

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
DI KABUPATEN NUNUKAN**



Disusun oleh:

SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI

12.21.139

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

ABSTRAKSI

“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD DI KABUPATEN NUNUKAN” Oleh : Seprianus Romario Gomangani (Nim : 1221139), Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra M.Sc, Dosen Pembimbing II : Ir. Bambang Wedyantadji ,MT. Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menyatukan jalan yang terputus oleh rintangan, misalnya sungai, rawa, dan lain -lain. Dalam penyusunan skripsi ini Penulis mrencanakan 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 jembatan. Dalam merencanakan jembatan ini penulis memilih melakukan Perencanaan struktur jembatan rangka Baja tipe *K-Truss*. Mengingat pentingnya peranan jembatan bagi kehidupan manusia, maka harus ditinjau kelayakan konstruksi jembatan tersebut, dalam kaitannya dengan keselamatan, maka perlu diperhatikan juga tingkat keamanan dan kenyamanan dalam penggunaan jembatan tersebut. Sehingga layak atau tidaknya untuk digunakan

Pengambilan judul ini bertujuan untuk dapat merencanakan struktur jembatan rangka baja yang memiliki bentang tengah 60 m, lebar lantai kendaraan 6 m, lebar trotoar 0,75 m, dan tinggi jembatan 8 m, dapat mengetahui nilai perencanaan struktur atas jembatan baja tipe *K-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 tulangan D13 untuk tulangan bagi dan tulangan pokok pada pelat lantai kendaraan dan trotoar, struktur profil baja WF350x175x7x11 sebagai gelagar memanjang, WF700x300x13x24 sebagai gelagar melintang, WF200x200x8x12 sebagai pengaku, LD150x150x12 sebagai ikatan angin atas, dan LD150x150x12 sebagai ikatan angin bawah, perencanaan shear conector menggunakan stud berkepala Ø7/8” untuk gelagar memanjang, Ø11/8” untuk gelagar melintang, perencanaan sambungan menggunakan baut Ø11/8” untuk gelagar induk, Ø7/8” untuk sambungan memanjang dan melintang, dan perletakan jembatan Nunukan menggunakan Sendi dan Rol.

Kata kunci : Baja, Struktur atas Jembatan, Profil WF, Tipe K-truss, LRFD

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. Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Dosen pembimbing II..

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

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

Malang, September 2016

Penyusun



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI
NIM : 12.21.139
JURUSAN/PRODI : TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

***“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD DI
KABUPATEN NUNUKAN”***

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, 5 September 2016

Yang membuat pernyataan,



(SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI)

NIM. 12.21.139

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
DI KABUPATEN NUNUKAN**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada hari : Kamis
Tanggal : 11 Agustus 2016
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil*

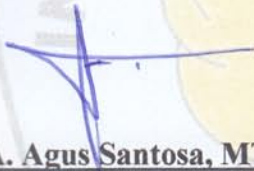
Disusun Oleh :

SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI

12.21.139

Disahkan Oleh:

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

Sekretaris



(Ir. Munasih, MT.)

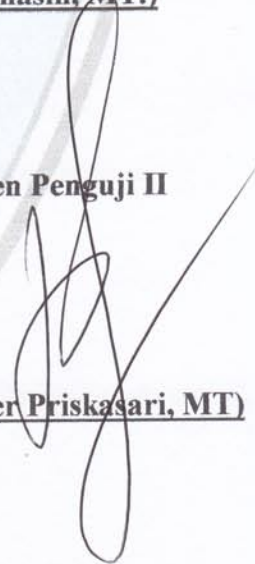
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Penguji II



(Ir. Ester Priskasari, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
DI KABUPATEN NUNUKAN**

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

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI

12.21.139

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. H. Sudirman Indra., MSc.)

(Ir. Bambang Wedvantadji, MT.)

Malang, September 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
DI KABUPATEN NUNUKAN**

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

Pada hari : Kamis

Tanggal : 11 Agustus 2016

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

Disusun Oleh :

SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI

12.21.139

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. Ester Priskasari, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD
DI KABUPATEN NUNUKAN**

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

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI

12.21.139

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



(Ir. H. Sudirman Indra., MSc.)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

Malang, 8 September 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2016



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI
NIM : 12.21.139
JURUSAN/PRODI : TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

***“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA
TIPE K-TRUSS DENGAN MENGGUNAKAN METODE LRFD DI
KABUPATEN NUNUKAN”***

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, 5 September 2016

Yang membuat pernyataan,

(SEPRIANUS ROMARIO GOMANGANI)

NIM. 12.21.139

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAKSI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Definisi Jembatan secara umum	6

2.1.1	Macam-macam jembatan	6
2.1.2	Tipe-tipe Jembatan	7
2.1.3	Bagian-bagian Jembatan <i>K-Truss</i>	11
2.2	Sifat dan Karakteristik Material Baja	12
2.2.1	Sifat Mekanis Baja	12
2.2.2	Faktor Reduksi Kekuatan	12
2.3	Pembebanan	13
2.3.1	Beban Primer	13
2.3.2	Beban Sekunder	18
2.4	Pelaksanaan Jembatan.....	21
2.4.1	Plat Lantai Kendaraan dan Trotoar	21
2.4.2	Perencanaan Gelagar Memanjang dan Melintang	23
2.4.3	Perencanaan Gelagar Induk	29
2.4.4	Perencanaan Ikatan angin	31
2.4.5	Teori Perletakan	32
2.4.6	Teori Desain Struktur Baja dengan metode LRFD	32
2.4.7	Desai Struktur Baja dengan Metode LRFD	34
2.4.8	Perencanaan Sambungan Baut	42
2.4.9	Perencanaan Perletakan	67
2.5	Metode Pelaksanaan Jembatan <i>cantilever</i>	78
BAB III METODELOGI PERENCANAAN		80

3.1	Data Perencanaan	80
3.1.1	Gambar Perencanaan	80
3.1.2	Data stuktur	81
3.1.3	Data Pembebanan	82
3.2	Bagan Alir Perencanaan	83
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		85
4.1	Perhitungan Plat lantai Kendaraan	85
4.1.1	Perhitungan Pembebanan	85
4.1.2	Perhitungan Statika	87
4.1.3	Perhitungan Penulangan plat lantai dan trotoar	90
4.2	Perhitungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang	106
4.2.1	Perhitungan Perataan Beban	106
4.2.2	Perhitungan Gelagar Memanjang	111
4.2.3	Perhitungan Gelagar Melintang	128
4.2.4	Perhitungan Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang.....	149
4.3	Perencanaan Gelagar Induk	154
4.3.1	Perhitungan Dimensi Batang tekan.....	172
4.3.2	Perhitungan Dimensi Batang tarik	181
4.3.2	Perhitungan Sambungan Gelagar Induk dan Melintang	194
4.3.4	Perhitungan Sambungan gelagar Induk - Induk.....	199
4.4	Perhitungan Perletakan Jembatan	268
4.5	Perhitungan Kebutuhan Dan Bahan	280

BAB V PENUTUP.....	284
---------------------------	------------

5.1 kesimpulan	284
----------------------	-----

5.2 Saran	285
-----------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Jembatan dinding penuh	7
2.2	Jembatan rangka sederhana	8
2.3	jembatan rangka menerus	8
2.4	Jembatan Kantilever	9
2.5	Jembatan lengkung (<i>arch</i>).....	9
2.6	Jembatan Gantung (<i>suspension bridge</i>).....	10
2.7	Jembatan <i>K-truss</i>	10
2.8	Bagian – bagian Jembatan <i>K-truss</i>	11
2.9	Beban Lajur “D”.....	15
2.10	Pembebanan Truk “T”	16
2.11	Faktor beban Dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”.....	17
2.12	Faktor Pembebanan Untuk Pejalan Kaki.....	18
2.13	Grafik Gaya rem per lajur 2,75 m.....	19
2.14	Tulangan rangkap pada plat lantai.....	22
2.15	Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal di slab beton ...	25
2.16	Perencanaan <i>shear conector</i>	28
2.17	Kurva hubungan tegangan vs renggangan	32
2.18	Bagian Kurva hubungan tegangan vs renggangan yang diperbesar	33
2.19	Penampang melintang batang-batang Tarik	37
2.20	Faktor panjang tekuk efektif	40
2.21	Penampang batang lentur	41

2.22	Sambungan gelagar melintang dan memanjang	43
2.23	Kegagalan tarik baut	44
2.24	Kegagalan geser baut ada ulir	45
2.25	Kegagalan tumpu baut ada uli	47
2.26	Jarak baut ketepi penyambung.	47
2.27	Jarak baut dari pusat ke pusat ..	48
2.28	Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan.....	49
2.29	sambungan gelagar melintang dan gelagar induk	51
2.30	Kegagalan tarik baut	53
2.31	Kegagalan geser baut ada ulir	54
2.32	Kegagalan tumpu baut ada uli	55
2.33	Jarak baut ketepi penyambung.	56
2.34	Jarak baut dari pusat ke pusat ..	56
2.35	Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan.....	57
2.36	Sambungan plat simpul gelagar Induk	60
2.37	Kegagalan geser baut ada ulir.....	61
2.38	Kegagalan tumpu baut ada uli	63
2.39	Jarak baut ketepi penyambung.	63
2.40	Jarak baut dari pusat ke pusat ..	64
2.41	Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan.....	65
2.42	Konstruksi perletakan sendi	67
2.43	Konstruksi perletakan Rol	70
2.44	Bantalan Elastomer	72

2.45	Potongan Elastomer	72
2.46	Pelaksanaan sistem cantilever	79
3.1	Potongan Memanjang jembatan tipe <i>truss span</i>	80
3.2	Potongan Memanjang jembatan tipe <i>k-truss</i>	81
3.3	Potongan Melintang jembatan tipe <i>k-truss</i>	81
4.1	Kondisi I pembebanan pada lantai kendaraan	87
4.2	Kondisi II pembebanan pada lantai kendaraan	87
4.3	Kondisi III pembebanan pada lantai kendaraan	88
4.4	Kondisi IV pembebanan pada lantai kendaraan	88
4.5	Penulangan plat lantai per 1 m	105
4.6	Penulangan Trotoar	105
4.7	Perataan bebabn plat lantai dan trotoar	106
4.8	Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”	113
4.9	Input beban Mati plat lantai	114
4.10	Momen yang terjadi akibat beban plat lantai	115
4.11	Gaya geser yang terjadi akibat beban plat lantai	115
4.12	beban lajur “D”	115
4.13	Momen yang terjadi akibat beban lajur “D”	115
4.14	Gaya geser yang terjadi akibat beban lajur “D”	115
4.15	Beban hidup yang bekerja di gelagar tepi memanjang	116
4.16	Momen yang bekerja di gelagar tepi memanjang	116
4.17	Gaya geser yang bekerja di gelagar tepi memanjang	116
4.18	Profil baja WF gelagar Memanjang	117

4.19	Diagram penampang plastis	120
4.20	Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur D”	130
4.21	Input beban mati plat lantai dan trotoar	132
4.22	momen akibat beban mati plat lantai dan trotoar	132
4.23	Gaya geser akibat beban mati plat lantai dan trotoar	132
4.24	Input beban berat sendiri gelagar memanjang	133
4.25	Momen akibat berat sendiri gelagar memanjang	133
4.26	Gaya geser akibat berat sendiri gelagar memanjang	133
4.27	Input beban akibat beban lajur “D”	133
4.28	Momen akibat beban lajur “D”	134
4.29	Gaya geser akibat beban lajur “D”	134
4.30	Input beban hidup trotoar	134
4.31	Momen akibat beban hidup trotoar	134
4.32	Gaya geser akibat beban hidup trotoar.....	135
4.33	Beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar memanjang	135
4.34	Momen akibat beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar Memanjang	135
4.35	Gaya geser akibat beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar meman.....	135
4.36	beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang	136
4.37	Momen akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang.	136
4.38	Gaya geser akibat beban hidup trotoar yang bekerja	

pada gelagar memanjang.	136
4.39 Beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang	136
4.40 Momen akibat Beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang.	137
4.41 Gaya geser akibat Beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang	137
4.42 Profil baja WF gelagar Melintang	138
4.43 Diagram penampang plastis	140
4.44 Sambungan gelagar Melintang dan Memanjang	149
4.45 Luas beban yang terkena angin	162
4.46 Profil gelagar Induk (Tekan)	172
4.47 Profil gelagar Melintang atas (Tekan)	175
4.48 Profil ikatan angin atas	178
4.49 Profil gelagar Induk (Tarik)	181
4.50 profil gelagar Melintang atas (Tarik).....	185
4.51 Profil ikatan angin bawa	190
4.52 Sambungan Gelagar Indik Dan Gelagar Melintang	194
4.53 potongan A – A join 1	204
4.54 potongan A – A join 3	210
4.55 potongan A – A join 24.....	217
4.56 potongan A – A join 31	224
4.57 potongan A – A join 4	232
4.58 potongan A – A join 15	239

4.59	potongan A – A join 8	248
4.60	potongan A – A join 34	256
4.61	perletakan roll	272
4.62	perletakan sendi	275

DAFTAR TABEL

2.1	Sifat Mekanis Baja Struktural	12
2.2	Faktor Reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit.....	12
2.3	Faktor Beban untuk Berat sendiri	13
2.4	Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	14
2.5	Faktor Beban Lajur “D”	15
2.6	Faktor Beban untuk Beban truk “T”	16
2.7	Faktor Beban untuk Beban trotoar/Pejalan kaki	18
2.8	Faktor Beban untuk Beban Gaya Rem	19
2.9	Faktor Beban untuk Beban Angin	20
2.10	Kecepatan Angin Rencana v_w	20
2.11	Kombinasi Pembebanan untuk keadaan atas kelayakan dan ultimit	31
2.12	Tabel Muller Breslaw.....	69
4.1	Momen Pada tumpuan dan Lapangan.....	89
4.2	Menentukan Letak garis netral (gelagar memanjang).....	120
4.3	Menentukan Momen inersia beton dan baja	121
4.4	Menentukan Letak garis netral (gelagar melintang)	141
4.5	Menentukan Momen inersia beton dan baja	141
4.6	Luas bidang yang terkena angin.....	166
4.7	Kebutuhan profil baja	280

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan secara umum merupakan suatu struktur konstruksi yang memungkinkan menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Perencanaan jembatan tidak hanya mempertimbangkan aspek struktural dan transportasi saja, tetapi juga perlu meninjau aspek ekonomi dan estetika.

Provinsi Kalimantan Utara merupakan salah satu Provinsi yang banyak penduduknya Indonesia. Dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang bertambah setiap tahunnya, kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi otomatis akan meningkat untuk menunjang kegiatan sehari-hari penduduk seperti kegiatan perekonomian, pendidikan, sosial budaya, dan kegiatan penghidupan lainnya.

Tidak terkecuali pada pembangunan sarana transportasi di wilayah Kecamatan Sembakung. Salah satu Kecamatan yang terletak di Kabupaten Nunukan. Sebagai urat nadi perekonomian nasional, Pembangunan Jaringan Jalan dan Jembatan diharapkan mampu menghubungkan Jalan Provinsi, menghubungkan antar Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Utara,

maupun meningkatkan penanganan non lintas agar senantiasa dapat berfungsi untuk mendukung kelancaran arus lalu lintas barang dan jasa yang dipisahkan oleh sungai.

Dalam merencanakan jembatan ini penulis memilih melakukan Perencanaan struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss*. Mengingat pentingnya peranan jembatan dalam kegiatan transportasi, maka harus ditinjau kelayakan konstruksi jembatan tersebut, dalam hubungannya dengan klasifikasi jembatan sesuai dengan tingkat pelayanan dan kemampuannya dalam menerima beban. Dalam kaitannya dengan keselamatan, maka perlu diperhatikan juga tingkat keamanan dan kenyamanan dalam penggunaan jembatan tersebut, sehingga layak atau tidaknya untuk digunakan. Metode yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini adalah metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*).

Berdasarkan dari tinjauan diatas maka penulis memilih judul Skripsi :

“Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe K-truss Dengan Menggunakan Metode LRFD Di Kabupaten Nunukan”

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa dimensi plat lantai kendaraan dan trotoar dan dimensi tulangan yang dipake pada jembatan rangka baja tipe *k-truss* ?
2. Berapa dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang, melintang, dan induk yang diperlukan untuk memikul semua beban yang bekerja ?

3. Berapa nilai kapasitas terbesar pada sambungan baja jembatan rangka tipe *k-truss* ?
4. Berapa jumlah baut yang diperlukan untuk sambungan pada gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk jembatan ?
5. Berapa dimensi ikatan angin yang digunakan pada struktur jembatan rangka tipe *k-truss* ?
6. Berapa nilai kapasitas tumpuan terbesar pada struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss* ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan Skripsi ini adalah untuk menganalisa dan mengetahui perencanaan struktur atas jembatan profil baja tipe *k-truss* yang sesuai secara teknis yang aman dan optimal.

Adapun Tujuan dari penulisan Skripsi ini yaitu :

1. Dapat mengetahui dimensi plat lantai kendaraan dan trotoar dan dimensi tulangan yang dipake pada jembatan rangka baja tipe *k-truss*
2. Dapat mengetahui dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang, melintang, dan induk yang diperlukan untuk memikul semua beban yang bekerja.
3. Dapat mengetahui nilai kapasitas terbesar pada sambungan baja jembatan rangka tipe *k-truss*
4. Dapat mengetahui jumlah baut yang diperlukan untuk sambungan pada gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk jembatan.

5. Dapat mengetahui dimensi ikatan angin yang digunakan pada struktur jembatan rangka tipe *k-truss* .
6. Dapat mengetahui nilai kapasitas tumpuan terbesar pada struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss*.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat 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 (*upper structure*) dan bangunan bawah (*lower structure*), maka penulis membatasi pembahasan pada struktur atas (*upper structure*) yang meliputi :

1. Perencanaan Lantai trotoar dan kendaraan
2. Perencanaan gelagar Memanjang, Melintang, dan Induk
3. Perencanaan Sambungan
4. Perencanaan Jumlah Baut
5. Perencanaan Ikatan angin
6. Perencanaan Perletakan

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

1. RSNI-T-03-2005, Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.
2. SNI-T-02-2005, Standar pembebanan Jembatan.

3. Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga.
4. CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Edisi III, 1992
5. BMS (*Bridge Managemen System*) 1992, perencanaan perletakan elastomer.
6. Metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*), digunakan dalam perencanaan sambungan.
7. Program bantu STAAD PRO Untuk perhitungan statika (Gaya-gaya yang bekerja pada jembatan)

1.5 Manfaat

Sedangkan manfaat dari perencanaan struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss* Pada Jembatan Nunukan Kecamatan Sembakung Kalimantan Utara adalah memberikan alternatif model struktur untuk jembatan dengan menggunakan standar pembebanan SNI T-02-2005.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Jembatan Secara Umum

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

2.1.1 Macam-macam Jembatan

Secara garis besar, macam-macam jembatan antara lain :

1. Jembatan Kayu

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

2. Jembatan Beton

Beton telah banyak dikenal dalam dunia konstruksi. Dengan kemajuan teknologi beton, sehingga diperoleh bentuk penampang beton yang beragam. Dalam kenyataan sekarang, jembatan beton tidak hanya berupa beton bertulang konvensional, tetapi telah dikembangkan berupa jembatan prategang.

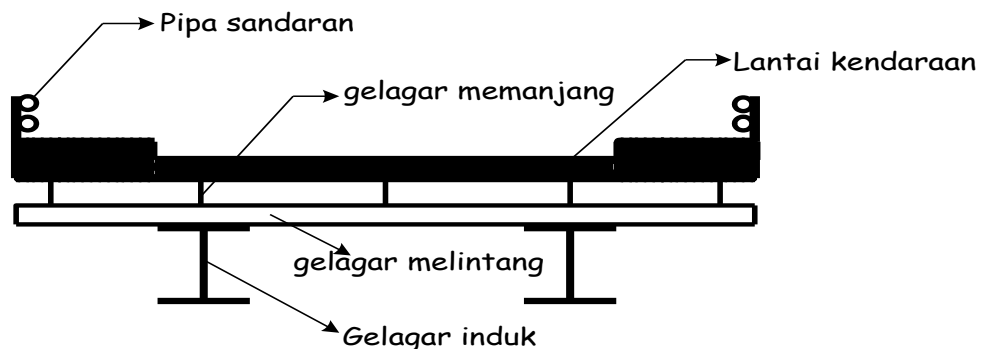
3. Jembatan Baja

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

2.1.2 Tipe-tipe Jembatan Baja

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

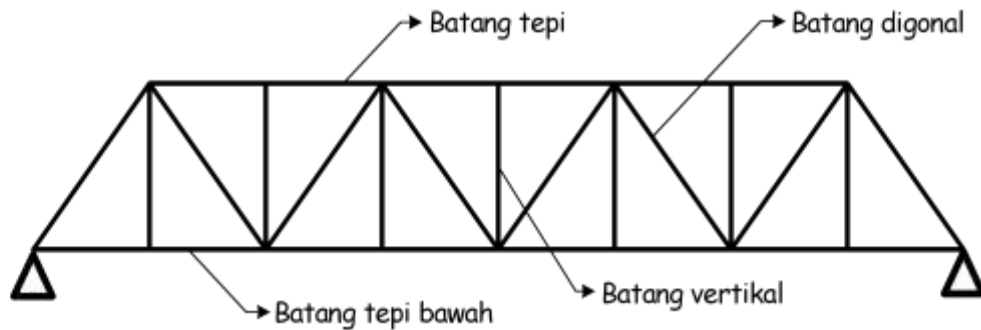
Jembatan ini terdiri dari gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk sedangkan lantai kendaraan umumnya terletak rendah. Biasanya digunakan pada bentang 80 ft sampai 150 ft.



Gambar 2.1. Jembatan dinding penuh

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

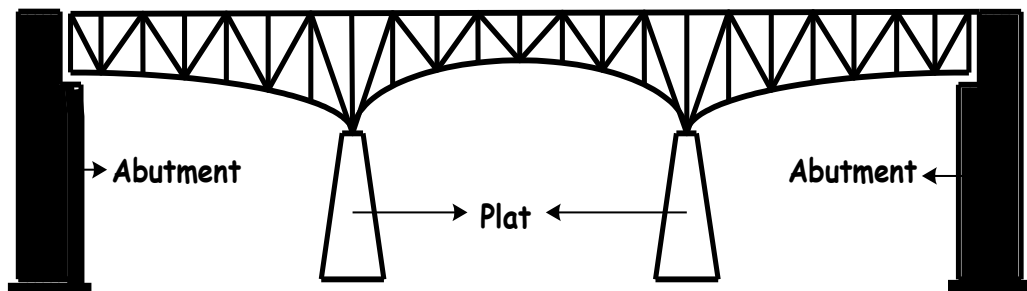
Jembatan ini terdiri dari gelagar induk, gelagar melintang, dan gelagar memanjang biasanya digunakan dalam jembatan menengah yaitu 150 ft sampai dengan 600 ft



Gambar 2.2. Jembatan rangka sederhana

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

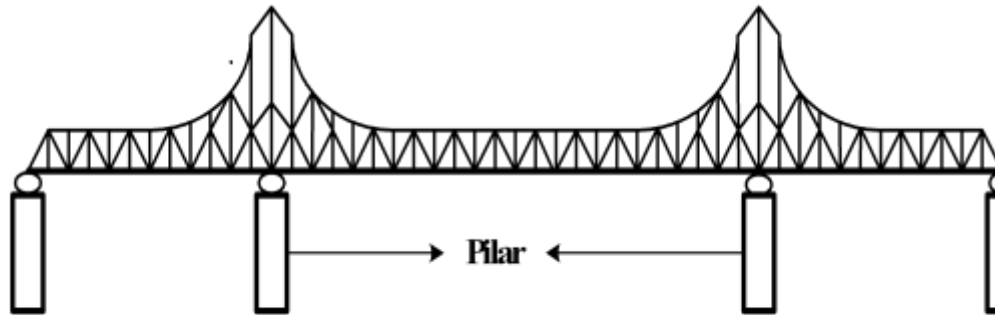
Jembatan ini terdiri dari rangka / truss yang menerus dimana tumpuan berada ditengah bentang yang tidak terpisah, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 150 ft sampai dengan 600 ft.



Gambar 2.3. Jembatan rangka menerus

4. Jembatan kantilever (*Cantilever Bridge*)

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

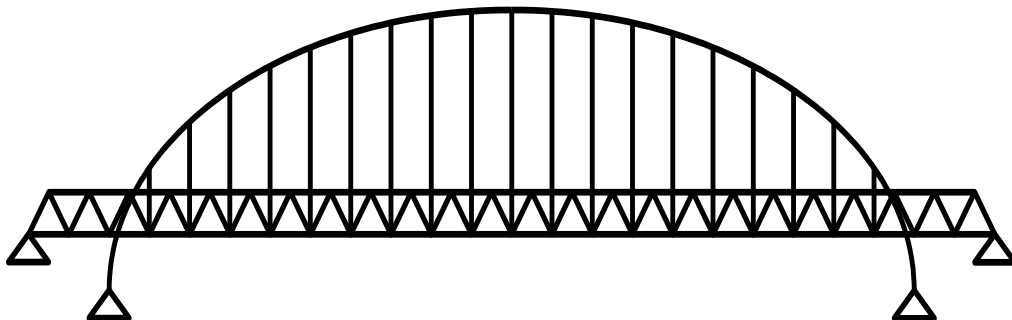


o

Gambar 2.4. Jembatan kantilever

5. Jembatan lengkung (*Steel Arches Bridge*)

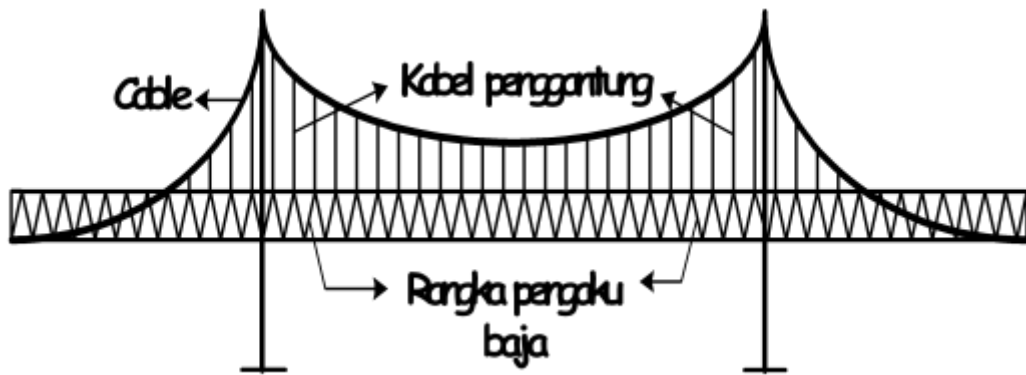
Konstruksi jembatan ini terdiri dari batang penggantung, batang dan gelagar pengaku, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 100 ft sampai dengan 1800 ft. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang searah pada beban tegak lurus.



Gambar 2.5. Jembatan lengkung (*arch*)

6. Jembatan gantung (*Suspension Bridge*)

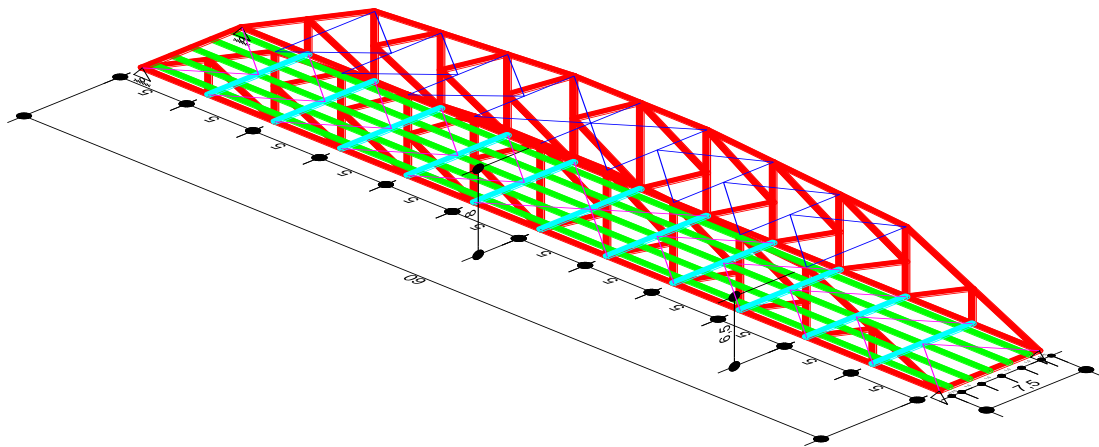
Konstruksi utama dari jembatan ini terdiri dari kabel yang terbentang diatas menara atau tiang penegar, kabel penggantung / hanger, balok-balok penegar gelagar, angker, jembatan ini biasanya digunakan pada bentang 400 ft sampai 10000 ft.



Gambar 2.6. Jembatan gantung (*suspension bridge*)

8. Jembatan rangka baja (*k-truss*)

Struktur bagian atas dari jembatan ini sendiri meliputi :

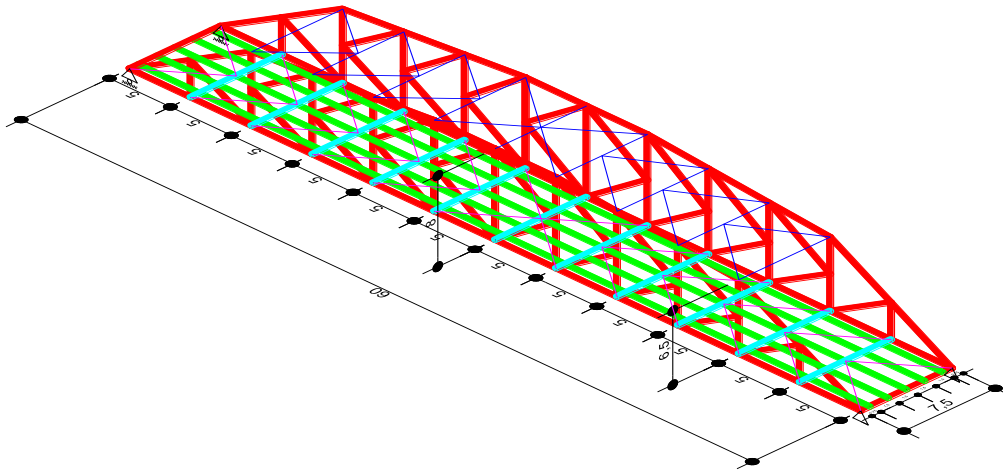


Gambar 2.7 Geometri jembatan *k-truss*

2.1.3 Bagian-bagian Jembatan K-truss

Pada dasarnya semua jembatan terdiri dari dua bagian utama, yaitu struktur bagian atas (*upper structure*) dan struktur bagian bawah (*lower structure*). Dalam hal ini yang akan dibahas lebih lanjut adalah struktur bagian atas.

Struktur bagian atas dari jembatan ini sendiri meliputi :



Gambar 2.8 Bagian-bagian jembatan *k-truss*

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

2.2 Sifat dan Karakteristik Material Baja

2.2.1 Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis baja struktural yang digunakan untuk perencanaan harus memenuhi persyaratan seperti berikut ini :

Tabel 2.1 Sifat mekanis baja struktural.

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

(Sumber : RSNI T – 03 – 2005; halaman 8)

2.2.2 Faktor Reduksi Kekuatan

Factor reduksi kekuatan , ϕ diambil nilai-nilai untuk keadaan batas ultimit.

Tabel 2.2 Faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit.

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

(Sumber : RSNI T – 03 – 2005; halaman 10)

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 dari bagian bangunan jembatan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktur yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktur, ditambah dengan elemen non struktur yang dianggap tetap.

Tabel 2.3 Faktor beban untuk berat sendiri

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

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

b. Beban Mati Tambahan

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

Tabel 2.4 Faktor beban untuk beban mati tambahan

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

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 12)

c. Beban Lajur “D”

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

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

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

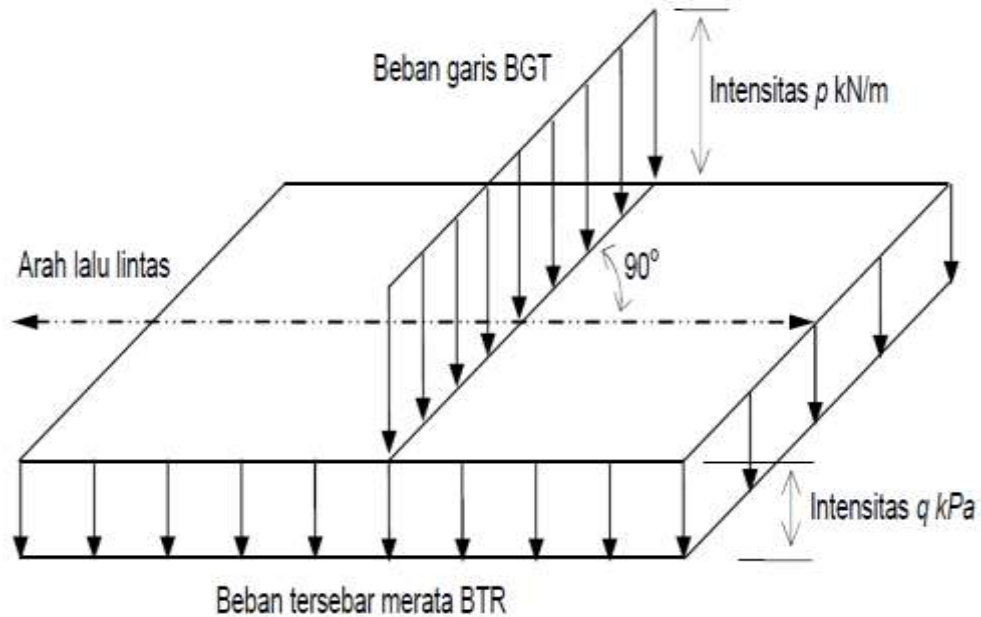
(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 18)

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. Beban “D” harus ditempatkan pada dua jalur lalu lintas rencana yang berdekatan untuk lebar lebih besar Dari 5,5 m dan bekerja dengan intensitas 100% selebar 5,5 m dan sisa jalan bekerja 50 %.

Tabel 2.5 Faktor beban lajur “D”

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Transien	1,8

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



Gambar 2.9 Beban lajur “D”

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 18)

d. Beban Truk “T”

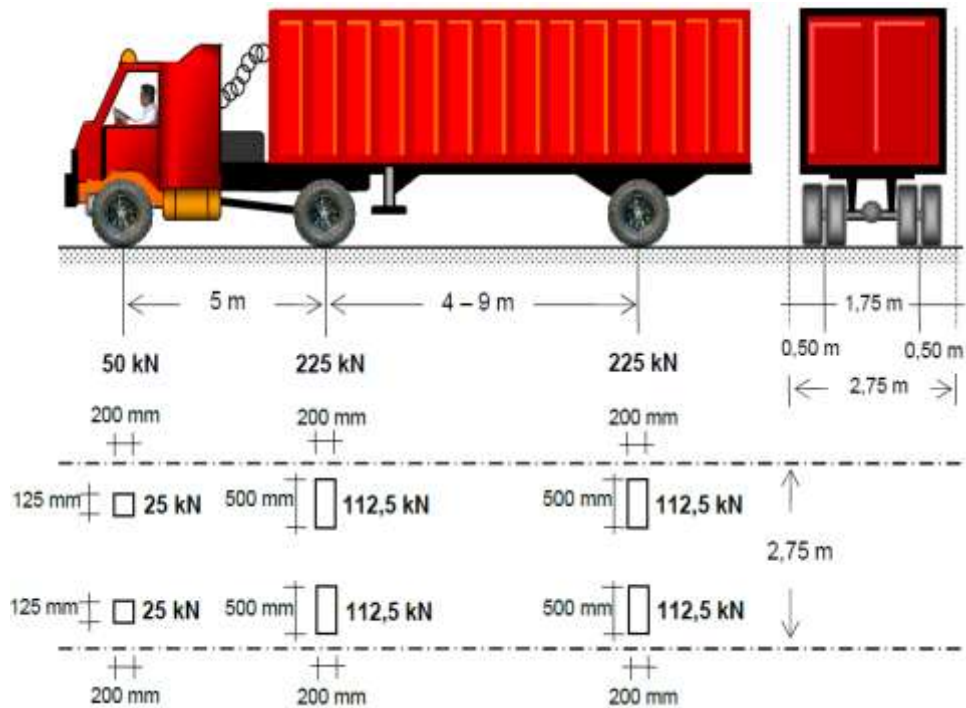
Beban truk “T” adalah suatu beban kendaraan berat dengan 2 as yang ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Ukuran-ukuran serta kedudukan seperti pada gambar dibawah. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang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

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 22)

Tabel 2.6 Faktor beban untuk beban truk “T”

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Transien	1,8

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 22)



Gambar 2.10 Pembebanan truk “T”

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 22)

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

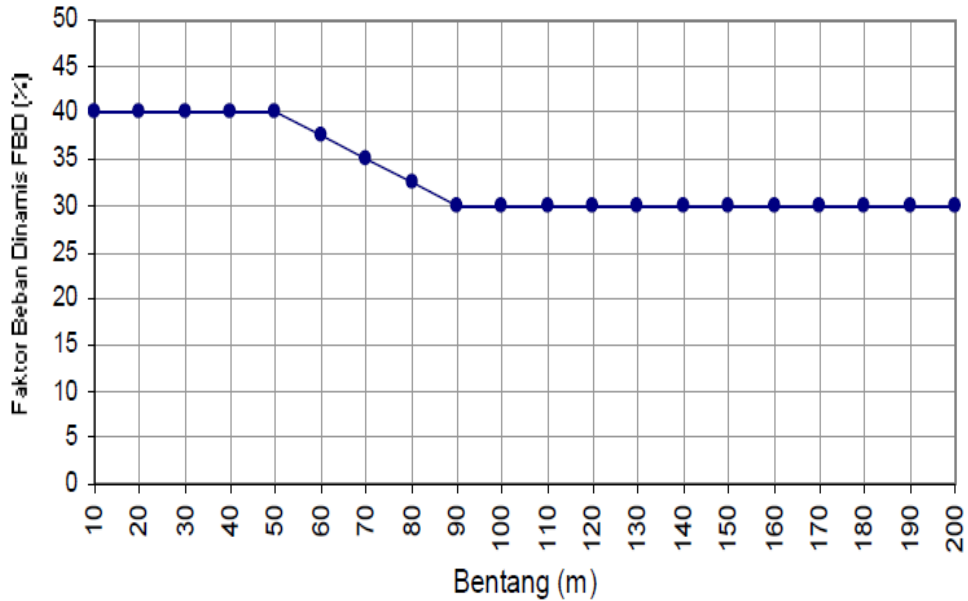
$b_2 = 50,00 \text{ cm}$

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

e. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan merupakan iteraksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk truk “T” nilai

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



Gambar 2.11 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

f. Beban Totoar/Pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk memikul beban nominal 5 kPa .

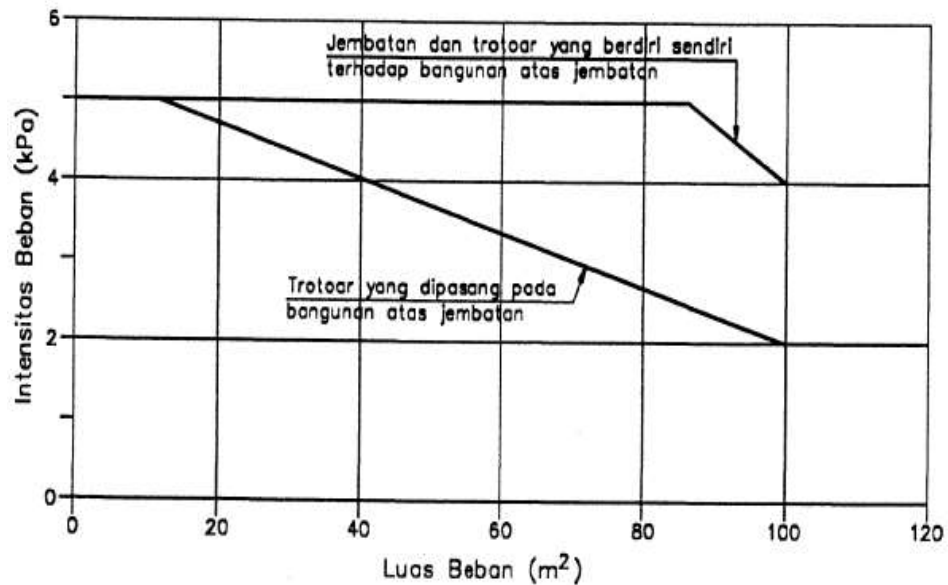
Apabila memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

(sumber : SNI T-02-2005 ;halaman 27)

Tabel 2.7 Faktor beban untuk beban trotoar / untuk pejalan kaki

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Transien	1,8

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



Gambar 2.12 Faktor pembebanan untuk pejalan kaki

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

2.3.2 Beban Sekunder

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

a. Gaya rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh gaya ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut

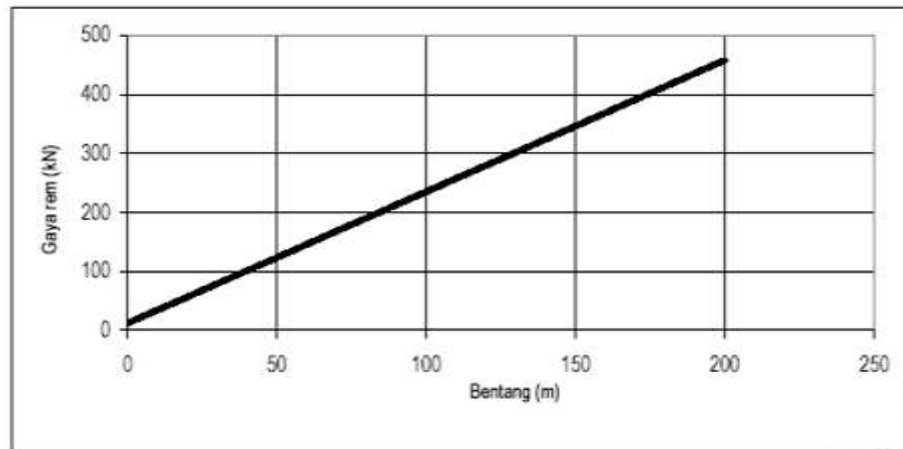
yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D tidak boleh direduksi bila panjang jembatan lebih dari 30 m. Untuk kondisi ini $q = 9\text{kPa}$. Pembebanan lalulintas 70% dan faktor pembesaran diatas 100% BGT dan BTR berlaku untuk gaya rem.

Tabel 2.8 Faktor beban untuk gaya rem

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Transien	1,8

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

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



Gambar 2.13 Grafik gaya rem per lajur 2,75 m

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

b. Gaya Angin

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

$$Tew_2 = 0.0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (\text{KN}) \quad (2.1)$$

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 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 :

$$Tew_1 = 0.0012 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \quad (2.2)$$

Tabel 2.9 Faktor beban untuk beban angin

Jangka waktu	Load factor / Faktor beban
Transien	1.2

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 36)

Tabel 2.10 Kecepatan angin rencana v_w

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

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 37)

2.4 Pelaksanaan Jembatan

2.4.1 Plat lantai kendaraan dan Trotoar

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

Tebal plat lantai kendaraan

Plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum (t_s), yang memenuhi kedua ketentuan sebagai berikut: $t_s \geq 200$ mm

Dimana

L = Bentang dari plat lantai antara tumpuan dan t_s dalam mm

Perhitungan pembebanan plat lantai kendaraan meliputi :

1. Pembebanan Plat Lantai
 - a) Beban mati terdiri atas berat aspal, berat plat lantai dan berat air hujan.
Dari pembebanan tersebut akan diperoleh $QDLult$.
 - b). Berasal dari kendaraan bergerak Beban truck (T)
2. Pembebanan trotoar
 - a). Beban mati
Beban mati terdiri atas berat *finishing* trotoar, berat trotoar dan berat air hujan.
 - b). Beban hidup
Beban hidup terdiri atas beban atas beban pejalan kaki.

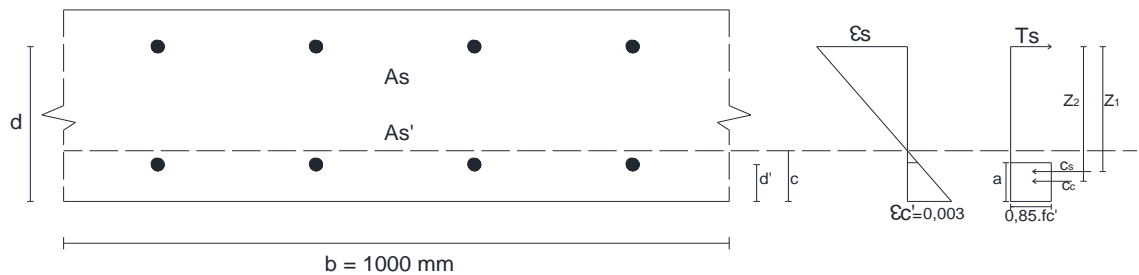
Penulangan plat lantai kendaraan dan Trotoar

Mu didapat dengan menggunakan software STAAD Pro 2004

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

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

Untuk perhitungan tulangan rangkap



Gambar 2.14 Tulangan rangkap pada plat lantai

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

Tegangan tekan pada serat beton:

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

Tegangan tekan pada serat baja:

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

Kekuatan momen yang terjadi:

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

Kekuatan momen rencana:

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

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

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

2.4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang dan Melintang

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

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

a. Perhitungan gelagar

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

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

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

$$bE \leq b_f + 16.t_s \quad (2.11)$$

Dimana :

bE = lebar efektif beton

L = panjang gelagar

B_o = jarak antar gelagar

B_f = lebar profil

ts = tebal plat lantai

➤ Elastisitas :

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

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

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

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

➤ Kontrol kelangsingan profil :

Untuk tekuk flens

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

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.14)$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Untuk tekuk local badan balok

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

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

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

Dimana :

B = lebar profil baja (mm)

H = Tinggi profil baja (mm)

tw = Tebal web (mm)

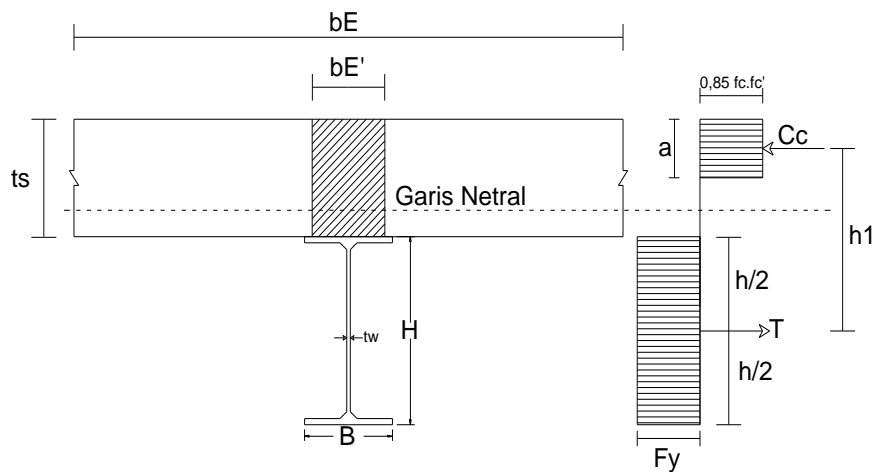
tf = Tebal flens (mm)

fy = mutu baja

fc = mutu beton

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

Penerbit Erlangga hal.85)



Gambar 2.15 Distribusi tegangan plastis pada kekuatan momen nominal Mn (PNA = plastic neutral axis= sumbu netral plastis).

Sumbu netral plastis di dalam slab

➤ Kontrol kekuatan Penampang

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} \quad (2.17)$$

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

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

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

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bE} \quad (2.19)$$

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

Tegangan tekan pada serat beton :

$$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bE \quad (2.20)$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$T = As \cdot fy \quad (2.21)$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$Mn = Cc \cdot h_1 \quad (2.22)$$

kontrol kekuatan penampang :

$$\phi_b \cdot Mn \geq Mu \quad (2.23)$$

Dimana :

ϕ_b = factor resistensi untuk lentur (0,9)

Mn = Momen nominal (kgm)

Mu = Momen ultimit (kgm)

T = Tegangan tarik pada serat baja

Cc = Tegangan tekan pada serat beton

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

$$\bar{f} = \frac{1}{360} \cdot L \quad (2.24)$$

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

- Lendutan

Kontrol lendutan menggunakan Momen area a/ Luasan momen

$$f_{ada} = \frac{5(q''') \times L^4}{384 \times EI} + \frac{P'' \times L^3}{48 \times E.I} \quad (2.25)$$

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

Dimana :

f = besar lendutan yang terjadi

Ix = momen inersia (cm⁴)

E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

- Kontrol kekuatan geser

$$V_n = 0,55 \times d \times t_w \times f_y \quad (2.26)$$

Dimana :

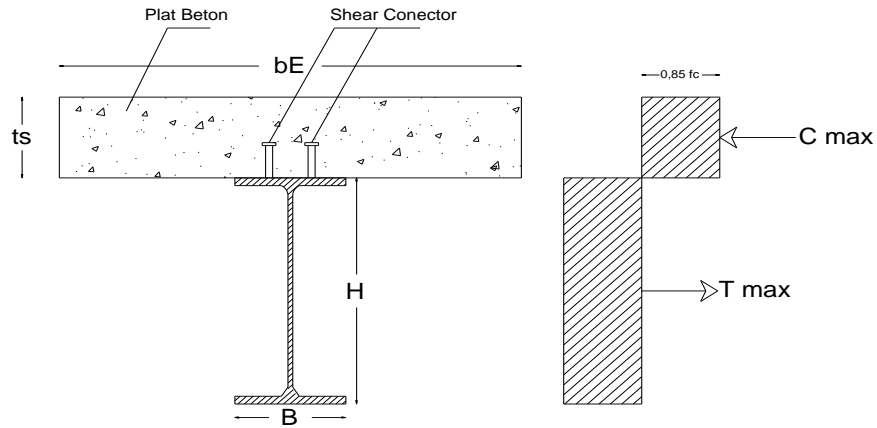
V_n = kuat geser nominal plat badan (kg)

f_y = tegangan leleh (Mpa)

d = tinggi profil baja (cm)

t_w = tebal web baja (cm)

➤ Shear Konektor



Gambar 2.16 Perencanaan *shear conector*

Untuk perhitungan gaya geser horizontal (V_h) menggunakan rumus:

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

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

Dimana :

C_{max} = gaya geser yang disumbangkan oleh beton

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

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

f_y = tegangan leleh profil baja (Mpa)

b_E = lebar slab efektif (cm)

t_s = tebal slab (cm)

A_s = luas penampang lintang baja (cm)

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

➤ Perhitungan kekuatan stud dan jumlah stud

➤ Kekuatan geser satu stud

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

Dimana :

Q_n = kekuatan geser stud (kg)

A_{sc} = luas satu stud (cm²)

E_c = modulus elastisitas beton (Mpa)

➤ Jumlah stud

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

Dimana :

n = Jumlah stud

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

2.4.3 Perencanaan Gelagar Induk

Gelagar induk adalah gelagar yang di pasang di kedua sisi jembatan dan terletak kearah memanjang. Gelagar induk berfungsi untuk menerima semua pengaruh beban jembatan melalui gelagar melintang.

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

1. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri gelagar induk, gelagar memanjang, gelagar melintang, plat lantai kendaraan, trotoar, ikatan angin, dan sandaran. Rumus-rumus yang dipergunakan untuk memperhitungkan

beban-beban tersebut semuanya menggunakan program bantu *software* (STAAD PRO) untuk berat sendiri (*selfweight*).

2. Beban Hidup pejalan kaki (trotoar)

3. Beban lajur “D”

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

4. Gaya rem

5. Beban Akibat Angin

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

Beban yang bekerja ada dua macam :

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

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

6. Kombinasi pembebanan

Tabel 2.11 Kombinasi pembebanan untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen : Berat sendiri Beban mati tambahan Susut rangak Pratekan Pengaruh beban tetap pelaksanaan Tekanan tanah Penurunan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aksi Transien : Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o		
Beban pejalan kaki		X						X				
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o		o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan	o		o	X	o	o	o		X	o		o
Beban angin			o	o	X	o	o		o	X		o
Aksi Khusus : Gempa												X
Beban tumbukan												
Pengaruh getaran	X	X										
Beban pelaksanaan						X						X
" X " berarti beban yang selalu aktif " O " berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.	(1) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL (2) = aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "x" KBL + beban						Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL					

(Sumber : SNI T-02-2005 ; halaman 51)

2.4.4 Perencanaan ikatan angin

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

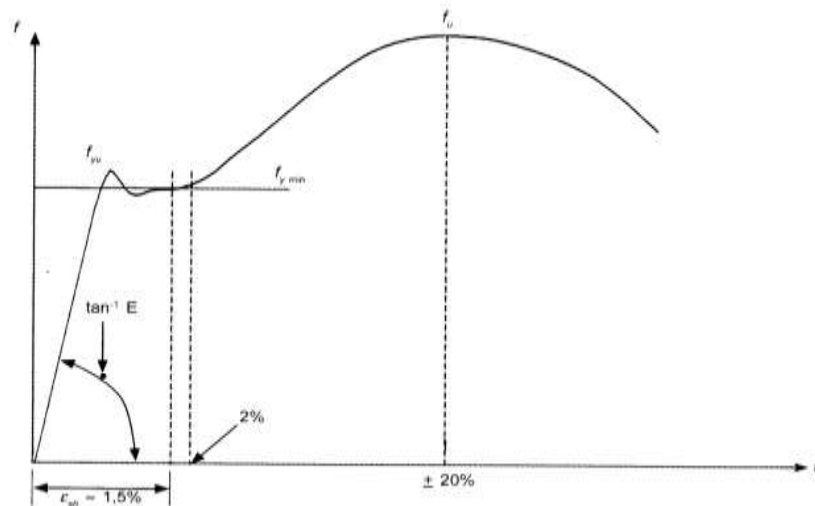
diatas disebut ikatan angin atas, yang terletak ditengah disebut ikatan angin tengah sedangkan yang terletak dibawah disebut ikatan angin bawah.

2.4.5 Teori Perletakan

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 Sendi atau Elastomer.

2.4.6 Teori Desain Struktur Baja dengan Metode LRFD

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



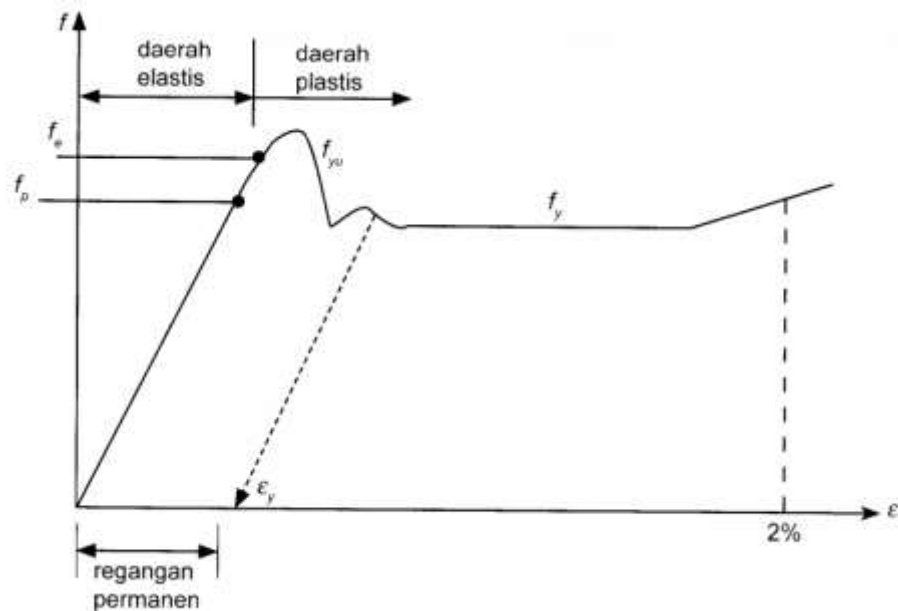
Gambar 2.17. Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan (ε)

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Menggunakan Metode LRFD

(Agus Setiawan, hal 19)

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

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 2.18. Bagian Kurva Tegangan - Regangan yang Diperbesar

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

(Agus Setiawan, hal 19)

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

1. Rasional LRFD selalu menarik perhatian, dan menjadi suatu perangsang yang menjanjikan penggunaan bahan yang lebih ekonomis dan lebih baik untuk beberapa kombinasi beban dan konfigurasi structural. LRFD juga cenderung memberikan struktur yang lebih aman bila di bandingkan dengan ASD dalam mengkombinasikan beban-beban hidup dan mati dan memperlakukan mereka dengan cara yang sama.
2. LRFD akan memudahkan pemasukan informasi baru mengenai beban-beban dan variasi-variasi bila informasi tersebut telah diperoleh. Pengetahuan kita mengenai beban-beban beserta variasi mereka masih jauh dari mencukupi. Bila dikehendaki, pemisahan pembebanan dari resistensyaa akan memungkinkan perubahan yang satu tanpa perlu mempengaruhi yang lainnya.
3. Perubahan-perubahan dalam berbagai factor kelebihan beban dan factor resistensi lebih muda dilakukan ketimbang mengubah tegangan ijin dari ASD.
4. LRFD membuat desain dalam segala macam material lebih muda dipertautkan. Variabilitas beban-beban sebenarnya tidak berkaitan dengan material yang digunakan dalam desain.

2.4.7 Desain Struktur Baja dengan Metode LRFD

Suatu desain struktur harus menyediakan cadangan kekuatan yang diperlukan untuk menanggung beban layanan yakni struktur harus memiliki

kemampuan terhadap kemungkinan kelebihan beban (*overload*). Kelebihan beban dapat terjadi akibat perubahan fungsi struktur dan dapat juga terjadi akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban yang mungkin akan terjadi.

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

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (2.31)$$

Dimana :

ϕ = faktor resistensi (factor reduksi kekuatan)

R_n = kekuatan nominal (kekuatan)

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

dari gaya aksial untuk rangka dan gaya lentur untuk gelagar- gelagar lantai kendaraan, maka dapat diuraikan sebagai berikut :

Desain Batang

2.4.7.1 Batang tarik

Persyaratan keamanan struktur yang diberikan dalam LRFD (CG. Salmon, JE.

Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 95) adalah :

$$\phi_t \cdot T_n \geq T_u \quad (2.32)$$

Dimana :

ϕ_t = factor resistensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik

T_n = kekuatan nominal batang tarik

T_u = beban terfaktor pada batang tarik

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

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

Atau pada retakan pada penampang bersih :

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

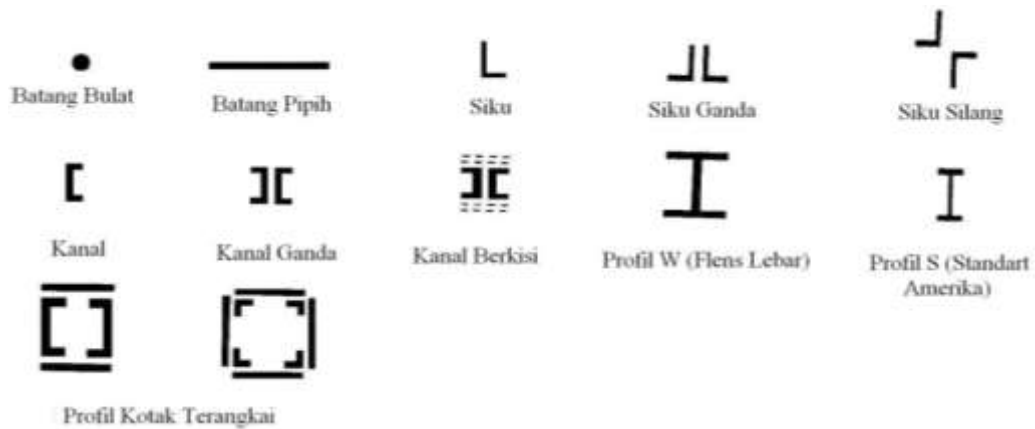
Dimana :

A_g = Luas Penampang kotor

A_e = Luas penampang bersih

F_y = Tegangan leleh material

F_u = Tegangan tarik putus



Gambar 2.19 Penampang melintang batang- batang tarik

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

2.4.7.2 Batang Tekan

Persyaratan kekuatan dalam desain factor dan resistensi menurut LRFD

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

$$\phi_c \cdot P_n \geq P_u \quad (2.33)$$

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 :

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

Dimana :

A_g = luas penampang bruto batang tekan

F_{cr} = tegangan kritis

Nilai F_{cr} tergantung pada parameter λ_c

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

342) sebagai berikut :

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

$$F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) f_y \quad (2.34)$$

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

$$F_{cr} = \left(\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right) f_y \quad (2.35)$$

Untuk memberikan keamanan batang dari bahaya tekuk maka LRFD memberikan spesifikasi tersendiri untuk parameter kerampingan (*CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Desain dan Perilaku, Jilid 1, 1992 : 340*)

$$\lambda_c = \frac{K.L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 . E}} \quad (2.36)$$

Dimana :

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

K = factor panjang efektif

L = panjang batang

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

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

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

I = momen inersia

E = modulus elastisitas baja (210.000 Mpa)

1.4.7.3 Kuat Tekan Nominal akibat tekuk lentur

Tekuk lentur pada umumnya kekuatan komponen struktur dengan beban aksial tekan murni ditentukan oleh tekuk lentur. Hingga kini komponen struktur tekan yang dibahas oleh komponen struktur tekan yang mengalami tekuk lentur. Tekuk lentur mengakibatkan defleksi terhadap sumbu lemah (sumbu dengan rasio kelangsingan terbesar) setiap komponen struktur tekan dapat mengalami kegagalan akibat tekuk lentur. (Agus Setyawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008; hal 66).

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

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y \quad (2.37)$$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} A_g f_y \quad (2.38)$$

$$\lambda_c = \frac{lk}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.39)$$

$$Lk = kcL \quad (2.40)$$

dengan pengertian :






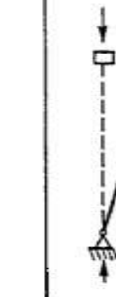




A_g = luas penampang bruto, (mm)

f_y = tegangan leleh, (MPa)

λ_c = parameter kelangsingan

k_c = faktor panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka (mm).

E = modulus elastisitas bahan baja, (MPa)

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

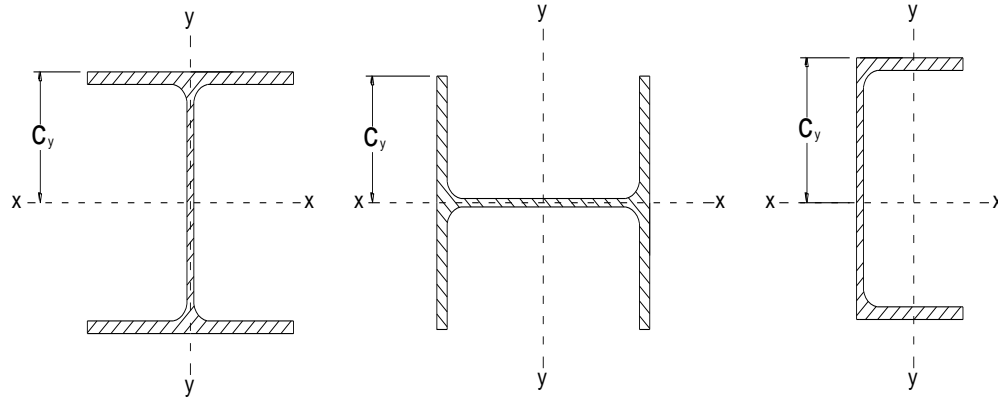
Gambar 2.20. Faktor panjang tekuk efektif

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

1.4.7.4 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

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

$$f = \sqrt{\left(\frac{M_x}{S_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{S_y}\right)^2} \quad (\text{CG. Salmon, JE. Jhonson. Struktur Baja Deain dan Prilaku, Jilid I, 1992, 421})$$

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

$$f = \frac{M_x \cdot C_y}{I_x} + \frac{M_y \cdot C_x}{I_y} \quad (2.41)$$

Dimana : f = tegangan lentur

M_x, M_y = Momen Lentur Arah x dan y

S_x, S_y = Modulus Penampang Arah x dan y

I_x, I_y = Momen Inersia arah x dan y

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

2.4.8 Perencanaan Sambungan Baut

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

Syarat- syarat sambungan :

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

Klasifikasi sambungan

➤ Sambungan kaku (rigid momen)

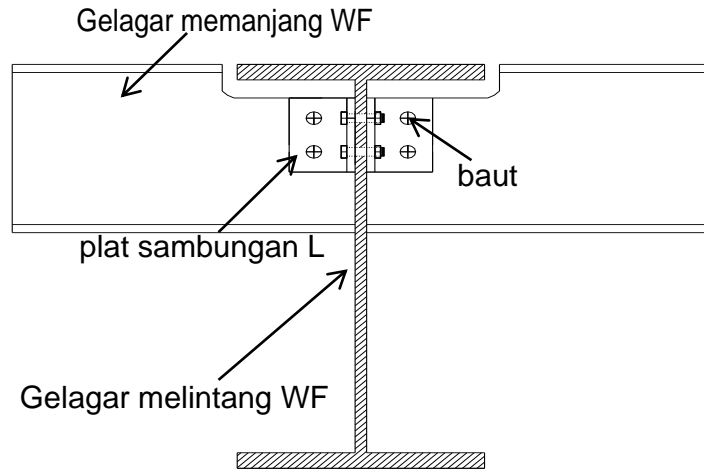
Pada struktur rangka kaku, sambungan dianggap memiliki kekakuan untuk mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung. Deformasi plat penyambung harus sedemikian rupa sehingga tidak berpengaruh terhadap distribusi gaya maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.

➤ Sambungan tidak kaku (semi - rigid)

Pada struktur sederhana, sambungan pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan.

Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.

2.4.8.1 Sambungan gelagar Memanjang dengan gelagar Melintang



Gambar 2.22 Sambungan Gelagar Melintang dan Memanjang

Sambungan yang digunakan pada gelagar melintang dan gelagar memanjang adalah sambungan semi-rigid (pined join).

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

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.42)$$

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

Dimana :

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

R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

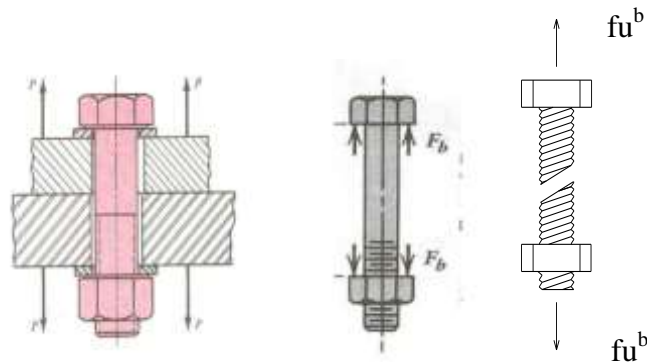
➤ **Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut**

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 :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.43)$$



Gambar 2.23 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)

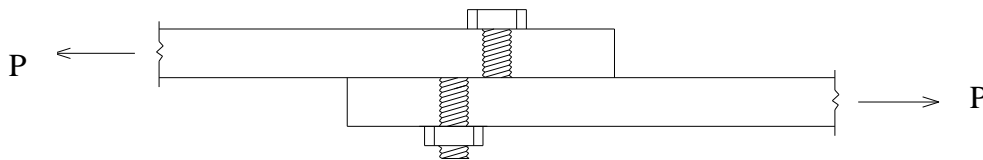
1 ksi = 68.95 kg/cm²

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

➤ **Kekuatan Geser Desain Untuk Baut**

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

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b\end{aligned}\quad (2.44)$$



Gambar 2.24 Kegagalan geser baut ada ulir

➤ **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 : 134) dibagi menjadi beberapa kategori :

- 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 :

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

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

- 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 :

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.45)$$

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

- 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 :

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

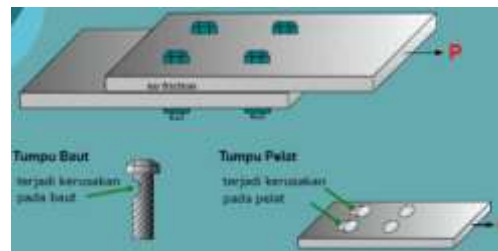
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.46)$$

Dimana :

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

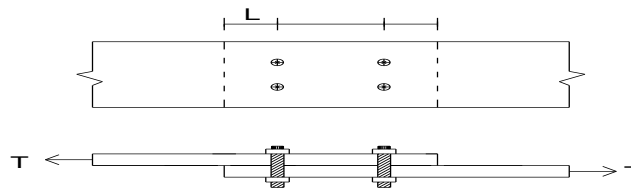


Gambar 2.25 Kegagalan tumpu baut ada ulir

➤ **Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya**

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

$$L \geq \frac{R_n}{F_u t} \quad (2.47)$$

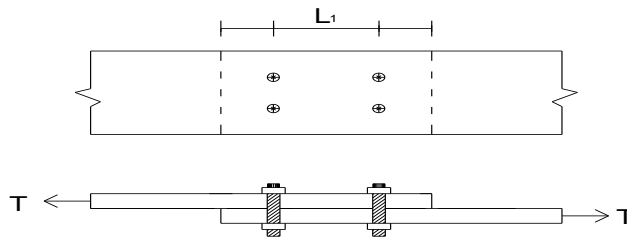


$$1,5d_b < L < 3d_b$$

Gambar 2.26 jarak baut ketepi penyambung

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

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.48)$$



Gambar 2.27 Jarak baut dari pusat sampai kepusat

$$3 d_b < L_1 < 7 d_b$$

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

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.49)$$

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

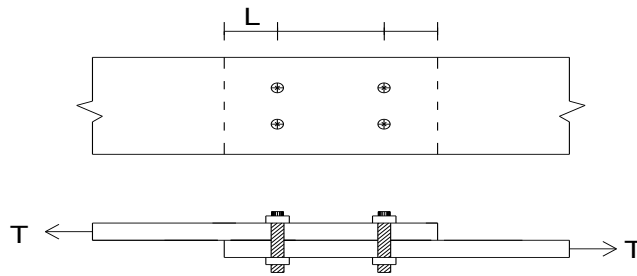
Db = diameter ludang baut

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.

➤ **Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya**

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan :

$$L \geq \frac{Rn}{Fu.t} \quad (2.50)$$



Gambar 2.28 Jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan

resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :
faktor

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} \quad (2.51)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

➤ **Perhitungan Jumlah Baut (n)**

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

Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \sqrt{\frac{6 \times Mu}{\phi R n \cdot p}} \quad (2.52)$$

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut

➤ **Menentukan tebal plat simpul (t)**

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t > \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.53)$$

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

➤ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

- Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :

$$\phi t \cdot R_{nt} \geq R_{ut}$$

Dimana :

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

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2}$$

- Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :

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

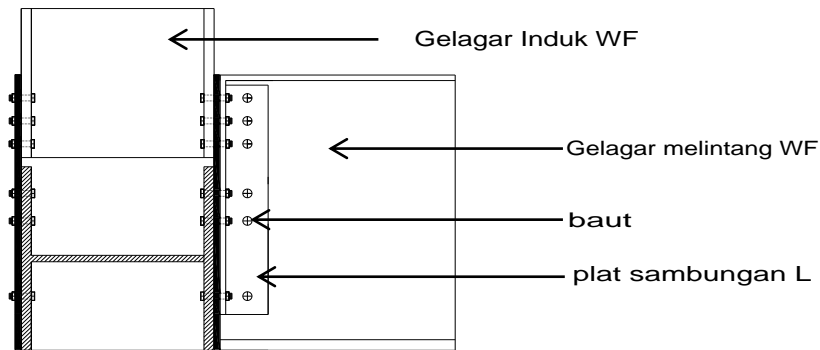
Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{P_u}{\sum n}$$

2.4.8.2 Sambungan gelagar Melintang dengan Gelagar induk



Gambar 2.29 Sambung Gelagar Melintang dan Induk

Sambungan yang digunakan pada gelagar melintang dan gelagar induk adalah sambungan sendi (pined join).

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

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :

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

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

Dimana :

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

R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

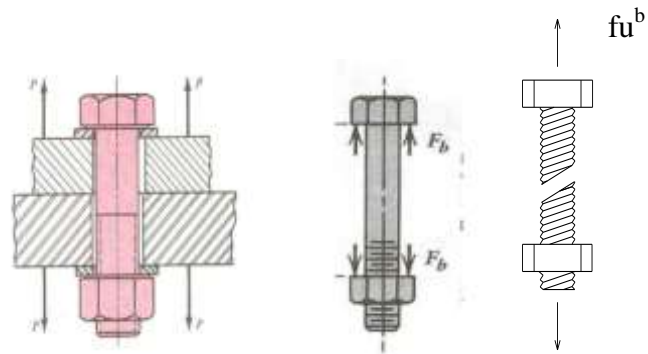
➤ **Kekuatan Tarik Desain Untuk Baut**

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 :

$$\phi R_n = 0,75 \cdot (0,75 \cdot F_u^b) \cdot A_b \quad (2.55)$$



Gambar 2.30 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)

1 ksi = 68.95 kg/cm²

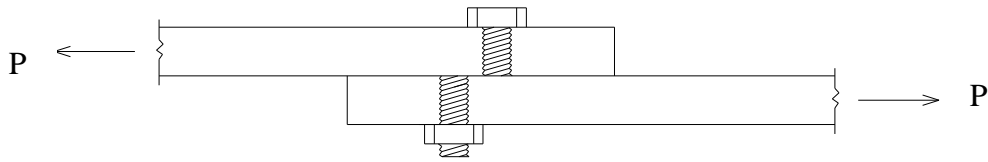
A_b = luas penampang lintang bruto yang melintang pada bagian tangkai baut yang berulir.

➤ Kekuatan Geser Desain Untuk Baut

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \quad (2.56)$$



Gambar 2.31 Kegagalan geser baut ada ulir

➤ **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 : 134) dibagi menjadi beberapa kategori :

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

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

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

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (2,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.57)$$

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

- 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

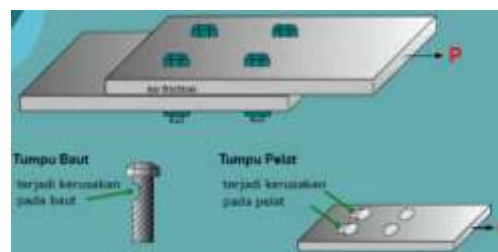
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggir bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.58)$$

Dimana :

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

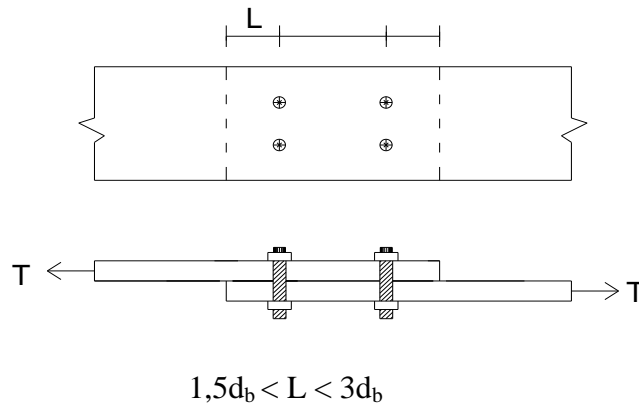


Gambar 2.32 Kegagalan tumpu baut ada ulir

➤ **Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya**

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

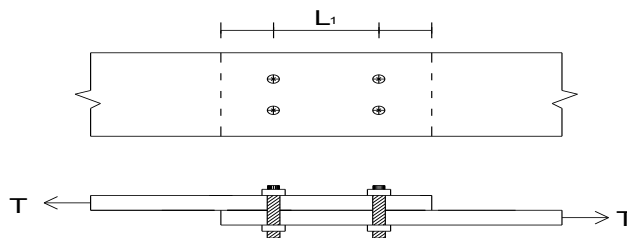
$$L \geq \frac{Rn}{Fu.t} \quad (2.59)$$



Gambar 2.33 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 :

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.60)$$



Gambar 2.34 jarak baut dari pusat sampai kepusat

$$3 d_b < L_1 < 7 d_b$$

Karena R_n pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan, yang sama dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut

faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :
dibagi dengan

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.61)$$

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

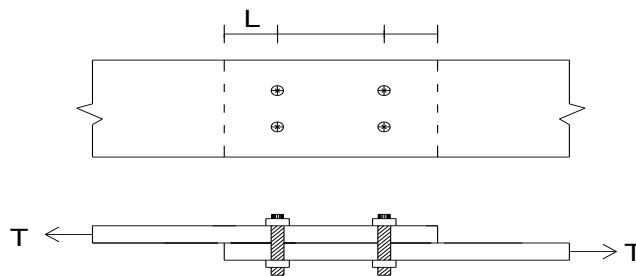
D_b = diameter lubang baut

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

➤ Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan :

$$L \geq \frac{R_n}{Fu.t} \quad (2.62)$$



Gambar 2.35 jarak baut dari pusat penyambung sampai

kepinggir luas berdekatan

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan

resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :
faktor

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot t} \quad (2.63)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

F_u = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

➤ **Perhitungan Jumlah Baut (n)**

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

Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \sqrt{\frac{6 \times M_u}{\phi R_n \cdot p}} \quad (2.64)$$

Dimana :

n = jumlah baut

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

p = jarak antar baut

➤ **Menentukan tebal plat simpul (t)**

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t > \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.65)$$

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

➤ **Kontrol kekuatan baut terhadap kekuatan baut penyambung**

- Kekuatan tarik desain \geq beban tarik terfaktor baut :

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

Dimana :

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

R_{ut} = beban tarik terfaktor baut

$$R_{ut} = \frac{M_u \times y}{\sum y^2}$$

- Kekuatan geser desain \geq beban geser terfaktor baut :

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

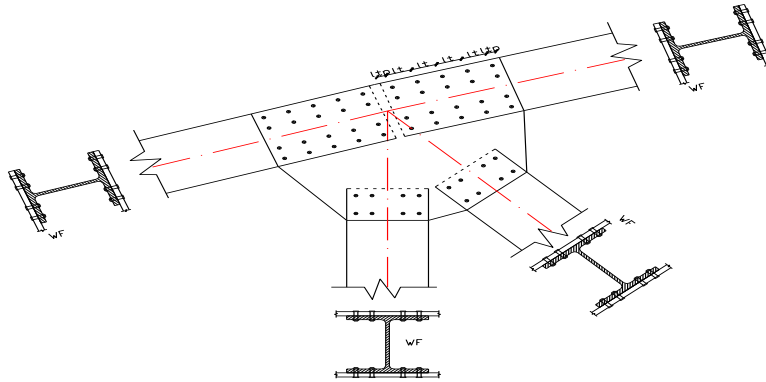
Dimana :

$\phi_v \cdot R_{nv}$ = kekuatan geser desain

R_{uv} = Beban geser terfaktor

$$R_{uv} = \frac{P_u}{\sum n}$$

2.4.8.3 Sambungan gelagar Induk



Gambar 2.36 Sambungan Plat simpul Gelagar Induk

Sambungan yang digunakan pada gelagar melintang dan gelagar induk adalah sambungan semi-rigid (pined join).

Persyaratan keamanan yang diberikan LRFD untuk penyambung persamaan menjadi :

$$\phi R_n \geq P_u \quad (2.66)$$

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

Dimana :

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

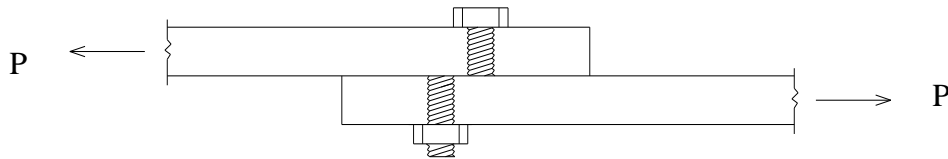
R_n = kekuatan satu penyambung

P_u = Beban terfaktor pada satu penyambung

➤ **Kekuatan Geser Desain Untuk Baut**

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

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,65 \cdot (0,60 \cdot F_u^b) \cdot m \cdot A_b\end{aligned}\quad (2.68)$$



Gambar 2.37 Kegagalan geser baut ada ulir

➤ **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 : 134) dibagi menjadi beberapa kategori :

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

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

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)

Fu = kekuatan tarik baja untuk membentuk bagian yang disambung

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

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

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

- 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 :

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

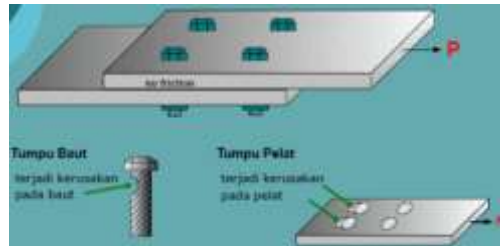
L = jarak ujung pada garis gaya, dari pusat suatu standar atau lubang berukuran lebih, atau dari pertengahan lebar lubang beralur pendek, sampai pinggiran bagian yang disambung

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

$$\phi R_n = \phi \cdot (3,0 \cdot d \cdot t \cdot F_u) \quad (2.70)$$

Dimana :

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

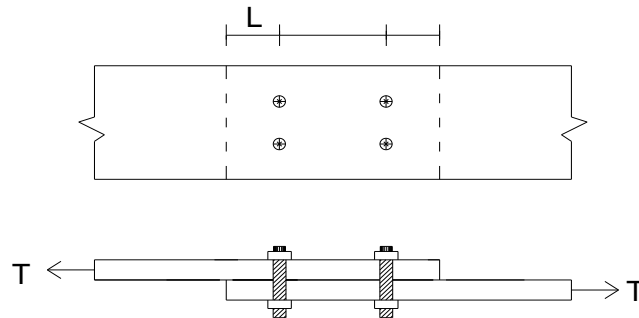


Gambar 2.38 Kegagalan tumpu baut ada ulir

➤ **Jarak minimum Baut Pada Garis Transmisi Gaya**

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

$$L \geq \frac{R_n}{F_u t} \quad (2.71)$$



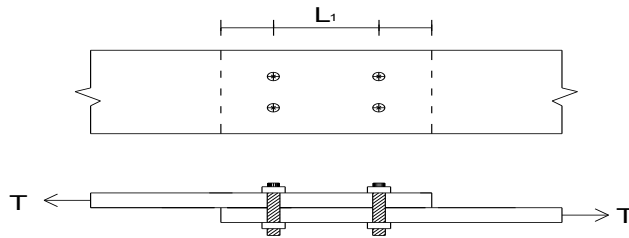
$$1,5d_b < L < 3d_b$$

Gambar 2.39 jarak baut dari pusat penyambung

sampai kepinggir luas berdekatan

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

$$\text{Jarak antar baut} \geq \frac{Rn}{Fu.t} + \frac{Db}{2} \quad (2.72)$$



Gambar 2.40 jarak baut dari pusat sampai kepusat

$$3 d_b < L_1 < 7 d_b$$

Karena Rn pada persamaan ini merupakan kekuatan nominal yang disyaratkan, yang sama dengan beban factor P , yang bekerja pada satu baut

faktor resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :
dibagi dengan

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

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

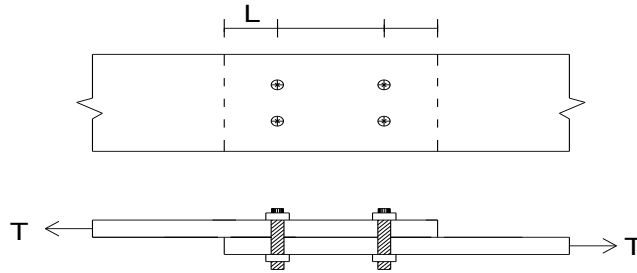
Db = diameter lubang baut

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

➤ **Jarak Ujung minimum Pada Arah Transmisi Gaya**

Jarak minimum L dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan :

$$L \geq \frac{Rn}{Fu.t} \quad (2.73)$$



Gambar 2.41 jarak baut dari pusat penyambung sampai kepinggir luas berdekatan

Bila kekuatan nominal yang disyaratkan adalah beban terfaktor dibagi dengan

resistensi ϕ , maka persamaan menjadi :
faktor

$$L \geq \frac{P}{\phi \cdot Fu.t} \quad (2.74)$$

Dimana :

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

P = beban terfaktor yang bekerja pada satu baut

Fu = kekuatan tarik dari bahan pelat

t = ketebalan pelat

➤ **Perhitungan Jumlah Baut (n)**

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

Jumlah baut untuk sambungan (n)

$$n = \frac{P_u}{\phi \cdot R} \quad (2.75)$$

Dimana :

n = jumlah baut

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

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

➤ **Menentukan tebal plat simpul (t)**

Untuk menghitung tebal plat simpul digunakan rumus :

$$t > \frac{P}{\phi \cdot F_u \cdot L} \quad (2.76)$$

Dimana:

P = beban terfaktor (cm)

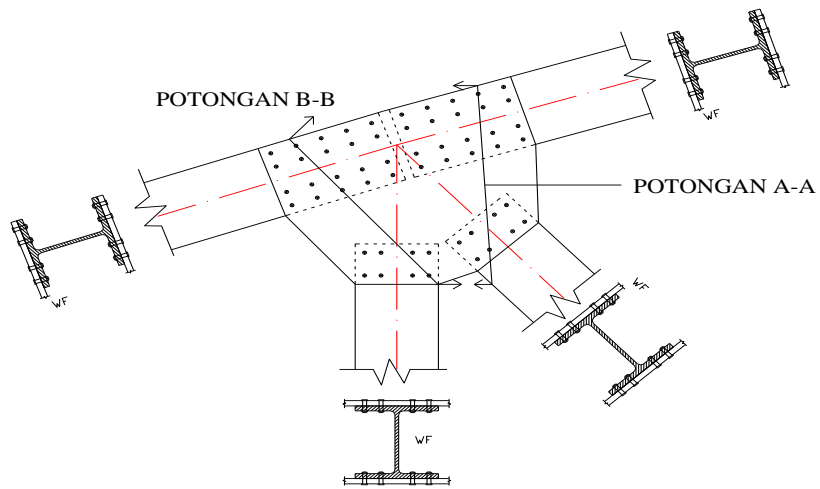
ϕ = factor retesistensi (0,75)

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

L = jarak ujung minimum (cm)

t = tebal plat simpul (cm)

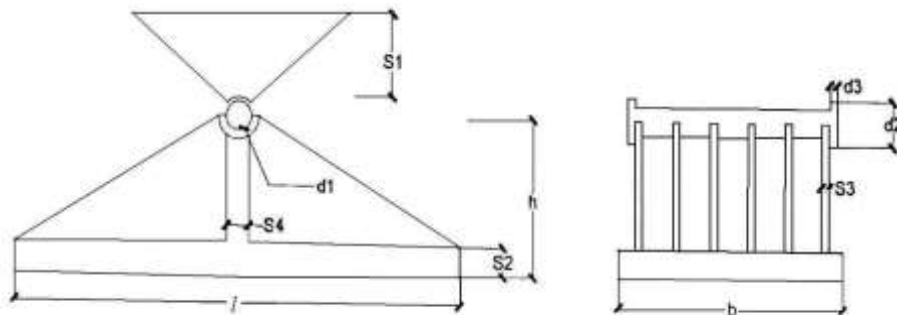
➤ **Kontrol plat simpul**



- Dicari Potongan Yang Terpendek
- Tebal plat simpul \geq tebal flens baja
- Minimal dua batang yang terpotong
- Memotong luasan baut sebanyak mungkin
- Cari gaya yang terbesar untuk dipotong

2.4.9 Perencanaan Perletakan

2.4.9.1 Perletakan sendi



Gambar 2.42 Konstruksi perletakan Sendi

(Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan :
halaman 243)

Untuk menghitung perletakan sendi digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2. 77)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.78)$$

(Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan :
halaman 249)

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

Fy = Mutu baja st 55 = 410 Mpa

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

Tabel 2.12 Muller Breslaw

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

(Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : halaman 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 $S_5 = h/4$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot Pu \cdot \ell \rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\phi \cdot fy} \quad (2.79)$$

(Sumber : H.J. Struyk, K.H.C.w. Van Der Veen, Soemargono, Jembatan : halaman 249)

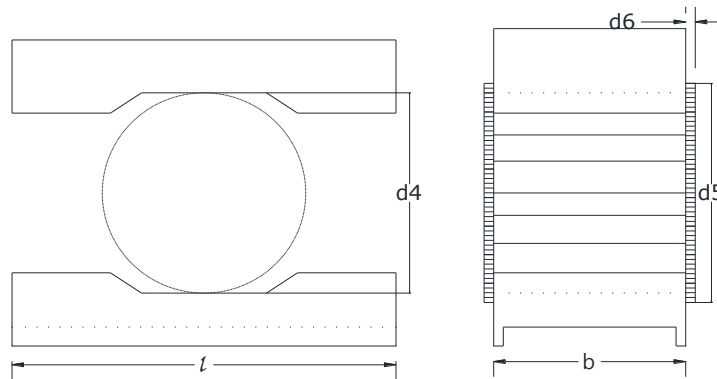
- Jari- Jari garis tengah sendi

$$r = \frac{1}{2} \cdot d_1 \quad (2.80)$$

$$r = \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot fy \cdot \ell} \quad (2.81)$$

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

2.4.9.2.1 Perletakan Rol



Gambar 2.43 Konstruksi Perletakan Rol

Untuk menghitung perletakan rol digunakan rumus- rumus sebagai berikut :

- Panjang empiris dihitung dengan rumus

$$\ell = L+40 \quad (2.82)$$

Dimana :

L = Panjang jembatan (m)

ℓ = Panjang perletakan (cm)

- Tebal bantalan

$$S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3.Pu.\ell}{b.\phi.fy}} \quad (2.83)$$

Dimana :

Pu = Besar gaya (kg)

b = Lebar perletakan

ϕ = Faktor resistansi untuk sendi rol 0,90

Fy = Mutu baja st 55 = 410 Mpa = 4100 kg/cm²

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

- Jari- Jari garis tengah rol

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

$$= \frac{0,8 \cdot P}{\phi \cdot f_y \cdot l} \quad (2.84)$$

- Diameter rol

$$d_4 = 0,75 \cdot 10^6 \cdot \frac{P}{l \cdot \phi \cdot \sigma_y} \rightarrow \sigma_y = \text{tegangan tarik putus baja}$$

$$= 8500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Baja A529)}$$

- Tinggi total rol

$$d_5 = d_4 + 2 \cdot d_6 \quad (2.85)$$

Tebal bibir rol

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

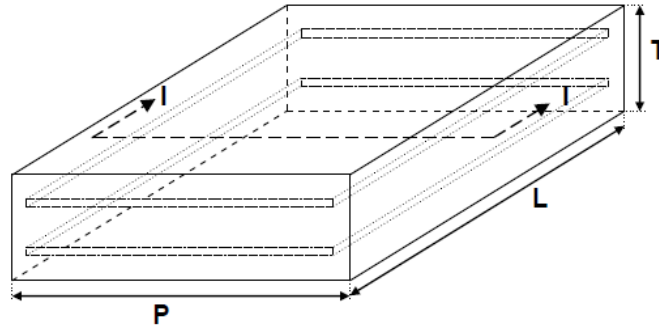
2.4.9.3 Perencanaan Perletakan Bantalan Elastomer

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 plat 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 2.44 Bantalan Elastomer`

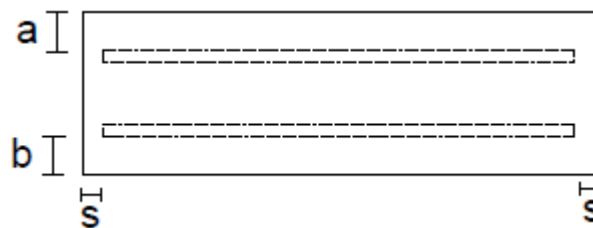
(sumber : SNI 3967 : 2008 ; halaman 14)

dengan:

P = panjang bantalan;

L = lebar bantalan;

T = tinggi bantalan.



Gambar 2.45 Potongan Elastomer

(sumber : SNI 3967 : 2008 ; halaman 14)

dengan :

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

$$S = \frac{A_r}{P \cdot t_e} \quad (2.86)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.5)

Dimana : A_r = Luas permukaan terikat (cm^2)

P = Keliling permukaan terikat (cm)

t_e = Tebal efektif lapisan elastomer (cm)

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

2. Persyaratan perencanaan

a. Regangan geser tekan δ_b (Sumber : BMS pasal 8.3.6)

$$\delta_b = \frac{Hb \cdot t}{A_r \cdot G} \quad (2.87)$$

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)

Ha = P gempa longitudinal (kg)

Hb = P gempa transversal (kg)

➤ Aeff = luas daerah efektif perletakan

$$A_{eff} = A \cdot \left(1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right) \quad (2.88)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.1.d)

Dimana :

A = Seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

a = Panjang perletakan

b = lebar perletakan

➤
$$\varepsilon_c = \frac{V_{max}}{3 \cdot A_{eff} \cdot G \cdot (1 + 2 \cdot S^2)} \quad (2.89)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.1.d)

Dimana :

ε_c = regangan geser

Vmax = tegangan geser maksimum

Aeff = luas daerah efektif perletakan (cm²)

➤
$$\varepsilon_{sc} = 6 \cdot S \cdot \varepsilon_c \quad (2.90)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.1.d)

Dimna :

ε_{sc} = regangan geser tekan

S = faktor bentuk

b. Regangan geser torsi (ϵ_{sr})

Gaya vertikal V_{max} bekerja pada pusat luasan Elastomer dan momen = 0, maka : $\alpha_a = \alpha_b = 0$

$$\epsilon_{sr} = 0 \quad (\text{Sumber : BMS pasal 8.3.6.3})$$

c. Regangan geser tangensial (ϵ_{sh})

$$\epsilon_{sh} = \frac{\delta a}{t} \quad (2.91)$$

Dimana :

t = tebal total elastomer (cm)

ϵ_{sh} = Regangan geser tangensial

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

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

$$A_{eff} \geq 0,9 \cdot A_r \quad (2.92)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.3)

dan $\epsilon_{sh} \leq 0,7$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.3)

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

$$\varepsilon_{sh} + \varepsilon_{sr} + \varepsilon_{sc} \leq \frac{2,6}{\sqrt{G}} = \frac{2,6}{\sqrt{1,2}} \quad (2.93)$$

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.3)

Dimana

ε_{sh} = Regangan geser tangensial

ε_{sr} = Regangan geser torsi

ε_{sc} = Regangan geser tekan.

3. Persyaratan tegangan tekan rata-rata

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.2)

$$\frac{V_{\max}}{A_r} \leq 15 \text{ Mpa} \quad (2.94)$$

Dimana :

V_{\max} = tegangan geser maksimum

A_r = seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat (cm²)

4. Persyaratan stabilitas perletakan

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.5)

$$\frac{V_{\max}}{A_{eff}} \leq \frac{2.b.G.S}{3.t} \quad (2.95)$$

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)

5. Persyaratan tebal minimum plat baja

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.6)

➤ Syarat 1 :

$$t_s \geq 3 \text{ mm}$$

t_s = tebal plat baja (mm)

➤ Syarat 2 :

$$t_s \geq \frac{3.V_{\max} . t_1}{A_r . F_y} \quad (2.96)$$

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 (mm^2)

F_y = tegangan leleh baja

6. Persyaratan penahan perletakan

(Sumber : BMS pasal 8.3.6.7)

➤ kombinasi beban

$$H' < 0,1 \cdot [V_{\max} + 3 A_{eff} \cdot 0,001] \quad (2.97)$$

Diama :

H' = Beban gempa horizontal terbesar

V_{max} = tegangan geser maksimum

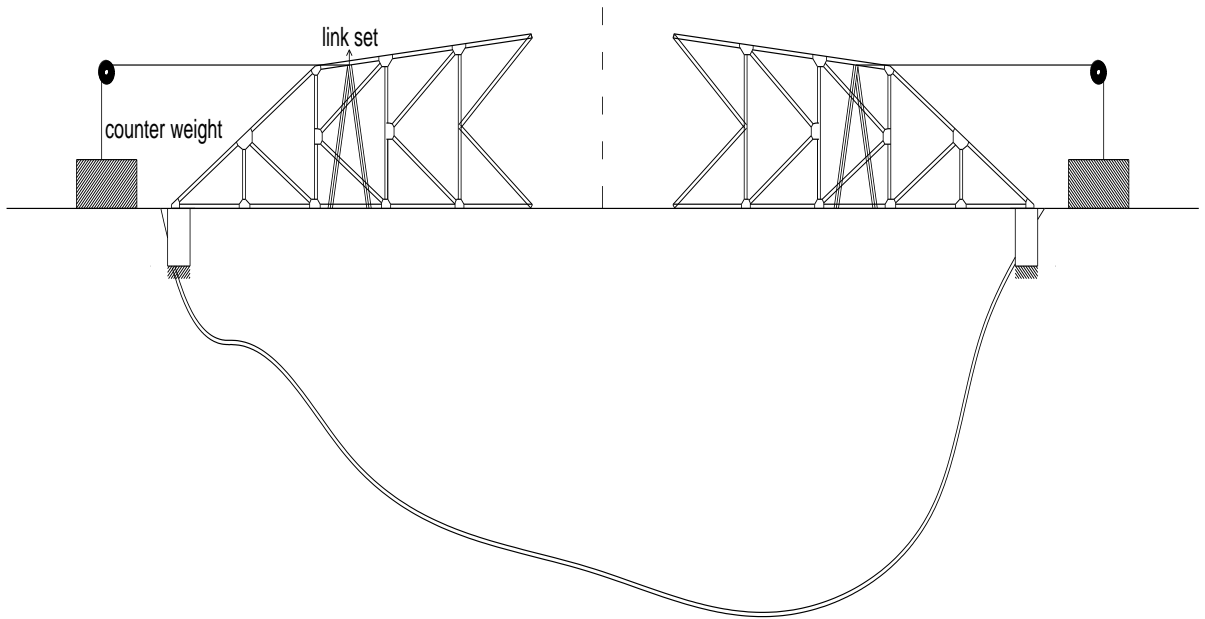
A_{eff} = luas daerah efektif perletakan

➤ beban permanen

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \geq 2 \quad (2.98)$$

2.5 Metode Pelaksanaan Jembatan *Cantilever*

Dalam merencanakan jembatan ini saya menggunakan sistem *cantilever*. Perakitan dengan sistem *cantilever* adalah suatu sistem perakitan jembatan rangka baja yang dilakukan tanpa alat penyangga/perancah tetapi merupakan sistem pemasangan komponen per komponen yang dipasang setempat secara bertahap mulai dari abutment atau pilar hingga posisi akhir dengan penambahan dan pemasangan masing – masing komponen pada bagian bentang yang telah dipasang sebelumnya, sehingga membentuk *cantilever* yang bergerak segmen demi segmen menuju ke perletakan jembatan berikutnya.



Gambar 2.46 Pelaksanaan sistem *Cantilever*

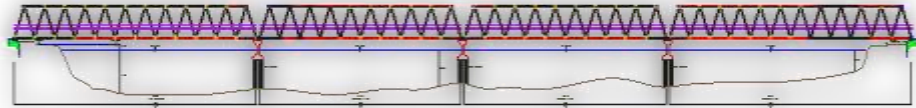
BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

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

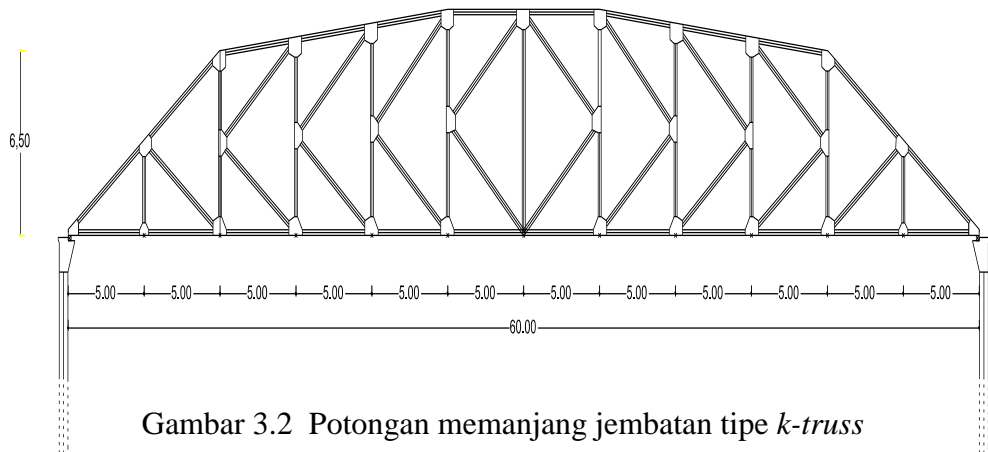


Gambar 3.1 Potongan memanjang jembatan tipe *truss-span*

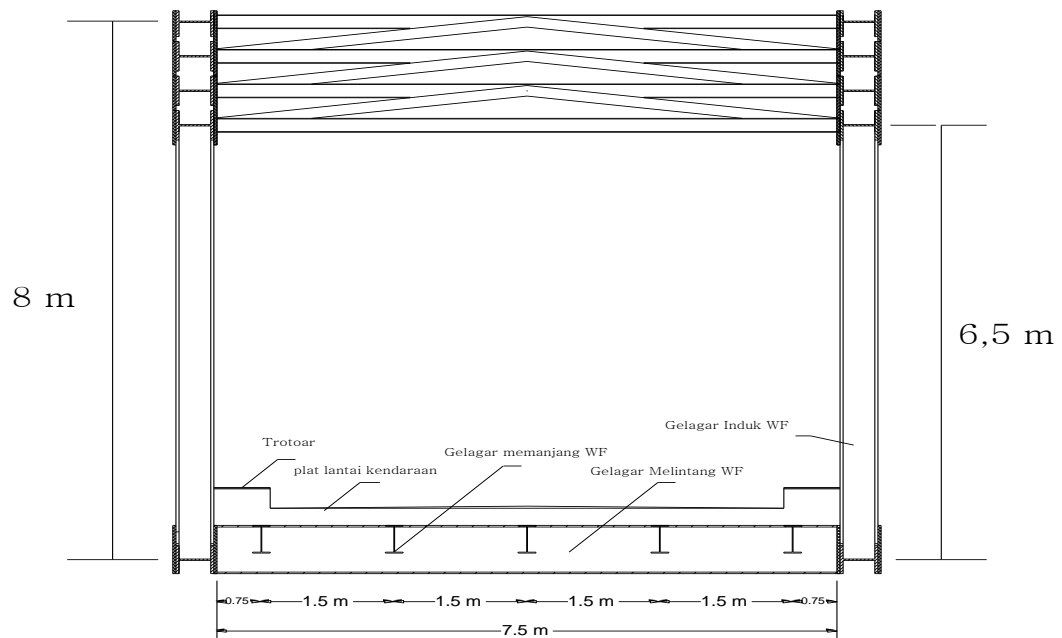
- Bentang 1 : 60 m
 - Bentang 2 : 50 m
 - Bentang 3 : 50 m
 - Bentang 4 : 60 m
2. Jenis pondasi adalah pondasi tiang pancang
 3. Jembatan ini menghubungkan jalan jurusan Kecamatan Sembakung dan daerah Perkotaan.

3.1.1 Gambar Perencanaan

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



Gambar 3.2 Potongan memanjang jembatan tipe *k-truss*



Gambar 3.3 Potongan melintang jembatan tipe *k-truss*

3.1.2 Data struktur

Data perencanaan struktur atas Jembatan Nunukan :

1. Kelas Jembatan : I (satu)
2. Panjang Jembatan : 60,00 meter
3. Lebar Jembatan : 7,50 meter
4. Lebar Trotoir : 2 x 0.750 meter

- 5. Tipe Jembatan : Rangka Baja tipe *k-truss*
- 6. Jarak antar Gelagar Melintang : 5,00 meter
- 7. Jarak antar Gelagar Memanjang : 1,50 meter
- 8. Mutu Baja Tulangan
 - Mutu baja tulangan ulir (f_y) : 320 Mpa
- 9. Mutu Beton (f_c') : 35 Mpa
- 10. Mutu baja : St 55
 - : 410 Mpa
- 11. Mutu baut : A 490 Kuat tarik Baut = 1035 Mpa

3.1.3 Data Pembebanan

Peraturan pembebanan yang digunakan SNI T 02-2005

Lapisan aspal lantai kendaraan :

- 1. Tebal Lapisan Aspal : 0,05 meter (tepi)
- 2. Berat Jenis Aspal : 2240 kg/m³ (SNI T-02-2005)

Pelat beton trotoir :

- 1. Tebal Plat Beton : 0,55 meter
- 2. Tegel + Spesi : 0,05 meter
- 3. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 kg/m³ (SNI T-02-2005)

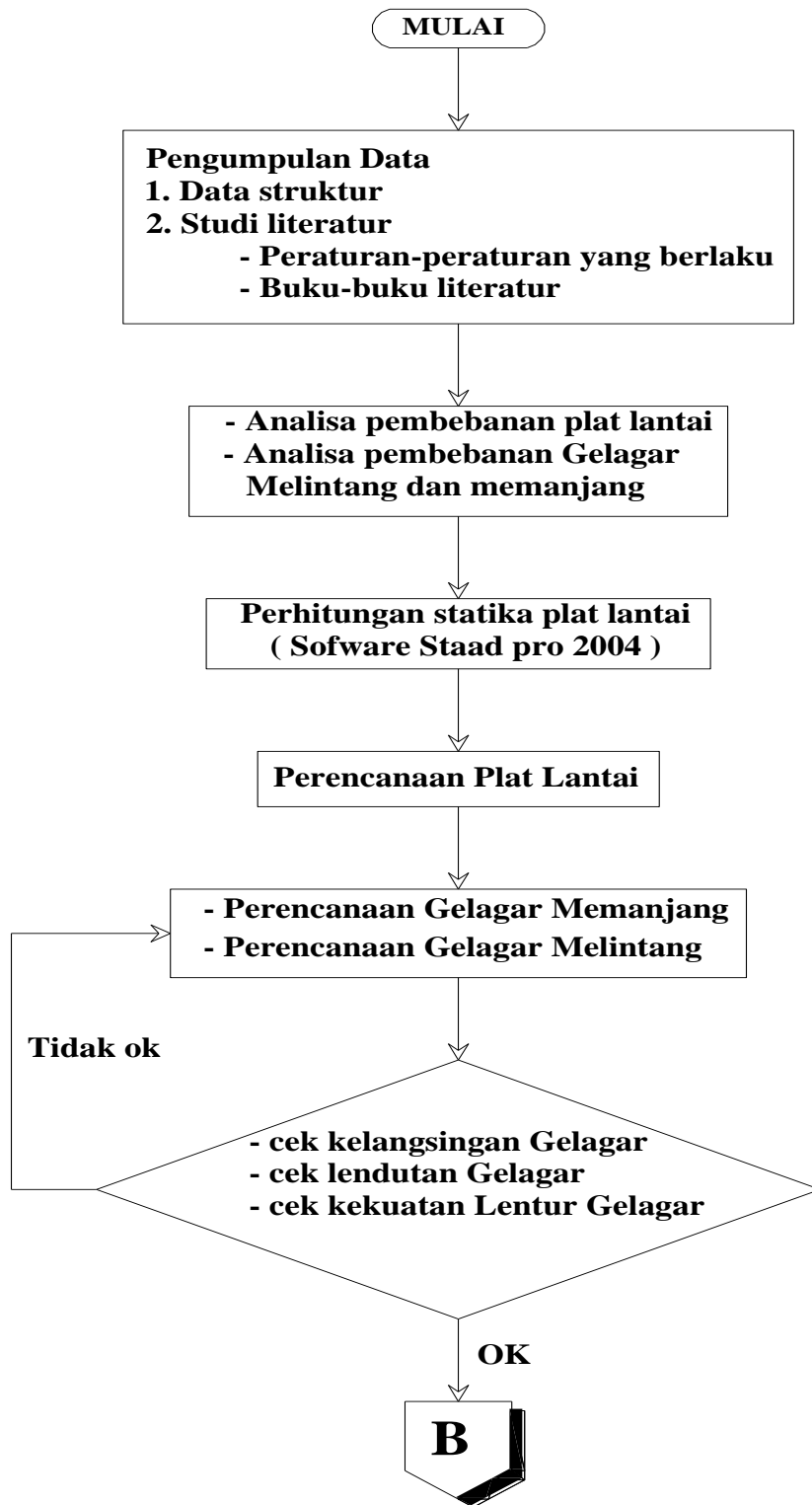
Pelat Beton lantai kendaraan :

- 1. Tebal Plat Beton : 0,25 meter
- 2. Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 kg/m³ (SNI T-02-2005)

Air Hujan :

- 1. Ketebalan Air Hujan (diasumsikan): 0,05 meter
- 2. Berat Air Hujan : 1000 kg/m³ (SNI T-02-2005)

3.2 Bagan Alir Perencanaan





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 kendaraan = $0,25 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 780 \text{ kg/m}$
- Berat aspal = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}$
- Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
- Berat Steel deck (0.76 mm) = $8,48 \times 1 \times 1,1 = \underline{9,328 \text{ kg/m}}$

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

Beban Gandar (T)

Beban lantai kendaraan untuk jembatan kelas standart truck

$$11,25 \text{ ton} = 11250 \text{ kg} = 11250 \times 1,8 \text{ (factor beban truck)} = 20250 \text{ kg}$$

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

b. Trotoar

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri lantai trotoar = $0,55 \times 1 \times 2400 \times 1,3 = 1716 \text{ kg/m}$
 - Berat tegel + spesi = $0,05 \times 1 \times 2240 \times 1,3 = 145,6 \text{ kg/m}$
 - Berat air hujan = $0,05 \times 1 \times 1000 \times 2,0 = 100 \text{ kg/m}$
 - Berat Steel deck (0.76 mm) = $8,48 \times 1 \times 1,1 = \underline{9,328 \text{ kg/m}}$
- $$qd^u = 1970,928 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (ql)

Yaitu beban guna sebesar = 500 kg/m^2

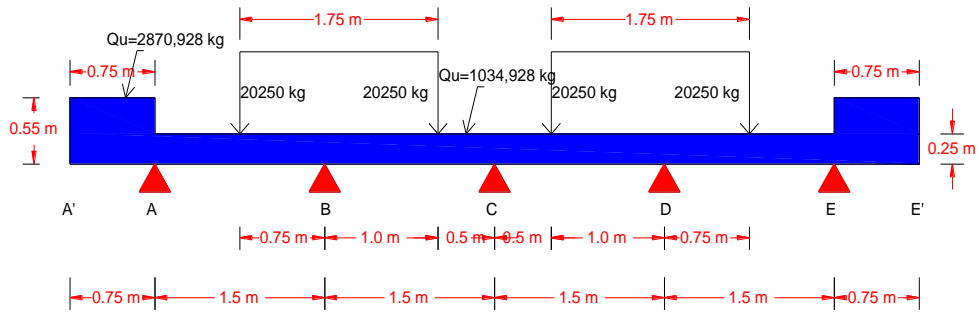
$$\begin{aligned} ql &= 500 \times 1 && \text{(Diasumsikan 1 meter panjang)} \\ &= 500 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban trotoir

$$\begin{aligned} Q^u &= qd^u + 1,8 \times ql \\ &= 1970,928 + 1,8 \times 500 \\ &= 2870,928 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan statika

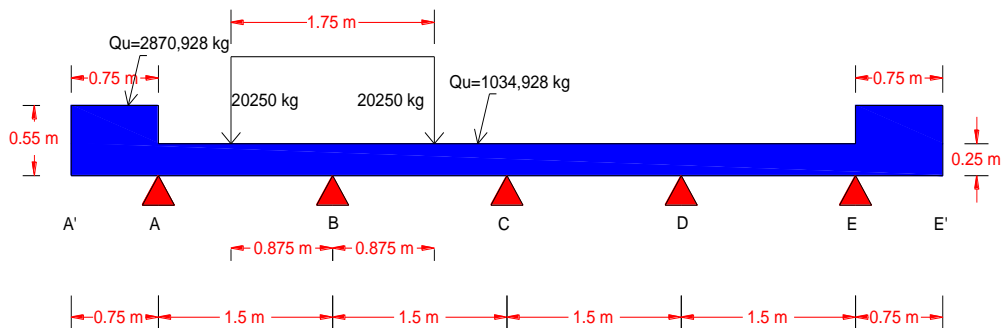
Kondisi I



Gambar 4.1 Kondisi I pembebanan pada lantai kendaraan

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

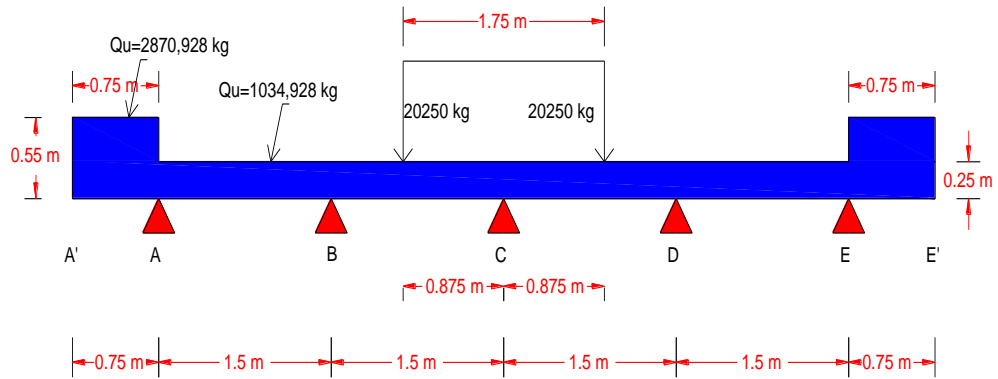
Kondisi II



Gambar 4.2 Kondisi II pembebanan pada lantai kendaraan

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

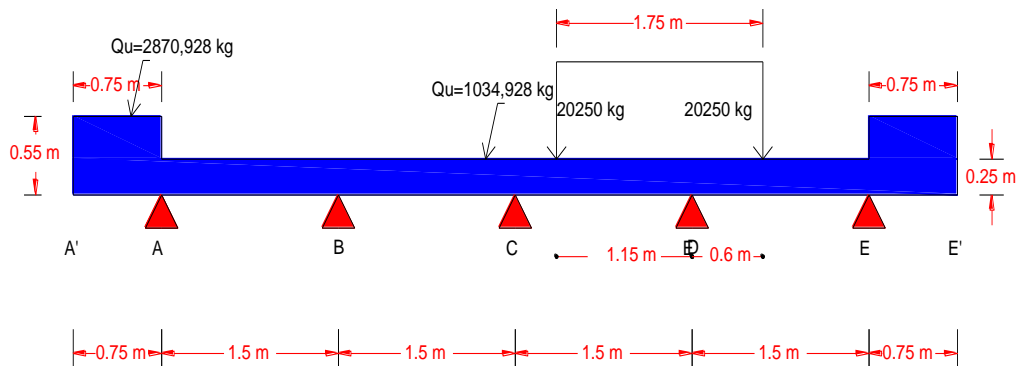
Kondisi III



Gambar 4.3 Kondisi III pembebanan pada lantai kendaraan

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

Kondisi IV



Gambar 4.4 Kondisi IV pembebanan pada lantai kendaraan

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

Table 4.1 Momen Pada Tumpuan Dan Lapangan

KONDISI MOMEN		KONDISI 1 Kg.m	KONDISI 2 Kg.m	KONDISI 3 Kg.m	KONDISI 4 Kg.m
LAPANGAN	AA'	-201,862	-201,862	-201,862	-201,862
	AB	5383,8	5227	-1060	43,248
	BC	3060	4452,4	4675,6	415,374
	CD	3060	572,257	4675,6	3341,3
	DE	5383,9	91,691	-1060	4730,4
	EE'	-201,862	-201,862	-201,862	-201,862
TUMPUAN	A	-807,449	-807,449	-807,449	-807,449
	B	-4195	-4723	-1896	311,796
	C	-3826	-2135	-4523	-1725
	D	-4195	408,682	-1896	-4193
	E	-807,449	-807,449	-807,449	-807,449

4.1.3 Penulangan Plat Lantai dan Trotoir

➤ Penulangan Plat Lantai

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD PRO 2004 didapat momen maximum pada kondisi II

Kontrol momen negatif (-) (Tumpuan)

$$M_{\max} = 4723 \text{ kgm}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 47230000 \text{ Nmm}$$

$$= 47,230000 \text{ KNm}$$

Direncanakan tulangan D13

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

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

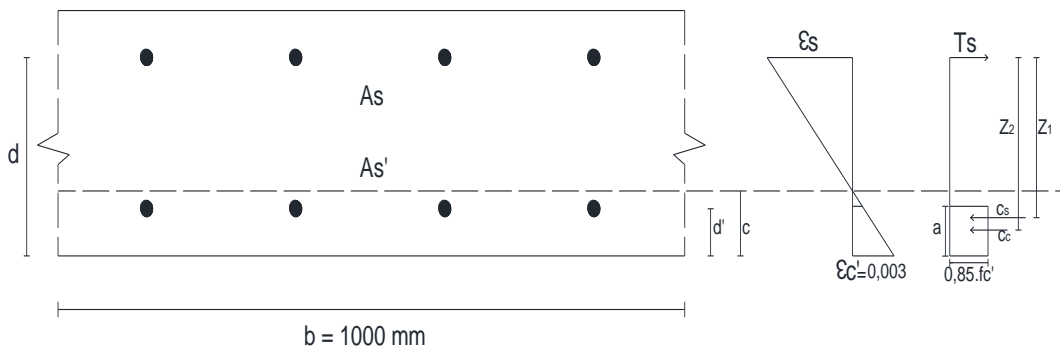
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

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

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

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

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

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

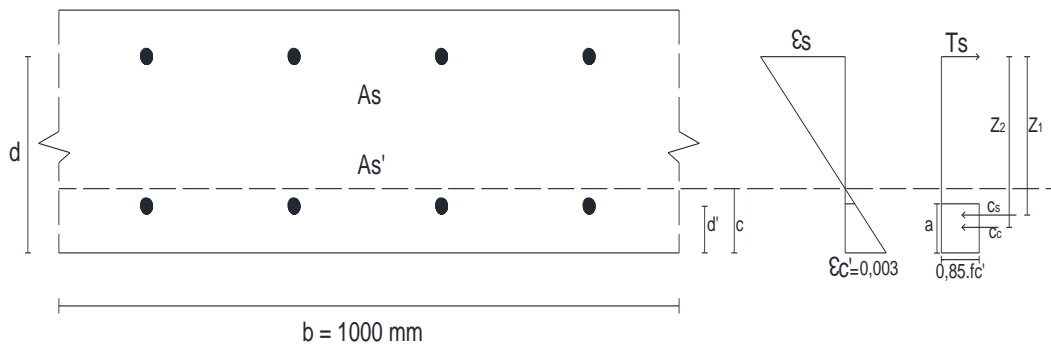
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c2 = -79,926 \text{ mm}$$

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



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

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

karena $f_s' < f_y$, maka dipakai $f_s' = 34,480$ Mpa

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

karena $f_s > f_y$, maka dipakai $f_y = 320$ Mpa

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

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

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

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

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

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

Karena $a < d$, maka :

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

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

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193,721 \text{ kNm} > 47,230000 \text{ KNm}$$

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

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

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

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

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

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

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

Kontrol momen positif (+) (Lapangan)

Dengan penulangan statika menggunakan software STAAD PRO 2004 didapat momen maximum pada kondisi I

$$M_{\text{max}} = 5383,9 \text{ kgm}$$

$$\text{Jadi, } \mu = 53839000 \text{ Nmm}$$

$$= 53,839000 \text{ KNm}$$

Direncanakan tulangan D 13

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

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

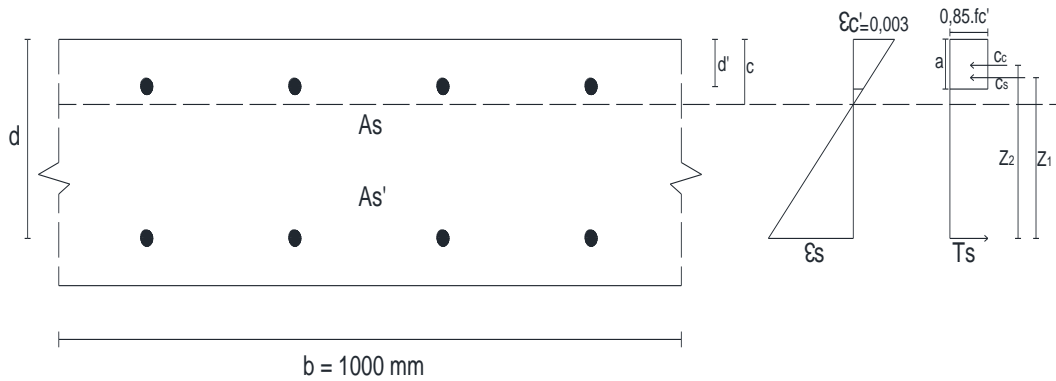
Diambil D13 dengan jarak 200 mm

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

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

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

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

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

$$\sum H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

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

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

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

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

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

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

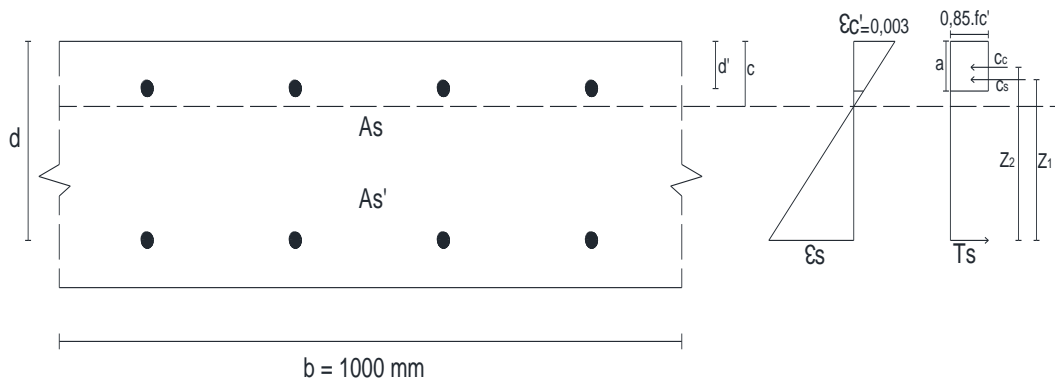
$$25287,5 \cdot c^2 + 776256,081c - 99498750 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

$$c1 = 49,229 \text{ mm}$$

$$c2 = -79,926 \text{ mm}$$

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



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Karena $a < d$, maka :

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

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

Kontrol

$$M_r > M_u$$

$$193,721 \text{ kNm} > 53,839000 \text{ KNm}$$

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

D13 – 200 mm (untuk tulangan tekan)

Direncanakan menggunakan tulangan bagi D 13 mm

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

Jumlah tulangan bagi tiap meter (n)

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

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

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm

➤ **Penulangan Trotoar**

Kontrol momen Negatif (-) (Tumpuan)

$$M_{\text{max}} = 807,449 \text{ kgm}$$

$$\text{Jadi, } \mu_u = 8074490 \text{ Nmm}$$

$$= 8,074490 \text{ KNm}$$

Dicoba tulangan D13

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

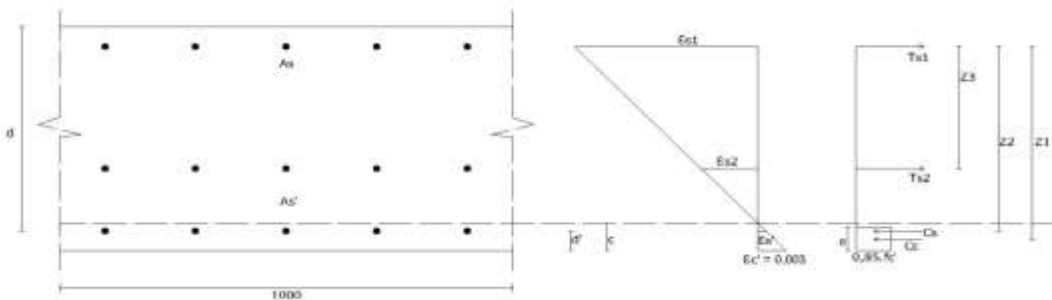
$$d' = 550 - 503,5 = 46,5 \text{ mm}$$

Dicoba D13 dengan jarak 200 mm

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

Mencari letak garis netral:

Dimisalkan garis netral > d' :



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

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

$$\sum H = 0$$

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

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

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 1000)c + 663,325 \cdot \left(\frac{c-46,5}{c} \times 600 - 0,85 \cdot f_{c'}\right) - 663,325 \cdot \frac{d-c}{c} \times 600$$

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

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

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

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

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

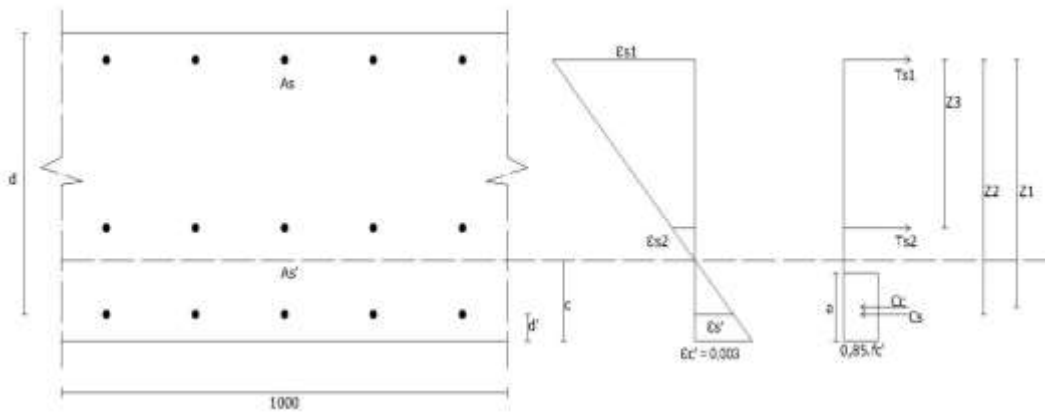
$$25287,5.c^2 + 1174251,081 - 419287732,5 = 0$$

Dengan menggunakan kalkulator program didapat :

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

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

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



Selanjutnya dihitung nilai-nilai :

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

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

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

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

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

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

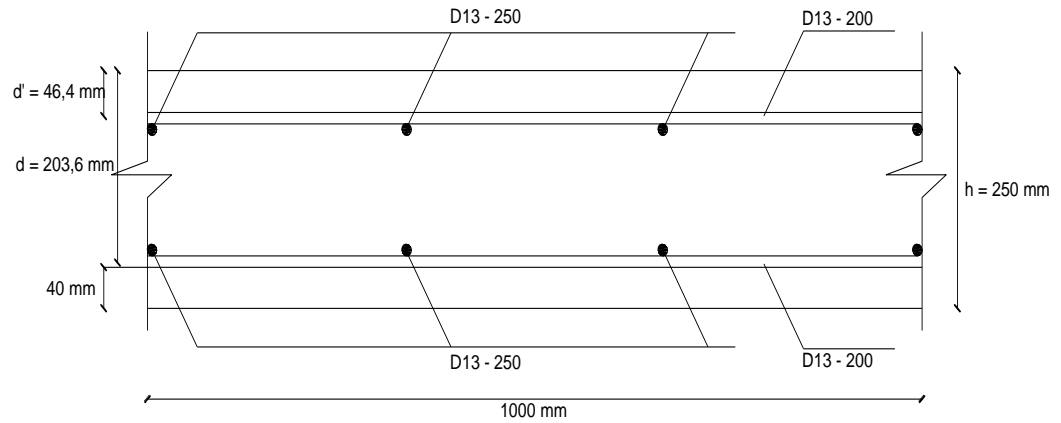
$$\begin{aligned} T_{s_2} &= A_s \cdot f_s \\ &= 663,325 \cdot 320 \\ &= 212264 \text{ N} \end{aligned}$$

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

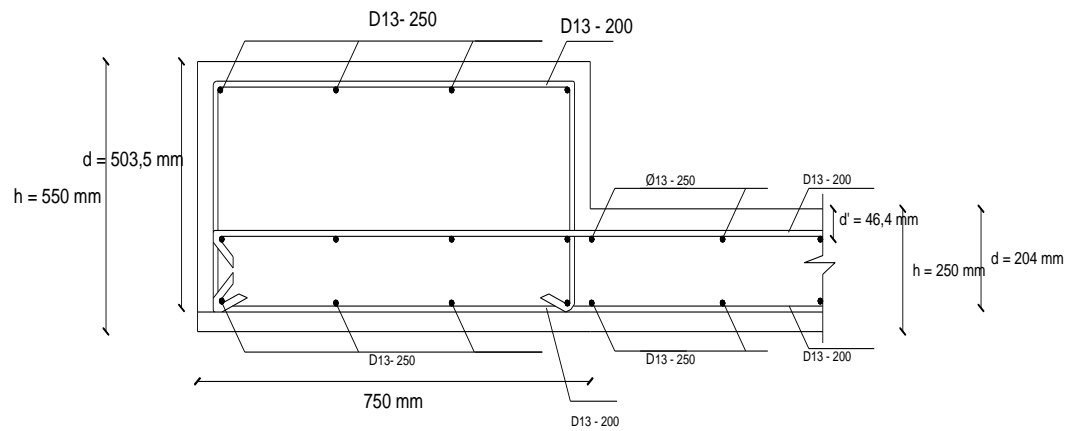
$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 503,5 - 46,5 \\ &= 457 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

Dipakai tulangan : D13 – 250 mm



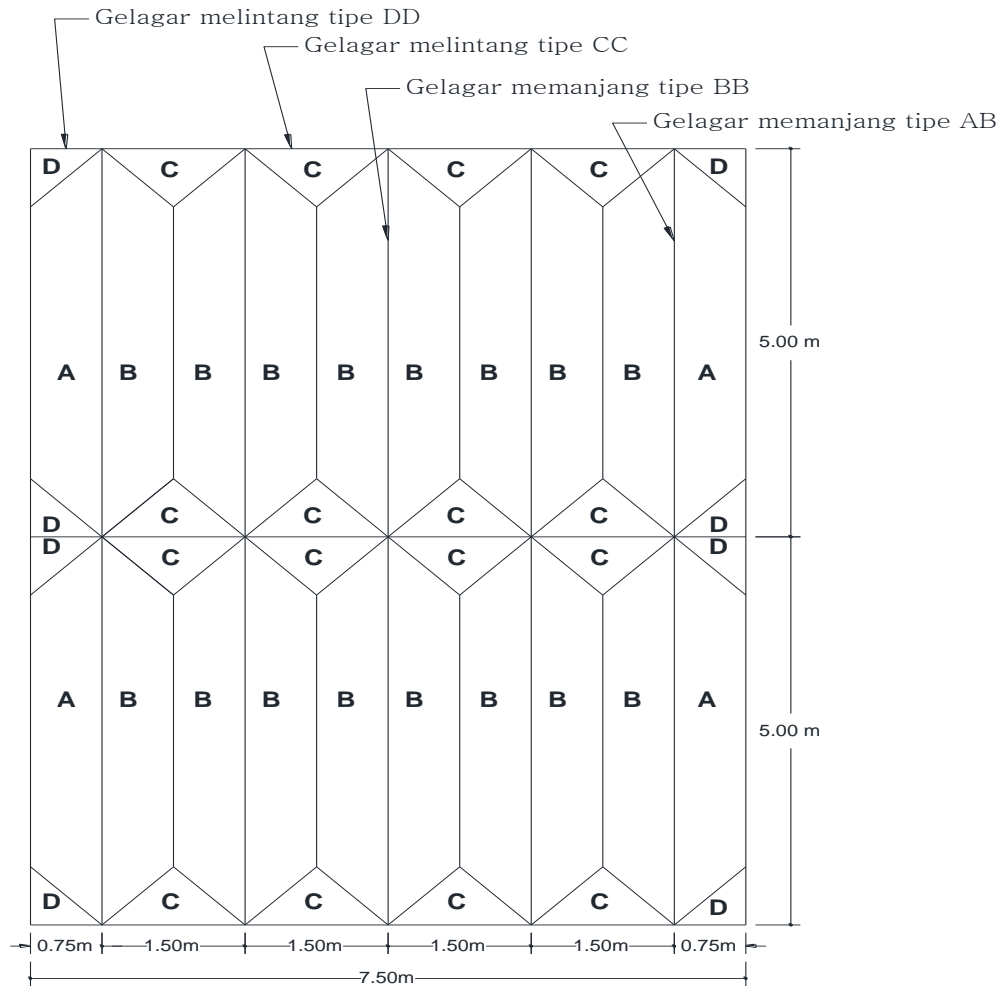
Gambar 4.5 Penulangan Plat Lantai per 1 meter



Gambar 4.6 Penulangan Trotoir

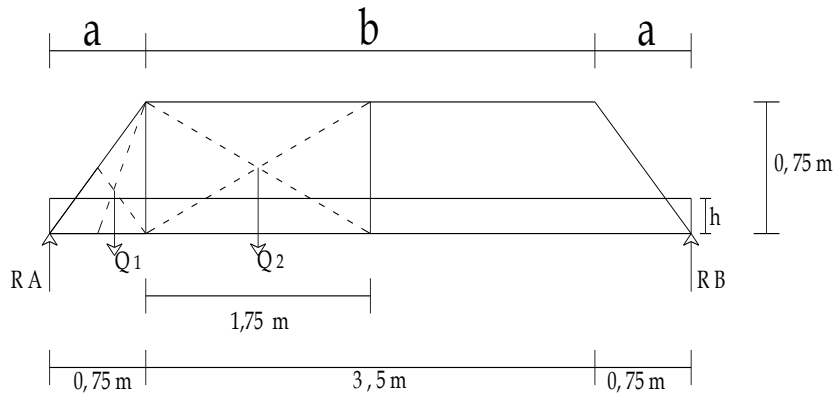
4.2 Perhitungan Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

4.2.1 Perhitungan Perataan Beban



Gambar 4.7 Perataan Beban Plat Lantai dan Trotoar

1. Perataan Tipe A



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

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

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

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

$$M_1 = (1,594 \times 2,5) - ((0,281 \times (\frac{1}{3} \times 0,75 + 1,75)) + (1,313 \times \frac{1}{2} \times 1,75))$$

$$M_1 = 2,274$$

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

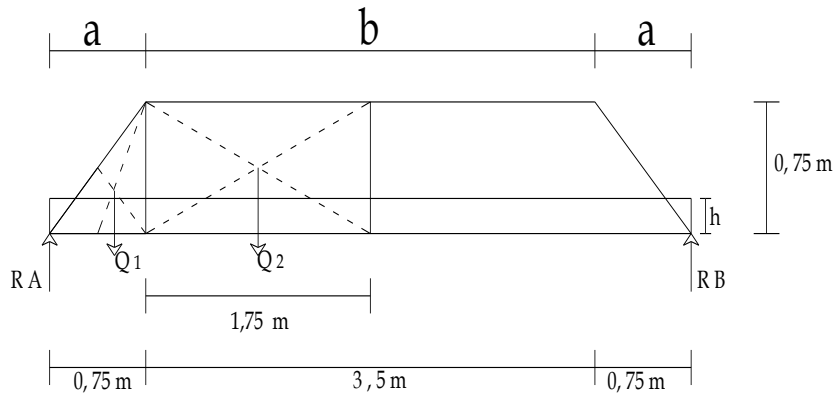
$$M_2 = 3,125 \text{ h}$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,274 = 3,125 \text{ h}$$

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

2. Perataan Tipe B



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

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

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

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

$$M_1 = (1,594 \times 2,5) - ((0,281 \times (1/3 \times 0,75 + 1,75)) + (1,313 \times 1/2 \times 1,75))$$

$$M_1 = 2,274$$

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

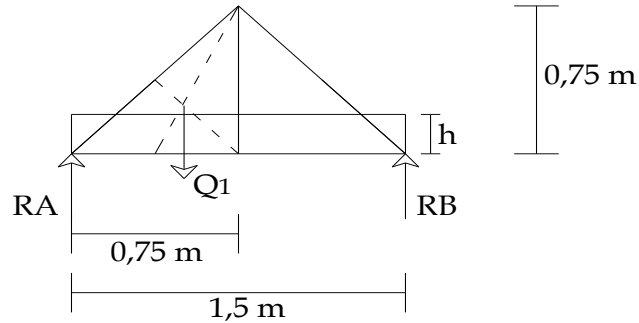
$$M_2 = 3,125 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,274 = 3,125 h$$

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

3. Perataan Tipe C



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

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

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

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

$$M_1 = 0,1405 \text{ m}$$

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

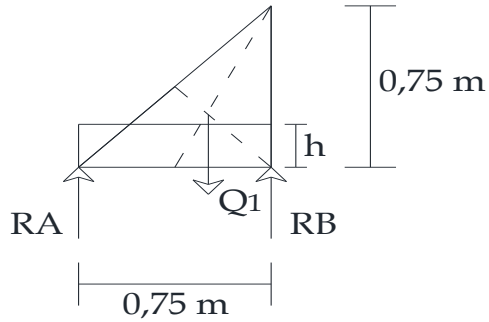
$$M_2 = 0,281 h$$

$$M_1 = M_2$$

$$0,1405 = 0,281 h$$

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

4. Perataan Tipe D



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

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

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

$$M_1 = (0,281 \times 0,5 \times 0,75) - (0,281 \times 1/3 \times 0,75)$$

$$M_1 = 0,035125 \text{ m}$$

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

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

$$M_1 = M_2$$

$$0,035125 = 0,070 \text{ h}$$

$$h = 0,502 \text{ m} < 0,75 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

4.2.2 Perhitungan Gelagar Memanjang

❖ Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

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

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

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

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

▪ Gelagar Memanjang Tipe AB

$$\begin{aligned} qd^u &= (\text{Perataan beban tipe A} \times q \text{ Trotoar}) + (\text{Perataan beban tipe B} \\ &\quad \times q \text{ Plat lantai}) \\ &= (0,728 \times 1970,928) + (0,728 \times 1034,928) \\ &= 2188,263 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

▪ Gelagar Memanjang Tipe BB

$$\begin{aligned} qd^u &= (\text{Perataan beban tipe B} \times q \text{ Plat lantai}) + (\text{Perataan beban tipe} \\ &\quad \text{B} \times q \text{ Plat lantai}) \\ &= (0,728 \times 1034,928) + (0,728 \times 1034,928) \\ &= 1506,855 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Diambil beban terbesar yang menentukan yaitu :

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

2. Beban lajur 'D'

Secara umum beban "D" akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lajur kendaraan sebesar 2,75 m.

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

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

▪ Beban Tersebar Merata "BTR"

Faktor beban = 1,8

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

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{60} \right) \text{ kpa}$$

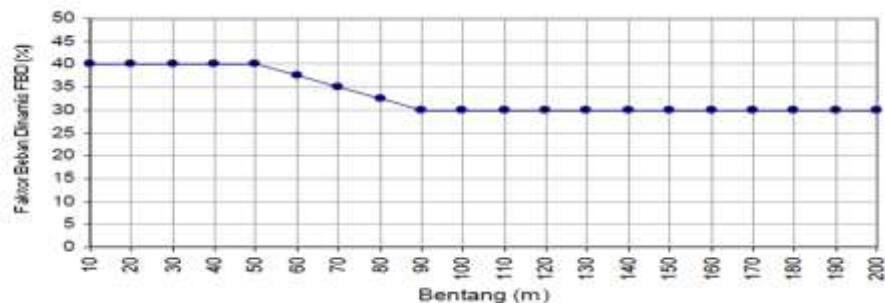
$$q = 6,75 \text{ kPa} = 675 \text{ kg / m}^2$$

▪ Beban Garis "BGT"

Factor beban = 1,8

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$\text{FBD} = (0,525 - 0,0025 \times 60) = 0,375$$



Gambar 4.8 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 KN/m = 4900 kg/m

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

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

Beban hidup yang diterima Gelagar adalah

a. Gelagar Memanjang Tipe AB

$$qd'' = \frac{675}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,8 = 643,287 \text{ kg} / m$$

$$P_l'' = \frac{8820}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,3 = 6070,726 \text{ kg} / m$$

b. Gelagar Memanjang Tipe BB

$$qd'' = \frac{675}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,8 = 643,287 \text{ kg} / m$$

$$P_l^u = \frac{8820}{2,75} \times (0,728 + 0,728) \times 1,3 = 6070,726 \text{ kg/m}$$

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

Diambil beban terbesar yang menentukan yaitu :

$$q_l^u = 643,287 \text{ kg/m}$$

$$P_l^u = 6070,726 \text{ kg/m}$$

3. Beban hidup yang bekerja di gelagar tepi memanjang

$$q_l^u = ((\text{Beban hidup trotoar} \times \text{perataan tipe A} \times 1,8) + (\frac{675}{2,75} \times \text{perataan}$$

tipe B x 1,8))

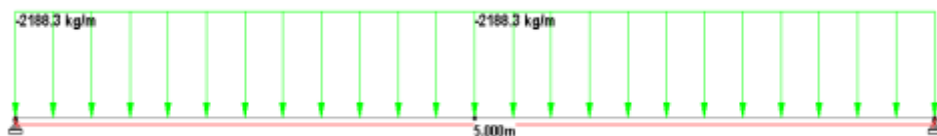
$$= ((500 \times 0,728 \times 1,8) + (\frac{675}{2,75} \times 0,728 \times 1,8)$$

$$= 976,844 \text{ kg/m}$$

❖ Perhitungan Momen Pada Gelagar Memanjang

Perhitungan selanjutnya menggunakan program bantu STAAD PRO untuk menghitung momen dan gaya geser maksimum.

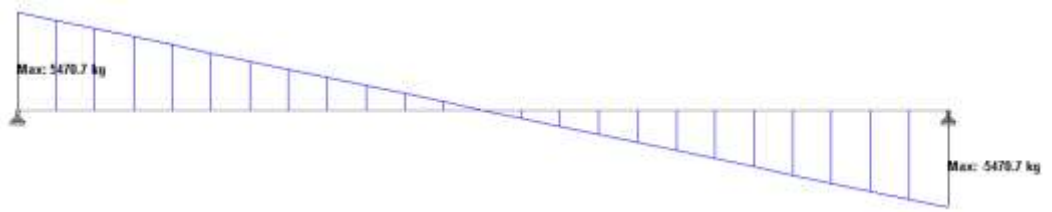
- Akibat beban mati plat lantai (qd)



Gambar 4.9 beban mati plat lantai

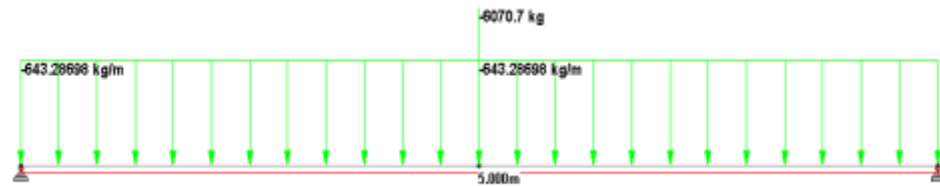


Gambar 4.10 Momen yang terjadi akibat beban plat lantai

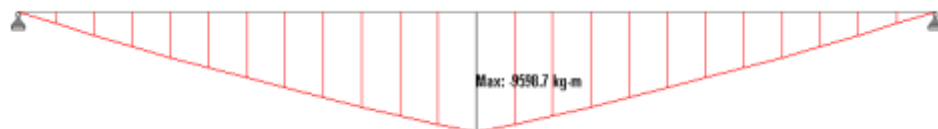


Gambar 4.11 Gaya geser yang terjadi akibat beban plat lantai

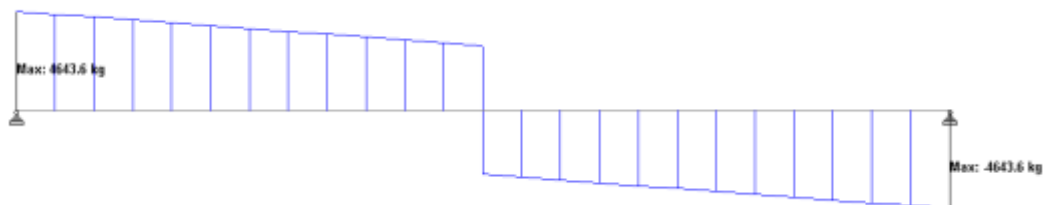
- Akibat beban lajur “D”



Gambar 4.12 beban lajur “D”

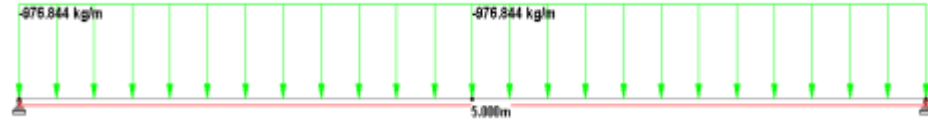


Gambar 4.13 Momen yang terjadi akibat beban lajur “D”



Gambar 4.14 Gaya geser yang terjadi akibat beban lajur “D”

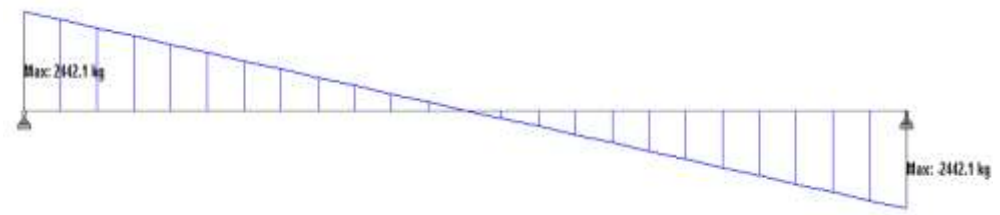
- Akibat beban hidup yang bekerja di gelagar tepi memanjang



Gambar 4.15 Beban hidup yang bekerja di gelagar tepi memanjang



Gambar 4.16 Momen yang bekerja di gelagar tepi memanjang



Gambar 4.17 Gaya geser yang bekerja di gelagar tepi memanjang

Gaya Geser Total

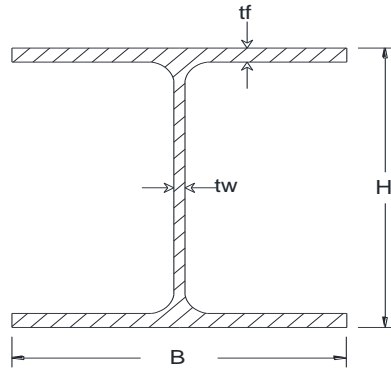
$$V_{total}^u = V_{b\ mati} + V_{b\ lajur\ "D"} + V_{b\ hidup}$$

$$V_{total}^u = 5470,7 + 4643,6 + 2442,1 = 12556,4 \text{ kg}$$

4.2.2.1 Perhitungan Dimensi Gelagar Memanjang

1. Dimensi Gelagar Memanjang

Dicoba profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11



Gambar 4.18 Profil baja WF gelagar Memanjang

(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 = 1,1

$W = 49,56 \text{ kg/m}$ $B = 175 \text{ mm}$ $r = 14 \text{ mm}$

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

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

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

- Momen akibat berat sendiri profil

$$M_{bs \text{ profil}} = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 49,56 \times 5^2$$

$$= 154,875 \text{ kgm}$$

$$M_{bs \text{ profil}}^u = 154,875 \times 1,1$$

$$= 170,363 \text{ kgm}$$

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

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

$$M_{Total}^u = 6838,3 + 9598,7 + 3052,6 + 170,363 = 19659,963 \text{ kgm}$$

➤ **Kontrol kelangsingan profil**

$$\lambda_f = \frac{B}{2.tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,955 \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,396$$

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{H - 2(r + tf)}{tw} = \frac{350 - 2(14 + 11)}{7} = 42,857 \leq$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$7,955 \leq 8,396 \quad \dots \text{OK}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$42,857 \leq 82,969 \quad \dots \text{OK}$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

Penerbit Erlangga hal.85)

➤ **Desain Penampang sesuda komposit**

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

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

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

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

$$bE \leq bo = 150 \text{ cm}$$

$$bE \leq bf + 16.ts = 13 + 16.25 = 413 \text{ cm}$$

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

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

Elastisitas :

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

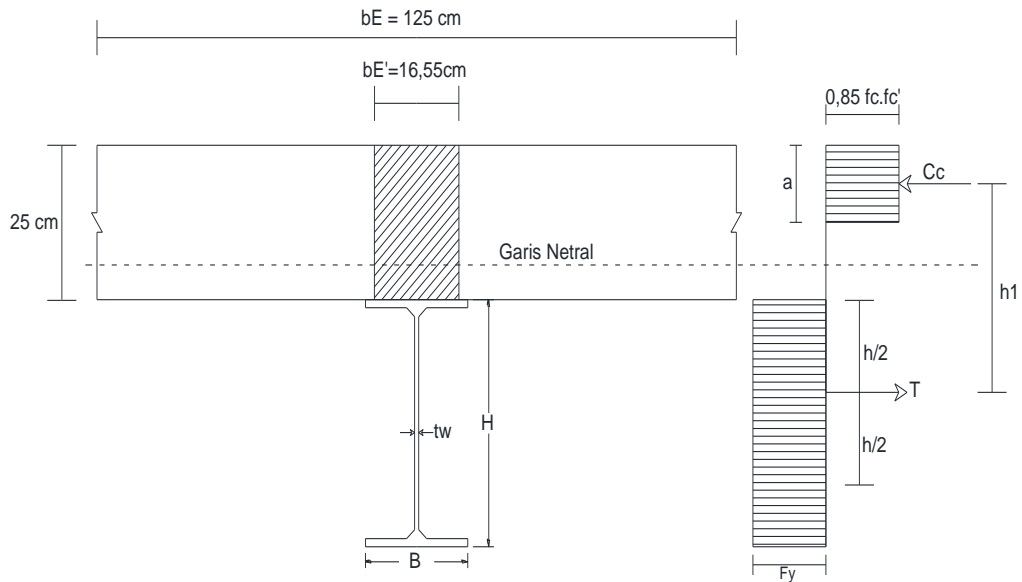
$$E_{Baja} = 2100000 \text{ kg / cm}^2 = 210000 \text{ Mpa}$$

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

$$bE' = \frac{125}{7,5524} = 16,55 \text{ cm}$$

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

➤ **Kontrol kekuatan penampang**



Gambar 4.19 Diagram penampang plastis

Table 4.2 Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm^2)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm^3)
1	Beton = $16,55 \times 25 =$ 413,75	$\frac{25}{2} = 12,5$	5171,875
2	Baja = 63,14	$\frac{35}{2} + 25 = 42,5$	2683,45
	$\Sigma A = 476,89$		$\Sigma A.Y = 7855,325$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{7855,325}{476,89} = 16,472 \text{ cm}$$

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

Table 4.3 Menentukan momen inesia beton dan baja :

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
1	413,75	12,5	$\frac{1}{12} \times 16,55 \times 25^3$ = 21549,479	16,472-12,5 = 3,972	28077,123
2	63,14	42,5	13600	43,528-(35/2) = 26,028	56374,621
	$\Sigma A = 476,89$				$\Sigma I_x = 84451,744$

Karena $Y_a = 17,991 \text{ cm} <$ tebal plat beton maka garis netral terletak pada plat beton.

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

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

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

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E \\ &= 0,85 \times 35 \times 69,613 \times 1250 \\ &= 2588733,438 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

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

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot h_1 \\ &= 2588733,438 \times \left(\frac{1}{2} \times 350 + 250 - \frac{1}{2} \times 69,613 \right) \\ &= 1010105666 \text{ N.mm} \\ &= 101010,5666 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,85 \times 101010,5666 \\ &= 85858,982 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

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

$$85858,982 \text{ kg.m} \geq 19659,963 \text{ kg.m} \quad \dots \text{ OK}$$

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

Penerbit Erlangga hal.291)

➤ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 12556,4 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$Vy = 0,55 \cdot d \cdot tw \cdot fy$$

$$= 0,55 \times 32,8 \times 0,7 \times 4100$$

$$= 51774,8 \text{ kg}$$

Kontrol :

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

$$51774,8 \text{ kg} \geq 12556,4 \text{ kg}$$

...OK

➤ **Kontrol Lendutan**

▪ **Lendutan yang diijinkan**

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

$$f_{ijin} = \frac{1}{360} \cdot L$$

$$= \frac{1}{360} \cdot 500$$

$$= 1,39 \text{ cm}$$

- **Lendutan yang terjadi :**

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

$$f_{ada} = \frac{5(21,88263 + 9,76844 + 6,43287 + 0,4956) \times 500^4}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 84451,744} + \frac{6070,726 \times 500^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 84451,744}$$

$$f_{ada} = 0,266$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} \geq f_{ada}$$

$$1,39 \geq 0,266 \quad \text{ok}$$

4.2.2.2 Perencanaan *shear conector*

Gelagar Memanjang

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

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

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

$$A_{sc} = 284,88 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

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

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

$$A_{sc} \times F_u^b = 284,88 \times 1035 = 294850,8$$

$$Q_n = 0,5 \times 284,88 \times \sqrt{35 \times 27805,575}$$

$$Q_n = 140517,990 \text{ N}$$

$$Q_n \leq A_{sc} \times F_u^b \text{ ok}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

$$V_h = 0,85 \cdot f_c' \times b \times E \times t_s$$

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

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

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

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

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

T_{\max} = Gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 6314 \times 410$$

$$= 2588740 \text{ N}$$

Dari kedua rumus di atas dipilih nilai yang terkecil

$$C_{\max} = 9296875 \text{ N}$$

$$T_{\max} = 2588740 \text{ N}$$

$$\text{Dipakai } V_h = 2588740 \text{ N}$$

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar memanjang adalah :

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2588740}{140517,990} = 18,422 \approx 20 \text{ buah}$$

(*Setiawan, Agus. 2008 .Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD. Penerbit Erlangga hal.294*)

Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah :

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

Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama = 10 stud.

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

Keterangan : (250 = ½ bentangan dari gelagar memanjang)

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

LRFD. Penerbit Erlangga hal.295)

4.2.3 Perhitungan Gelagar Melintang

➤ Pembebanan

1. Beban Mati (qd)

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

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

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

- Akibat Berat Trotoar

$$\begin{aligned} q_{d1}^u &= (\text{Perataan beban tipe D x 2}) \times (q \text{ trotoar}) \\ &= (0,502 \times 2) \times (1970,928) \\ &= 1978,812 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Akibat Berat lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} q_{d2}^u &= (\text{perataan tipe C x 2}) \times (q \text{ plat lantai}) \\ &= (0.50 \times 2) \times (1034,928) \\ &= 1034,928 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

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

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

$$W = 66,03 \text{ kg/m}$$

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

$$= 66,03 \times 5 \times 1,1$$

$$= 363,165 \text{ kg}$$

2. Beban Hidup

❖ Akibat Beban Lajur “ D “

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan mulai dari gelagar memanjang bentang sedang sampai bentang panjang dan lebar melintang 1 lajur kendaraan sebesar 2,75 m.

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

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

❖ Muatan Tersebar Merata (BTR)

Faktor beban = 1,8

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

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

$$q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{60}\right) \text{ kpa}$$

$$q = 6,75 \text{ kPa} = 675 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$q_3 = \frac{675}{2,75} \times (2 \times 0,626) = 307,309 \text{ kg} / \text{m}$$

$$q_3^u = (307,309 \times 1,8) \times 100\% = 553,156 \text{ kg} / \text{m}$$

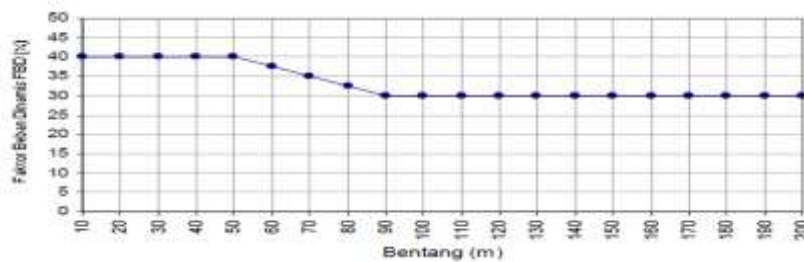
$$q_3^u = (307,309 \times 1,8) \times 50\% = 276,578 \text{ kg} / \text{m}$$

❖ **Muatan Beban Garis (BGT)**

Faktor beban = 1,8

Bentang jembatan 60 meter per bentang dengan factor beban dinamis

$$FBD = (0,525 - 0,0025 \times 60) = 0,375$$



Gambar 4.20 Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”

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

$$K = 1 + FBD$$

$$= 1 + 0,375$$

$$= 1,375$$

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

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

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

$$P_2'' = \frac{8820}{2,75} \times 1,375 \times 100\% = 4410 \text{ kg / m'}$$

$$P_3'' = \frac{8820}{2,75} \times 1,375 \times 50\% = 2205 \text{ kg / m'}$$

Sehingga akibat beban lajur “ D “

$$q_4 100\% = (553,156 + 4410) = 4963,156 \text{ kg / m'}$$

$$q_5 50\% = (276,578 + 2205) = 2481,578 \text{ kg / m'}$$

❖ **Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar yang bekerja pada gelagar melintang**

Faktor beban = 1,8

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

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

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

$$q_6'' = 500 \times (0,502 \times 2) \times 1,8 = 903,6 \text{ kg / m}$$

Beban yang diterima gelagar memanjang disalurkan ke gelagar melintang

❖ **Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang**

Diambil reaksi yang terjadi, RA = 5470,7 kg. dijadikan sebagai beban titik. (perhitungan gelagar memanjang)

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

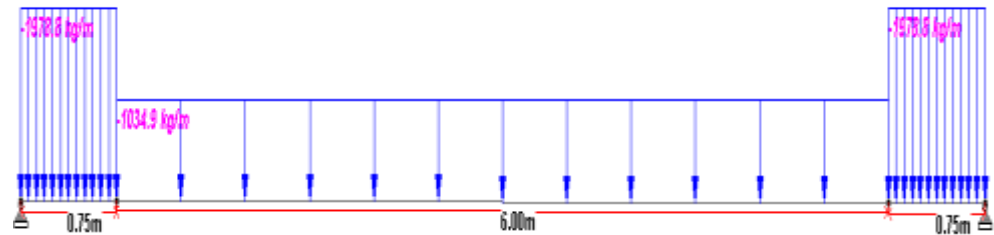
Diambil reaksi yang terjadi, RA = 4643,6 kg. dijadikan sebagai beban titik. (perhitungan gelagar memanjang)

❖ **Akibat Muatan Beban Hidup yang bekerja pada gelagar memanjang**

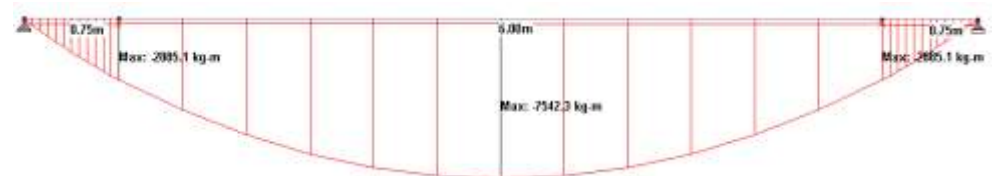
Diambil reaksi yang terjadi, $R_A = 2442,1$ kg. dijadikan sebagai beban titik. (perhitungan gelagar memanjang)

➤ **Perhitungan Momen Pada Gelagar Melintang**

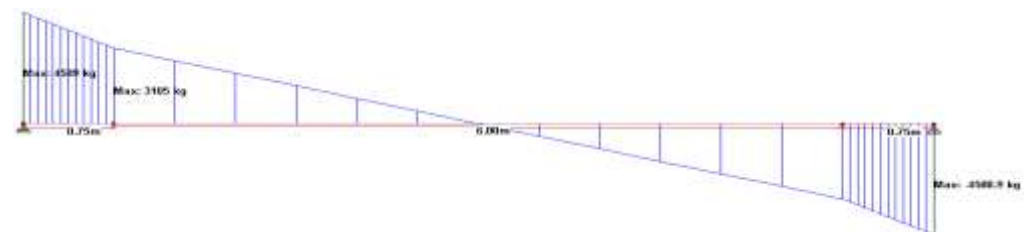
❖ **1. Akibat Beban mati lantai Kendaraan dan Trotoar**



Gambar 4.21 Input beban mati plat lantai dan trotoar

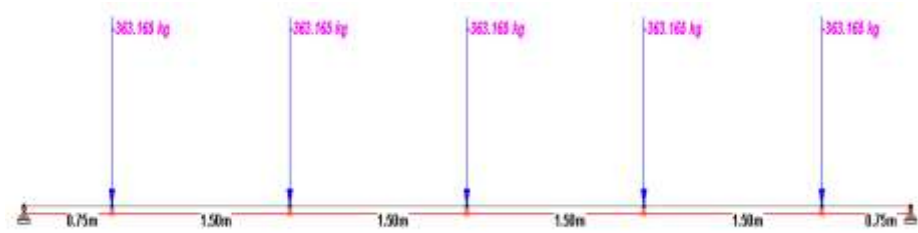


Gambar 4.22 momen akibat beban mati plat lantai dan trotoar

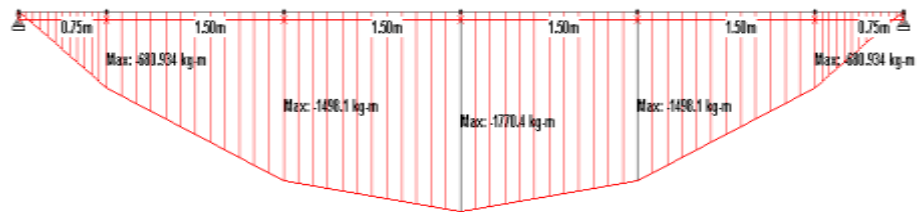


Gambar 4.23 Gaya geser akibat beban mati plat lantai dan trotoar

❖ **2. Akibat berat Gelagar Memanjang**



Gambar 4.24 Input beban berat sendiri gelagar memanjang

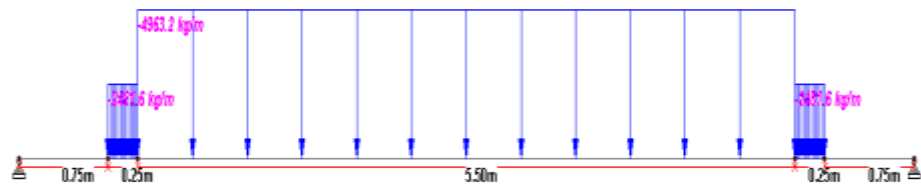


Gambar 4.25 Momen akibat berat sendiri gelagar memanjang

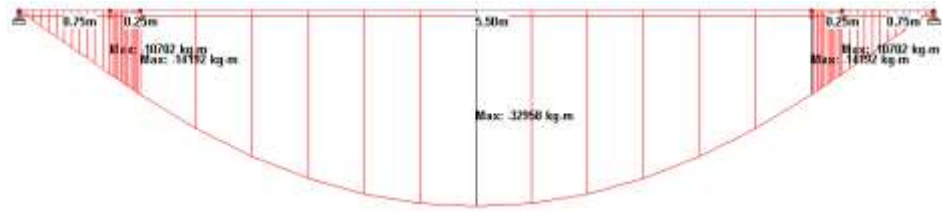


Gambar 4.26 Gaya geser akibat berat sendiri gelagar memanjang

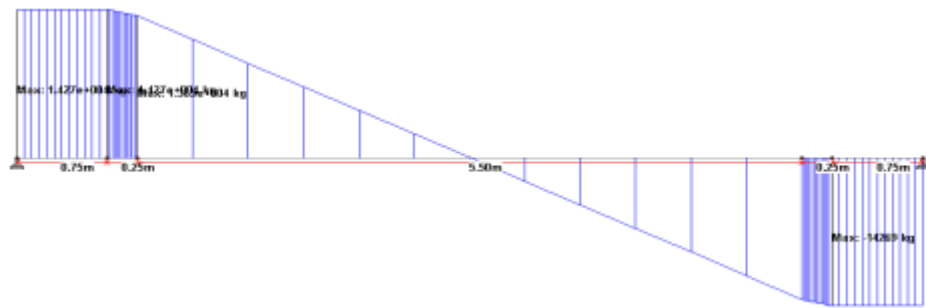
❖ **3. Akibat beban lajur "D"**



Gambar 4.27 Input beban akibat beban lajur "D"



Gambar 4.28 Momen akibat beban lajur “D”



Gambar 4.29 Gaya geser akibat beban lajur “D”

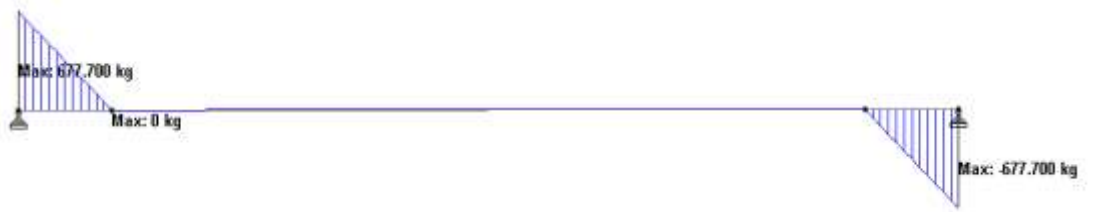
❖ 4. Akibat muatan Hidup Trotoar



Gambar 4.30 Input beban hidup trotoar

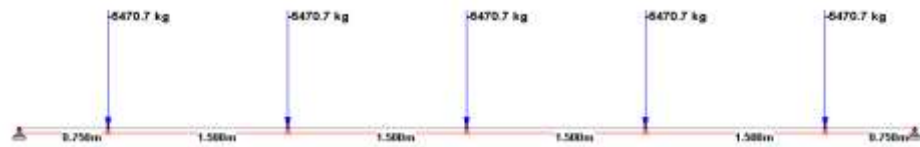


Gambar 4.31 Momen akibat beban hidup trotoar

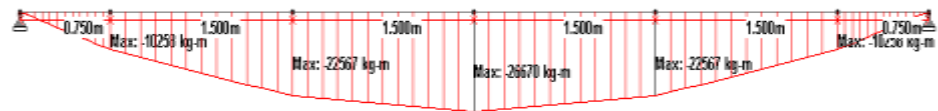


Gambar 4.32 Gaya geser akibat beban hidup trotoar

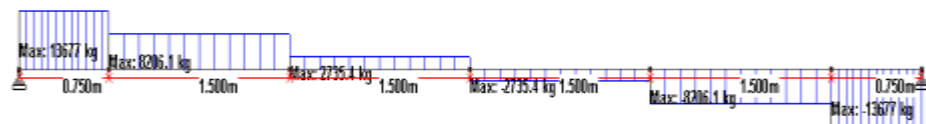
❖ **5. Akibat Beban mati plat lantai yang bekerja pada gelagar memanjang**



Gambar 4.33 Beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar memanjang

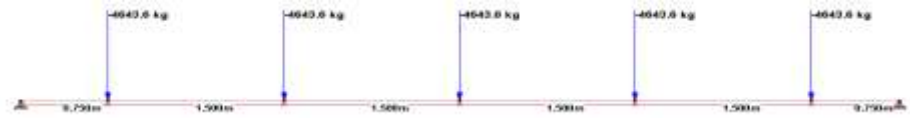


Gambar 4.34 Momen akibat beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar memanjang

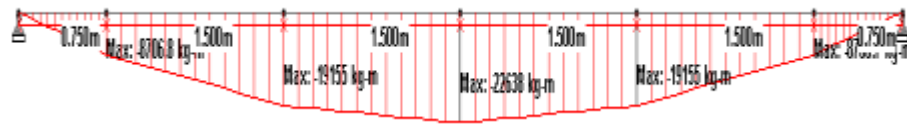


Gambar 4.35 Gaya geser akibat beban mati plat lantai kendaraan pada gelagar memanjang

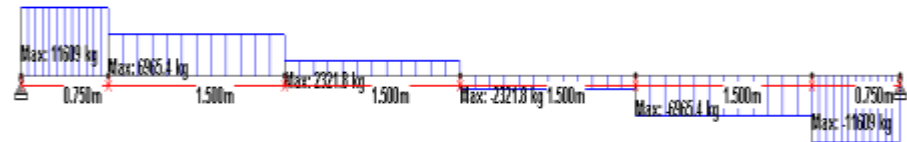
❖ **6. Akibat Beban Lajur “ D “ yang bekerja pada gelagar memanjang**



Gambar 4.36 beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.37 momen akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang

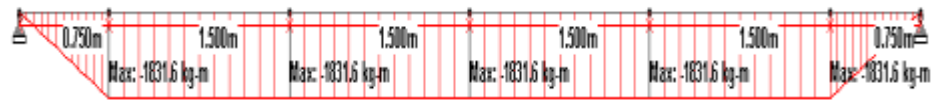


Gambar 4.38 gaya geser akibat beban hidup trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang

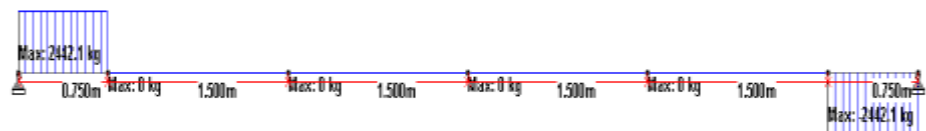
❖ **7. Akibat Muatan Beban Hidup Trotoar yang bekerja pada gelagar memanjang**



Gambar 4.39 beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.40 momen akibat beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang



Gambar 4.41 Gaya geser akibat beban lajur “D” yang bekerja pada gelagar memanjang

Momen akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 M_{\max}^u &= M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 \\
 &= 7542,3 + 1770,4 + 32958 + 254,138 + 26670 + 22638 + 1831,6 \\
 &= 93664,438 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser akibat beban mati dan beban hidup sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}}^u &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 \\
 &= 4589 + 907,913 + 677,700 + 14270 + 13677 + 11609 + 2442,1 \\
 &= 48172,713 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

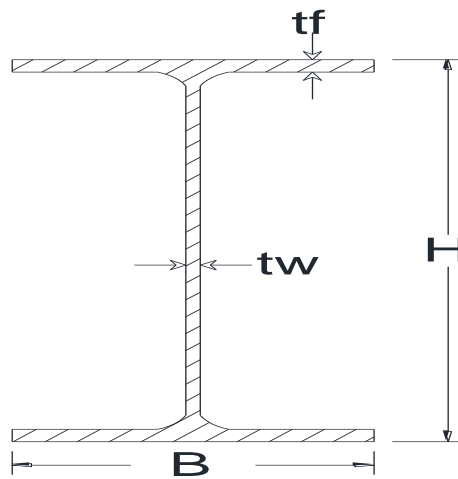
4.2.3.1 Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

1. Dimensi Gelagar Melintang

Dicoba profil baja WF 700 x 300 x 13 x 24

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

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



Gambar 4.42 Profil baja WF gelagar Melintang

Factor beban untuk baja = 1,1

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

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

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

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

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

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

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

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

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

➤ **Kontrol kelangsingan profil**

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

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{H - 2(r + tf)}{tw} = \frac{700 - 2(28 + 24)}{13} = 45,846 \leq$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,969$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$6,25 \leq 8,396 \quad \dots \text{OK}$$

syarat : $\lambda_f \leq \lambda_p$

$$45,846 \leq 82,969 \quad \dots \text{OK}$$

Karena kontrol kelangsingannya memenuhi syarat, maka penampang dinyatakan kompak.

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

➤ **Desain balok sesuda komposit**

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

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

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

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

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

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

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

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

Elastisitas :

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

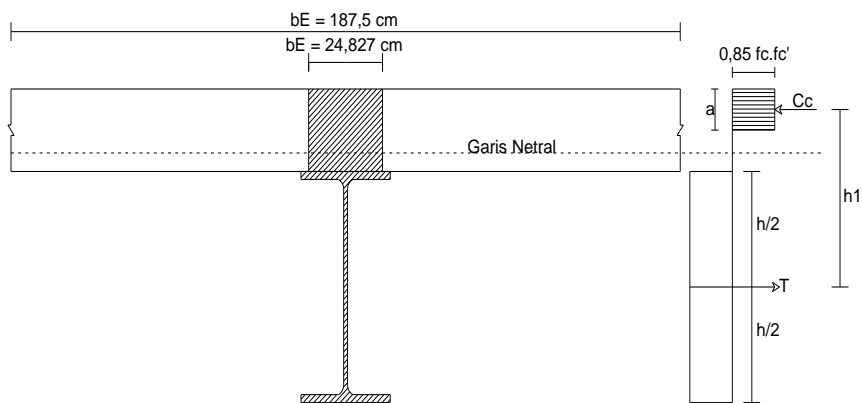
$$E_{\text{Baja}} = 2100000 \text{ kg / cm}^2 = 210000 \text{ Mpa}$$

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

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

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

➤ **Kontrol kekuatan penampang**



Gambar 4.43 Diagram penampang plastis

Table 4.4 Menentukan letak garis netral :

NO	Luas penampang A (cm ²)	Lengan Momen Y (cm)	Statis Momen A . Y (cm ³)
1	Beton = 24,827 x 25 = 620,675	$\frac{25}{2} = 12,5$	7758,438
2	Baja = 235,5	$\frac{70}{2} + 25 = 60$	14130
	$\Sigma A = 856,175$		$\Sigma A.Y = 21888,438$

Diukur dari bagian atas plat

$$Y_a = \frac{\sum A.Y}{\sum A} = \frac{21888,438}{856,175} = 25,565 \text{ cm}$$

$$Y_b = t + h - Y_a = 25 + 70 - 25,565 = 69,435 \text{ cm}$$

Table 4.5 Menentukan momen inersia beton dan baja :

NO	A (cm ²)	Y (cm)	Io (cm ⁴)	d (cm)	Io + Ad ² (cm ⁴)
1	620,675	12,5	$\frac{1}{12} \times 24,827 \times 25^3$ = 32326,823	25,565-12,5 = 13,065	138272,461
2	235,50	60	201000	69,435-(70/2) = 34,435	469076,16
	$\Sigma A=856,175$				$\Sigma I_x = 480248,653$

Berdasarkan persamaan keseimbangan Gaya C = T, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} a &= \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bE} \\ &= \frac{23550 \times 410}{0,85 \times 35 \times 1875} \\ &= 173,096 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal plat beton 250 mm > a = 173,096 mm, maka plat beton mampu mengimbangi gaya tarik $As \cdot fs$ yang timbul pada baja.

Tegangan tekan pada serat beton

$$\begin{aligned} Cc &= 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bE \\ &= 0,85 \times 35 \times 173,096 \times 1875 \\ &= 9655511,25 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada serat baja

$$\begin{aligned} T &= As \cdot fy \\ &= 23550 \times 410 \\ &= 9655500 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka kuat lentur nominal dari komponen struktur komposit adalah

$$\begin{aligned} Mn &= Cc \cdot h_1 \\ &= 8835526,875 \times \left(\frac{1}{2} \times 700 + 250 - \frac{1}{2} \times 158,396 \right) \\ &= 4601560068 \text{ N.mm} \\ &= 460156,0068 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kuat lentur rencana :

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

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot Mn &= 0,85 \times 460156,0068 \\ &= 391132,606 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Kontrol kekuatan penampang :

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot Mn &\geq M_{total}^u \\ 391132,606 \text{ kgm} &\geq 93664,438 \text{ kgm} \quad \dots \text{ OK}\end{aligned}$$

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

Penerbit Erlangga hal.291)

➤ **Kontrol terhadap kapasitas geser**

Gaya geser rencana :

$$V_{total}^u = 48172,713 \text{ kg}$$

Kapasitas geser penampang :

$$\begin{aligned}Vy &= 0,55 \cdot d \cdot tw \cdot fy \\ &= 0,55 \times (70 - 2 \times 2,4) \times 1,3 \times 4100 \\ &= 191133,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}Vy &\geq V_{total}^u \\ 191133,8 \text{ kg} &\geq 48172,713 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ **Kontrol Lendutan**

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

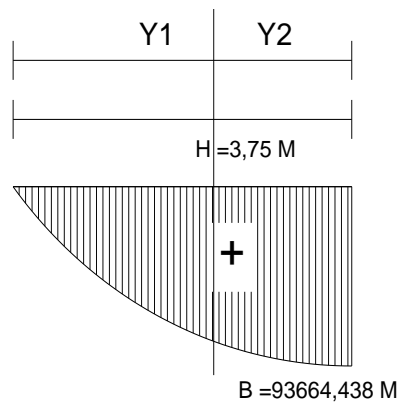
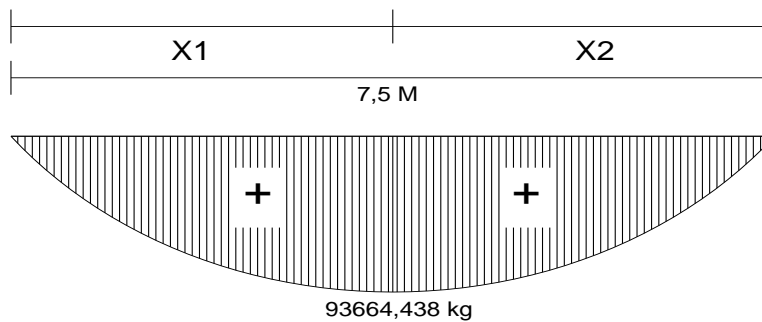
$$f_{ijin} = \frac{1}{360} \cdot L$$

$$= \frac{1}{360} \cdot 750$$

$$= 2,083 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi adalah

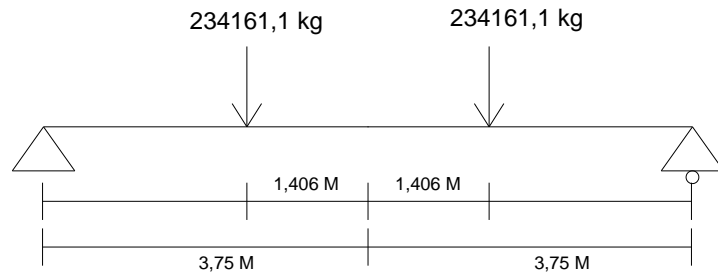
Dihitung menggunakan momen area



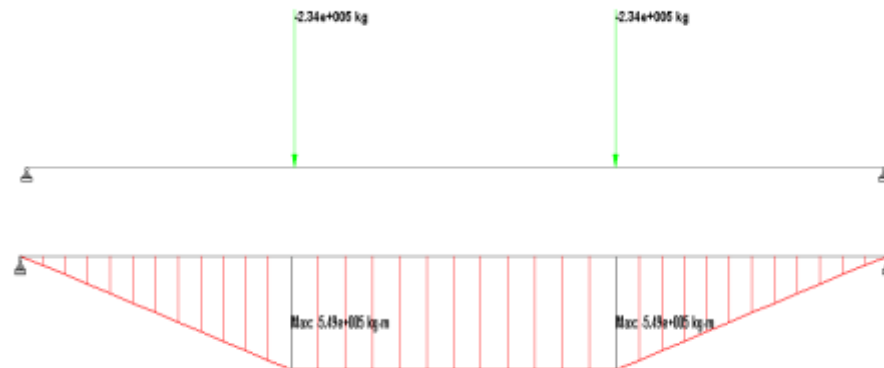
$$X1 = X2 = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 3,75 \times 93664,438 = 234161,1 \text{ m}^2$$

$$Y1 = \frac{5}{8} \cdot H = \frac{5}{8} \times 3,75 = 2,344 \text{ m}$$

$$Y2 = 3,75 - 2,344 = 1,406 \text{ m}$$



Menghitung dengan program bantu staad pro untuk menghitung momen maksimum



$$E = Es \times \left(\frac{As}{As + Ac} \right) + Ec \times \left(\frac{Ac}{Ac + As} \right) / 2$$

$$E = 210000 \times \left(\frac{235,5}{235,5 + 620,675} \right) + 27805,575 \times \left(\frac{620,675}{620,675 + 235,5} \right) / 2$$

$$E = 38960,040$$

$$\delta = \frac{M}{EI} = \frac{549000 \times 10^4}{38960,040 \times 480248,653} = 0,293 \text{ cm}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} \geq f_{ada}$$

$$1,39 \geq 0,293 \quad \text{ok}$$

4.2.3.2 Perencanaan *shear conector*

Gelagar Melintang

Digunakan konektor geser berkepala (stud diameter 22,22 mm dengan tinggi 100 mm) yang dilaskan pada flens.

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

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \eta \times 22,22^2$$

$$A_{sc} = 387,577 \text{ mm}^2$$

Kekuatan nominal penghubung geser

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

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

$$A_{sc} \times F_u^b = 387,577 \times 1035 = 401142,195$$

$$Qn = 0,5 \times 387,577 \times \sqrt{35 \times 27805,575}$$

$$Qn = 191173,620 \text{ N}$$

$$Qn \leq A_{sc} \times F_u^b \quad \text{ok}$$

Perhitungan Gaya geser Horizontal (V_h)

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

Dimana pada perhitungan ini menggunakan penghubung geser berkepala

(stud 7/8 ''=22,22 cm dengan tinggi stud 10 cm)

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

$$V_h = 13945312,5 \text{ N}$$

$$V_h = C_{\max} = 13945312,5 \text{ N}$$

T_{\max} = Gaya geser yang disumbangkan oleh baja profil

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 23550 \times 410$$

$$= 9655500 \text{ N}$$

Dari kedua rumus di atas dipilih nilai yang terkecil

$$C_{\max} = 13945312,5 \text{ N}$$

$$T_{\max} = 9655500 \text{ N}$$

$$\text{Dipakai } V_h = 9655500 \text{ N}$$

Banyaknya konektor yang harus dipasang pada flens gelagar melintang adalah :

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{9655500}{191173,620} = 50,51 \approx 52 \text{ buah}$$

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

Penerbit Erlangga hal.294)

Jarak konektor geser yang harus dipasang pada gelagar memanjang adalah :

- Jarak minimum longitudinal :

Digunakan sebagai jarak stud di daerah tumpuh

$$S_{\min} = 6 \times d = 6 \times 22,22 = 133,32\text{mm} = 13,332 \text{ cm}$$

- Jarak maximum longitudinal :

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

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

Digunakan sebagai jarak antar baris stud :

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

digunakan jarak 15 cm

Daerah lapangan

Karena stud dipasang dua baris maka, jumlah stud pada baris pertama = 26 stud.

$$\text{Jarak antar stud} = \frac{375}{26} = 14,42\text{cm} \approx 14,5 \text{ cm} .$$

Keterangan : (375 = ½ bentangan dari gelagar melintang)

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

Penerbit Erlangga hal.295)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan analisa pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan

1. Dimensi plat lantai kendaraan adalah 25 cm dengan menggunakan tulangan pokok D13-200 dan tulangan bagi D13-250, dan dimensi trotoar adalah 55 cm dengan menggunakan tulangan pokok D13-200 dan tulangan bagi D13-250
2. Dimensi profil baja WF pada gelagar memanjang adalah WF 350 x 175 x 7 x 11, Gelagar melintang adalah WF 700 x 300 x 13 x 24, dan gelagar induk adalah WF 414 x 405 x 18 x 28.
3. Nilai kapasitas terbesar pada sambungan jembatan rangka baja tipe *k-truss* yang digunakan dalam perencanaan sambungan adalah 1099357.391 kg.
4. Jumlah baut yang diperlukan untuk sambungan pada gelagar memanjang, gelagar melintang, dan gelagar induk jembatan baja tipe *k-truss* Di Kabupaten Nunukan adalah 12642 buah

5. Dimensi ikatan angin yang digunakan pada struktur jembatan rangka baja tipe *k-truss* adalah baja siku LD 150 x 150 x 12 untuk ikatan angin bawah dan LD 150 x 150 x 12 untuk ikatan angin atas
6. Nilai kapasitas tumpuan terbesar jembatan rangka baja tipe *k-truss* adalah 371250 kg

5.2 saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang dilakukan, penulis menyarankan Analisa struktur jembatan sebaiknya dilakukan dengan 3D.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*, BMS 1992, Jakarta.
Yayasan Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim., 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*,
SNI - 03 - 2847 - 2002., Bandung.
- Anonim., 2005. *Pembebanan untuk Jembatan*, RSNI – T - 02 - 2005, Bandung.
- Anonim., 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, SNI – T – 03
- 2005, Bandung.
- Salmon, CG. Jhonson, JE. 1992. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid I*,
Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Setiawan Agus, 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD
(Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Stryuk, H.J. Van Deer Veen, H.K.J.W, 1995. *Jembatan Terjemahan Soemargono*,
Jakarta, PT. Pradnya Paramita.
- Sunggono kh, V, Ir, 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung, Penerbit Nova.