar 4.3 Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika
Staad Pro 2004).

Kondisi IV



Gambar 4.4. Kondisi pembebanan pada lantai kendaraan

Untuk gaya Momen dan gaya lintang : (Lihat Lampiran Perhitungan Statika Staad Pro 2004).

TITIK	KONDISI I (Kg.m)		KONDISI II (Kg.m)		KONDISI III (Kg.m)	
	TUMP	LAP	TUMP	LAP	TUMP	LAP
A'	0		0		0	
A'A		143.978		143.978		143.978
A	575.913		575.913		575.913	
AB		-5213.00		-5070.200		-.171.802
B	4239.000		4667.000		.384.350	
BC		131.723		-4523.000		-569.721
C	3875.000		2059.000		2059.000	
CD		-50.023		-171.802		4523.000
D	4239.000		569.000		4667.000	
DE		-5213.00		-171.802		5070.200
E	575.913		575.913		575.913	
EE'		143.978		143.978		143.978
E	0		0		0	

TITIK	KONDISI IV ((Kg.m)		TUMPUAN MAX (Kg.m)	LAPANGAN MAX (Kg.m)
	TUMPUAN	LAPANGAN		
A'	0	0	0.000	0
A'A		143.978		143.978
A	575.913		575.913	
AB		974.686		-5213.000
B	1958.000		4667.000	
BC		-4652.200		-4652.200
C	4494.000		4494.000	
CD		-4652.000		-4652.200
D	1958.000		4667.000	
DE		974.686		-5213.000
E	575.913		575.913	
EE'		143.978		143.978
E	0	0	0	0

4.1.3 Penulangan Plat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software Staad Pro 2004 didapat momen maximum pada kondisi I.

Kontrol Momen Tumpuan (Momen Negatif)

$$M_{max} = 4667.000 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 46670000.000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13$$

$$= 203.500 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203.500$$

$$= 46.500 \text{ mm}$$

Diambil D13 dengan jarak 200 mm

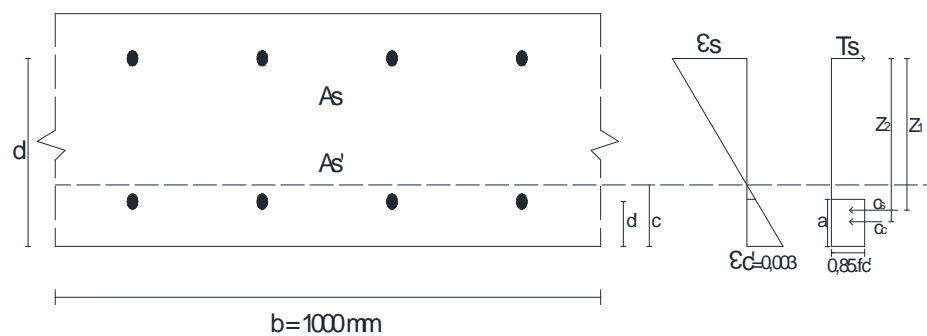
$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000) / 200$$

$$= 663.929 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 663.929 \text{ mm}^2$$

Mencari letal garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

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

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

$$\beta = 0.84642857 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

$$(0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000)c + 663.929 \times \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_c' \right) - 663.929 \times$$

$$\frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287.5 \times c + 663.929 \times \left(\frac{c-46.500}{c} \times 600 - 0.85 \times 35 \right) - 663.929$$

$$\times \frac{203.500-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287.5 \times c + \left(\frac{378261.081 \cdot c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \cdot c}{c} \right) = 0$$

$$\left(25287.5 \times c + \left(\frac{378261.081 \times c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \cdot c}{c} \right) \right) \times c$$

$$25287.5 \times c^2 + 378261.081 \cdot c - 18466968 - 81031782 + 397995 \cdot c = 0$$

$$25287.5 \times c^2 + 77625.081 \times c - 99498750$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 46.282 \text{ mm}$$

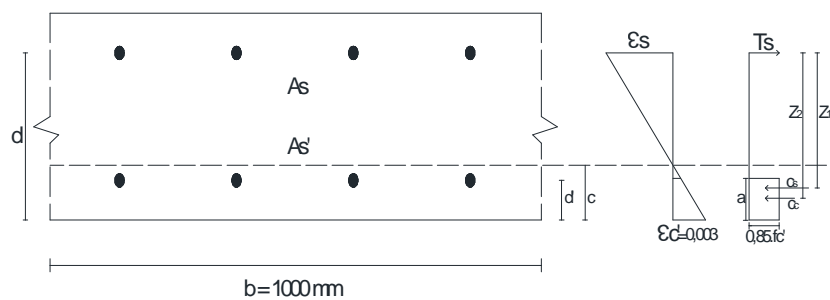
$$c2 = -72.926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \text{ atau}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0.85 \times 49.229$$

$$= 41.845 \text{ mm}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{c-d'}{c} \times 600$$

$$= \frac{49.229-46.500}{46.500} \times 600$$

$$= 33.261 \text{ Mpa} < f_y = 410 \text{ Mpa}$$

karena $f_s' < f_y$, maka dipakai $f_s' = 410 \text{ Mpa}$

$$f_s = \frac{d-c}{c} \times 600$$

$$= \frac{203.500-46.500}{6.500} \times 600$$

$$= 1880.245 \text{ Mpa} > f_y = 410 \text{ Mpa}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 410 \text{ Mpa}$

$$T_s = A_s \times f_s$$

$$= 663.929 \times 410$$

$$= 272210.714 \text{ Nmm}$$

$$C_c = 0.85 \times f_c' \times a \times b$$

$$= 0.85 \times 35 \times 41.845 \times 1000$$

$$= 1244878.338 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times (f_s' - 0.85 f_c')$$

$$= 663.929 \times (33.261 - 0.85 \times 35)$$

$$= 2330.975 \text{ N}$$

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

$$= 203.500 - \left(\frac{1}{2} \times 41.845\right)$$

$$= 182.578 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203.500 - 46.500$$

$$= 157.000 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka

$$\begin{aligned}
M_n &= C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2 \\
&= (1244878.338 \times 182.578) + (2330.975 \times 157) \\
&= 227652955.658 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= \Phi \times M_n \\
&= 0.85 \times 227652955.658 \\
&= 193505012.309 \text{ Nmm} \\
&= 193.505 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193.505 \text{ KNm} > 46.670 \text{ KNm} \quad \text{.....Ok.....}$$

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

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ bagi}} &= 20\% \times A_{s \text{ perlu}} \\
&= 0.2 \times 663.929 \\
&= 132.786 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$\begin{aligned}
n &= \frac{A_{s \text{ bagi}}}{A_{s \text{ ada}}} \\
&= \frac{132.786}{1/4 \pi \cdot 12^2} \\
&= 1.174 \approx 4 \text{ tulangan}
\end{aligned}$$

$$S = \frac{b \text{ ditinjau}}{n}$$

$$= \frac{1000}{4}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

Kontrol Momen Lapangan (Momen Positif)

Dari hasil perhitungan StaadPro 2004 diperoleh momen maximum pada kondisi I.

$$M_{\max} = 5213.000 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 52130000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - (\frac{1}{2}.13)$$

$$= 203.500 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 203.500$$

$$= 46.500 \text{ mm}$$

Diambil D13 dengan jarak 200 mm

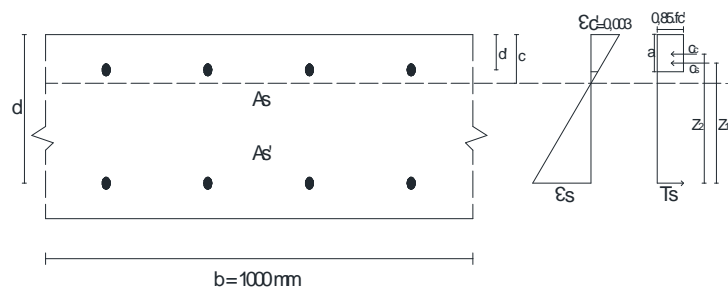
$$A_s = (1/4 \times \pi \times 13^2 \times 1000) / 200$$

$$= 663.929 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s'} = 663.929 \text{ mm}^2$$

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral $> d'$:



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

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

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

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

$$\beta = 0,846 \text{ dibulatkan 2 angka dibelakang koma } 0,85$$

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

$$(0,85 \times 35 \times 0,85 \times 1000) \cdot c + 663.929 \times \left(\frac{c-d'}{c} \times 600 - 0,85 \times f_c' \right) -$$

$$663.929 \times \frac{d-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,5 \cdot c + 663.929 \left(\frac{c-46.500}{c} \times 600 - 0,85 \cdot 35 \right) - 663.929 \times$$

$$\frac{203.500-c}{c} \times 600 = 0$$

$$25287,50 \cdot c + \left(\frac{378261,081 \times c - 18466968}{c} \right) - \left(\frac{81031782 - 397995 \times c}{c} \right) \times$$

$$600 = 0$$

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

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

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

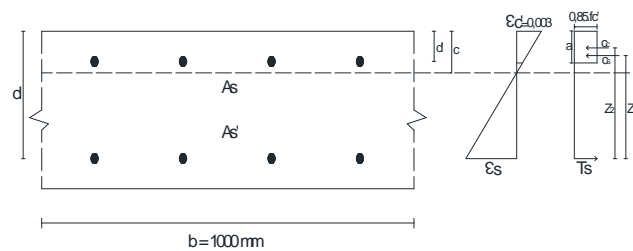
Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c_1 = 49.229 \text{ mm}$$

$$c_2 = -72.926 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \text{ atau}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,85 \times 49,229 \\ &= 41,845 \text{ mm} \end{aligned}$$



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{c-d'}{c} \times 600 \\ &= \frac{49,229-46,500}{46,500} \times 600 \\ &= 33,261 \text{ Mpa} < f_y = 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

karena $f_s < f_y$, maka dipakai $f_s' = 33,261 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} f_s' &= \frac{d-c}{c} \times 600 \\ &= \frac{203,500-46,500}{46,500} \times 600 \\ &= 1880,245 \text{ Mpa} > f_y = 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 410 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s' \times f_s' \\ &= 663,929 \times 410 \\ &= 272210,714 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$= 1244878.338 \text{ N}$$

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

$$= 663.929 \times (33.261 - 0,85 \times 35)$$

$$= 2330.975 \text{ N}$$

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

$$= 203.500 - (\frac{1}{2} \times 41.845)$$

$$= 182.578 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d'$$

$$= 203.500 - 46.500$$

$$= 157 \text{ mm}$$

Karena $a < d$, maka

$$M_n = C_c \times Z_1 + C_s \times Z_2$$

$$= 1244878.338 \times 182.578 + 2330.975 \times 157.000$$

$$= 227652955.658 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \Phi \times M_n$$

$$= 0,85 \times 227652955.658$$

$$= 193505012.309 \text{ Nmm}$$

$$= 193.505 \text{ KNm}$$

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193.505 \text{ KNm} > 52.130 \text{ KNm} \quad \dots\dots\dots\text{Ok}\dots\dots\dots$$

Jadi dipakai tulangan rangkap : D 13 – 200 mm (untuk tulangan tarik)

D 13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

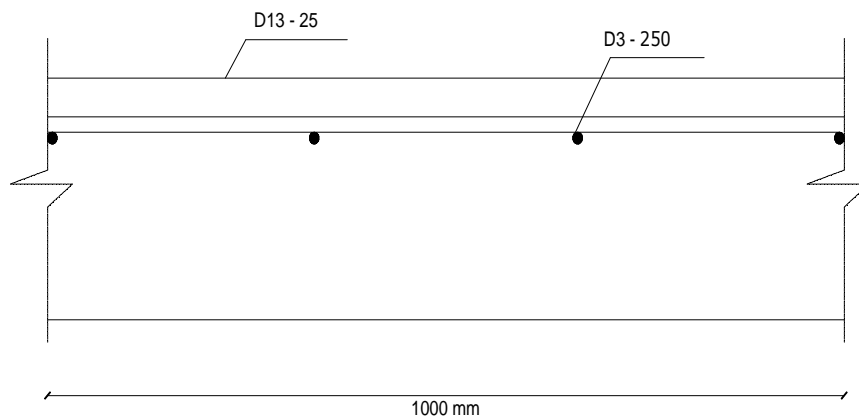
$$\begin{aligned} A_{S\text{bagi}} &= 20\% \times A_{S\text{ perlu}} \\ &= 0.20 \times 663.929 \\ &= 132.786 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{S\text{ bagi}}}{A_{S\text{ ada}}} \\ &= \frac{132.786}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2} \\ &= 1.174 \sim 4 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{b \text{ ditinjau}}{n} \\ &= \frac{1000}{4} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

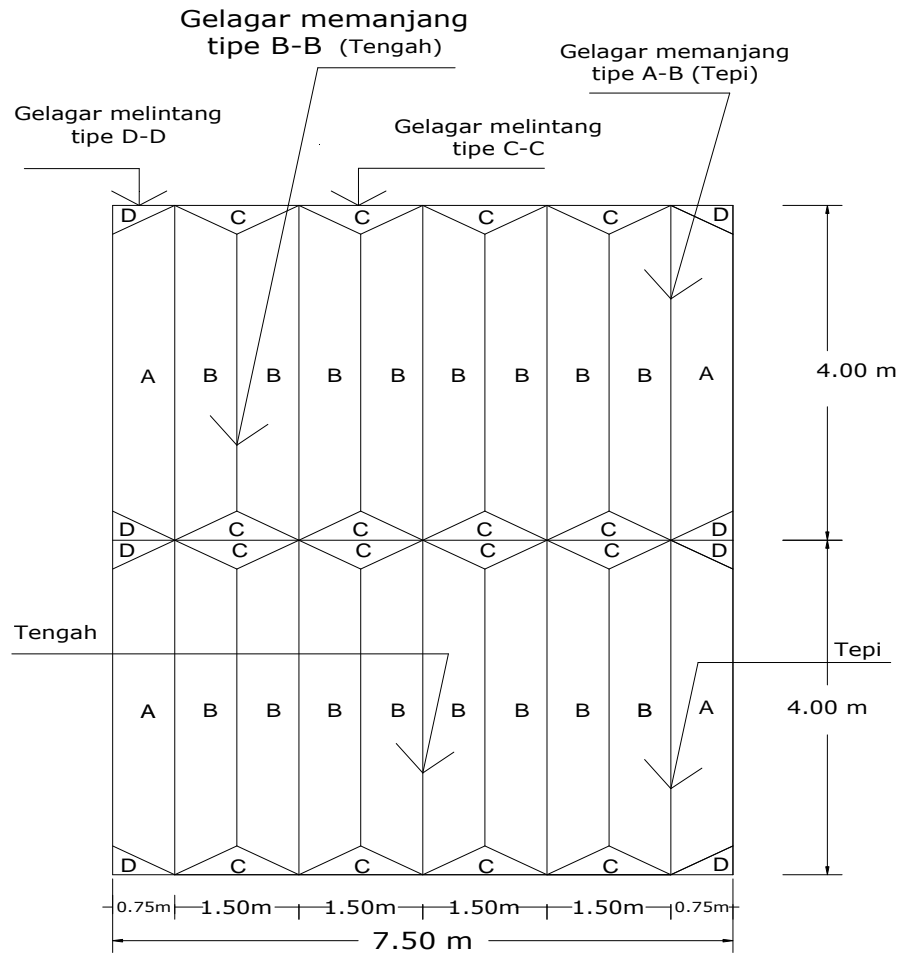
Dipakai tulangan : D13 – 250 mm



Gambar 4.5 Penulangan Plat Lantai

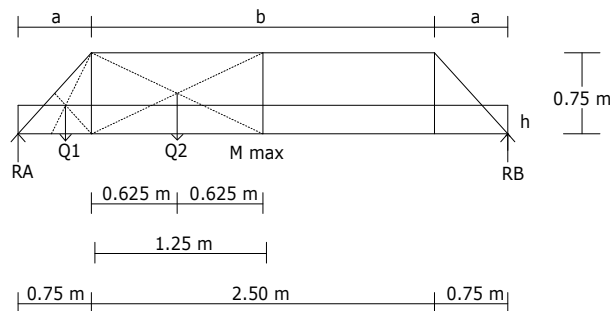
4.2 Perhitungan Gelagar Memanjang dan Melintang

4.2.1 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 4.6 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoar

1. Perataan Tipe A



$$q1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$q2 = 1.25 \times 0.75$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$a1 = 0.5 \times 0.75 \times 2.50$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$A2 = (0.330 \times 0.75) + (0.50 \times 2.50)$$

$$= 1.500 \text{ m}$$

$$A3 = 0.25 \times 2.50$$

$$= 0.625 \text{ m}$$

$$RA = RB = q1 + q2$$

$$= 0.281 + 0.938$$

$$= 1.219 \text{ m}$$

$$M_1 = (RA \times 2) - ((q1 \times (1/3 \times a + 1/2 \times b)) + (q2 \times 1/2 \times b))$$

$$M_1 = (1.219 \times 2) - ((0.281 \times (1/3 \times 0.75 + 1.25)) + (0.938 \times 1.25))$$

$$M_1 = 1.196$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 4^2$$

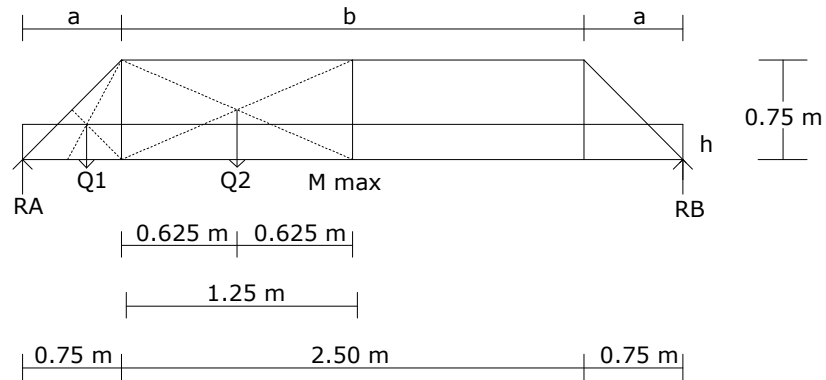
$$M_2 = 2 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$1.196 = 2 h$$

$$h = 0.598 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots\dots$$

2. Perataan Tipe B



$$q_1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$q_2 = 1.25 \times 0.75$$

$$= 0.938 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = q_1 + q_2$$

$$= 0.281 + 0.938$$

$$= 1.219 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 2) - ((q_1 \times (1/3 \times a + 1/2 \times b)) + (q_2 \times 1/2 \times b))$$

$$= (1.219 \times 2) - ((0.281 \times (1/3 \times 0.75 + 1/2 \times 2.5)) + (0.938 \times 1/2 \times 1.25))$$

$$= 1.196$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 4^2$$

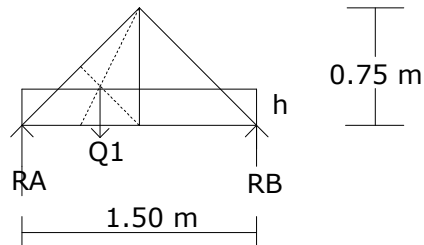
$$M_2 = 2 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$1.196 = 2 h$$

$$h = 0.598 \text{ m} < 0.750 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots\dots$$

3. Perataan Tipe C



$$q_1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = 0.281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0.75) - (q_1 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= (0.281 \times 0.75) - (0.281 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= 0.141 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{8} \times h \times 1.5^2$$

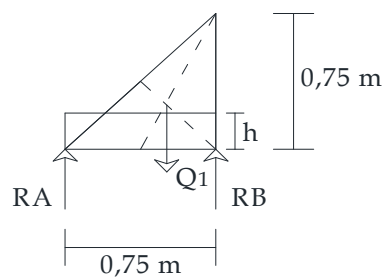
$$M_2 = 0.281 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$0.141 = 0.281 h$$

$$h = 0.50 \text{ m} < 0.75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

4. Perataan Tipe D



$$q_1 = \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.75$$

$$= 0.281 \text{ m}$$

$$R_A = R_B = 0.281 \text{ m}$$

$$M_1 = (R_A \times 0.75) - (q_1 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= (0.281 \times 0.75) - (0.281 \times \frac{1}{3} \times 0.75)$$

$$= 0.141 \text{ m}$$

$$M_2 = \frac{1}{2} \times h \times L^2$$

$$= \frac{1}{2} \times h \times 0.75^2$$

$$M_2 = 0.281 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0.141 = 0.281 \text{ h}$$

$$h = 0.50 \text{ m} < 0.75 \text{ m} \dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \dots\dots$$

4.2.2 Perhitungan Gelagar Memanjang

a. Pembebanan

Beban Mati (qd)

$$q \text{ Trotoar} = 1970.928 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ Plat lantai} = 1034.928 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Memanjang} = 1.500 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 4.000 \text{ m}$$

b. Berat Lantai Trotoir (Gelagar Memanjang Tipe AB) untuk Gelagar tepi

$$q_d^u = (\text{Perataan beban tipe A} \times q \text{ Trotoar}) + (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai})$$

$$= (0.728 \times 1970.928) + (0.728 \times 1034.928)$$

$$= 2186.760 \text{ kg/m}$$

$$q_l^u = (\text{Beban hidup trotoar} \times \text{perataan tipe A} \times \text{factor beban (1.80)})$$

$$= 500 \times 0.728 \times 1.80$$

$$= 654.750 \text{ kg/m}$$

c. Berat lantai kendaraan (Gelagar Memanjang Tipe BB) untuk gelagar tengah

$$q_d^u = (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai}) + (\text{Perataan beban tipe B} \\ \times \text{Plat lantai})$$

$$= (0.728 \times 1034.928) + (0.728 \times 1034.928)$$

$$= 1505.820 \text{ kg/m}$$

1. Beban Hidup “D” (q_l)

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lanjur 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. Beban Tersebar Merata “BTR”

$$\text{Faktor beban} = 1.80$$

$$\text{Dimana : } L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$q = 9.00 \times (0.50 + \frac{15}{L}) \text{ kPa}$$

$$q = 9.00 \times (0.50 + \frac{15}{60}) \text{ kPa}$$

$$= 6.675 \text{ kPa}$$

$$= 675.000 \text{ kg/m}^2$$

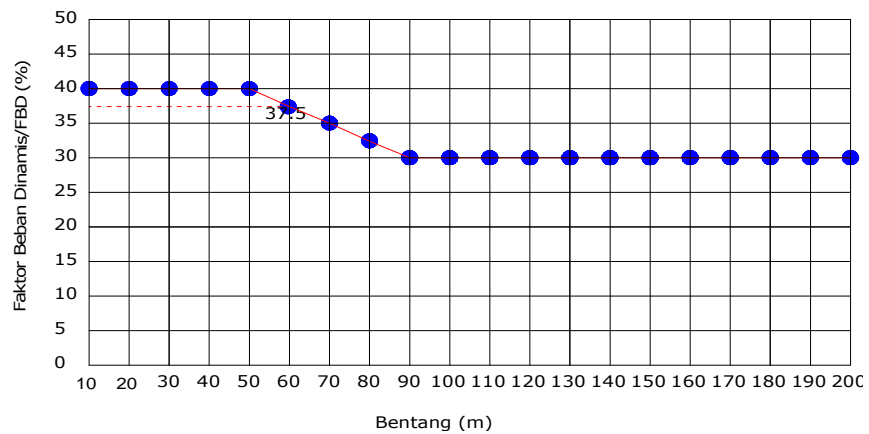
b. Beban Garis “P”

$$\text{Factor beban} = 1.80$$

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\text{FBD} = (0.525 - 0.0025 \times 60)$$

$$= 0.375$$



Gambar 4.7 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

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

$$= 1 + 0.375$$

$$= 1.375$$

Beban Garis

$$P = 49 \text{ KN/m}$$

$$= 4900 \text{ kg/m}$$

$$Pl^u = 4900 \times 1.80$$

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

Beban hidup yang diterima gelagar adalah

a. Berat lantai Trotoir Gelagar Memanjang Tipe AB

$$q_l^u = \frac{675}{2.75} \times 0.728 \times 1.80 \times 50\%$$

$$= 160.711 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = \frac{8820}{2.75} \times 0.728 \times 1.375 \times 50\%$$

$$= 1604.138 \text{ kg/m}$$

b. Berat Lantai Kendaraan (Gelagar Memanjang Tipe BB)

$$q_l^u = \frac{675}{2.75} \times (0.728 + 0.728) \times 1.80$$

$$= 642.845 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = \frac{8820}{2.75} \times (0.728 + 0.728) \times 1.375$$

$$= 6416.550 \text{ kg/m}$$

c. Akibat beban hidup trotoar

$$q_L = (\text{beban hidup trotoir} \times \text{tinggi perataan tipe A} \times \text{faktor beban}) + \text{BTR lantai kendaraan}$$

$$= 500 \times 0.598 \times 1.80$$

$$= 802.323 \text{ kg/m}$$

Catatan : Pembagian 2.75 selalu tetap dan tidak tergantung pada Lebar lalu

lintas. Diambil beban terbesar yang menentukan yaitu :

$$q_l^u = 642.845 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = 6416.550 \text{ kg/m}$$

4.2.3 Perhitungan Statika

1. Perhitungan Momen Pada Gelagar Memanjang

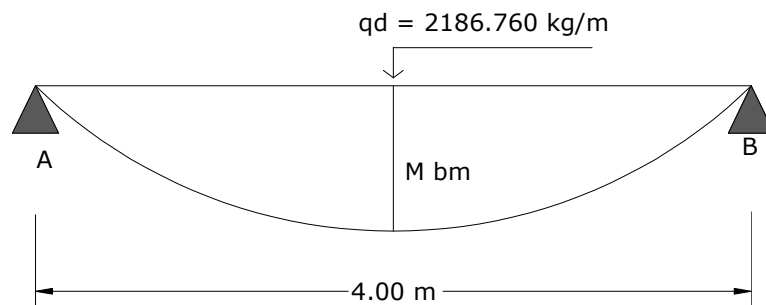
Merupakan perhitungan momen yang terjadi ditengah-tengah gelagar memanjang.

1. Gelagar memanjang tipe AB (Tepi)

a. Akibat beban mati (qd)

Momen akibat berat sendiri lantai kendaraan, (faktor beban beton dicor ditempat = 1.30)

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 10)



Gambar 4.8 Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 2186.760 \times 4 \\ &= 4373.520 \text{ kg} \end{aligned}$$

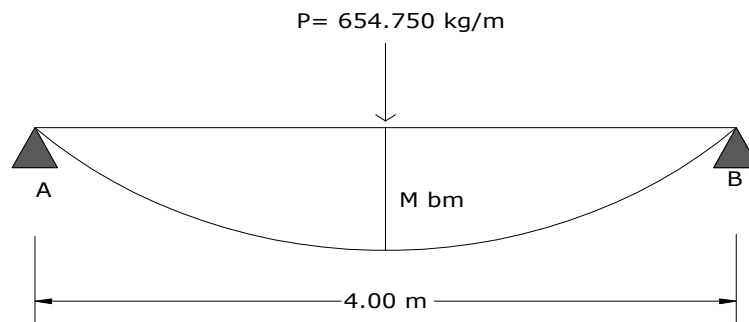
$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{2} \times 2186.760 \times 4 \\ &= 4373.520 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bm} &= \frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 2186.760 \times 4^2 \\ &= 4373.520 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Akibat beban hidup

Momen akibat beban hidup (Faktor beban = 1.80)

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



Gambar 4.9 Momen akibat beban hidup

$$\begin{aligned} R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 654.750 \times 4 \\ &= 982.125 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{1}{2} \times 654.750 \times 4 \\ &= 1309.500 \text{ kg} \end{aligned}$$

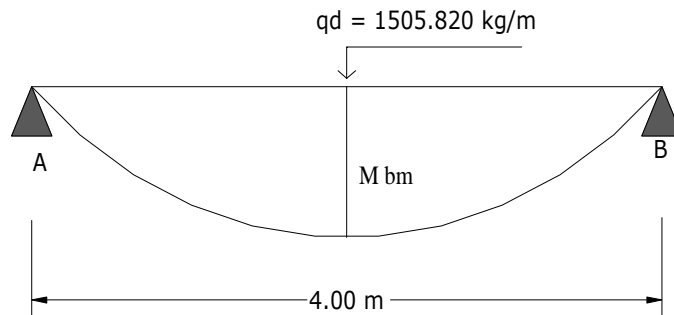
$$\begin{aligned} M_{bh} &= \frac{1}{8} \times qdu \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 654.750 \times 4^2 \\ &= 1309.500 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

2. Gelagar memanjang tipe BB (Tengah)

a. Akibat beban mati

Momen akibat berat sendiri lantai kendaraan, (factor beban beton dicor ditempat = 1,3)

(Sumber : SNI T 02-2005, halaman 10)



Gambar 4.10 Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \times 1505.820 \times 4 \\
 &= 3011.640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

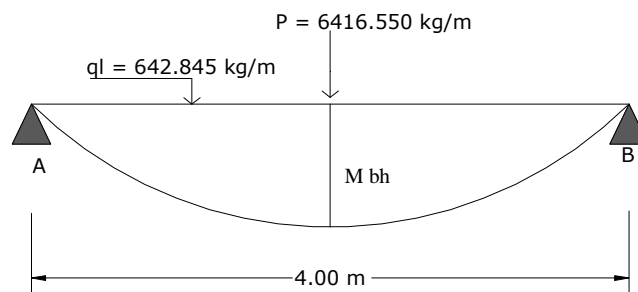
$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{1}{2} \times 1505.820 \times 4 \\
 &= 3011.640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{bm} &= \frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1505.820 \times 4^2 \\
 &= 3011.640 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

b. Akibat beban hidup

Momen akibat beban hidup “D” (Faktor beban = 1.80)

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



Gambar 4.11 Momen akibat beban hidup

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \times ((642.845 \times 4) + 6416.550)$$

$$= 4493.966 \text{ kg}$$

$$V_2 = \frac{1}{2} \times (642.845 \times 4) + 6416.550$$

$$= 4493.966 \text{ kg}$$

$$M_{bh} = \left(\frac{1}{8} \times qdu \times L^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times P \times L\right)$$

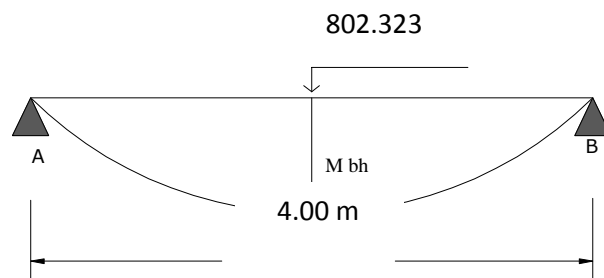
$$= \left(\frac{1}{8} \times 642.845 \times 4 + \left(\frac{1}{4} \times 6416.550 \times 4\right)\right)$$

$$= 7702.241 \text{ kg.m}$$

c. Akibat beban hidup trotoar

q_u = beban hidup yang bekerja pada trotoar

$$= 802.323 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.12 Momen akibat beban hidup trotoar

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 802.323 \times 4.00$$

$$= 1604.647 \text{ kg}$$

$$M_{u3} = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 802.323 \times 4^2$$

$$= 1604.647 \text{ kgm}$$

Momen Total

$$- \text{ Gelagar tepi} = 4373.520 + 1309.500$$

$$= 5683.020 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tengah} &= 3011.640 + 7702.241 \\
 &= 10713.881 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser Total

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tepi} &= 4373.520 + 1309.500 \\
 &= 5683.020 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Gelagar tengah} &= 3011.640 + 4493.966 \\
 &= 7505.606 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Diambil yang terbesar :

$$V_{\text{total}}^u = 7505.606 \text{ kg.m}$$

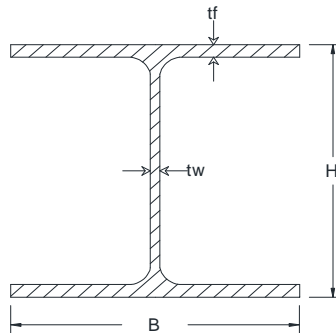
4.2.4 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

1. Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13

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

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



Factor beban untuk baja = 1.10

$$G = 66.03 \text{ kg/m} \quad b = 200 \text{ mm} \quad A = 84.12 \text{ cm}^2$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad I_x = 23700 \text{ cm}^4 \quad tw = 8 \text{ mm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4 \quad tf = 13 \text{ mm} \quad \sigma = 4100 \text{ kg/cm}^3$$

$$rx = 16.79 \text{ cm} \quad Z_x = 1286 \text{ cm}^3 \quad ry = 4.55 \text{ cm}$$

$$Z_y = 266 \text{ cm}^3 \qquad r = 16 \text{ mm}$$

Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS

Momen akibat berat sendiri profil

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 66.03 \times 4^2\right) \\ &= 132.060 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bs \text{ profil}}^u &= 132.060 \times 1.10 \\ &= 145.266 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{- Gelagar tepi} &= 4373.520 + 1039.500 + 145.266 \\ &= 5828.286 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Gelagar tengah} &= 3011.640 + 7702.241 + 145.266 \\ &= 10859.147 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen total (M_{Total}^u) yang diambil adalah momen yang terbesar

$$(M_{Total}^u) = 10859.147 \text{ kgm}$$

2. Desain struktur sebelum komposit

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai

berikut :

$$\phi M_n > M_u$$

$$\text{Dengan : } \phi = 0.90$$

$$M_n = \text{Tahanan momen nominal}$$

Mu = Momen lentur akibat beban terfaktor

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

Penerbit Erlangga hal.85)

$$\begin{aligned}M_{bs \text{ profil}} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2\right) \times 1.10 \\&= \left(\frac{1}{8} \times 66.03 \times 4^2\right) \times 1.10 \\&= 145.266 \text{ kg.m} \\&= 0.145 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{bs \text{ profil}}^u &= 0.145 / 0.90 \\&= 0.161 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

❖ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{2 \cdot t_f} \\&= \frac{200}{2 \times 13} \\&= 7.692 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8.396\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{h}{t_w} \\&= \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \\&= \frac{400 - (2 \times (26 + 13))}{8} \\&= 42.750 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82.969\end{aligned}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$42.750 \leq 82.969 \quad \dots \text{Ok} \dots$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

❖ **Penampang kompak**

$$\begin{aligned} Z_x &= B \cdot t_f \cdot (h - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot 2 \\ &= 200 \times 13 \times (400 - 13) + \frac{1}{4} \times 8 \times (400 - 2 \times 13) \times 2 \\ &= 1007696.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 1007696 \times 410 \\ &= 413155360 \text{ N/mm} \\ &= 41.316 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

Kontrol

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = 41.316 \geq 0.161 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

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

❖ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$Bo = 1.50 \text{ m} = 150 \text{ cm (jarak antara gelagar memanjang)}$$

$$bE \leq \frac{L}{4}$$

$$= \frac{400}{4}$$

$$= 100 \text{ cm}$$

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

$$b_E \leq b_f + 16.t_s$$

$$= 15 + (16 \times 25)$$

$$= 415 \text{ cm}$$

Diambil nilai b_E yang terkecil = 100 cm, maka b_E ditransformasikan menjadi

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

Elastisitas :

$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E_{\text{baja}} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

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

$$= \frac{210000}{27805.575}$$

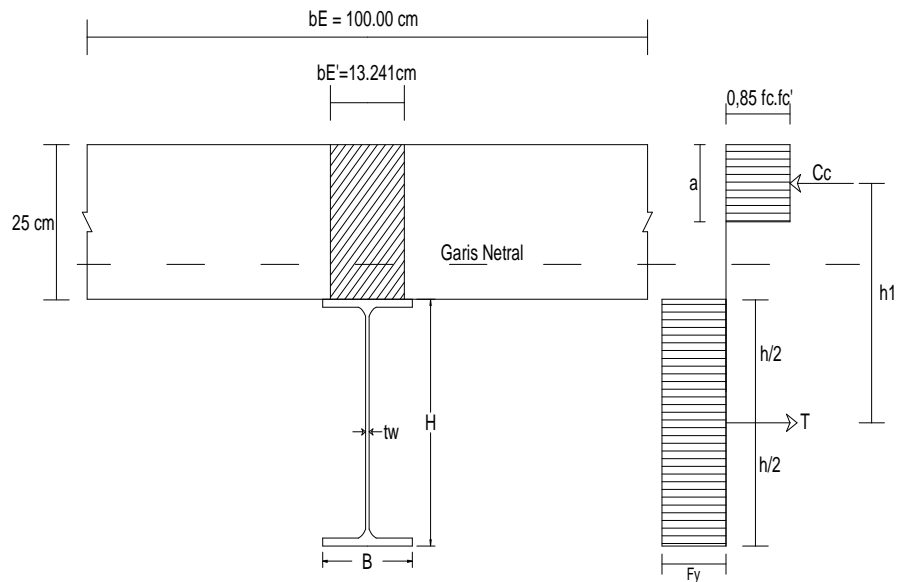
$$= 7.552$$

$$b_E = \frac{100}{7.552}$$

$$= 13.241 \text{ cm}$$

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

❖ **Kontrol kekuatan penampang**



Gambar 4.13 Diagram penampang plastis

Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 13.241 x 25 = 331.019	$\frac{25}{2} = 12.50$	4137.734
2	Baja = 84.120	$\frac{40}{2} + 25 = 45$	3785.400
	$\Sigma A = 415.139$		$\Sigma A.Y = 7923.134$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A}$$

$$= \frac{7923.134}{415.134}$$

$$= 19.086 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 40 - 19.086$$

$$= 45.914 \text{ cm}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io+Ad ² (cm ⁴)
1	331.019	$\frac{25}{2} \cdot 12.50$	$\frac{1}{12} \times 13.241 \times 25^3$ = 17240.560	19.086-12.5 = 6.586	31596.489
2	84.120	$\frac{40}{2} + 25$ = 45	23700.00	45.194- (40/2) = 25.914	80191.698
$\Sigma A =$	415.139			$\Sigma I_x =$	111788.187

Karena $Y_a = 19.086 \text{ cm} <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E}$$

$$a = \frac{841.200 \times 410}{0.85 \times 35 \times 100}$$

$$= 115.930 \text{ mm}$$

Tebal plat beton 250 mm $>$ a = 115.930 mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\ &= 0.85 \times 35 \times 115.930 \times 1250 \\ &= 4311150.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 8412.000 \times 410 \\ &= 3448920.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times h_1 \\ &= 3448920.000 \times (0.5 \times 400 + 250 - 0.5 \times 115.930) \\ &= 1552013942.035 \text{ Nmm} \\ &= 155201.394 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Agus Setiawan. "Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD". Halaman : 293

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned} M_n \cdot \phi_b &= 155201.394 \times 0.85 \\ &= 139681.255 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_{\text{total}}^u$$

$$139681.255 \text{ kg.m} \geq 11020.554 \text{ kg.m} \quad \text{.....Ok.....}$$

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

Penerbit Erlangga hal.291)

❖ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 7505.606 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned} V_y &= 0.55 d.t.w.f_y \\ &= 0.55 \times 374 \times 0.8 \times 4100 \\ &= 72160 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_y \geq V_{total}^u$$

$$674696.000 \text{ kg} \geq 7505.606 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots\text{Ok}\dots\dots\dots$$

❖ **Kontrol Lendutan**

$$L = 4.00 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid II, 1992 : Hal 393)

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\ &= \frac{1}{360} \times 400 \\ &= 1.111 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} f_{ada} &= \frac{5 \cdot (q^u) \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P^u \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I \cdot I_x} \\ &= \frac{5 \cdot (21.86+15.060+12.98) \cdot 400^4}{384 \cdot (2.1 \times 10^6) \cdot 111788.187} + \frac{6416.550 \cdot 400^3}{48 \cdot (2.1 \times 10^6) \cdot 111788.187} \end{aligned}$$

$$= 0.110 \text{ cm}$$

Kontrol

$$f_{ijin} \geq f_{ada} = 1.111 \geq 0.110 \dots \text{Ok} \dots$$

4.2.5 Perencanaan *shear conector*

Balok induk Memanjang

Digunakan konector geser berkepala (stud diameter 19.05 mm dengan tinggi 100 mm) yang dilaskan pada flens.

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times 19.05^2$$

$$= 284.880 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E \text{ baja} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c}$$

$$= 0.5 \times 284.880 \times \sqrt{35 \times 27805.575}$$

$$= 140517.990 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$C_{max} = 0.85 \cdot f_c' \times bE \times t_s$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ ''=1.905 cm dengan tinggi stud 15 cm)

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 0.85 \times 35 \times 1250 \times 13.241 \\ &= 492390.390 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_h = C_{\max} = 492390.390 \text{ N}$$

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

$$\begin{aligned} &= A_s \cdot F_y \\ &= 8412 \times 410 \\ &= 3448920.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$C_{\max} = 492390.390 \text{ N} \geq T_{\max} = 3448920.000 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 492390.390 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$\begin{aligned} N &= \frac{T_{\max}}{Q_n} \\ &= \frac{492390.390}{140517.990} \\ &= 3.504 \approx 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

(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

$$S_{\min} = 6 \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 6 \times 19.05 \\
 &= 114.300 \text{ mm} \\
 &= 11.430 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 8 \times t \text{ (plat beton)} \\
 &= 8 \times 250 \text{ mm} \\
 &= 2000 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan jarak stud = 12.00 cm

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

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

$$\begin{aligned}
 4 \times d &= 4 \times 19.05 \\
 &= 76.2 \text{ mm} \\
 &= 7.62 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

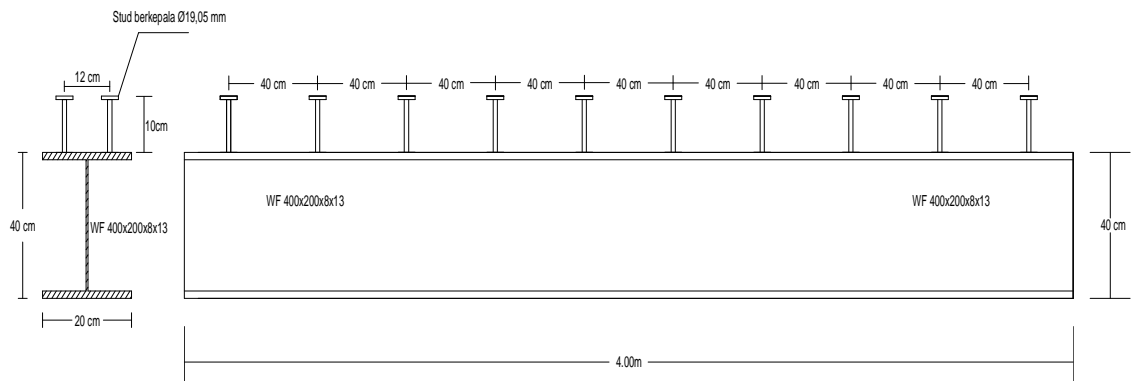
digunakan jarak 12 cm

Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama

= 5 stud.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar stud} &= \frac{200}{5} \\
 &= 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



4.2.6 Perhitungan Gelagar Melintang

➤ Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

$$q \text{ Trotoar} = 1970.928 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ Plat lantai} = 1034.928 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jarak Gelagar Melintang} = 4 \text{ m}$$

a. Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= (\text{Perataan beban tipe D} \times 2) \times (q \text{ trotoar}) \\ &= (0.500 \times 2) \times (1970.928) \\ &= 1969.176 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Akibat Berat lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= (\text{perataan tipe C} \times 2) \times (q \text{ plat lantai}) \\ &= (0.500 \times 2) \times (1034,928) \\ &= 1034.008 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

c. Akibat Beban Profil Memanjang (WF 400 x 200 x 8 x 13)

$$\text{Factor beban untuk baja} = 1.10$$

$$W = 66.03 \text{ kg/m}$$

$$P_1^u = W \times L \times \text{Faktor beban}$$

$$= 66.03 \times 4 \times 1.10$$

$$= 290.532 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

a. 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*)

b. Muatan Tersebar Merata (BTR)

$$\text{Faktor beban} = 1.80$$

$$\text{Dimana : } L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$q = 9.00 \times \left(0.50 + \frac{15}{L} \right) \text{ kpa}$$

$$= 9.00 \times \left(0.50 + \frac{15}{60} \right) \text{ kpa}$$

$$= 6.755 \text{ kpa}$$

$$= 675.00 \text{ kg/m}^2$$

$$q_3 = \frac{675}{2.75} \times (2 \times 0.50)$$

$$= 245.455 \text{ kg/m}$$

$$q_3^u = (245.236 \times 1.80) \times 100\%$$

$$= 441.418 \text{ kg/m}$$

$$q_4^u = (245.236 \times 1.80) \times 100\%$$

$$= 441.818 \text{ kg/m}$$

$$q_4^u = (245.236 \times 1.80) \times 50\%$$

$$= 220.909 \text{ kg/m}$$

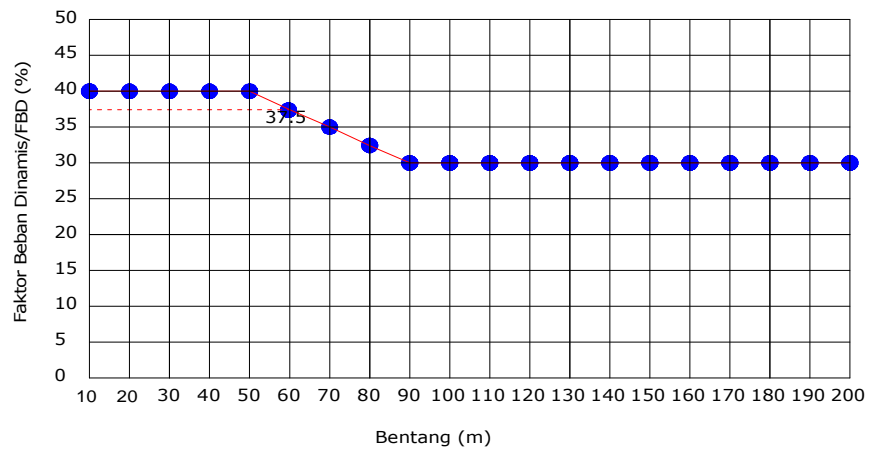
c. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1.80

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan faktor beban dinamis.

$$\text{FBD} = (0.525 - 0.0025 \times 60)$$

$$= 0.375$$



Gambar 4.14 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk

pembebanan lajur "D" (Sumber : SNI T 02-2005, halaman 25)

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

$$= 1 + 0.375$$

$$= 1.375$$

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

$$= 4900 \text{ kg/m'}$$

$$P_u = 4900 \times 1.80$$

$$= 8820.00 \text{ kg/m'}$$

$$Pu^4 = \frac{8820}{2.75} \times (1.375 + 100\%)$$

$$= 4410.00 \text{ kg/m'}$$

$$Pu^5 = \frac{8820}{2.75} \times (1.375 + 50\%)$$

$$= 2205.00 \text{ kg/m'}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q5^{100\%} = (441.425 + 4410.00)$$

$$= 4851.425 \text{ kg/m'}$$

$$q6^{50\%} = (220.909 + 2205)$$

$$= 2425.713 \text{ kg/m'}$$

3. Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar

Faktor beban = 1.80

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

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

$$q7^u = 500 \times L \times 1.80$$

$$= 500 \times 4 \times 1.80$$

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

4. Akibat Beban “T” (Beban Gandar)

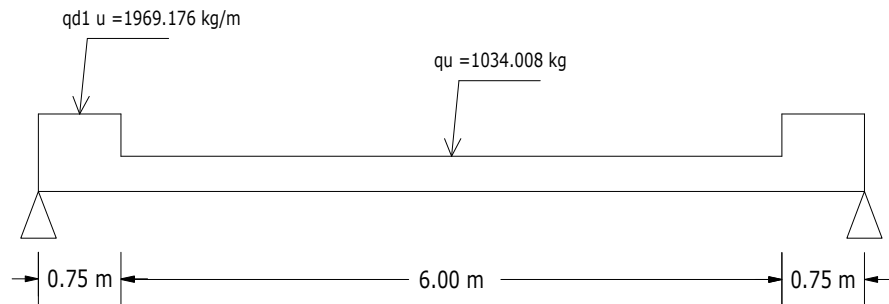
Faktor beban = 1.80

$$P6^u = 11250 \times 1.80$$

$$= 20250 \text{ kg}$$

➤ **Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang**

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



$$R_A = (q_1 \times 0.75) + (q_2 \times 3)$$

$$= (1969.176 \times 0.75) + (1034.008 \times 3)$$

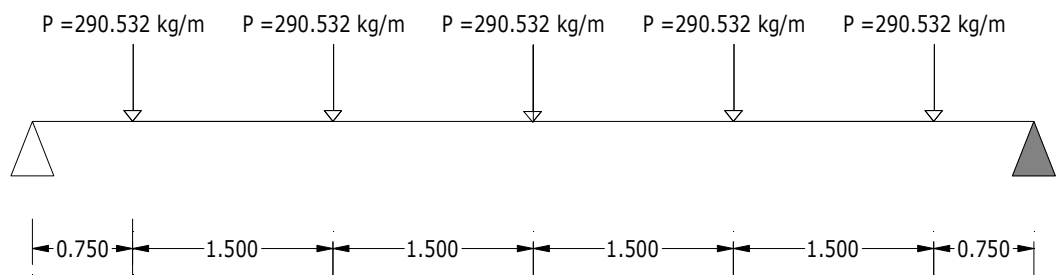
$$= 4578.906 \text{ kg}$$

$$M_1 = (R_A \times 3.75) - (q_1 \times 0.5 \times 3.375) - (q_2 \times 3 \times 1.5)$$

$$= (4578.906 \times 3.75) - (1969.176 \times 0.5 \times 3.375) - (1034.008 \times 3 \times 1.5)$$

$$= 7533.385 \text{ kg.m}$$

❖ **Akibat berat Gelagar Memanjang**



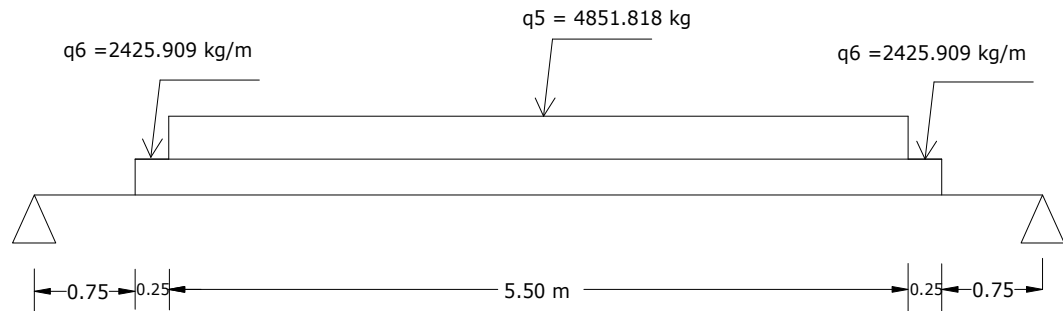
$$R_A = \frac{P_1 \times 4}{2}$$

$$= \frac{290.532 \times 4}{2}$$

$$= 581.064 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M2 &= (RA \times 3.75) - (P1 \times 3) - (P1 \times 1.50) \\
 &= (726.330 \times 3.75) - (290.532 \times 3) - (290.532 \times 1.50) \\
 &= 1416.344 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

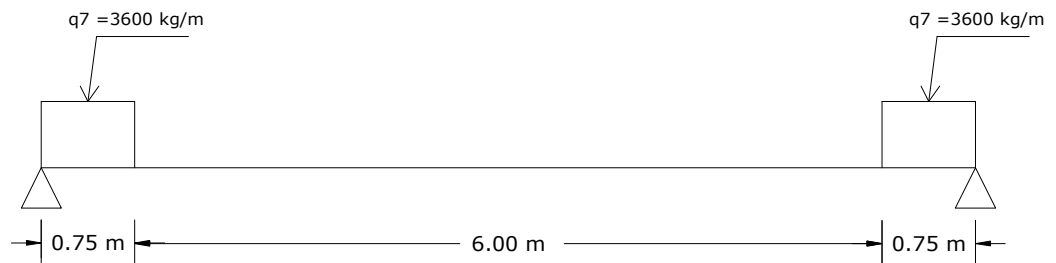
❖ **Akibat beban lajur “D”**



$$\begin{aligned}
 RA &= (q6 \times 0.25) + (q5 \times 2.75) \\
 &= (2425.909 \times 0.25) + (4851.818 \times 2.75) \\
 &= 13948.977 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M3 &= (RA \times 3.75) - (q6 \times 0.25 \times 2.875) - (q5 \times 2.75 \times 1.375) \\
 &= (13948.977 \times 3.75) - (2425.909 \times 0.25 \times 2.875) - \\
 &\quad (4851.818 \times 2.75 \times 1.375) \\
 &= 32219.105 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

❖ **Akibat muatan Hidup Trotoar**



$$\begin{aligned}
 RA &= 3600 \times 0.75 \\
 &= 2700.000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_4 &= (RA \times 3.75) - (q_7 \times 0.75 \times 3.375) \\
 &= (2700.000 \times 3.75) - (3600 \times 0.75 \times 3.375) \\
 &= 1012.500 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max}^u &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \\
 &= 7533.385 + 1416.344 + 32219.105 + 1012.500 \\
 &= 42181.330 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}}^u &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\
 &= 4578.906 + 581.064 + 13948.977 + 2700.000 \\
 &= 21808.948 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

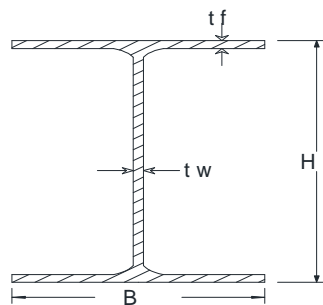
4.2.7 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

❖ Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 800 x 300 x 14 x 26

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

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



Factor beban untuk baja = 1.10

$$G = 209.91 \text{ kg/m} \quad b = 300 \text{ mm} \quad A = 267.40 \text{ cm}^2$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad I_x = 292000 \text{ cm}^4 \quad t_w = 13 \text{ mm}$$

$$I_y = 11700 \text{ cm}^4 \quad t_f = 24 \text{ mm} \quad Z_x = 7290 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \qquad Z_y \qquad = 782 \text{ cm}^3$$

Tabel profil baja WF berdasarkan metode LRFD dan SNI 03 – 1729 – 2002, Penerbit : ITS

❖ **Desain struktur sebelum komposit**

Tahanan balok dalam desain LRFD harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$\phi M_n > M_u$$

$$\text{Dengan : } \phi = 0.90$$

M_n = Tahanan momen nominal

M_u = Momen lentur akibat beban terfaktor

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

$$\begin{aligned} M_{bs}^{\text{profil}} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 209.910 \times 7.50^2 \\ &= 1475.930 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{bs}^u \text{ profil} &= 1475.930 \times 1.10 \\ &= 1623.523 \text{ kg.m} \\ &= 1.624 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u / \phi &= 1.624 / 0.90 \\ &= 1.804 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

❖ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{2 \cdot t_f} \\ &= \frac{300}{2 \times 26} \\ &= 5.769 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8.396\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{h}{t_w} \\ &= \frac{H - 2(r + t_f)}{t_w} \\ &= \frac{800 - (2 \times (28 + 26))}{14} \\ &= 49.714 \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82.969\end{aligned}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$49.714 \leq 82.969 \quad \dots\dots\text{Ok}\dots\dots$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

Penerbit Erlangga hal.85)

❖ **Penampang kompak**

$$\begin{aligned}Z_x &= B \cdot t_f \cdot (h - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) \cdot 2 \\ &= 300 \times 26 \cdot (800 - 26) + \frac{1}{4} \times 8 \times (800 - 2 \times 26) \times 2 \\ &= 6042436.000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 6042436.000 \times 410 \\
&= 2477398760.000 \text{ N/mm} \\
&= 247.740 \text{ ton/m}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = 247.740 \geq 1.804 \dots\dots\dots\text{Ok} \dots\dots\dots$$

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

❖ **Desain balok sesudah komposit**

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

$$L = 7.50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

$$Bo = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm (jarak antara gelagar melintang)}$$

$$\begin{aligned}
bE &\leq \frac{L}{4} = \frac{750}{4} \\
&= 187.500 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$bE \leq bo = 400 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
bE &\leq bf + 16.ts = 28 + 16 \times 25 \\
&= 428 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Diambil nilai bE yang terkecil = 187.500 cm, maka bE ditransformasikan menjadi :

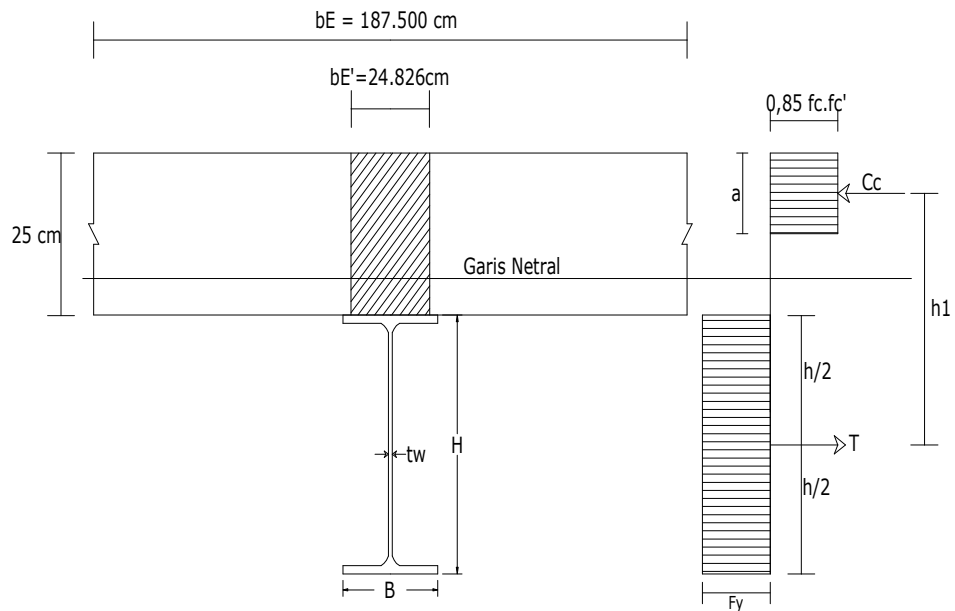
$$bE = \frac{bE}{n}$$

Elastisitas :

$$E_{beton} = 4700\sqrt{f_c}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4700\sqrt{35} \\
 &= 27805.575 \text{ M.Pa} \\
 E \text{ baja} &= 2100000 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 210000 \text{ M.Pa} \\
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= \frac{210000}{27805.575} \\
 &= 7.552 \\
 bE &= \frac{187.500}{7.552} \\
 &= 24.826 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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



Gambar 4.15 Diagram Penampang Plastis

Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 24,826 x 25 = 620.660	$\frac{25}{2} = 12.50$	7758.252
2	Baja = 267.400	$\frac{80}{2} + 25 = 65$	17381.000
	$\Sigma A = 888.060$		$\Sigma A.Y = 25139.252$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\Sigma A.Y}{\Sigma A}$$

$$= \frac{25139.252}{888.060}$$

$$= 28.308 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a$$

$$= 25 + 80 - 28.308$$

$$= 76.692 \text{ cm}$$

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
1	620.660	12.50	$\frac{1}{12} \times 24.826 \times 25^3$ = 32326.050	28.308-12.50 = 15.808	187425.589
2	267.400	60	201000	76,692-(80/2) = 36.692	561001.386
	$\Sigma A = 888.060$				$\Sigma I_x = 748426.975$

Karena $Y_a = 28,308 \text{ cm} < \text{tebal plat beton}$ maka garis netral terletak pada plat beton.

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

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot bE} \\ &= \frac{2674 \times 410}{0.85 \times 35 \times 187.500} \\ &= 196.543 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal plat beton $250 \text{ mm} > a = 196.543 \text{ mm}$, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $A_s \cdot f_s$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE \\ &= 0.85 \times 35 \times 196.543 \times 1875 \\ &= 10963400.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 26740.000 \times 410 \\ &= 10963400.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \times h_l \\ &= 10963400 \times \left(\frac{1}{2} \times 800 + 250 \right) - \left(\frac{1}{2} \times 196.543 \right) \\ &= 7126209901.729 \text{ Nmm} \\ &= 712620.990 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned} \text{Øb. } M_n &= 0.85 \times 712620.990 \\ &= 605727.842 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\text{Øb. } M_n \geq M_{\text{total}}^u$$

$$605727.842 \text{ kg.m} \geq 136811.586 \text{ kg.m} \dots\dots\text{OK}\dots\dots$$

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

❖ Kontrol terhadap kapasitas geser

Gaya geser rencana :

$$V_{\text{total}}^u = 21808.948 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned} V_y &= 0.55 d.t_w.f_y \\ &= 0.55 \times 774 \times 1.3. \times 4100 \\ &= 2268981.000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_y \geq V_{\text{total}}^u$$

$$2268981.000 \text{ kg} \geq 21808.948 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK} \dots\dots\dots$$

❖ **Kontrol Lendutan**

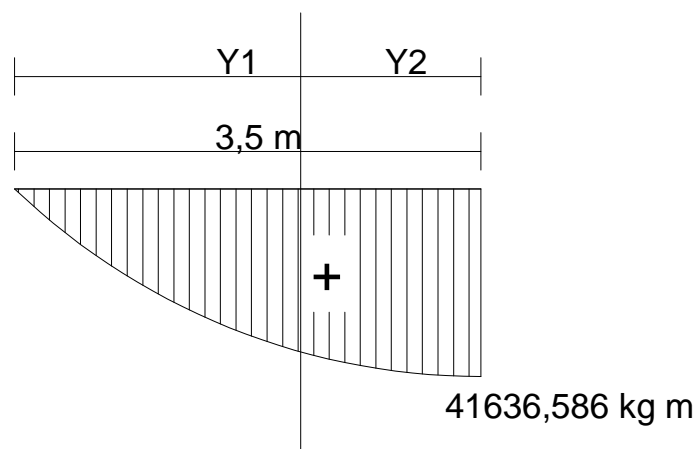
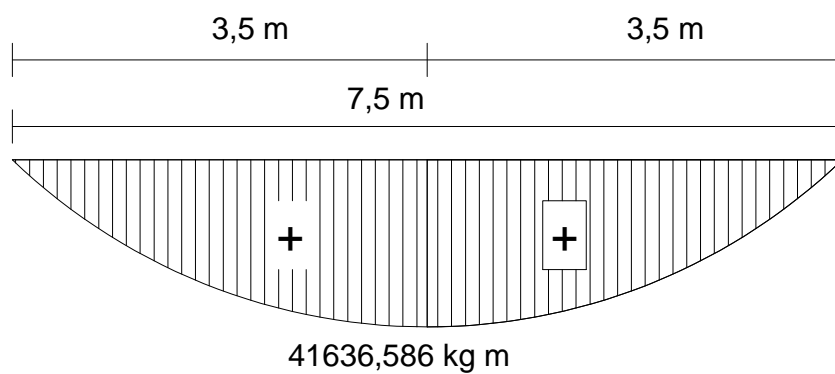
$$L = 7.50 \text{ m} = 750 \text{ cm}$$

(Sumber : CG. Salmon, JE. Jhonson. *Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid II, 1992 : 393*)

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{1}{360} \cdot L \\ &= \frac{1}{360} \times 750 \\ &= 2.083 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi adalah :

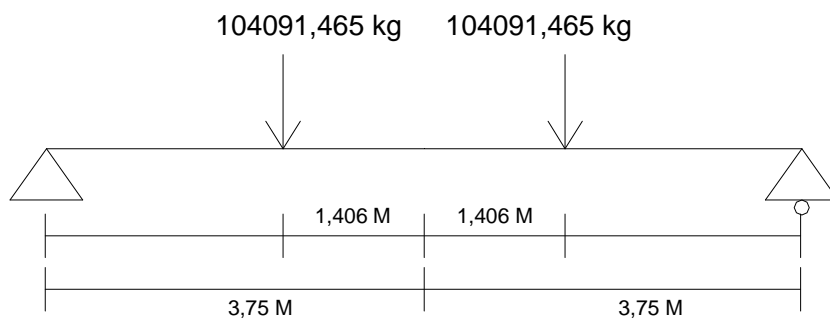
Dihitung menggunakan momen area



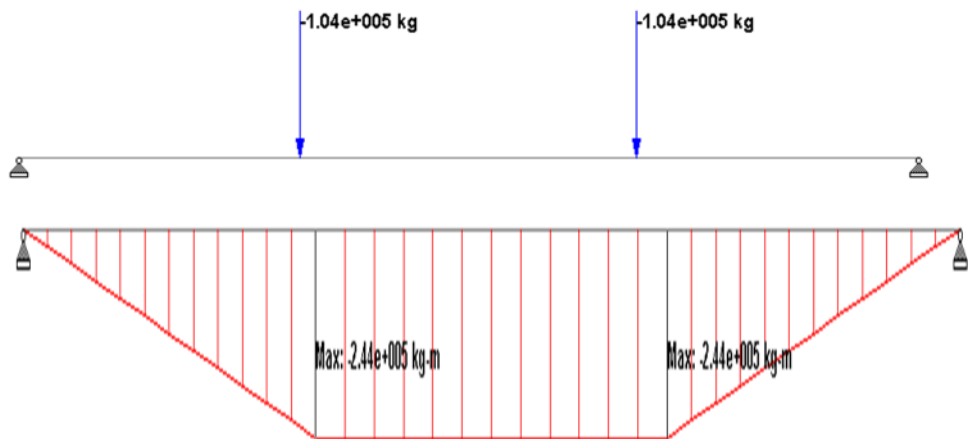
$$\begin{aligned}
 X1 &= X2 = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H \\
 &= \frac{2}{3} \times 3.75 \times 41636.586 \\
 &= 104091.465 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y1 &= \frac{5}{8} \cdot H \\
 &= \frac{5}{8} \times 3.75 \\
 &= 2.344 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y2 &= 3.75 - 2.344 \\
 &= 1.406 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Menghitung dengan program bantu staad pro untuk menghitung momen maksimum



$$E = E_s \times \left(\frac{A_s}{A_s + A_c} \right) + E_c \times \left(\frac{A_c}{A_c + A_s} \right) / 2$$

$$E = 210000 \times \left(\frac{267.400}{267.400 + 620.660} \right) + 27805.575 \times \left(\frac{620.660}{620.660 + 267.400} \right) / 2$$

$$E = 41332.685$$

$$\delta = \frac{M}{EI}$$

$$= \frac{244000 \times 10^4}{41332.685 \times 480248.653}$$

$$= 0.130 \text{ cm}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} \geq f_{ada}$$

$$2.083 \geq 0.130 \dots\dots\dots\text{ok}$$

4.2.8 Perencanaan *shear conector*

Balok induk Memanjang

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

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times 19.05^2$$

$$= 284.878 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

$$E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805.575 \text{ M.Pa}$$

$$E \text{ baja} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 210000 \text{ M.Pa}$$

$$Q_n = 0.5 \cdot A_{sc} \times \sqrt{f'c \times E_c}$$

$$= 0.5 \times 284.880 \times \sqrt{27805.575}$$

$$= 140517.990 \text{ N}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$C_{\max} = 0.85 \cdot f'c \times bE \times t_s$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud $\frac{3}{4}$ " = 1.905 cm dengan tinggi stud 15 cm)

$$V_h = 0.85 \times 35 \times 1875 \times 24.826$$

$$= 1384847.973 \text{ N}$$

$$V_h = C_{\max} = 1384847.973 \text{ N}$$

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

$$= A_s \cdot F_y$$

$$= 26740 \times 410$$

$$= 10963400.000 \text{ N}$$

$C_{\max} = 1384847.973 \text{ N} > T_{\max} = 10963400.000 \text{ N}$, maka sumbu netral berada dalam plat beton sehingga gaya geser yang didalam beton yang dipikul oleh konektor geser adalah 1384847.973 N.

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar melintang adalah :

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{T_{max}}{Q_n} \\
 &= \frac{1384847.973}{140517.990} \\
 &= 9.855 \approx 10 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

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

Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar melintang adalah :

- Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuh

$$\begin{aligned}
 S_{min} &= 6 \times d \\
 &= 6 \times 19.05 \\
 &= 114.3 \text{ mm} \\
 &= 11.43 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Jarak maximum longitudinal :

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= 8 \times t \text{ (plat beton)} \\
 &= 8 \times 250 \\
 &= 2000 \text{ mm} \\
 &= 200 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Digunakan jarak stud = 12.00 cm

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

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

$$\begin{aligned}
 4 \times d &= 4 \times 19.05 \\
 &= 76.200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 7.620 \text{ cm}$$

digunakan jarak 12 cm

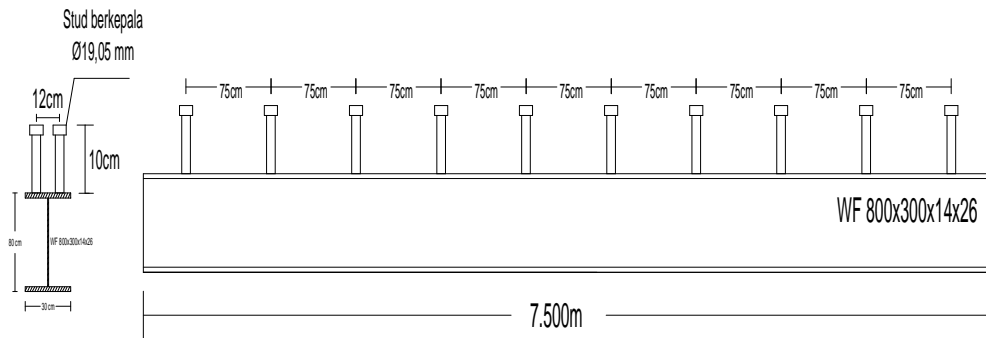
Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama

= 5 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{375}{5}$$

$$= 75 \text{ cm}$$



4.3 Perencanaan Gelagar Induk

A. Beban mati

- Berat sendiri gelagar induk didalam menghitung berat sendiri gelagar induk penyusun tidak menggunakan rumus pendekatan, tetapi menggunakan bantuan komputer untuk menghitung berat sendiri (STAAD PRO 2004 → self weight).
- Berat lantai kendaraan, (faktor beban = 1.30), karena suda menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1.30 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$G_2 = (q^u \times b \times L)$$

$$b = \text{lebar lantai kendaraan}$$

$$= 1034.928 \times 6 \times 60$$

$$= 372574.080 \text{ kg}$$

- Berat lantai Trotoar, (faktor beban = 1.30), karena sudah menggunakan beban ultimit, maka pengalihan factor beban 1.30 tidak digunakan lagi, karena suda dikalikan sebelumnya.

$$G_3 = (q^u \times (2 \times b) \times L)$$

$$b = \text{lebar Trotoar}$$

$$= (1969.176 \times (2 \times 0.75) \times 60)$$

$$= 177225.846 \text{ kg}$$

- Berat sendiri pipa sandaran

Dipasang pipa Ø 73.30 mm ; ($q_u = 5.08 \text{ kg/m}$),

(faktor beban = 1.10)

$$G_4 = (q_u \times n \times L \times 1.10)$$

$$n = \text{jumlah pipa sandaran}$$

$$= (5.08 \times 2 (2 \text{ bh pipa}) \times 60 \times 1.10) \times 2 (\text{pipa kiri dan kanan})$$

$$= 1341.120 \text{ kg}$$

Jadi berat total beban mati yang bekerja :

$$G^u_{\text{total}} = G_2 + G_3 + G_4$$

$$= 372574.080 + 177225.846 + 1341.120$$

$$= 551141.046 \text{ kg}$$

Beban mati yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

$$G = \frac{G_{\text{total}}}{2}$$

$$= \frac{551141.046}{2}$$

$$= 275570.523 \text{ kg (2 adalah jumlah gelagar Induk)}$$

Beban mati, yang diterima tiap titik buhul :

$$P_1 = \frac{G}{15}$$

$$= \frac{275570.523}{15}$$

$$= 18371.368 \text{ kg}$$

(setengah dari sisi ujung kiri dan kanan jadi 1 ditambah

dengan simpul pada bagian tengah jadi $\frac{1}{2}+14+\frac{1}{2}$)

Beban mati yang diterima tiap titik buhul tepi :

$$P_2 = \frac{P_1}{2}$$

$$= \frac{18371.368}{2}$$

$$= 9185.684 \text{ kg}$$

2. Beban hidup (Faktor beban = 1.8)

Beban lajur "D"

1. Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1,8

$$L = 60 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) = 6,75 \text{ kpa}$$

$$= 675 \text{ kg/m}$$

Maka :

$$q = 675$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 100 \%} \rightarrow q &= \frac{675}{2,75} \times 5,5 \times 100\% \\ &= 1350.000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban 50 \%} \rightarrow q &= \frac{675}{2,75} \times 2 \times 0,25 \times 50\% \\ &= 122.727 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{Q_i^u}{\sum \text{titik buhul}} \times L \\ &= \frac{(1350 + 122.727)}{2} \times 60 \\ &= 44181.818 \text{ kg (karena beban lajur bekerja secara} \\ &\quad \text{keseluruhan)} \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_t}{15} \\ &= \frac{44181.818}{15} \\ &= 2945.455 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

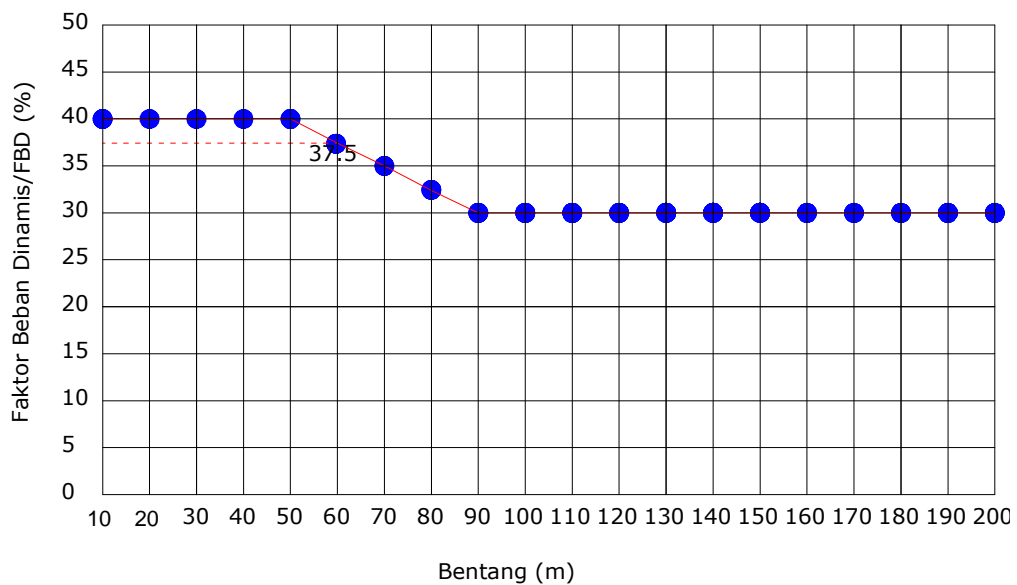
$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_t}{2} \\ &= \frac{2945.455}{2} \\ &= 1472.727 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Muatan Beban Garis (BGT)

Faktor beban = 1.80

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\begin{aligned} \text{FBD} &= (0.525 - 0.0025 \times 60) \\ &= 0.375 \end{aligned}$$



Gambar 4.16 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.

$$\begin{aligned} K &= 1 + \text{FBD} \\ &= 1 + 0.375 \\ &= 1.375 \end{aligned}$$

Beban Garis :

$$\begin{aligned} P &= 49 \text{ KN/m} \\ &= 4900 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$P1^u = \frac{4900}{2.75} \times 5.50 \times 1.375 \times 100\%$$

$$= 13475.000 \text{ kg/m'}$$

$$P2^u = \frac{4900}{2.75} \times 2 \times 0.25 \times 1.375 \times 50\%$$

$$= 612.500 \text{ kg/m}$$

Beban hidup yang diterima Gelagar Induk :

$$P_t = \frac{P_{tot}^u}{\sum \text{titik buhul}} \times L$$

$$= \frac{13475.000 + 612.500}{2}$$

$$= 7043.750 \text{ kg}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P = \frac{P_t}{15}$$

$$= \frac{7043.750}{15}$$

$$= 469.583 \text{ kg}$$

Beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tepi :

$$P = \frac{P}{2}$$

$$= \frac{469.583}{2}$$

$$= 234.792 \text{ kg}$$

Beban terpusat total akibat beban hidup yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_{\text{tengah}} = 2945.455 + 469.583$$

$$= 3415.038 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tepi}} = \frac{3415.038}{2}$$

$$= 1707.519 \text{ kg}$$

3. Beban hidup trotoar

Berdasarkan SNI T 02-2005, halaman : 27, beban hidup trotoir diambil sebesar : 5 kPa = 500 kg/m² dengan lebar lantai trotoar = 0.75 meter.

$$P = 500 \times 0.75 \times 60 \times 2$$

$$P = 45000 \text{ kg}$$

Beban hidup trotoar yang dipikul oleh tiap gelagar induk :

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

$$= \frac{45000}{2}$$

$$= 22500 \text{ kg (2 adalah jumlah gelagar Induk)}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tengah :

$$P_{\text{tengah}} = \frac{P}{15}$$

$$= \frac{22500}{15}$$

$$= 1500.000 \text{ kg}$$

Beban hidup trotoar yang bekerja tiap titik buhul tepi :

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

$$= \frac{1500}{2}$$

$$= 750.000 \text{ kg}$$

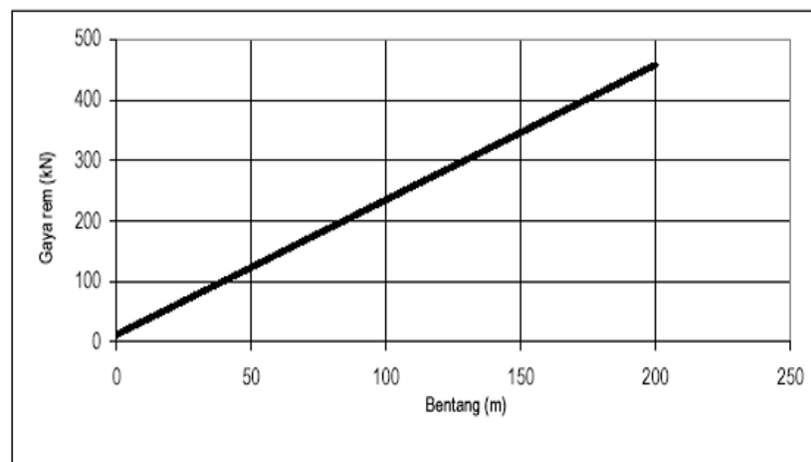
4. Gaya rem

(Faktor beban = 1.80)

Panjang jembatan = 60 meter

Berdasarkan gambar 3.17 untuk jembatan dengan bentang L = 60 m, maka

gaya rem sebesar = 140 kN = 14000 kg



Gambar 4.17 Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)

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

– Gaya rem yang dipikul tiap gelagar induk :

$$P_R = \frac{P}{2}$$

$$= \left(\frac{14000}{2} \right)$$

$$= 7000 \text{ kg}$$

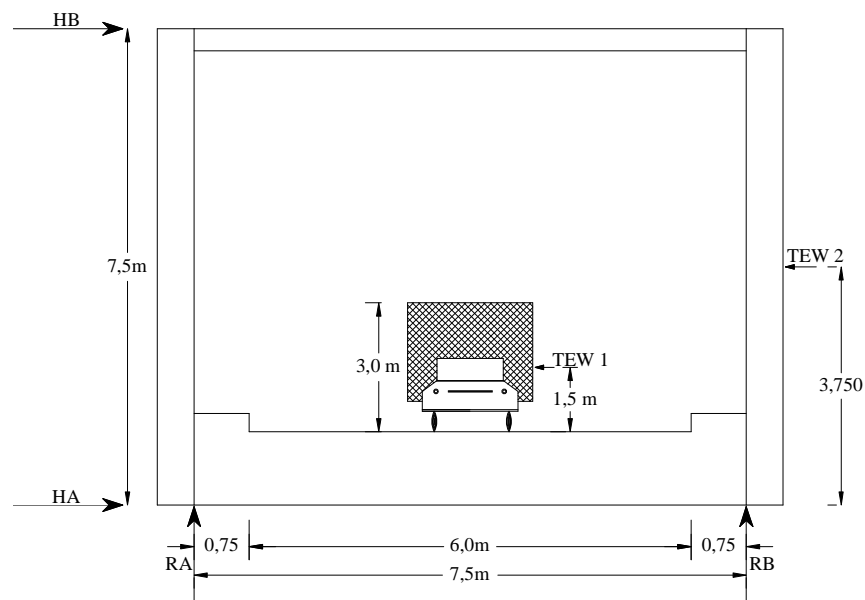
- Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tengah :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{PR}{15} \\
 &= \frac{7000}{15} \\
 &= 466.667 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya rem yang dipikul tiap titik buhul tepi :

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{P_1}{2} \\
 &= \frac{466.667}{2} \\
 &= 233.333 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5. Beban Angin



- Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas; Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas

jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus:

$$T_{EW1} = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \times A_b$$

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

$$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

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

C_w = Koefisien seret (untuk bangunan atas rangka $C_w = 1.20$)

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

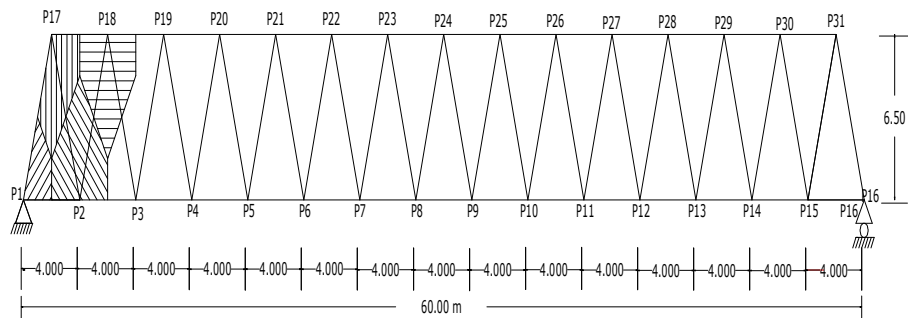
Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan.

Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Beban angina jembatan tergantung pada kecepatan angina rencana :

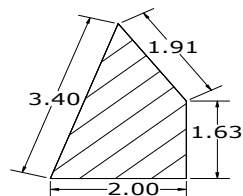
Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Luas beban tekanan angin :



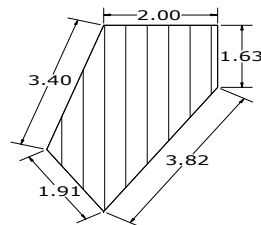
Gambar 4.18 Luas beban yang terkena angin

Gaya yang terjadi pada titik :



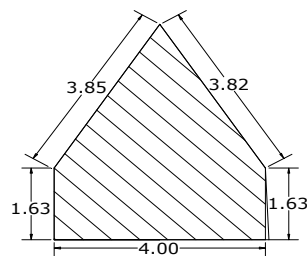
$P_1 = P_{16} = \text{Luas Daerah A}$

$$P_1 = P_{16} = \text{Luas daerah A} = 4.060 \text{ kg}$$



$P_{17} = P_{31} = \text{Luas Daerah B}$

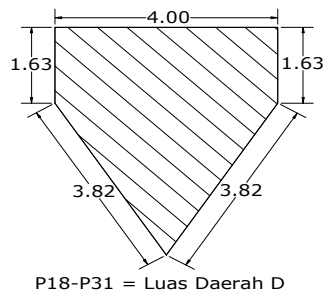
$$P_{17} = P_{31} = \text{Luas daerah B} = 8.940 \text{ kg}$$



$P_2 - P_{15} = \text{Luas Daerah C}$

$$P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = P_{11} = P_{12} = P_{13} = P_{14} =$$

$$P_{15} = \text{Luas daerah C} = 13.050 \text{ kg}$$



Luasan daerah D

P8=P19=P20=P21=P22=P23=P24=P25=P26=P27=P28=P29=P30=P31=

Luas daerah D = 13.050 kg

Table 3.1 Luas bidang yang terkena angin :

Area	Luas (m ²)	Area	Luas (m ²)	Area	Luas (m ²)
P1	4.060	P12	13.050	P23	13.050
P2	13.050	P13	13.050	P24	13.050
P3	13.050	P14	13.050	P25	13.050
P4	13.050	P15	13.050	P26	13.050
P5	13.050	P16	4.060	P27	13.050
P6	13.050	P17	8.940	P28	13.050
P7	13.050	P18	13.050	P29	13.050
P8	13.050	P19	13.050	P30	13.050
P9	13.050	P20	13.050	P31	8.940
P10	13.050	P21	13.050		
P11	13.050	P22	13.050		

Total luas bidang yang terkena angina adalah 378.350 m² (Ab)

- $$T_{EW1} = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$= 0.0012 \times 1.20 \times (30)^2 \times 378.350 \times 30\%$$

$$= 147.102 \text{ kN}$$

$$= 14710.248 \text{ kg (1 kN = 100 kg)}$$
- $$T_{ew2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \times 30\%$$

$$= 0.0006 \times 1.20 \times (30)^2 \times 378.350 \times 30\%$$

$$= 73.551 \text{ kN}$$

$$= 7355.124 \text{ kg (1 kN = 100 kg)}$$

Beban angin yang diterima gelagar induk adalah :

Table 3.2 Beban angin yang diterima

<i>AREA</i>	<i>Ab (M²)</i>	<i>CW</i>	<i>VW²</i> <i>30m/s</i>	<i>Tew = 0,0006 . Cw .</i> <i>(Vw²) . Ab . 30%</i> <i>(kg)</i>
<i>P1</i>	4.060	1.20	900	78.926
<i>P2</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P3</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P4</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P5</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P6</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P7</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P8</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P9</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P10</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P11</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P12</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P13</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P14</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P15</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P16</i>	4.060	1.20	900	78.926
<i>P17</i>	8.940	1.20	900	173.794
<i>P18</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P19</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P20</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P21</i>	13.050	1.20	900	253.692
<i>P22</i>	13.050	1.20	900	253.692

P23	13.050	1.20	900	253.692
P24	13.050	1.20	900	253.692
P25	13.050	1.20	900	253.692
P26	13.050	1.20	900	253.692
P27	13.050	1.20	900	253.692
P28	13.050	1.20	900	253.692
P29	13.050	1.20	900	253.692
P30	13.050	1.20	900	253.692
P31	8.940	1.20	900	173.794

- Beban angin yang diterima oleh gelagar induk :

$$\sum V = 0$$

$$RA \times 7.50 = T_{EW1} \times 1 + T_{EW2} \times (\frac{1}{2} \times 8)$$

$$7.50 RA = (14710.248 \times 1) + (7355.124 \times \frac{1}{2} \times 6.5)$$

$$= 38614.401 \text{ kg}$$

$$RA = 5148.587 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima tiap titik buhul tengah :

$$Pt = \frac{Ra}{\sum \text{titik buhul}}$$

$$= \frac{5148.587}{15}$$

$$= 343.239 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi (ujung):

$$Pt = \frac{Pt}{2}$$

$$= \frac{343.239}{2}$$

$$= 171.620 \text{ kg}$$

- Beban angin yang diterima ikatan angin atas

$$\Sigma MB = 0$$

$$(H_A \times 6.50) - (T_{EW1} \times 1) - (T_{EW2} \times 3.25)$$

$$(H_A \times 6.50) - (14710.248 \times 1) - (7355.124 \times 3.25)$$

$$H_A = 5940.677 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

$$P_{At} = \frac{5940.677}{15}$$

$$= 396.045 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tepi :

$$P_{At} = \frac{396.045}{2}$$

$$= 198.023 \text{ kg}$$

- Beban angin yang diterima ikatan angin bawah

$$\Sigma H = 0$$

$$H_A + H_B - T_{EW1} - T_{EW2} = 0$$

$$5940.677 + H_B - 14710.248 - 7355.124 = 0$$

$$H_B = 14711.486 \text{ kg}$$

Beban angin yang diterima titik buhul tengah :

$$P_{At} = \frac{14711.486}{15}$$

$$= 980.766 \text{ kg}$$

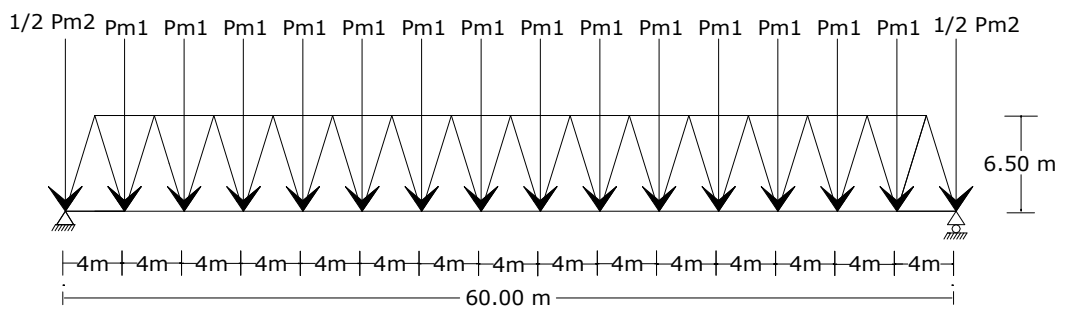
Beban angin yang diterima titik buhul tepi :

$$P_{At} = \frac{980.766}{2}$$

$$= 490.383 \text{ kg}$$

4.3.1 Statika

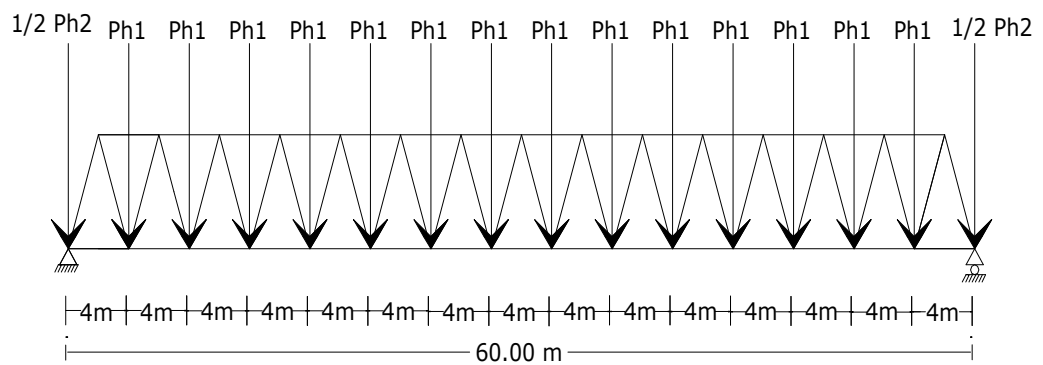
A. Skema pembebanan akibat beban mati



$$P_{tepi} = 9185.684 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 18371.368 \text{ kg}$$

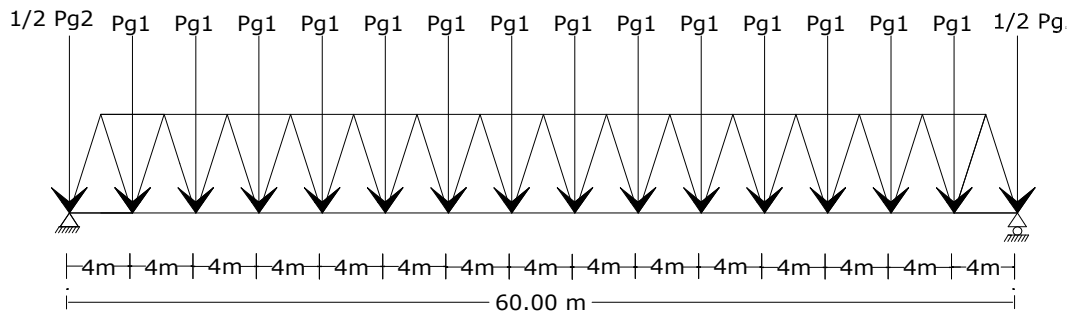
B. Skema pembebanan akibat beban lajur "D"



$$P_{tepi} = 1472.727 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 2945.455 \text{ kg}$$

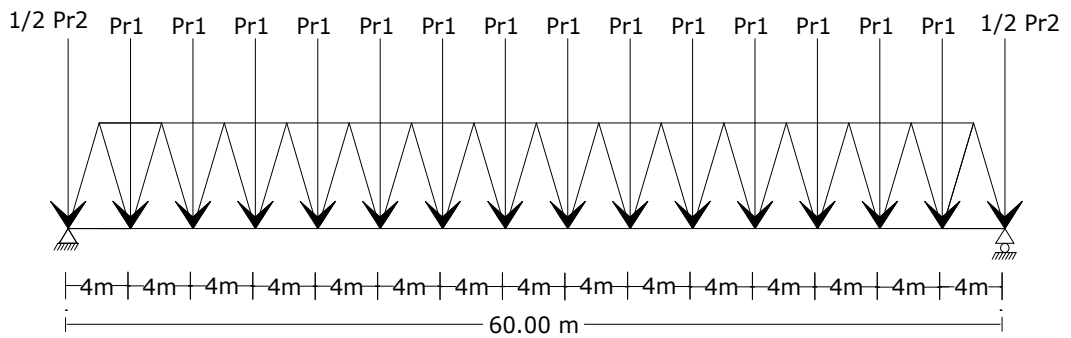
C. Skema pembebanan akibat beban Hidup trotoar



$$P_{tepi} = 750.000 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 1500.000 \text{ kg}$$

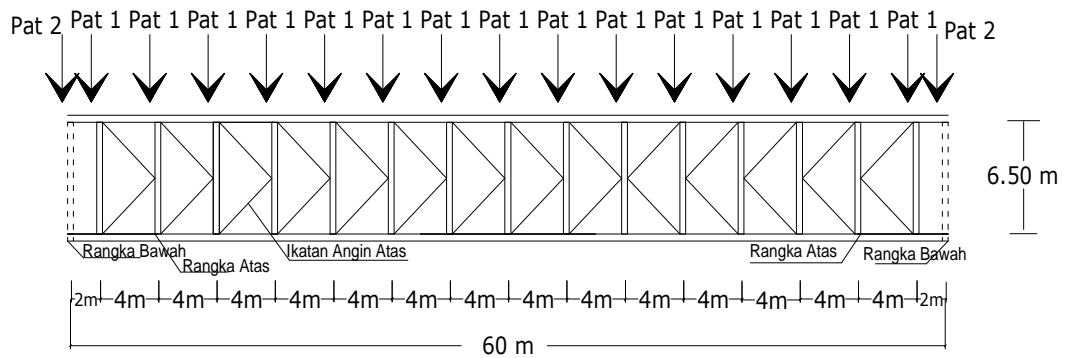
D. Skema pembebanan akibat Gaya rem



$$P_{tepi} = 233.333 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 466.667 \text{ kg}$$

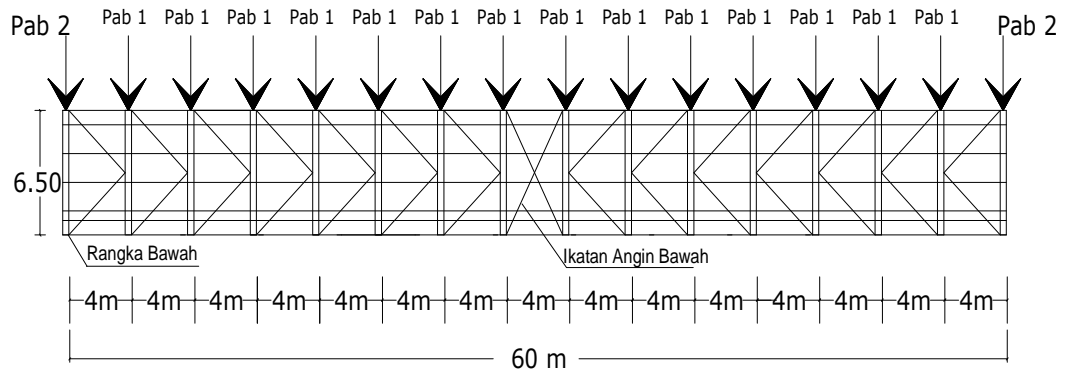
E. Skema pembebanan akibat Beban angin atas



$$P_{tepi} = 198.023$$

$$P_{tengah} = 396.045 \text{ kg}$$

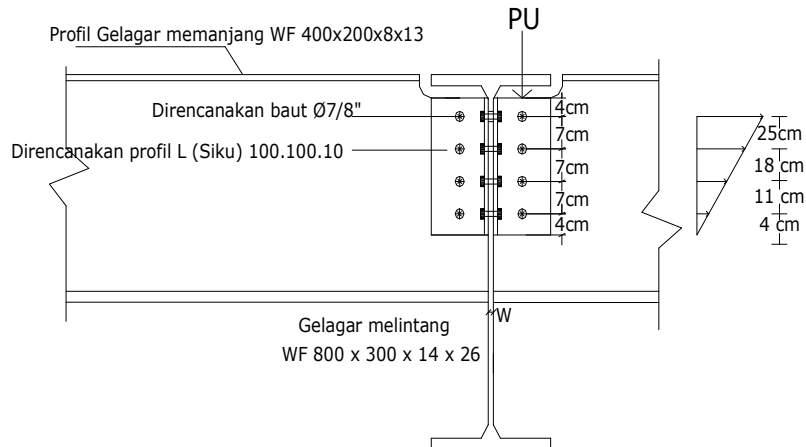
F. Skema pembebanan akibat Beban angin bawah



$$P_{tepi} = 490.383 \text{ kg}$$

$$P_{tengah} = 980.766 \text{ kg}$$

4.3.2 Perencanaan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang



➤ Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2.222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2.222 + 0.20$$

$$= 2.422 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 F_u^b &= \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} \rightarrow \text{Ksi} = 68.950 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 10342.500 \text{ Mpa} \\
 &= 1034.250 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

F_u = Tegangan putus minimum = 550 Mpa, BJ-55

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \times 22.220^2 \\
 &= 387.577 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba menggunakan profil L 100.100.10 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

➤ Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (P_u)

$$P_u = 7505.606 \text{ kg (} V_u \text{ Total gelagar memanjang)}$$

4.3.3 Sambungan irisan tunggal (melintang)

- **Kekuatan tarik desain baut**

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

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0.750 \cdot F_u^b) \cdot A_b \\
 &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 387.577 \\
 &= 22547.976 \text{ N} \\
 &= 22547.886 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- **Kekuatan geser desain baut**

Banyaknya bidang geser yang terlibat adalah 1 karena merupakan sambungan irisan tunggal, sehingga $m = 2$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot (0.750 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577
 \end{aligned}$$

$$= 390830.017 \text{ N}$$

$$= 39083.002 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu ($t_w = 1.30 \text{ cm}$).

$$\phi.Rn = \phi.(2.400.d.t.Fu^P)$$

$$= 0.750 \times (2.400 \times 24.220 \times 13 \times 550)$$

$$= 311711.400 \text{ N}$$

$$= 31171 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$T_n = 0.600.F_y.A_{ug}$$

$$= 0.600 \times 410 \times (1.3 \times 80-2 \times 2.4)$$

$$= 240489.600 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

▪ **Momen Ultimit**

$$M_u = P_u \times w$$

$$= 7505.606 \times 5.50$$

$$= 41280.835 \text{ kg}$$

w = titik perlemahan (Profil Siku (L) 100 x100x10)

▪ **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 15t_p$ atau 200 mm

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut = 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

- **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$n = \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}}$$

Dimana :

n = jumlah baut

Mu = Momen ultimit

P = jarak antar baut = 7

R = \emptyset .Rn kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil

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

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat

$$\begin{aligned}
 t &\geq \frac{P}{\phi.Fu.L} \\
 1 &\geq \frac{(7505.606/4)}{0.75 \times 4100 \times 4} \\
 &= 0.153 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10 dengan tebal 1 cm.

▪ **Kontrol Kekuatan geser desain terhadap Kekuatan Baut penyambung :**

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

$$\phi \cdot R_{nt} = \text{Kekuatan tarik desain}$$

$$R_{ut} = \text{Beban tarik terfaktor baut}$$

$$\begin{aligned}
 R_{ut} &= \frac{Mu y}{\sum y^2} \\
 &= \frac{41280.835 \times 25}{4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2} \\
 &= 950.290 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3.4 Sambungan irisan Ganda (memanjang)

- **Kekuatan tarik desain**

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (0.750.Fu^b). Ab \\ &= 0.750 \times (0.750 \times 1034.250) \times 387.577 \\ &= 225478.856 \text{ N} \\ &= 22547.886 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Kekuatan geser desain baut**

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (0.750.Fu^b). m . Ab \\ &= 0.650 \times (0.600 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312664.013 \text{ N} \\ &= 31266.401 \text{ kg}\end{aligned}$$

- **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar memanjang yaitu 0.8 cm =8 mm

(CG. Salmon, JE. Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid III, 1992 : Hal : 134)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi. (2.400.d.t.Fu^p) \\ &= 0.750 \times (2.400 \times 24.220 \times 8 \times 550) \\ &= 191822.400 \text{ N}\end{aligned}$$

$$= 19182.240 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$\begin{aligned} T_n &= 0.600 \cdot F_y \cdot A_{ug} \\ &= 0.600 \times 410 \times (8.00 \times 400 - 2 \times 13) \\ &= 736032.000 \text{ N} \\ &= 73603.200 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg} \end{aligned}$$

A_{ug} = Luas badan gelagar yang bersangkutan

▪ **Jarak Baut**

Syarat penyusunan baut :

Jarak tepi baut, $L = 1,5d_b < L < (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Jarak antar baut, $L = 3 d_b < L < 15t_p$ atau 200 mm

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut = 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

▪ **Menentukan jumlah baut (n) :**

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah baut

Mu = Momen ultimit

P = jarak antar baut = 7

R = $\emptyset.Rn$ kekuatan (tarik, geser dan tumpu desain baut akan diambil hasil dari persamaan kuat desain baut yang nilainya lebih kecil), (N)

$$\begin{aligned}
 n &= \sqrt{\frac{6.Mu}{R.P}} \\
 &= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{15633.201 \times 7}} \\
 &= 1.500 \approx 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

▪ **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat :

$$t \geq \frac{P}{\emptyset.Fu.L}$$

$$1 \geq \frac{75050.606/8}{0.75 \times 4100 \times 4}$$

$$1 \geq = 0.076 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10 dengan tebal 1 cm.

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

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

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2}$$

$$= \frac{41280.835 \times 25}{4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2}$$

$$= 950.290 \text{ kg}$$

Kontrol :

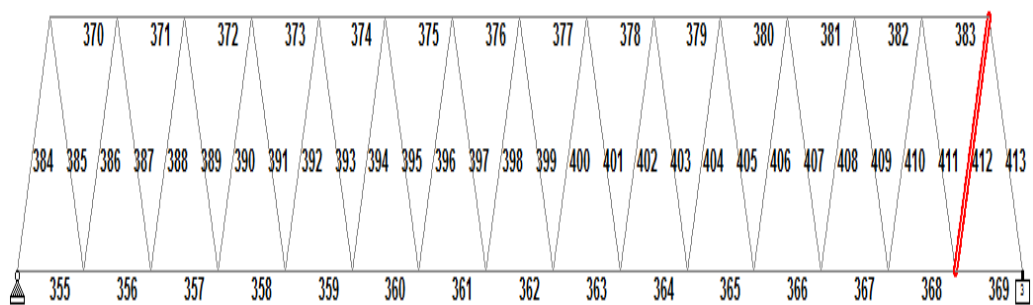
$$\phi \cdot R_n > R_{ut}$$

$$22547.886 > 1296.007 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{aman} \dots\dots\dots$$

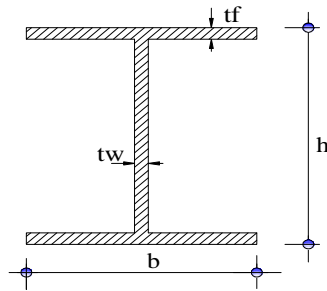
4.4 Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk

4.4.1 Perhitungan dimensi batang (Tekan /Compression)

❖ **Batang nomor 384 (Tekan /Compression)**



Dimensi Batang Profil WF 458 x 417 x 20 x 30



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 528.06 \text{ cm}^2 \qquad h = 458 \text{ mm} \qquad b = 417 \text{ mm}$$

$$I_x = 187000 \text{ cm}^4 \qquad tw = 30 \text{ mm}$$

$$I_y = 60500 \text{ cm}^4 \qquad tf = 50 \text{ mm}$$

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

P_u

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah

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

Dimana :

$$A_g = \text{luas penampang bruto batang tekan}$$

$$F_{cr} = \text{tegangan kritis}$$

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{Pu} = 186772.500 \text{ kg}$$

- Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{187000}{528.060}} \\ &= 18.818 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{60500}{528.060}} \\ &= 10.704 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menghitung parameter kerampingan

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} \\ &= \frac{1 \times 680.074}{10.704} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}} \\ &= 0.894 \text{ cm cm} \end{aligned}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{K.L}{r} &= \text{rasio kerampingan efektif} \\ K &= \text{factor panjang efektif sendi- sendi} = 1 \\ L &= \text{panjang batang yang ditinjau (cm)} \\ r_y &= \text{radius girasi arah sumbu y} \end{aligned}$$

r_x = radius girasi arah sumbu x

F_y = 4100 kg/cm²

I = momen inersia

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

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

Untuk $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$

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

$F_{cr} = (0,658^{(0,784^2)}) \times 4100$

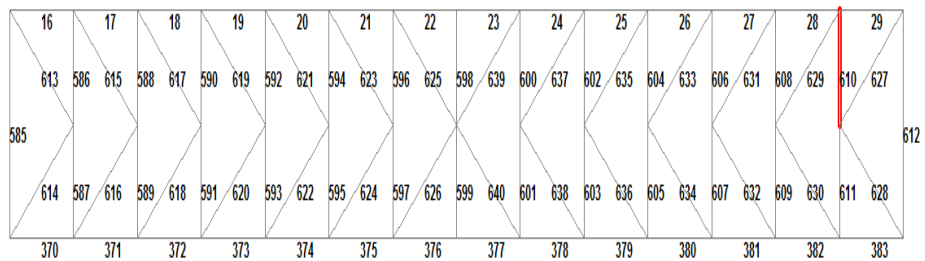
$F_{cr} = 3169.971$ kg/cm²

Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

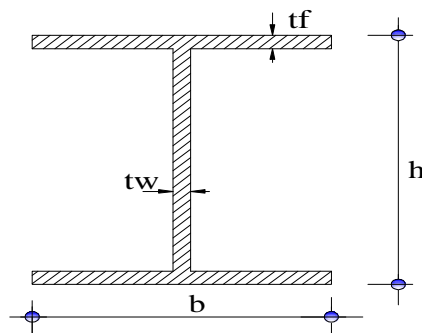
$0.85 \times 3169.971 \times 528.060 = 1422844.653$

$1422844.653 \geq 186772.500$ Profil aman

2. Batang nomor 610 (Tekan /Compression)



Dimensi Batang Profil H 175 x 175 x 7.5 x 11



Factor beban untuk baja = 1.10

$A = 528.06 \text{ cm}^2$ $h = 175 \text{ mm}$ $b = 175 \text{ mm}$

$I_x = 2880 \text{ cm}^4$ $t_w = 7.5 \text{ mm}$ $t_f = 11 \text{ mm}$

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

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

P_u

Dimana :

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

$P_n =$ kekuatan nominal batang tekan

$P_u =$ beban layan terfaktor

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

$P_n = A_g \cdot F_{cr}$

Dimana :

$A_g =$ luas penampang bruto batang tekan

$F_{cr} =$ tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

342)

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$P_u = 1888.408 \text{ kg}$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2880}{51.420}}$$

$$= 6.659 \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_y}{Ag}}$$

$$= \sqrt{\frac{984}{51.420}}$$

$$= 4.375 \text{ cm}$$

➤ Menghitung parameter kerampingan

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}}$$

$$= \frac{1 \times 375.000}{4.947} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}}$$

$$= 1.206 \text{ cm}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

- $\frac{K.L}{r}$ = rasio kerampingan efektif
- K = factor panjang efektif sendi- sendi = 1
- L = panjang batang yang ditinjau (cm)
- r_y = radius girasi arah sumbu y
- r_x = radius girasi arah sumbu x
- F_y = 4100 kg/cm²
- I = momen inersia
- E_s = modulus elastisitas baja 2.1×10^6 kg/cm²

$$= 2.1 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

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

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y$$

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

$$F_{cr} = (0,658^{(0,784^2)}) \times 4100$$

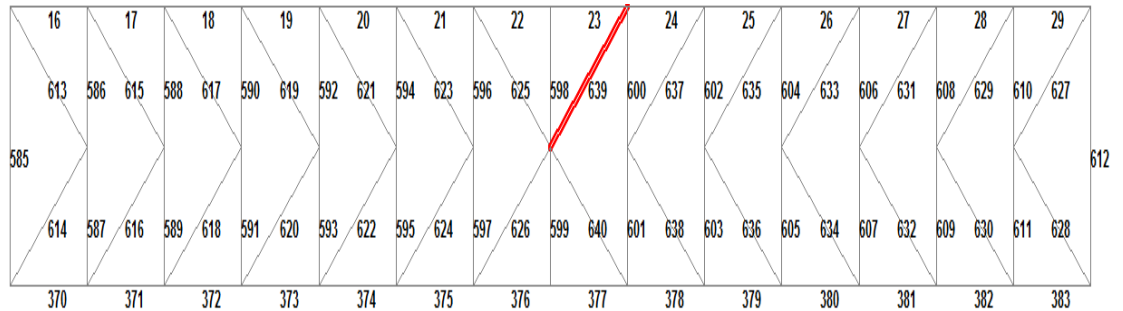
$$F_{cr} = 3169.971 \text{ kg/cm}^2$$

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

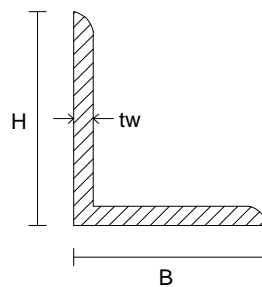
$$0.85 \times 3169.971 \times 40.200 = 108317.909$$

$$108317.909 \geq 1888.408 \dots\dots\dots \text{Profil aman} \dots\dots\dots$$

3. Batang no 639 (Tekan /Compression)



Dimensi Batang Profil Siku L 175 x 175 x 15



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 39.400 \text{ cm}^2$$

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

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

$$I_x = 2290 \text{ cm}^4$$

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

$$I_y = 588 \text{ cm}^4$$

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

Dimana :

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

$$P_n = \text{kekuatan nominal batang tekan}$$

$$P_u = \text{beban layan terfaktor}$$

Kekuatan nominal P_n dari batang tekan adalah :

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

Dimana :

$$A_g = \text{luas penampang bruto batang tekan}$$

$$F_{cr} = \text{tegangan kritis}$$

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{P_u = 17362.186 \text{ kg}}$$

➤ Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{2290}{39.400}} \\ &= 7.624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{588}{39.400}} \end{aligned}$$

$$= 3.863 \text{ cm}$$

- Menghitung parameter kerampingan

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \times E_s}} \\ &= \frac{1 \times 548.293}{3.863} \times \sqrt{\frac{4100}{3.14^2 \times 2100000}} \\ &= 1.997 \text{ cm} \end{aligned}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 338)

Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{K.L}{r} &= \text{rasio kerampingan efektif} \\ K &= \text{factor panjang efektif sendi- sendi} = 1 \\ L &= \text{panjang batang yang ditinjau (cm)} \\ r_y &= \text{radius girasi arah sumbu y} \\ r_x &= \text{radius girasi arah sumbu x} \\ F_y &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= \text{momen inersia} \\ E_s &= \text{modulus elastisitas baja } 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2.1 \times 10^5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

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

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 1,5 \rightarrow F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) f_y$$

$$F_{cr} = (0.658^{(0.784^2)}) \times 4100$$

$$F_{cr} = 3169.971 \text{ kg/cm}^2$$

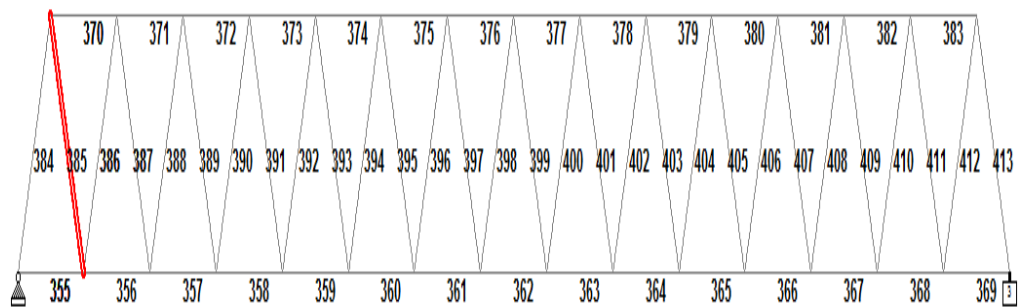
Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$0.85 \times 3169.971 \times 2290 = 6170348.552$

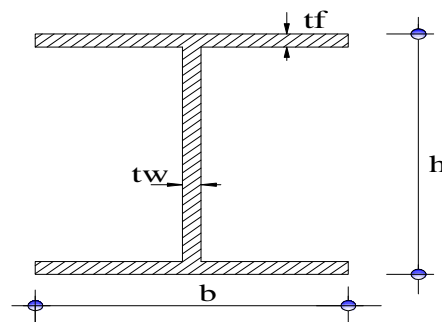
$6170348.552 \geq 17362.186$ Profil aman

4.4.2 Perencanaan Dimensi Batang Tarik (Tension)

1 Batang no 385 (Tension)



Dimensi batang profil WF 458 x 417 x 20 x 35



Factor beban untuk baja = 1.1

$A = 528.600 \text{ cm}^2$

$h = 458 \text{ mm}$

$I_x = 187000 \text{ cm}^4$

$tw = 20 \text{ mm}$

$I_y = 60500 \text{ cm}^4$

$tf = 35 \text{ mm}$

$b = 417 \text{ mm}$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$T_u = 186776.063 \text{ kg}$

➤ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I,

1992 hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{187000}{528.600}} \\ &= 18.809 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{60500}{528.600}} \end{aligned}$$

$$= 10.698 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{10.698}$$

$$= 70.105 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

➤ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diameter $\frac{7}{8}$ inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut = 0.100 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right]$$

$$= 2.222 + 0.100$$

$$= 2.322 \text{ cm}$$

Luas nominal plat :

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n$$

$$= 528.600 - (2.322 \times 1.10) \times 4$$

$$= 518.383 \text{ cm}^2$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,

1992 hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}
A_e &= U \cdot A_n \\
&= 0.85 \times 518.383 \\
&= 440.626 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan desain

▪ **Didasarkan pada pelepasan penampang bruto :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 528.600 \geq 186776.063$$

$$2616570.000 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{Profil Aman} \dots\dots\dots$$

▪ **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_e = 0.75 \times F_u \cdot A_e$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.75)

$F_u = \text{Kekuatan tarik baja struktur} = 5500 \text{ kg/cm}^2$

$A_e = \text{Luas bersih efektif antar batang tarik}$

$T_n = \text{Kekuatan nominal batang tarik (kg)}$

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \geq T_u$$

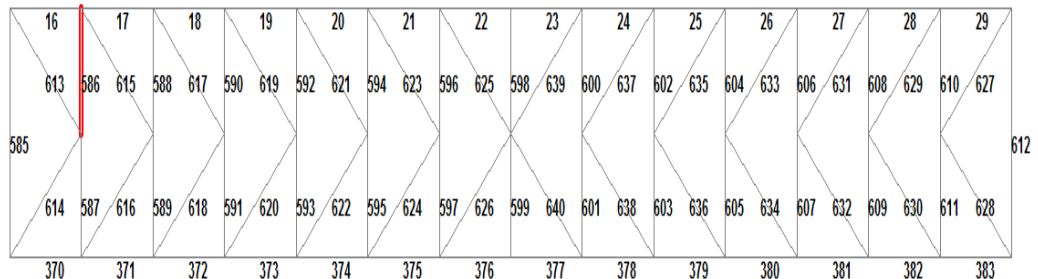
$$0.75 \times 5500 \times 440.626 \geq 186776.063$$

$$1817581.095 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg}$$

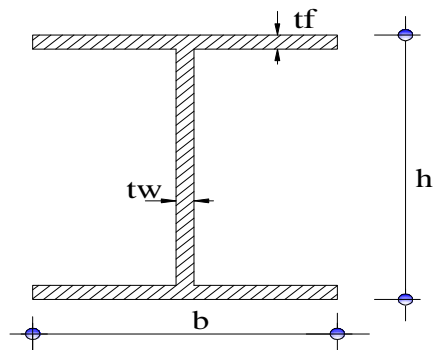
dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$$1817581.095 \text{ kg} \geq 186776.063 \text{ kg} \quad \dots \text{ Profil aman } \dots$$

2. Batang nomor 586 (Tarik /Tension)



Dimensi batang profil WF 175 x 175 x 7.5 x 11



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 40.200 \text{ cm}^2 \quad h = 175 \text{ mm} \quad b = 175 \text{ mm}$$

$$I_x = 2880 \text{ cm}^4 \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$I_y = 984.000 \text{ cm}^4 \quad t_f = 11 \text{ mm}$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$T_u = \mathbf{1859.813 \text{ kg}}$$

➤ Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, jilid I, 1992 hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \\ &= \sqrt{\frac{2880.000}{40.200}} \end{aligned}$$

$$= 8.464 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{984.000}{40.200}} \\ &= 4.947 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{4.947}$$

$$= 151.592 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

➤ Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut = 0.1 cm

$$\begin{aligned} \text{Lebar lubang baut} &= \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right] \\ &= 2.222 + 0.1 \\ &= 2.322 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n \\ &= 2880 - (2.54 \times 1.10) \times 4 \\ &= 2869.783 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned}A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0.85 \times 2869.783 \\ &= 2439.316 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kontrol kekuatan desain

▪ **Didasarkan pada pelepasan penampang bruto :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,
1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 40.200 \geq 1859.813$$

$$198990.000 \text{ kg} \geq 1859.813 \text{ kg} \quad \text{..... Profil Aman}$$

- **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_t \cdot A_c = 0.75 \times F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

ϕ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelepasan (0.90)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antar batang tarik =

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\phi_t \cdot T_n = \phi_t \cdot F_u \cdot A_e \geq T_u$$

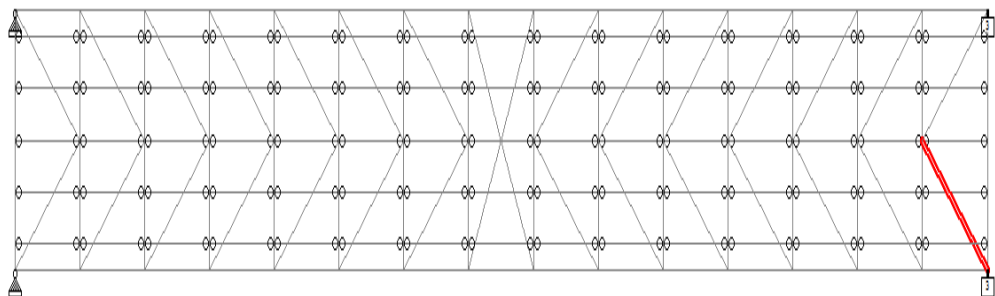
$$0.75 \times 5500 \times 2439.316 \geq 1859.813$$

$$10062177.345 \text{ kg} \geq 1859.813\text{kg}$$

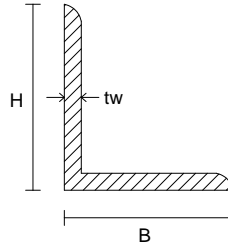
dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$$10062177.345 \text{ kg} \geq 1859.813\text{kg} \dots\dots\dots \text{Profil Aman} \dots\dots\dots$$

3. Batang nomor 672 (Tarik /Tension)



Dimensi Batang Profil Siku L 175 x 175 x 7.5 x 15



Factor beban untuk baja = 1.10

$$A = 39.400 \text{ cm}^2 \qquad h = 175 \text{ mm} \qquad b = 175 \text{ mm}$$

$$I_x = 2290 \text{ cm}^4 \qquad tw = 15 \text{ mm}$$

$$I_y = 588 \text{ cm}^4$$

Syarat kekakuan nominal batang tarik berdasarkan LRFD, $\phi_t \cdot T_n \geq T_u$

Dimana :

ϕ_c = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tekan

T_u = beban layan terfaktor

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

Dari hasil analisa STAAD PRO 2004 didapat gaya aksial terfaktor

$$\mathbf{T_u = 18368.633 \text{ kg}}$$

4. Cek rasio kerampingan

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

Dimana :

L = panjang batang yang ditinjau

$$r = \text{radius girasi terkecil } r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992

hal. 92)

Menghitung radius girasi (r)

$$\begin{aligned} r_x &= \sqrt{\frac{I_x}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{2290}{39.400}} \\ &= 7.624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_y &= \sqrt{\frac{I_y}{Ag}} \\ &= \sqrt{\frac{588}{39.400}} \\ &= 3.863 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\frac{L}{r} \leq 300$$

$$= \frac{750}{3.863}$$

$$= 194.143 \leq 300$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

5. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A 490 dengan diaameter 7/8 inchi = 2.222 cm

Diameter lubang baut =0.1 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left[\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right]$$

$$= 2.222 + 0.1$$

$$= 2.322 \text{ cm}$$

Luas nominal plat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \times n \\ &= 39.400 - (2.54 \times 1.10) \times 4 \\ &= 29.183 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_e = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992
hal. 86)

Dimana :

U = koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

Maka :

$$\begin{aligned} A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0.85 \times 29.183 \\ &= 24.806 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

6. Kontrol kekuatan desain

- **Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I,
1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0.90)

F_y = Tegangan leleh baja = 5500 kg/cm²

A_g = Luas penampang bruto

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_y \cdot A_g \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 39.400 \geq 18368.633$$

$$195030.000 \text{ kg} \geq 18368.633 \text{ kg} \quad \text{.....Profil Aman}$$

▪ **Didasarkan pada retakan penampang bersih :**

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_t \cdot A_e$$

$$= 0.90 \times F_u \cdot A_e$$

(CG. Salmon, JE. Jhonson Struktur Baja Desain dan Perilaku, jilid I, 1992 hal. 95)

Dimana :

φ_t = Factor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0.90)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5500 kg/cm²

A_e = Luas bersih efektif antar batang tarik

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

Maka :

$$\varphi_t \cdot T_n = \varphi_t \cdot F_u \cdot A_e \geq T_u$$

$$0.90 \times 5500 \times 24.806 \geq 18368.633$$

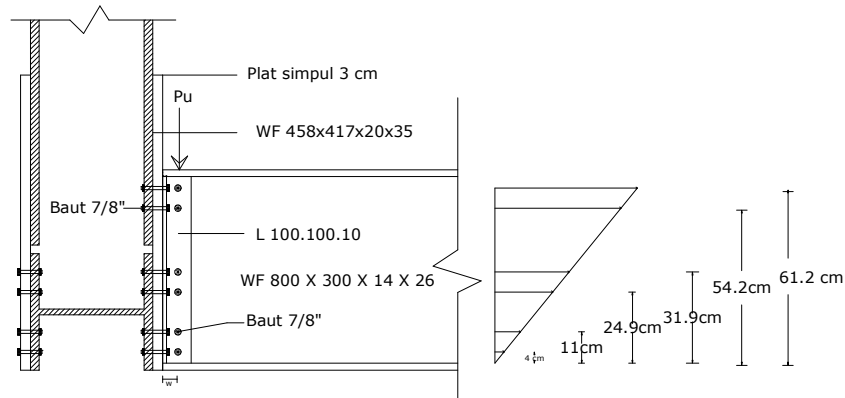
$$122788.314 \text{ g} \geq 18368.633 \text{ kg}$$

dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang

lebih kecil yaitu :

$$122788.314 \text{ g} \geq 18368.633 \text{ kg} \quad \text{..... profil aman}$$

4.5 Perencanaan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang



Gambar 4.19 Sambungan Gelagar Induk Dan Gelagar Melintang

- Direncanakan menggunakan baut A490 Ø 7/8"

$$\text{Ø Baut} = 7/8'' = 2.222 \text{ cm}$$

$$\text{Ø lubang (db)} = 2.222 + 0.1 = 2.322 \text{ cm}$$

$$F_u^b = \text{kuat tarik bahan baut} = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ Ksi} = 68.95 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\frac{1}{4} \times \pi \times 22.222^2$$

$$= 387.577 \text{ mm}^2$$

Dicoba menggunakan profil L 100.100.10 untuk irisan Tunggal dan Ganda.

- Besarnya gaya geser yang bekerja pada gelagar (Pu)

$$P_u = 7505.606 \text{ kg (} V_u \text{ Total gelagar melintang)}$$

❖ **Sambungan irisan Ganda (Melintang)**

▪ **Kekuatan tarik desain**

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0.75.Fu^b).Ab \\ &= 0.75 \times (0.75 \times 1034.250) \times 387.577 \\ &= 225478.976 \text{ N} \\ &= 22547.898 \text{ kg}\end{aligned}$$

▪ **Kekuatan geser desain baut**

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0.60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0.75 \times (0.75 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312664.180 \text{ N} \\ &= 31266.418 \text{ kg}\end{aligned}$$

▪ **Kekuatan tumpu desain baut**

Perhitungan kekuatan tumpu desain pada perumusannya mempertimbangkan ketebalan plat yang akan disambung. Dalam hal ini ketebalan plat yang diperhitungkan adalah ketebalan gelagar melintang yaitu 1.3 cm = 13 mm

(CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 halaman 134)

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(2.40.d.t.Fu^p) \\ &= 0.75 \times (2.40 \times 23.2222 \times 13 \times 550)\end{aligned}$$

$$= 298841.400 \text{ N}$$

$$= 29884.140 \text{ kg}$$

▪ **Kekuatan nominal**

$$T_n = 0.60.F_y.A_{ug}$$

$$= 0.60 \times 4100 \times (2.(80-2 \times 2.40))$$

$$= 369984.000 \text{ kg}$$

$$= 369984.000 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

$$A_{ug} = \text{Luas badan gelagar yang bersangkutan}$$

▪ **Momen ultimit**

$$M_u = P_u \cdot w$$

$$= 7505.606 \times 5.50$$

$$= 41280.835 \text{ kg.cm}$$

▪ **Jarak Baut :**

Syarat penyusunan baut :

$$\text{Jarak tepi baut, } L = 1.50 d_b < L < 3 d_b$$

$$\text{Jarak antar baut, } L = 3 d_b < L < 7 d_b$$

- Syarat jarak baut tepi ke tepi plat :

$$1.50 d_b = 1.50 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil jarak tepi baut 4 cm.

- Syarat jarak antar baut :

$$3 d_b = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7 d_b = 7 \times 2.222$$

$$= 15.554 \text{ cm}$$

Diambil jarak antar baut 7 cm

- **Menentukan jumlah baut (n) :**

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

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut 7 cm

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

$$= \sqrt{\frac{6 \times 41280.835}{31266.401 \times 7}}$$

$$= 1.500 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

- **Ketebalan plat yang digunakan adalah :**

Syarat :

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

$$3 \geq \frac{7505.606/6}{0.75 \times 5500 \times 5}$$

$$= 0.061 \text{ cm}$$

Maka digunakan plat penyambung siku L 100.100.10

CG.Salmon J.E, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992
halaman 135

➤ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

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

$$\phi t \cdot Rnt \geq Rut$$

Dimana :

$\phi t \cdot Rnt$ = kekuatan tarik desain

Rut = beban tarik terfaktor baut

$$Rut = \frac{Mu \cdot y}{\sum y^2}$$

$$Rut = \frac{41280.835 \cdot 61.200}{(4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2)}$$

$$= 2326.323 \text{ kg}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot Rn \geq Rut$$

$$= 312664.013 \geq 2326.323 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{Aman}) \dots\dots\dots$$

- **Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :**

$$\phi v \cdot Rnv \geq Ruv$$

Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{P}{\sum n}$$

$$R_{uv} = \frac{7505.606}{15}$$

$$= 500.374$$

Kontrol :

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

$$31266.401 \geq 500.374 \dots\dots\dots \text{Aman} \dots\dots\dots$$

4.6 Sambungan Gelagar Induk-Induk

1. Joint Kedua (Joint No 1)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\emptyset_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

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

- Luas Baut :

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.222^2$$

$$= 387.577 \text{ mm}^2$$

- \emptyset lubang baut Baut

$$= 22.220 + 1.00$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\begin{aligned}\phi.Rn &= \phi.(0.60.Fu^b).m.Ab \\ &= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577 \\ &= 312720.301 \text{ N} \\ &= 31272.030 \text{ kg}\end{aligned}$$

❖ Kekuatan Tumpu desain

Tebal plat simpul = 3 cm

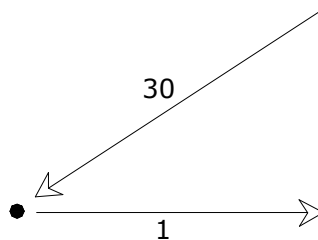
$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 23.222 \text{ mm} \\ &= 2.322 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\phi.Rn = \phi.(2.40..d.t.Fu^b).$$

$$\phi = 0.75$$

$$\begin{aligned}Fu &= 5500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 26 \times 550) \\ &= 597734.280 \text{ N} \\ &= 59773.428 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari StaadPro



❖ **Perhitungan sambungan**

$$S1 = 227821.266 \text{ kg}$$

$$S30 = 176852.578 \text{ kg}$$

➤ **Batang No 30 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_{s30} = \frac{176852.578}{31272.030}$$

$$= 5.655 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{176852.578 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.191 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 3d &= 3 \times 2.222 \\ &= 6.666 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7d &= 7 \times 2.222 \\ &= 15.555 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil = 8 cm

➤ **Batang No 1 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$Ns1 = \frac{27821.266}{31272.030}$$

$$= 0.890 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 1.50 d &= 1.5 \times 2.222 \\ &= 3.333 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3d &= 3 \times 2.222 \\ &= 6.666 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{27821.266 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.187 \text{ cm}$$

❖ **Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 1***

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 1)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22.222 \text{ mm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 126 \\ &= 378.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

$t =$ tebal plat simpul

$b =$ jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 378 - ((4 \times 2.322) \times 3) \\ &= 340.845 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = 126 \times 3 \times \left(\frac{126}{2}\right) - (2.322 \times 63.600) - (2.322 \times 3 \times 63.000)$$

$$340.845 \times Y_a = (31752.000) - (585.194) - (585.194)$$

$$Y_a = \frac{30581.611}{340.845}$$

$$= 89.723 \text{ cm}$$

$$Y_b = 126.000 - 89.723$$

$$= 36.277 \text{ cm}$$

- Batang No 30 (Batang Tekan)

$$P_{30} = \frac{176852.578}{2}$$

$$= 88426.289 \text{ kg}$$

$$D_{30} = 88426.289 \cos 51$$

$$= 55620.136 \text{ kg}$$

$$N_{30} = 88426.289 \sin 51$$

$$= 68707.227 \text{ kg}$$

- Batang No 1

$$P_1 = \frac{27821.266}{2}$$

$$= 13910.633 \text{ kg}$$

$$D_1 = 13910.633 \cos 31$$

$$= 11921.412 \text{ kg}$$

$$N_1 = 13910.633 \sin 31$$

$$= 7163.976 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= D_{30} + D_1 \\
 &= 55620 + 11921.412 \\
 &= 67541.548 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u \text{ total} &= N_{30} + N_1 \\
 &= 68707.227 + 7163.976 \\
 &= 75871.203 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$\begin{aligned}
 M_u &= (D_{30} \times Z_1) - (D_1 \times Z_2) \\
 &= (55620.136 \times 38.000) - (11921.412 \times 33.000) \\
 &= 1720158.548 \text{ kg cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{6} \times t \times h^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 3 \times 126^2
 \end{aligned}$$

$$= 7938.000 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{75871.203}{340.845} + \frac{1720158.548}{7938.000} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 439.297 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 439.297 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_v &= \frac{N_u}{A_n} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{67541.548}{340.845} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 198.159 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$\text{FR} = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{439.297^2 + 198.159^2}$$

$$= 365.362 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 365.362 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

2. Joint Kedua (Joint No 204)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

1 Ksi = 68,95 kg/cm²

▪ Luas Baut :

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.222^2 \\ &= 387.577 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ \varnothing lubang baut Baut

$$= 22.220 + 0.10$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(0.60.F_u^b).m.Ab$$

$$= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577$$

$$= 312720.301 \text{ N}$$

$$= 31272.030 \text{ kg}$$

$$= 31272.030 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan Tumpuh desain

$$\text{Tebal plat simpul} = 3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}\text{\textcircled{O}} \text{ lubang} &= 23.222 \text{ mm} \\ &= 2.322 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{\textcircled{O}}.Rn = \text{\textcircled{O}}.(2.40..d.t.Fu^b).$$

$$\text{\textcircled{O}} = 0.75$$

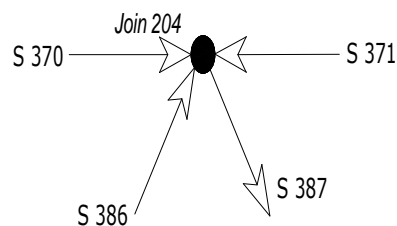
$$Fu = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 32 \times 550)$$

$$= 735672.960 \text{ N}$$

$$= 73567.296 \text{ kg}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari Staadpro



❖ Perhitungan sambungan

$$S 386 = 162760.391 \text{ kg}$$

$$S 387 = 166225.859 \text{ kg}$$

$$S 370 = 107059.961 \text{ kg}$$

$$S 371 = 210026.922 \text{ kg}$$

➤ Batang No 386 (batang tekan)

- Menentukan jumlah baut

$$Ns_{386} = \frac{162760.391}{31272.030}$$

$$= 5.205 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{162760.391 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.096 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 387 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 387 = \frac{166225.859}{31272.030}$$

$$= 5.315 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{162225.859 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.119 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 370 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 370 = \frac{107059.961}{31272.030}$$

$$= 3.424 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{107059.961 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.721 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 371 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 371 = \frac{210026.922}{31272.030}$$

$$= 6.716 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 16 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

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

$$5 \geq \frac{210026.922 / 16}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.061 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

❖ Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 204*

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul join 204)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8 \text{ inch}$

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Diameter lubang } 7/8'' = 22.222 \text{ mm}$$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$\begin{aligned} A_g &= t \times b \\ &= 3 \times 226.300 \\ &= 678.900 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimana :

t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - ((n \times d) \times t) \\ &= 678.900 - ((3 \times 2.322) \times 3) \\ &= 658.000 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = 226.300 \times 3 \times \left(\frac{226.300}{2} \right) - (2.322 \times 113.200) -$$

$$(2.322 \times 3 \times 113.200)$$

$$658.000 \times Y_a = (102423.380) - (1051.491) - (1051.491)$$

$$Y_a = \frac{75240.297}{658.000}$$

$$= 114.347 \text{ cm}$$

$$Y_b = 226.300 - 114.347$$

$$= 111.953 \text{ cm}$$

- Batang No 386 (Batang Tekan)

$$P_{386} = \frac{162760.391}{2}$$

$$= 81380.196 \text{ kg}$$

$$D_{386} = 81380.196 \times \cos 49$$

$$= 53385.408 \text{ kg}$$

$$N_{386} = 81380.196 \times \sin 49$$

$$= 61442.048 \text{ kg}$$

- Batang No 387 (Batang Tarik)

$$P_{387} = \frac{162225.859}{2}$$

$$= 83112.930 \text{ kg}$$

$$D_{387} = 83112.930 \cos 24$$

$$= 75965.218 \text{ kg}$$

$$N_{387} = 83112.930 \sin 24$$

$$= 33826.962 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{386} + D_{387}$$

$$= 533885.408 + 75965.218$$

$$= 129350.626 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{386} + N_{387}$$

$$= 61442.048 + 33826.962$$

$$= 95269.010 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{386} \times Z1) - (D_{387} \times Z2)$$

$$= (53385.408 \times 27.500) - (75965.218 \times 65.800)$$

$$= 3530412.589 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} x t x h^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 3 \times 226.300^2$$

$$= 25605.845 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{Nu}{An} + \frac{Mu}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{95269.010}{641.745} + \frac{3530412.589}{25605.845} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 286.328 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$F_v = \frac{Nu}{An} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{129350.626}{641.745} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 201.561 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 201.561 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$FR = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{286.328^2 + 201.561^2}$$

$$= 298.013 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 298.013 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

3. Joint Ketiga (Joint No 188)

❖ Perhitungan kekuatan Baut

Digunakan baut A490 dengan diameter, $\varnothing_{\text{baut}} = 7/8 \text{ "} = 22.22 \text{ mm}$

Kekuatan tarik baut, $F_u^b = 150 \text{ Ksi} = 1034.250 \text{ Mpa} = 10342.500 \text{ kg/cm}^2$

1 Ksi = 68,95 kg/cm²

▪ Luas Baut :

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 22.222^2 \\ &= 387.577 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

▪ \varnothing lubang baut Baut

$$= 22.220 + 0.10$$

$$= 23.222 \text{ mm}$$

❖ Kekuatan geser desain

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

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(0.60.F_u^b).m.Ab$$

$$= 0.65 \times (0.60 \times 1034.250) \times 2 \times 387.577$$

$$= 312720.301 \text{ N}$$

$$= 31272.030 \text{ kg}$$

$$= 31272.030 \text{ kg} > P_u = 7505.606 \text{ kg}$$

❖ Kekuatan Tumpuh desain

Tebal plat simpul = 3 cm

$$\varnothing \text{ lubang} = 23.222 \text{ mm}$$

$$= 2.322 \text{ cm}$$

$$\varnothing.Rn = \varnothing.(2.40..d.t.Fu^b)$$

$$\varnothing = 0.75$$

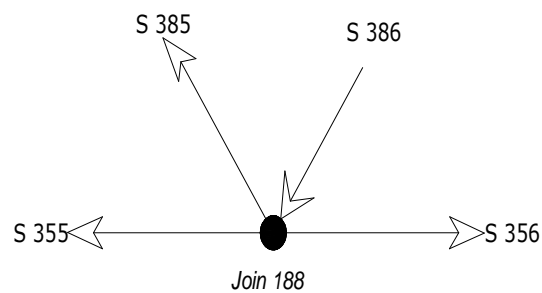
$$Fu = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0.75 \times (2.40 \times 23.222 \times 26 \times 550)$$

$$= 597734.280 \text{ N}$$

$$= 59773.428 \text{ kg}$$

Gaya nominal pada tiap batang, diambil dari Staadpro



❖ Perhitungan sambungan

$$S 355 = 28359.600 \text{ kg}$$

$$S 356 = 119542.047 \text{ kg}$$

$$S 385 = 186776.063 \text{ kg}$$

$$S 386 = 162760.391 \text{ kg}$$

➤ Batang No 355 (batang tarik)

- Menentukan jumlah baut

$$Ns_{355} = \frac{28359.600}{31272.030}$$

$$= 0.907 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u t}$$

$$5 \geq \frac{28359.600 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.191 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 356 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 387 = \frac{119542.047}{31272.030}$$

$$= 3.823 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{119542.047 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.805 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 385 (batang tarik)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 385 = \frac{186776.063}{31272.030}$$

$$= 5.973 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Mentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$. = 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\emptyset \cdot Fu \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{186776.063 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.258 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

➤ **Batang Nomor 386 (batang tekan)**

- Menentukan jumlah baut

$$N_s 386 = \frac{162760.391}{31272.030}$$

$$= 5.205 \text{ buah} \rightarrow \text{dipasang} = 12 \text{ buah}$$

- Menentukan jarak baut

Jarak tepi baut

$$1.50 d - 3d$$

Jadi :

$$1.50 d = 1.5 \times 2.222$$

$$= 3.333 \text{ cm}$$

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

Diambil 5 cm

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah :

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

$$5 \geq \frac{162760.391 / 12}{0.75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 1.096 \text{ cm}$$

Dalam perencanaan digunakan plat simpul dengan ketebalan = 3 cm

Jarak antar baut

$$3d - 7d$$

Jadi :

$$3d = 3 \times 2.222$$

$$= 6.666 \text{ cm}$$

$$7d = 7 \times 2.222$$

$$= 15.555 \text{ cm}$$

Diambil 13 cm

❖ Kontrol plat simpul sambungan Gelagar Induk *join 188*

Cek kekuatan terhadap gaya tarik aksial yang bekerja (lihat gambar simpul *join 188*)

Diameter baut yang digunakan, $D = 7/8$ inch

Tegangan plat Bj 52, $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Diameter lubang $7/8'' = 22.222 \text{ mm}$

Luas penampang plat

- Luas pelat kotor :

$$A_g = t \times b$$

$$= 3 \times 199.600$$

$$= 598.800 \text{ cm}$$

Dimana :

t = tebal plat simpul

b = jarak potongan yang terpendek

- Luas pelat bersih :

$$A_n = A_g - ((n \times d) \times t)$$

$$= 598.800 - ((2 \times 2.322) \times 3)$$

$$= 584.867 \text{ cm}$$

- Menentukan letak titik berat

$$A_n \times Y_a = 199.600 \times 3 \times \left(\frac{199.600}{2}\right) - (2.322 \times 99.800) -$$

$$(2.322 \times 3 \times 99.800)$$

$$584.867 \times Y_a = (59760.240) - (695.267) - (695.267)$$

$$Y_a = \frac{583690.707}{584.867}$$

$$= 99.800 \text{ cm}$$

$$Y_b = 199.600 - 99.800$$

$$= 99.800 \text{ cm}$$

- Batang No 386 (Batang Tekan)

$$P_{386} = \frac{162762.391}{2}$$

$$= 81380.196 \text{ kg}$$

$$D_{386} = 81380.196 \times \cos 49$$

$$= 53385.408 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} N_{386} &= 81380.196 \times \sin 24 \\ &= 61442.048 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Batang No 356 (Batang Tarik)

$$P_{356} = \frac{119542.047}{2}$$

$$= 59771.024 \text{ kg}$$

$$D_{356} = 59771.024 \cos 24$$

$$= 54570.944 \text{ kg}$$

$$N_{356} = 59771.024 \sin 24$$

$$= 24326.807 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ total} = D_{386} + D_{356}$$

$$= 53385.408 + 54570.944$$

$$= 107956.353 \text{ kg}$$

$$N_u \text{ total} = N_{386} + N_{356}$$

$$= 61442.048 + 24326.807$$

$$= 37115.241 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi akibat gaya geser

$$M_u = (D_{386} \times Z_1) - (D_{356} \times Z_2)$$

$$= (53385 \times 47.200) - (54570.944 \times 29.200)$$

$$= 926319.691 \text{ kg cm}$$

$$Z_x = \frac{1}{6} \times t \times h^2 = \frac{1}{6} \times 3 \times 199.600^2$$

$$= 199920.080 \text{ cm}$$

$$F_{cr} = \frac{N_u}{A_n} + \frac{M_u}{Z_x} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{570.934}{111.510} + \frac{926319.691}{199920.080} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 111.510 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

$$F_v = \frac{Nu}{An} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= \frac{107956.353}{570.934} \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 189.087 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 189.087 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

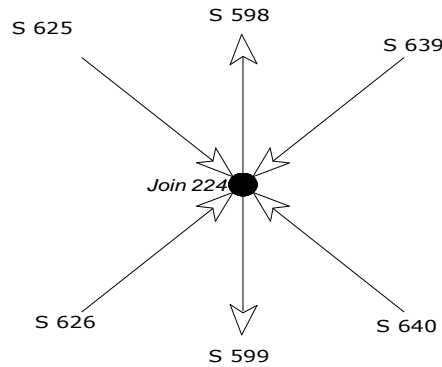
$$F_R = \sqrt{F_{cr}^2 + F_v^2}$$

$$= \sqrt{111.510^2 + 189.087^2}$$

$$= 209.460 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 209.460 \text{ kg/cm}^2 \leq f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{Ok} \dots\dots\dots$$

➤ **Joint 224 (ikatan angin atas)**



$$S\ 599 = 1389.912\ \text{kg}$$

$$S\ 626 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 640 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 625 = 17362.178\ \text{kg}$$

$$S\ 598 = 1389.912\ \text{kg}$$

$$S\ 639 = 17362.178\ \text{kg}$$

❖ Batang nomor 598 = 599 (Batang Tarik)

$$NS_{599} = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

$$= \frac{1389.912}{15636.015}$$

$$= 0.089 \sim 12\ \text{baut}$$

$$\text{Jarak baut tepi ke tepi plat (L)} = 1.50\ d\ \text{s/d}\ 3\ d$$

$$= (1.50 \times 2.222)\ \text{s/d}\ (3 \times 2.222)$$

$$= 3.333\ \text{cm}\ \text{s/d}\ 6.667\ \text{cm}$$

$$\text{Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat} = 5\ \text{cm}$$

$$\text{Direncanakan ketebalan plat penyambung} = 3\ \text{cm}$$

- Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t}$$

(CG.Salmon J.E, Johnson,Struktur Baja Desain dan Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{874,800}{0,75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.009 \text{ cm}$$

Maka dalam perencanaan dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2.222) \text{ s/d } (7 \times 2.222)$$

$$= 6.667 \text{ cm s/d } 15.555 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 13 cm

❖ Batang nomor 625 = 626 = 639 = 640 (Batang Tekan)

$$NS_{625} = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

$$= \frac{17362.178}{15636.015}$$

$$= 1.110 \sim 12 \text{ baut}$$

Jarak baut tepi ke tepi plat (L) = 1.50 d s/d 3 d

$$= (1.50 \times 2.222) \text{ s/d } (3 \times 2.222)$$

$$= 3.333 \text{ cm s/d } 6.667 \text{ cm}$$

Dipakai jarak baut tepi ke tepi plat = 5 cm

Direncanakan ketebalan plat penyambung = 3 cm

▪ Ketebalan plat yang diperlukan adalah

$$L \geq \frac{P}{\phi F_u t} \quad (\text{CG.Salmon J.E, Johnson, Struktur Baja Desain dan}$$

Perilaku I, 1992 hal : 135)

$$5 \geq \frac{52539.714}{0,75 \times 5500 \times 3}$$

$$= 0.117 \text{ cm}$$

Maka dalam perencanaan dipakai plat penyambung dengan ketebalan 3 cm

Jarak antar baut (L) = 3 d s/d 7 d

$$= (3 \times 2.222) \text{ s/d } (7 \times 2.222)$$

$$= 6.667 \text{ cm s/d } 15.555 \text{ cm}$$

Dipakai jarak antar baut = 8 cm

4.7. Perencanaan perletakan

4.7.1 Perletakan Sendi

1. Tebal Bantalan (S₁)

$$P_u = 327551.375 \text{ kg}$$

$$F_y = B_j 55 (410 \text{ Mpa})$$

$$\emptyset = 0.90$$

✓ Panjang empiris

$$\ell = L + 40$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

$$\ell = L + 40$$

$$= 60 + 40$$

$$= 100 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

✓ Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 327551.375 \times 100}{60 \times 0.90 \times 4100}}$$

$$= 10.534 \text{ cm} = 11.000 \text{ cm}$$

2. Tebal Bantalan (S₂)

$$M_u = \frac{1}{8} \times P_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{8} \times 327551.375 \times 100$$

$$= 4094392.188 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{Mu}{\phi \cdot fy}$$

$$= \frac{4094392.188}{0.90 \times 4100}$$

$$= 1109.591 \text{ cm}^3$$

Untuk harga S_2 , S_3 , S_4 , dipakai tabel Muller Breslaw :

Tabel 4.1 Muller Breslaw

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{h}{a \cdot S_3}$	W
3	4	$0.2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
4	4,2	$0,2251 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
5	4,6	$0,2286 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$
6	5	$0,2315 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$

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

$$\text{Diambil : } \frac{h}{S_2} = 4 ; \frac{b}{a \cdot S_3}$$

Dipakai jumlah rusuk (a) = 4 buah

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$\frac{h}{a \cdot S_3} = 4.20$$

$$S_3 = \frac{b}{4.20 a}$$

$$= \frac{60}{4.20 \times 4}$$

$$= 3.571 \text{ cm} \rightarrow 4 \text{ cm}$$

Mencari nilai h dipakai rumus :

$$W = 0.2251 \times a \times h^2 \times S_3$$

$$= 0.2251 \times 4 \times h^2 \times 3$$

$$W = 2.7012 \cdot h^2$$

$$1109.591 \text{ cm}^3 = 2.7012 \cdot h^2$$

$$h^2 = \frac{1109.591}{2.7012} =$$

$$= 410.777$$

$$h = \sqrt{410.777}$$

$$= 20.268 \approx 21 \text{ cm}$$

Maka :

$$\frac{h}{S_2} = 4$$

$$S_2 = \frac{21.000}{4}$$

$$= 5.250 \text{ cm} \sim 6.000 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6}$$

$$= \frac{21.000}{6}$$

$$= 3.500 \text{ cm} \rightarrow 4.000 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{9}$$

$$= \frac{21.000}{9}$$

$$= 2.333 \text{ cm} \rightarrow 3.000 \text{ cm}$$

3. Garis Tengah Sumbu Sendi

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0.80 \times P}{\phi \cdot f_y \cdot L}$$

Struyk H., J, Ir., van der Veen K. H. C. W, Ir. Prof., hal 250

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = \frac{0.80 \times 327551.375}{0.90 \times 4100 \times 100}$$

$$\frac{1}{2} \cdot d_1 = 0.710 \text{ cm}$$

$$d_1 = 1.420 \text{ cm} \approx 2.000 \text{ cm}$$

untuk d_1 minimum diambil 7 cm

$$d_3 = \frac{1}{4} \times d_1$$

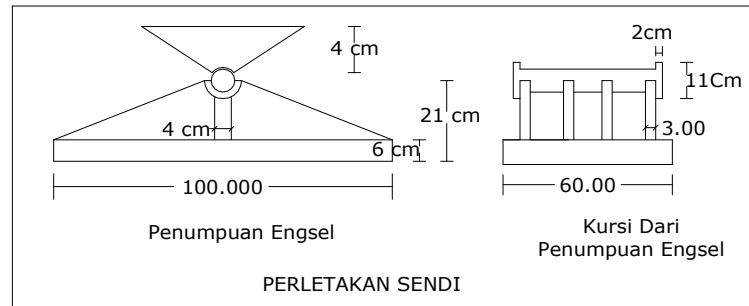
$$d_3 = \frac{1}{4} \times 7$$

$$= 1.750 \approx 2.000 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times d_3)$$

$$= 7 + (2 \times 2)$$

$$= 11 \text{ cm}$$



Gambar 4.20 Perletakan sendi

4.7.2 Perletakan Rol

- ✓ Panjang empiris dihitung dengan rumus :

$$l = L + 40$$

$$= 60 + 40$$

$$= 100 \text{ cm}$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$P_u = 32037.717 \text{ kg}$$

- ✓ Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3 \times 327551.375 \times 100}{60 \times 0.90 \times 4100}}$$

$$= 10.534 \text{ cm} \sim 11.000 \text{ cm}$$

- ✓ Diameter rol :

$$d_4 = 0.75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot (\phi \cdot f_u)^2}$$

$$f_u = 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ tegangan putus untuk A529}$$

$$= 0.75 \times 10^6 \times \frac{327551.375}{100 \times (0.90 \times 8500)^2}$$

$$= 37.780 \text{ cm} \sim 38.000 \text{ cm}$$

✓ Tebal bibir rol :

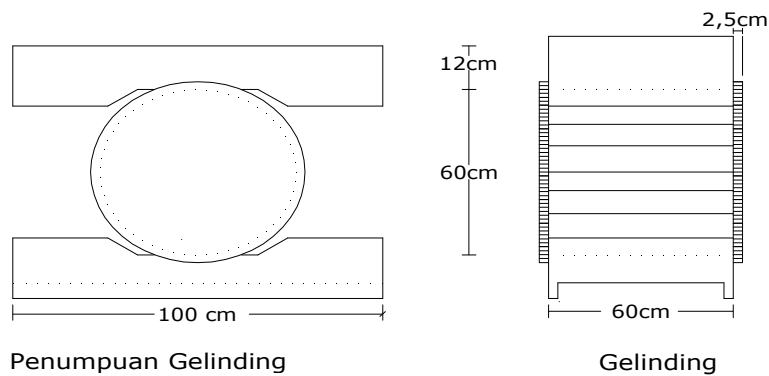
d_6 = diambil sebesar 2.50 cm (tebal pergelasan rol)

✓ Tinggi total rol :

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6$$

$$= 38 + 2 \times 2.50$$

$$= 43.000 \text{ cm}$$



PERLETAKAN ROL

Gambar 4.21 Perletakan Roll

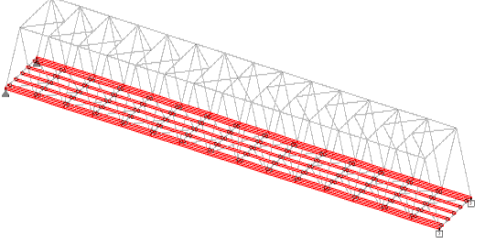
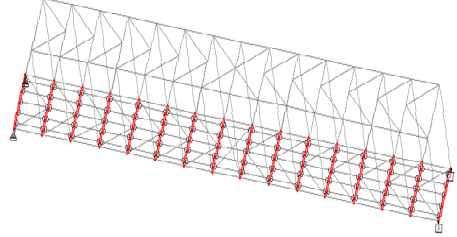
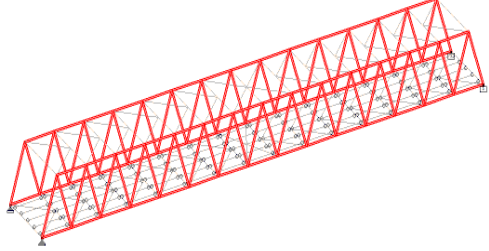
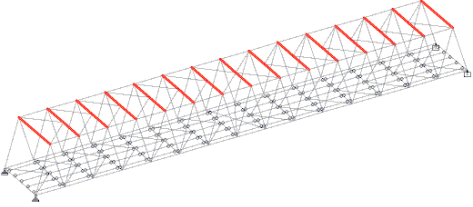
4.8 Perhitungan Kebutuhan Dan Bahan

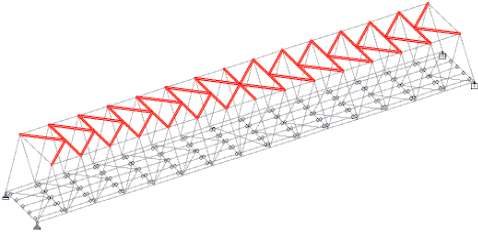
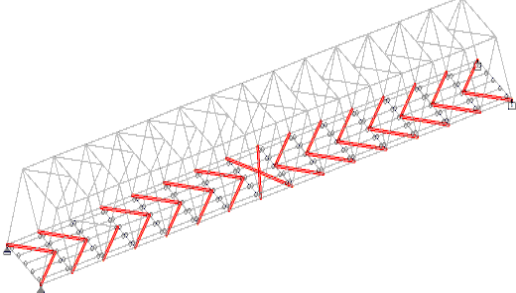
1. Profil Baja

Berat profil baja didapat dari hasil perhitungan STAAD PRO

Tabel 4.2 kebutuhan profil baja

Nama	JenisProfil/ Diameter	Berat (kg)
Gelagar Memanjang		

	<p>WF 400x200x8x13</p>	<p>19592.133</p>
<p>Gelagar Melintang</p> 	<p>WF 800x300x14x26</p>	<p>24769.258</p>
<p>Gelagar Induk</p> 	<p>WF 457 x 417x 20 x35</p>	<p>265025.781</p>
<p>Pengaku melintang atas</p> 	<p>WF 175x175x7.5x15</p>	<p>4531.431</p>

<p>Ikatan Angin atas</p> 	<p>LD 175 x 175 x 15</p>	<p>12745.152</p>
<p>Ikatan Angin bawah</p> 	<p>LD 175 x 175 x 15</p>	
<p>Total Berat</p>		<p>32663.755</p>

2 Kebutuhan Baut

a. Sambungan gelagar memanjang

- Ukuran Baut yang digunakan = $\varnothing 7/8$ "
- Jumlah titik simpul tepi = $5 \times 2 = 10$
- Jumlah baut tiap simpul tengah = 65
- Jumlah titik simpul tepi = $5 \times (12 \times 2)$
= 120
- Jumlah baut tiap simpul tengah = $120 + 16 \times 65$
= 1160

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= 120 + 1160 \\ &= 1280 \text{ buah} \end{aligned}$$

b. Sambungan gelagar melintang

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 7/8$ “
- Jumlah titik simpul = 32
- Jumlah baut tiap simpul = $6 + (6 \times 2)$
= 18
- Jumlah baut = 32×18
= 576 buah

c . Sambungan simpul ikatan angin atas

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 1/2$ “
- Jumlah titik simpul tepi = 12
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 4
Jumlah baut = 48 buah
- Jumlah titik simpul tengah = 18
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 2
Jumlah baut = 36 buah
- Jumlah baut (Tengah+tepi) = $48+36$
= 84 buah
- Total kebutuhan baut = $672 + 84$
= 756 buah

d . Sambungan simpul ikatan angin bawah

- Ukuran Baut yang digunakan = $\emptyset 1/2$ “

- Jumlah titik simpul tepi = 12
- Jumlah baut tiap simpul tepi = 12 x 4
= 48
- Jumlah titik simpul tengah = 14
- Jumlah baut tiap simpul tengah = 15 x 14
= 784
- Jumlah baut (Tengah+tepi) = 48 + 784
= 832 buah

e . Sambungan gelagar Induk

- Ukuran Baut yang digunakan = Ø 7/8 “
- Jumlah titik simpul = 12 (tepi) dan 52 (tengah)
- Jumlah baut tiap simpul = 248 (tepi)
= 956 (Tengah bawa)
= 384 (tengah tengah)
= 628 (tengah atas)

Tottal = 1968

- Jumlah baut = 12 x 248 = 2976 buah
= 2 x 1968 = 3936 buah

Total = 6912 buah

3. Kebutuhan Beton

a. Volume beton

➤ Lantai kendaraan = 0.25 x 6 x 60
= 90 m³

- Trotoir $= 0.55 \times 0.75 \times 60 \times 2$
 $= 49.500 \text{ m}^3$
- Tegel + spesi $= 0.05 \times 0.75 \times 60 \times 2$
 $= 4.500 \text{ m}^2$
- Aspal $= 0.05 \times 7.50 \times 60$
 $= 22.500 \text{ m}^3$

b. Kebutuhan Tulangan

1 lonjor = 12 cm

- Tulangan pokok D13 – 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan} &= \left[\left(\frac{60}{0,2} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,2} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,2} \times 2 \right) \right] \\ &= 5100.000 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{5100.000}{12} \\ &= 425 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

- Tulangan bagi D 13 – 250 mm

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan} &= \left[\left(\frac{60}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,25} \times 7,5 \right) + \left(\frac{60}{0,25} \times 2 \right) \right] \\ &= 4080.000 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tulangan} &= \frac{4080.000}{12} \\ &= 340 \text{ lonjor} \end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan

1. Dimensi batang tarik dan batang tekan yang dipakai untuk perencanaan jembatan rangka baja tipe *V-truss* di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut :

❖ Perencanaan batang tekan :

- Dimensi batang profil yang dipakai adalah 458 x 417 x 20 x 35 pada gelagar induk.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15 (bagian tepi).
- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15 (bagian tengah).

❖ Perencanaan batang tarik :

- Dimensi batang profil yang dipakai adalah 458 x 417 x 20 x 35 pada gelagar induk.
- Dimensi batang profil yang dipakai pada pengaku melintang atas adalah 175 x 175 x 7.5 x 15.

- Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin atas adalah $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$.
 - Dimensi batang profil yang dipakai pada gelagar ikatan angin bawah adalah $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$.
2. Dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang, melintang, dan induk yang diperlukan untuk memikul semua beban yang bekerja adalah sebagai berikut:
- a. Perencanaan gelagar memanjang :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$
 - Berat total profil bajanya sebesar 19592.133 kg
 - b. Perencanaan gelagar melintang :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $800 \times 300 \times 14 \times 26$
 - Berat total profil bajanya sebesar 24769.258 kg
 - c. Perencanaan gelagar Induk :
 - Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $458 \times 417 \times 20 \times 35$
 - Berat total profil bajanya sebesar 265025.781 kg
 - d. Perencanaan pengaku melintang atas :
 1. Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$
 2. Berat total profil bajanya sebesar 4531.431 kg
 - e. Perencanaan Ikatan angin atas dan bawah :
 1. Baja profil dipakai yang dipakai adalah WF $175 \times 175 \times 7.5 \times 15$
 2. Berat total profil bajanya sebesar 12745.152 kg

3. Jumlah baut yang digunakan untuk sambungan pada struktur jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut:

a. Baut untuk sambungan gelagar memanjang :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 1280 buah

b. Baut untuk sambungan gelagar melintang :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 576 buah

c. Baut untuk sambungan gelagar Induk dan induk :

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 7/8$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 1584 buah

d. Baut untuk sambungan Ikatan angin atas:

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 1/2$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 756 buah

e. Baut untuk sambungan Ikatan angin bawah:

- Ukuran baut yang digunakan adalah $\emptyset 1/2$
- Jumlah baut yang yang dibutuhkan sebanyak 832 buah

4. Tebal plat lantai kendaraan untuk jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan plat lantai kendaraan :

- Tebal plat beton 250 mm

- Tulangan pokok yang dipakai adalah D13 – 200
- Tulangan bagi yang dipakai D 13 – 250

b. Perencanaan Trotoar jembatan :

- Tebal Trotoar 550 mm
- Dimensi tulangan pokok D 13 – 200
- Dimensi tulangan bagi D 13 – 250

5. Model atau jenis perletakan yang cocok dipakai untuk jembatan rangka baja tipe *V-truss* Di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara adalah perletakan sendi dan perletakan roll:

5.2 Saran

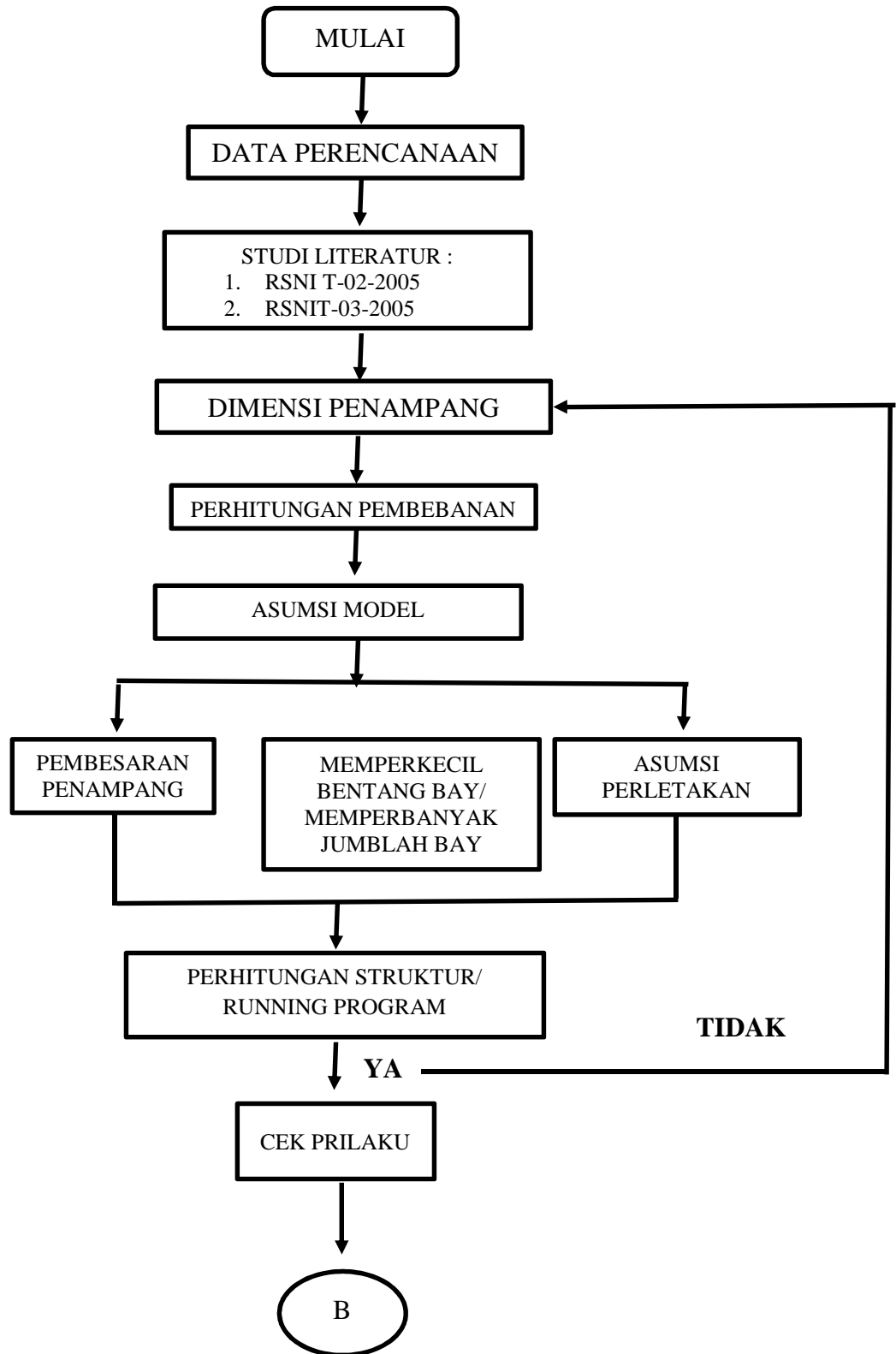
Berdasarkan hasil perencanaan yang dilakukan pada jembatan rangka dengan tipe V-Trus dan berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis memberikan saran :

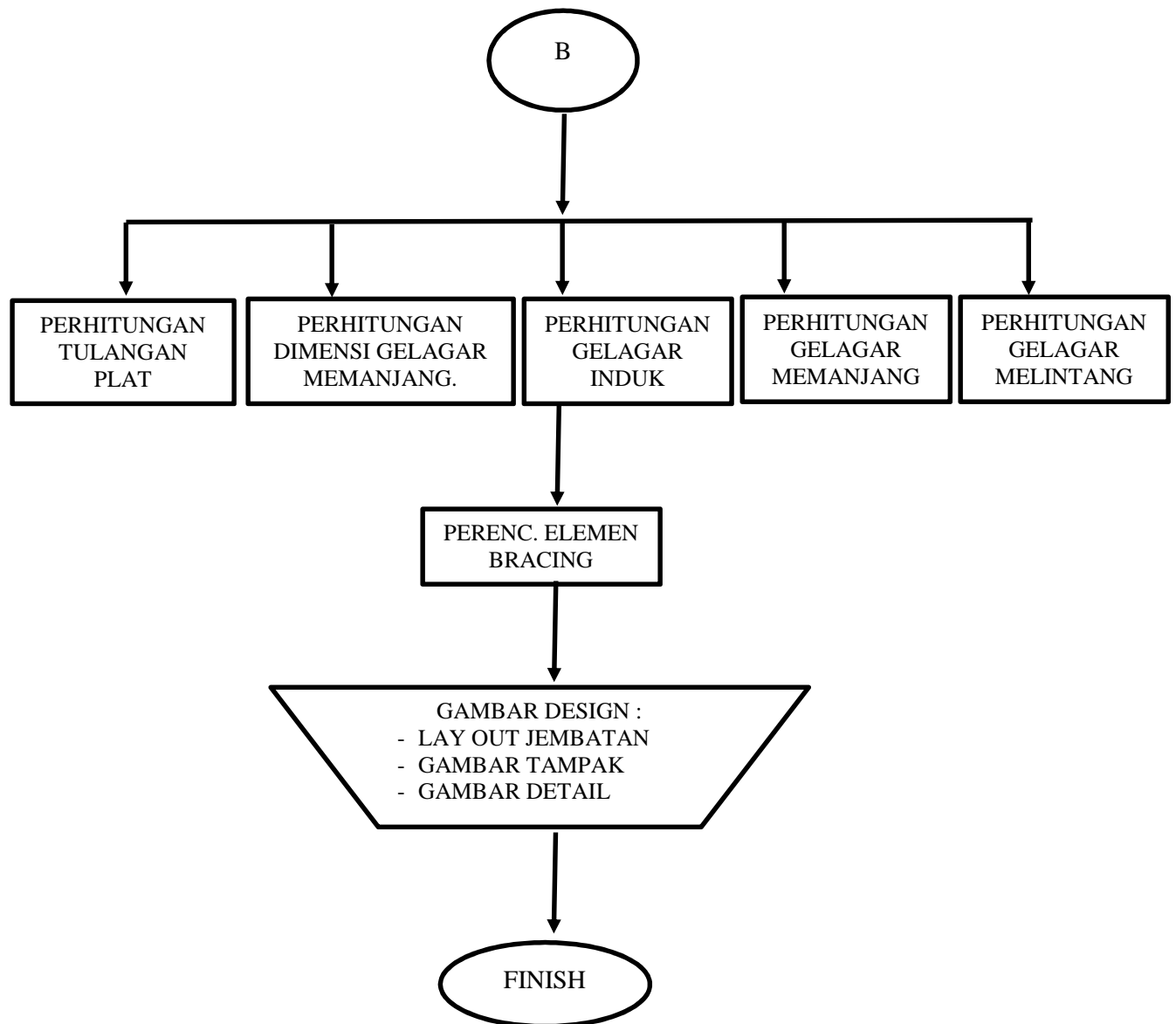
1. Untuk perencanaan Jembatan rangka baja di Kabupaten Nunukan bisa direncanakan dengan menggunakan rangka baja tipe *V-truss* sebagai salah satu alternatif dengan alasan bahwa jembatan rangka baja tipe *V-truss* bisa memberikan hasil perencanaan yang ekonomis dan kuat.
2. Dalam merencanakan pembebanan pada jembatan harus didasarkan pada standar yang sudah ditetapkan oleh badan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan akan lebih baik menggunakan standar terbaru (SNI-T 02-2005).
3. Untuk perhitungan pembebanan pada gelagar induk jembatan sebaiknya menggunakan program bantu teknik spil (STAAD Pro) tiga dimensi sehingga perhitungan pembebanan lebih akurat.

4. Sedangkan untuk perencanaan sambungan pada jembatan sebaiknya menggunakan metode yang lebih moderen dan pada perencanaan jembatan ini penulis memilih metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) dengan alasan metode ini adalah metode yang sering dipakaai karena memiliki kelebihan (struktur lebih aman dan ekonomis) dibandingkan metode yang lain.
5. Dalam merencanakan sambungan harus dihitung dengan baik dan sesuai dengan rumus yang ditetapkan dalam metode LRFD (*Load Resistance and Factor Design*) sehingga tidak menimbulkan kerusakan atau kegagalan pada struktur jembatan yang direncanakan.

3.5 Diagram Alir Perencanaan

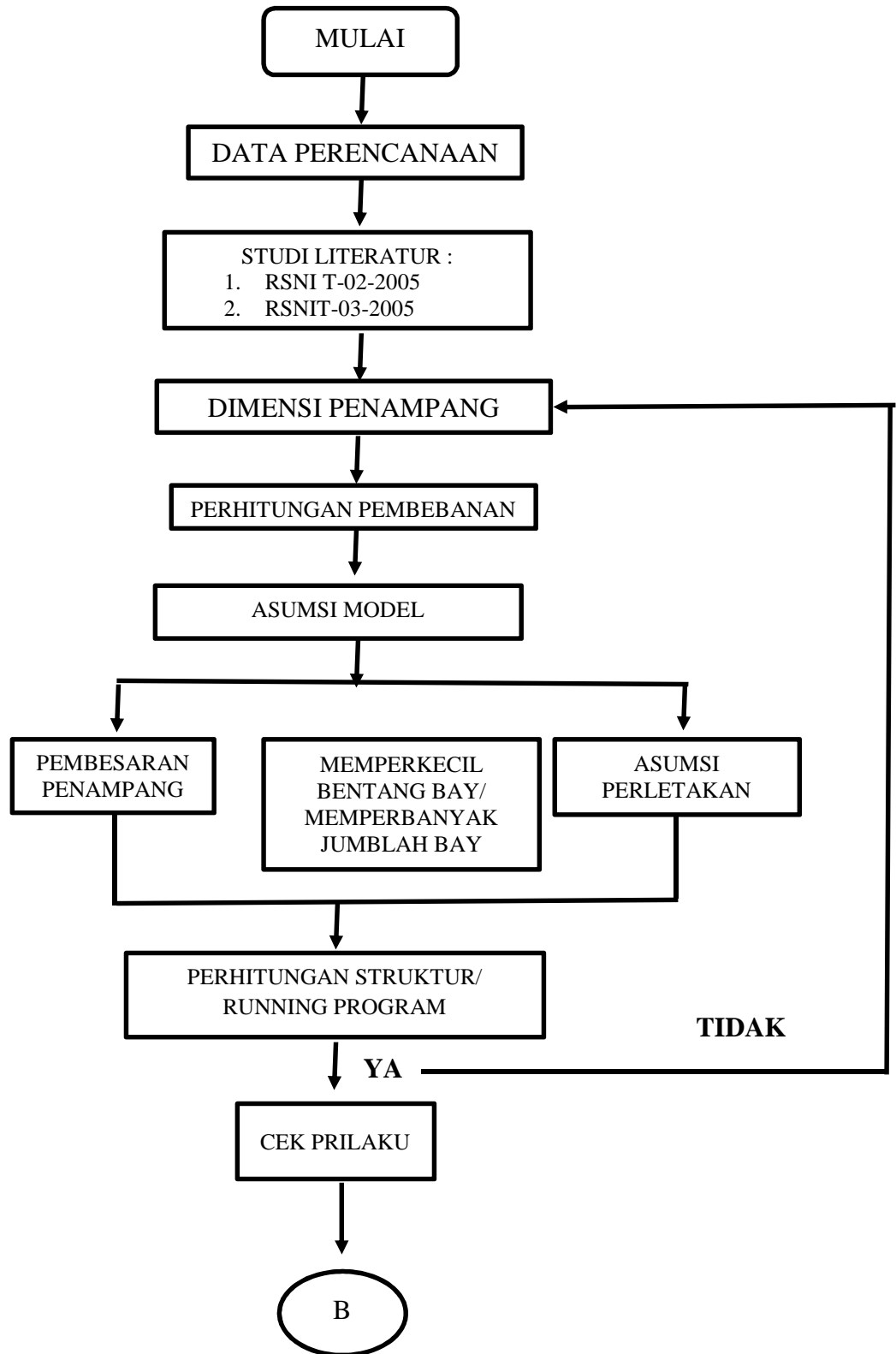
FLOW CHART

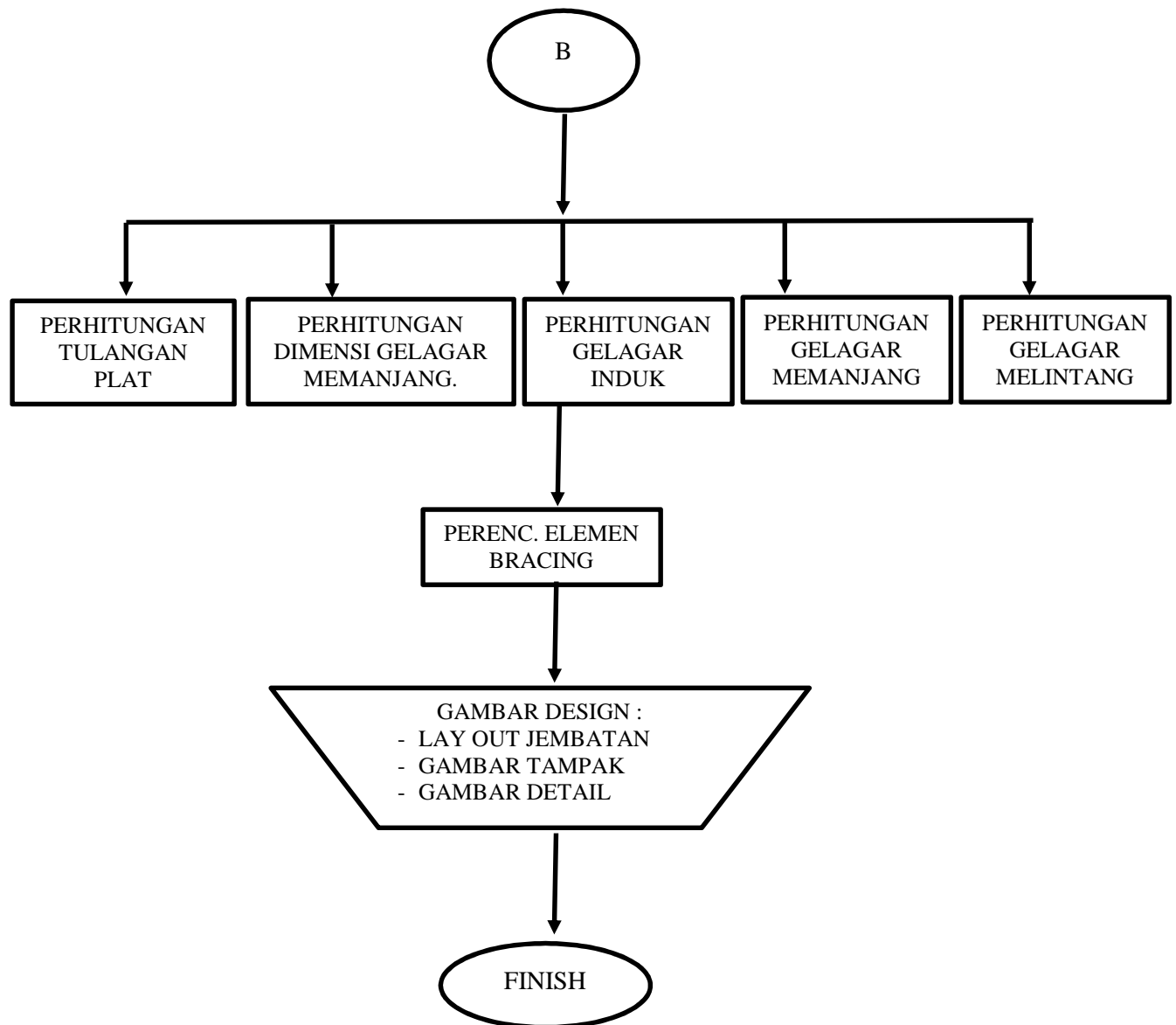




3.5 Diagram Alir Perencanaan

FLOW CHART





Daftar Pustaka

- Anonim. 1992. *Bridge Managemen System (BMS)*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI-T-02-2005. *Standar Pembebanan Jembatan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- RSNI-T-03-2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Salmon, CG dan John EJ. 1992. *Struktur Baja Desain dan Prilaku*. Edisi Ketiga. Jilid 1. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Jakarta: Erlangga.
- Struyk,HJ Ir. dkk. 1995. *Jembatan (Terjemahan Soemargono)*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

KUPERSEMBAHKAN KARYAKU

KEPADA YANG TERCINTA :

Almarhum Bapak Alexander E. Alunat dan Mama Yusmina Mellu

Saudara-saudaraku : Kakak Roby, Kakak Nimrod, Adik Amsy dan Adik Sef,

Isteri tersayang Friska dan Kedua Anakku Ezther dan Ashoka, doa dan dorong

Bapak Jothan dan Mamam Debora , Kakak Maksy, Kakak Feni, Kakak Ima dan Adik Fasti

Kakak Desa Lamech Afi

Dan semua basaudara yang selalu memberikan dukungan moral dan dorongan semangat

DENGAN MENGUCAPKAN SYUKUR DAN TERIMA KASIH KEPADA TUHAN YANG MAHA ESA ATAS SEGALA KASIH DAN PENYERTAAN-NYA SEHINGGA DAPAT MENYELESAIKAN PENDIDIKAN S-1 TEKNIK SIPIL TEPAT WAKTU DAN ATAS SEGALA KEMUDAHAN YANG SAYA DAPAT DALAM PENULISAN SKRIPSI INI.....

DENGAN TERSELESAINYA TUGAS AKHIR INI SAYA UCAPKAN TERIMA KASIH KEPADA REKAN-REKAN YANG SENANTIASA BANTUAN DAN MASUKAN DALAM PENULISAN SKRIPSI SAYA INI :

ROMARIO GOMANGANI, MARIO PANDU, ARIF JEMEDAN, MAKSUM DAN SELMUA REKAN SIPIL ANGKATAN 2012 ATAS PERSAHABATANNYA DAN KEBERSAMAAN DALAM PERJUANGAN UNTUK MERAH GELAR S-1 TEKNIK SIPIL.

TERIMA KASIH SAYA UCAPKAN KEPADA SEMUA BAPAK/IBU DOSEN ATAS SEGALA JERIH PAYAHNYA TELAH MENUNTUN DAN MENGAJAR SELAMA KAMI MENUNTUT ILMU DI ITN MALANG.

JUGA BUAT REKAN-REKAN YANG HUMORIS YANG MENCIPTAKAN KENANGAN MANIS DI ITN:

PAK THOMAS, MAS MAHFUD DAN MAS PRASETYO.

TERIMA KASIH UNTUK PAK AGUS SANTOSA SEBAGAI KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN IBU MUNASIH SELAKU SEKRETARIS JURUSAN ATAS SEGALA BANTUANNYA SELAMA SAYA MENGURUS ADMINISTRASI DI JURUSAN.

TERIMA KASIH YANG TULUS KEPADA BAPAK IR. H. SUDIRMAN INDRA, MT DAN BAPAK MOH. ERFAN, ST,MT ATAS BIMBINGANNYA SELAMA SAYA MENYUSUN SKRIPSI. JUGA TERIMA KASIH KEPADA BAPAK IR. AGUS SANTOSA, MT DAN BAPAK BAMBANG WEDYANTADJI, MT SEBAGAI DOSEN PEMBAHAS ATAS SEGALA KOREKSI, BIMBINGAN DAN ARAHAN SELAMA UJIAN DAN PERBAIKAN SKRIPSI SAYA.

TERIMA KASIH TUHAN ATAS SEMUA KUASA DAN KEBAIKAN-MU YANG TELAH SAYA PEROLEH DALAM PENYUSUNAN SKRIPSI INI.....

VINI, VIDI, VICI

**BETA DATANG DI MALANG
BETA BELAJAR DI ITN
DAN HARI INI BETA BERHASIL**

KARENA

SEGALA PERKARA DAPAT KUTANGGUNG DI DALAM DIA YANG MEMBERIKAN KEKUATAN KEPADA-KU..... (FILIPPI 4:13)







GAMBAR