

✓ 34529/09



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



R55  
624.22  
Put  
D-1  
2009

**TUGAS AKHIR – UG 1380**

**PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA  
BAJA**

**NIDYA RAMADITA PUTRI**  
NRP 3104 100 078

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir Djoko Untung**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2009**

<b>PERPUSTAKAAN ITS</b>	
<b>Tgl. Terima</b>	19-2-2009
<b>Terima Dari</b>	H
<b>No. Agenda Prp.</b>	183



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT – UG 1380**

**DESIGN OF BEDADUNG BRIDGE USING  
ARCH STEEL FRAME**

**NIDYA RAMADITA PUTRI**  
**NRP 3104 100 078**

**Promotor**  
**Dr. Ir Djoko Untung**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Civil and Planning Engineering**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2009**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

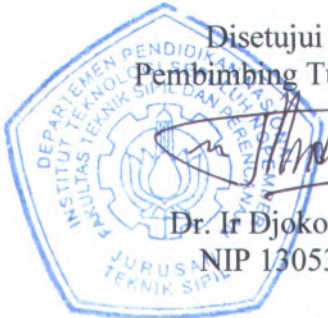
#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**NIDYA RAMADITA PUTRI**  
**NRP 3104 100 078**

Disetujui oleh:  
Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir Djoko Untung  
NIP 130532017

Surabaya  
2009

# PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

Oleh :  
**Nidya Ramadita Putri**  
3104 100 078

Dosen Pembimbing :  
**Ir. Djoko Untung, MS**

## Abstrak

*Dalam tugas akhir ini berisi perhitungan dari perencanaan jembatan busur rangka baja dengan lantai kendaraan berada di bawah. Tugas akhir ini dimulai dengan penjelasan mengenai latar belakang pemilihan type jembatan, perumusan tujuan permasalahan, hingga lingkup pembahasan, dan diikuti dengan dasar perencanaan dimana analisa berdasarkan peraturan BMS 1992 dan AISC – LRFD. Dari data yang ada, jembatan didesain dengan panjang total 340 meter dengan dua bentangan busur dan lebar lantai kendaraan 8,4 meter. Dilakukan preliminary desain dengan menentukan dimensi-dimensi jembatan dengan menggunakan bahan baja. Tahap awal perencanaan dimulai dengan perhitugan lantai kendaraan dan trotoar, lantai kendaran direncanakan menggunakan balok komposit dengan perkerasan aspal setebal 5 cm. Lalu dilanjutkan dengan perhitungan gelagar memanjang dan melintang. Setelah itu memasuki perhitungan struktur utama berupa busur rangka baja, setelah dilakukan perhitungan beban yang bekerja maka dilakukan analisis menggunakan program bantu SAP2000 ntuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja. Setelah mendapatkan gaya-gaya yang ada dilakukan kontrol tegangan dan perhitungan sambungan. Lalu dilakukan perencanaan terhadap struktur sekunder jembatan,yaitu ikatan angin atas dan ikatan angin bawah serta portal akhir. Lalu*



*dilakukan tahap terakhir perencanaan struktur bangunan atas jembatan, yaitu perencanaan perletakan dengan menggunakan elastomer.*

*Setelah selesai perhitungan struktur bangunan atas jembatan maka dilakukan perencanaan struktur bangunan bawah jembatan berupa abutment. Setelah dimensi abutment dan penulangannya dilanjutkan dengan kontrol stabilitas abutment dan kontrol terhadap geser poer. Pada tahap akhir perencanaan dilakukan kontrol kekuatan bahan terhadap pengaruh gaya aksial, lateral, momen, dan defleksi.*

**Kata kunci : Jembatan busur rangka, baja, abutment**

# DESIGN OF BEDADUNG BRIDGE USING ARCH STEEL FRAME

By :

**Nidya Ramadita Putri**  
**3104 100 078**

Promotor :

**Ir. Djoko Untung, MS**

## Abstract

*In this final project consist design analysis of arch steel ferame bridge with the deck below the prime structure. This final project started with selecting several types of bridge, formulation of planning target, untill scope of work and followed by basic planning where analysis relied on BMS 1992 regulation and AISC-LRFD. From early existing data, this bridge is design for 340 m length with two spans and wide of deck is 8,4 m. Then conducted by preliminary design with determing bridge dimensions using the steel material. Early stage of planning is calculation of deck and pavement. The deck is planned as composite beam with the 5 cm pavement. Then calculating cross and long beam. Entering especial construction phase, done by load calculation, than analized by using SAP2000 program. After got the reactions then calculate the tension and extension control. Then calculate the secondary structure covering bracing and end frame.*

*After finishing analysis of upper structure, then analize substructure planning. After finishing dimensions of abutmnet and restating, continued with the control of abutmnet stabilityand control of shifting pons. The final*





## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas segala anugerah dan nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini berjudul “ **Perencanaan Jembatan Bedadung dengan Konstruksi Busur Rangka Baja** “. Dalam perencanaan struktur jembatan ini membahas permasalahan mengenai perencanaan lantai kendaraan, dimensi gelagar memanjang, gelagar melintang, dimensi konstruksi utama, konstruksi sekunder, sambungan dan perencanaan bangunan bawah. Untuk uraian secara lengkap akan dibahas di tiap-tiap bab.

Penulis berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik kami terima demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Pada akhir prakata ini kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu dan Ayah saya yang selalu mendukung dan memotivasi saya
2. Dr. Ir Djoko Untung selaku Dosen Pembimbing
3. Ir. Aman S, MS selaku dosen wali.
4. Dr. Ir. Hidajat Soegihardjo selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
5. Saudara-saudara S47, Dienes yang telah memberikan banyak bantuan, Renty, Septian, Hafiizh, Aprit, Lestyanto, serta semua rekan yang tidak mungkin disebutkan di sini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.



Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan yang baru bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 2009

Penulis

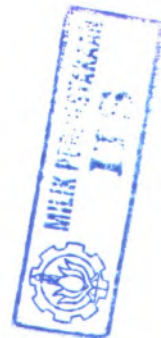
## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	v
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 MAKSUD DAN TUJUAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 UMUM	4
2.1.1 Perkembangan Jembatan Busur	4
2.1.2 Definisi Jembatan Busur	5
2.1.3 Lokasi Penempatan Jembatan	6
2.1.4 Komponen Utama Jembatan	6
2.2 JENIS-JENIS JEMBATAN BUSUR	8
2.2.1 Berdasarkan Letak Lantai Kendaraan	8
2.2.2 Berdasarkan Jenis Tumpuan	10
2.2.3 Berdasarkan Penampang Busur	11
2.3 PEMBEBANAN	12
2.3.1 Beban Tetap 12	
2.3.2 Beban Lalu – Lintas	13
2.3.3 Beban Lingkungan	20
2.4 SAMBUNGAN	25
2.4.1 Sambungan Baut	24
2.4.2 Sambungan Las	26
<b>BAB III METODOLOGI</b>	33
<b>BAB IV PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN &amp; TROTOAR</b>	
4.1 PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN	41
4.1.1 Pembebanan.	41
4.1.2 Penulangan Lantai Kendaraan	42
4.1.3 Kekuatan Pelat Lantai Terhadap Geser	45
4.2 PERENCANAAN TROTOAR & SANDARAN	47
4.2.1 Perhitungan Trotoar	47
4.2.2 Perhitungan Sandaran	50
<b>BAB V PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN</b>	55

5.1	PERENCANAAN GELAGAR MEMANJANG	55
5.1.1	Pembebanan	56
5.1.2	Kontrol Kekuatan Lentur	58
5.1.2.1	Kontrol Penampang	59
5.1.2.2	Kontrol Tekuk Lateral	60
5.1.3	Kontrol Lendutan	60
5.1.4	Kontrol Geser	61
5.2	PERENCANAAN GELAGAR MELINTANG	62
5.2.1	Pembebanan	62
5.2.2	Gaya Geser	66
5.2.3	Perhitungan Balok Komposit	68
5.2.4	Kontrol Lendutan	70
5.3	PERHITUNGAN SHEAR CONNECTOR	72
5.3.1	Kekuatan Stud Connector	73
5.3.2	Jarak Pemasangan Shear Connector	74
<b>BAB VI</b>	<b>KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA</b>	75
6.1	UMUM	75
6.2	BATANG PENGGANTUNG	76
6.2.1	Pembebanan	77
6.2.2	Kontrol Tegangan	80
6.3	KONSTRUKSI BUSUR	81
6.3.1	Bentuk Geometrik Busur	81
6.3.2	Penampang Busur	83
6.3.3	Pembebanan Busur	89
6.3.4	Stabilitas Penampang Busur	95
<b>BAB VII</b>	<b>KONSTRUKSI SEKUNDER</b>	97
7.1	IKATAN ANGIN ATAS	97
7.2	IKATAN ANGIN BAWAH	106
7.3	PORTAL AKHIR	110
7.3.1	Balok Portal Akhir	111
7.3.2	Kolom Portal Akhir	114
<b>BAB VIII</b>	<b>PERHITUNGAN SAMBUNGAN</b>	123
8.1	SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG – MEMANJANG	123
8.2	SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG – PENGGANTUNG	126
8.3	SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG – BATANG HORIZONTAL BAWAH	127
8.4	SAMBUNGAN BATANG PENGGANTUNG	128
8.5	SAMBUNGAN BATANG PENGGANTUNG – KONSTRUKSI BUSUR	129
8.6	SAMBUNGAN KONSTRUKSI BUSUR	131

8.7 PERENCANAAN ELASTOMER	133
<b>BAB IX PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH</b>	
9.1 DATA UMUM	139
9.2 PEMBEBANAN	139
9.3 PERHITUNGAN SCOURING	144
9.4 PEMBEBANAN STRUKTUR BAWAH	145
9.5 KONTROL STABILITAS ABUTMENT	151
9.6 PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG KELOMPOK	155
9.7 KONTROL KEKUATAN TIANG	160
9.8 PERENCANAAN TULANGAN ABUTMENT DAN PILECAP	163
<b>BAB X KESIMPULAN</b>	<b>169</b>

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**  
**GAMBAR**





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Berat Isi dan Kerapatan Masa untuk Berat Sendiri	12
<b>Tabel 2.2</b> Jumlah Lajur Lalu – Lintas Rencana	16
<b>Tabel 2.3</b> Koefisien seret $C_w$	22
<b>Tabel 2.4</b> Kecepatan Angin Rencana $V_w$	23
<b>Tabel 6.1</b> Panjang Penggantung untuk fokus 30 m	76
<b>Tabel 6.2</b> Panjang Penggantung untuk fokus 24,34 m	77
<b>Tabel 6.3</b> Persamaan Parabola Busur	82
<b>Tabel 6.4</b> Pembebanan Busur	84
<b>Tabel 6.5</b> Garis Pengaruh H	88
<b>Tabel 6.6</b> Persamaan Garis Pengaruh Momen	89
<b>Tabel 6.7</b> Beban Angin	92
<b>Tabel 6.8</b> Berat Penggantung	93
<b>Tabel 9.1</b> Perhitungan Berat Abutmemnt dan Momen	148
<b>Tabel 9.2</b> Perhitungan Titik Berat Abutmemnt	149
<b>Tabel 9.3</b> Rangkuman Data Beban	152
<b>Tabel 9.4</b> Kombinasi I	153
<b>Tabel 9.5</b> Kombinasi II	153
<b>Tabel 9.6</b> Kombinasi III	154
<b>Tabel 9.7</b> Kombinasi IV	154
<b>Tabel 9.8</b> Kombinasi V	154
<b>Tabel 9.9</b> Kombinasi VI	155

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Dalam rangka meningkatkan devisa negara, khususnya dari sektor non migas, pemerintah berusaha meningkatkan aktivitas daerah, terutama yang memiliki potensi ekspor yang cukup besar. Daerah Puger, Jember merupakan daerah penghasil ikan dan hasil tambak yang cukup besar. Akan tetapi ada kendala yang belum dapat mendukung aktivitas peningkatan devisa negara tersebut, diantaranya adalah kendala di bidang infrastruktur yaitu keterbatasan di bidang prasarana perhubungan darat. Keterbatasan infrastruktur ini tentunya akan mengakibatkan meningkatnya biaya ekstra yang pada akhirnya meningkatkan biaya produksi. .

Maka dari itu akan dibangun sebuah penghubung antara Jember dan Lumajang. Penghubung itu adalah sebuah jembatan yang nantinya melintasi Sungai Bedadung dan muara Sungai Bessini.

Jembatan Bedadung mempunyai panjang bentang 340 m. Dipilihnya konstruksi busur rangka baja dalam tugas akhir ini adalah sebagai salah satu alternatif perencanaan yang efektif dengan panjang bentang antara 250-600 meter.

Keuntungan pemilihan tipe busur sendiri adalah untuk mengurangi momen lentur yang terjadi, dan juga dari segi arsitekturalnya, karena jembatan busur belum terlalu umum dipakai di Indonesia. Juga bisa mengurangi pilar pada jembatan.

Peraturan yang dipakai pada perencanaan jembatan ini adalah Bridge Management System ( BMS ) 1992 untuk menentukan pembebanannya, dan untuk perhitungan bangunan atas yang terbuat dari baja digunakan peraturan AISC-LRFD.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dari uraian latar belakang tersebut maka untuk perencanaan Jembatan Bedadung, permasalahan yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain lay out awal jembatan ?
2. Bagaimana merencanakan lebar dan tinggi penampang jembatan ?
3. Bagaimana menentukan jenis pembebanan yang digunakan untuk jembatan tersebut ?
4. Bagaimana menganalisa kekuatan profil terhadap gaya-gaya dalam ?
5. Bagaimana mengontrol desain profil terhadap kekuatan dan kestabilan struktur ?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang ada pada jembatan ?
7. Bagaimana merencanakan bangunan bawah yang sesuai untuk struktur tersebut ?
8. Bagaimana menuangkan hasil desain dan analisa ke dalam bentuk gambar teknik ?

## 1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Adapun yang menjadi maksud dan tujuan dalam penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mendesain lay out awal jembatan.
2. Dapat merencanakan lebar dan tinggi penampang jembatan.
3. Dapat menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan untuk struktur jembatan tersebut.
4. Dapat menganalisa perhitungan kekuatan profil terhadap gaya-gaya dalam.
5. Dapat mengontrol desain profil terhadap kekuatan dan kestabilan struktur.
6. Dapat merencanakan sambungan yang ada pada jembatan.
7. Dapat merencanakan bangunan bawah yang sesuai untuk struktur tersebut.



8. Dapat menuangkan hasil desain dan analisa yang telah dibuat ke dalam bentuk gambar teknik.

#### **1.4 BATASAN MASALAH**

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah diuraikan di atas, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Perencanaan hanya meninjau aspek teknis saja dan tidak dilakukan analisa biaya maupun waktu.
2. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan.
3. Tidak memperhitungkan kondisi beban pada waktu metode pelaksanaan.
4. Analisa struktur menggunakan progam bantu SAP2000.



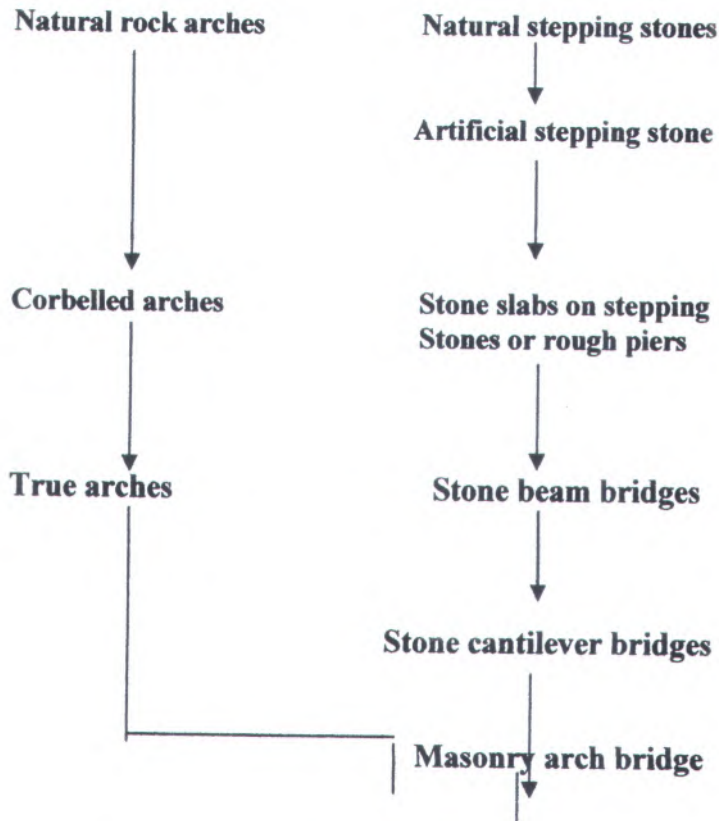


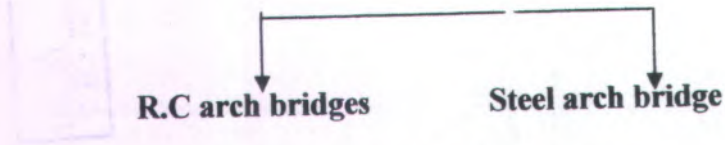
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 UMUM

#### 2.1.1 Perkembangan Jembatan Busur

Jembatan selalu menjadi bagian yang penting dalam kehidupan manusia, karena manusia selalu melakukan mobilisasi untuk dirinya dan juga harta benda mereka. Jembatan pertama yang dibuat merupakan balok yang terbuat dari batu ataupun batang kayu.





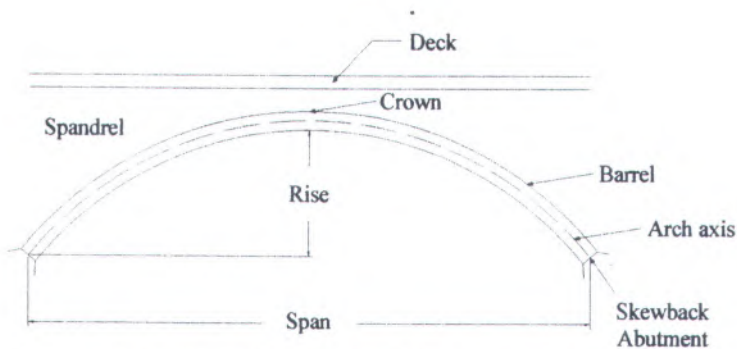
**Gambar 2.1** Perkembangan jembatan busur

### 2.1.2 Definisi Jembatan Busur

Konstruksi busur adalah suatu konstruksi yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertical yang bekerja ( modul kuliah Jembatan Bentang Panjang ).

Pertimbangan pemilihan jembatan busur dipengaruhi oleh :

- Iklim dan kondisi lingkungan  
Keadaan lingkungan yang korosif akan mempengaruhi tipe jembatan yang akan direncanakan.
- Kondisi tanah dasar dan topografi  
Dipilih tebing yang kuat sebagai tumpuannya, bila kaki busur terendam bisa menggunakan lantai kendaraan di tengah atau di bawah.
- Besarnya beban  
Bila bebannya berat digunakan busur rangka
- Panjang bentang  
Untuk bentang 250 – 600 m sebaiknya digunakan busur rangka
- Estetika dan arsitektural



**Gambar 2.2** Arch bridge nomenclature

### 2.1.3 Lokasi Penempatan Jembatan

Lokasi yang ideal dalam penempatan jembatan adalah :

1. Tegak lurus bidang sungai
2. Arus sungai yang tenang
3. Bantaran sungai harus lebih tinggi dari Muka Air Tertinggi
4. Lapisan tanah keras di dasar sungai sebaiknya tidak terlalu dalam
5. Approach harus bebas dari halangan, misalnya bukit, tempat suci atau tempat ibadah, pembebasan lahan yang sulit
6. Tidak boleh ada tikungan tajam di approachnya

### 2.1.4 Komponen Utama Jembatan

Komponen yang ada pada jembatan antara lain adalah :

1. Deck atau lantai kendaraan, bisa berupa rangka, slab, atau girder
2. Bearing pad
3. Abutmen dan pilar
4. Pondasi untuk abutmen dan pilar, bisa berupa tiang pancang



5. Approach bridge, fungsinya untuk menghubungkan jembatan terhadap jalan

6. Handrail

Sumber : Essentials of Bridge Engineering – D. Johnson Victor ( 1980 )

## 2.2 Jenis – Jenis Jembatan Busur

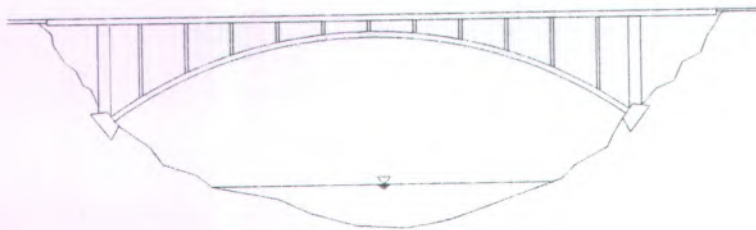
### 2.2.1 Berdasarkan Letak Lantai Kendaraan

Deck girder atau lantai jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas ( *Super-Structure* ). Bagian ini yang berfungsi langsung untuk memikul beban lalu – lintas dan melindungi terhadap keausan. Dan biasanya untuk jembatan lengkung baja konstruksi deck menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja *orthotropic*.

Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai yaitu :

- *Deck Arch*

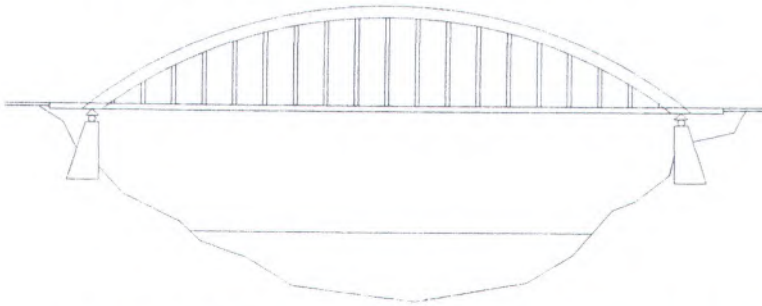
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu – lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur ( lihat gambar 2.3 ).



**Gambar 2.3** Jembatan dengan tipe " *Deck Arch* "

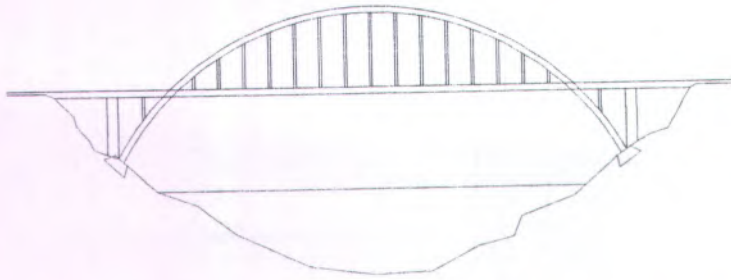


- *Through Arch*  
Merupakan jenis lainnya, dimana letak lantai kendaraan jembatan terdapat tepat di *springline* busurnya ( lihat gambar 2.4 ).



**Gambar 2.4** Jembatan dengan tipe “ *Through Arch* ”

- *A Half – Through Arch*  
Merupakan salah satu jenis jembatan busur dimana lantai kendaraan jembatan terletak di antara *springline* dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah ( lihat gambar 2.5 ). Pada umumnya, jembatan busur banyak yang menggunakan tipe *A Half – Through* dan *Through Arch* untuk menghindari agar pangkal busurnya tidak terendam oleh air.



**Gambar 2.5** Jembatan dengan tipe " *A Half-Through Arch* "

### 2.2.2 Berdasarkan Jenis Tumpuan

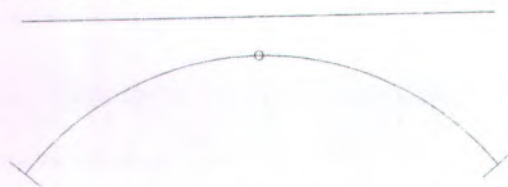
Berdasarkan jenis tumpuannya, konstruksi busur dapat dibagi menjadi :

- Tumpuan Terjepit



**Gambar 2.6** Jembatan dengan tumpuan terjepit

- Tumpuan Satu Sendi



**Gambar 2.7** Jembatan dengan satu sendi

- Tumpuan Dua Sendi



**Gambar 2.8** Jembatan dengan dua sendi

- Tumpuan Tiga Sendi



**Gambar 2.9** Jembatan dengan tiga sendi

Sumber : Design of Bridge Superstructure-Colin O'Connor

### 2.2.3 Berdasarkan Penampang Busur

Berdasarkan jenis penampang busurnya, konstruksi busur dapat dibagi menjadi :

- Dinding Penuh
- Box
- Rangka

### 2.3 Pembebanan

Jenis pembebanan yang nantinya diperhitungkan dalam analisa struktur jembatan ini meliputi :

a. Beban Tetap.

- Berat sendiri / *Dead Load*.

Berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah lagi dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2.1 Berat Isi dan Kerapatan Masa untuk Berat Sendiri

Material	Bahan	<i>Weight / Unit Volume</i> Berat / Satuan Isi ( kN/m <sup>3</sup> )	<i>Mass Density</i> Kerapatan Masa ( kg/m <sup>3</sup> )
Aluminium alloy	Campuran aluminium	26.7	2720
Bituminous wearing surface	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
Cast iron	Besi tuang	71.0	7200
Compacted earth filling	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
Compacted gravel	Kerikil dipadatkan	18.8 – 22.7	1920 – 2320
Concrete (asphalt)	Aspal beton	22.0	2240
Concrete (light weight)	Beton ringan	12.25 – 19.6	1250 – 2000
Concrete (mass)	Beton	22.0 – 25.0	2240 – 2560
Concrete (prestressed)	Beton prategang	25.0 – 26.0	2560 – 2640
Concrete (reinforced)	Beton bertulang	23.5 – 25.5	2400 – 2600
Lead	Timbal	111	11400
Loose loam	Lempung lepas	12.5	1280
Masonry	Batu pasangan	23.5	2400
Neoprene	Neoprin	11.3	1150
Sand (dry)	Pasir kering	15.7 – 17.2	1600 – 1760
Sand (wet)	Pasir basah	18.0 – 18.8	1840 – 1920
Soft mud	Lumpur lunak	17.2	1760



Steel	Baja	77.0	7850
Timber, softwood	Kayu (ringan)	7.8	800
Timber, hardwood	Kayu (keras)	11.0	1120
Water, fresh	Air murni	9.8	1000
Water, salt	Air garam	10.0	1025
Wrought iron	Besi tempa	75.5	7680

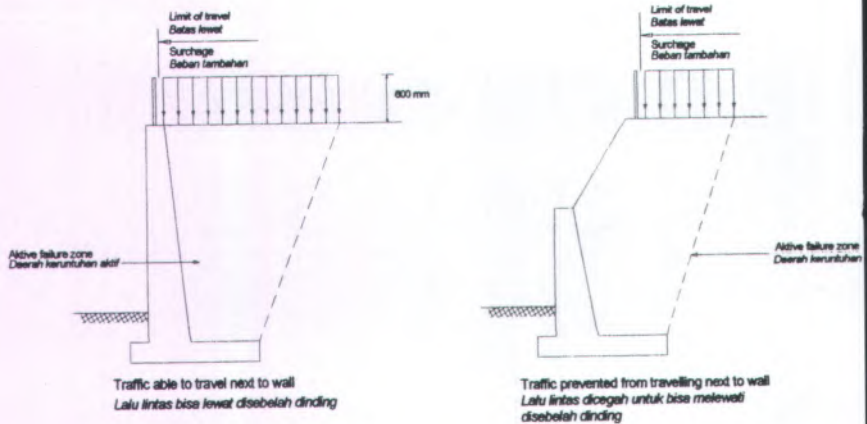
- Beban mati tambahan / *Superimposed Dead Load*.

Berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non structural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

- Tekanan tanah.

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung dari sifat – sifat tanah yang ditentukan berdasarkan pada kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan sebagainya. Dan sifat – sifat tanah tersebut dapat diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian tanah.

Untuk bagian tanah di belakang dinding penahan harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu – lintas kemungkinan akan bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis ( Gambar 2.10 ). Besarnya beban tambahan ini bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu – lintas tersebut. Dan beban tambahan ini hanya diterapkan untuk menghitung tekanan tanah dalam arah lateral saja.

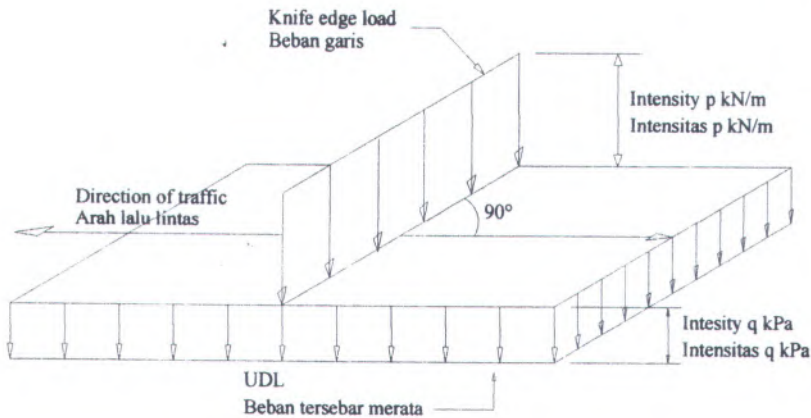


**Gambar 2.10** Tambahan Beban Hidup

b. Beban Lalu – Lintas.

- Beban lajur " D " .

Beban lajur " D " bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring - iringan kendaraan yang sebenarnya. Beban lajur " D " terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL).



**Gambar 2.11** Beban Lajur " D "

Beban terbagi rata (UDL) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total :

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 8.0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 8.0 (0.5 + 15 / L) \text{ kPa}$$

Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total UDL yang bekerja pada jembatan.

Beban garis : Satu KEL dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu – lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 44.0 kN/m.

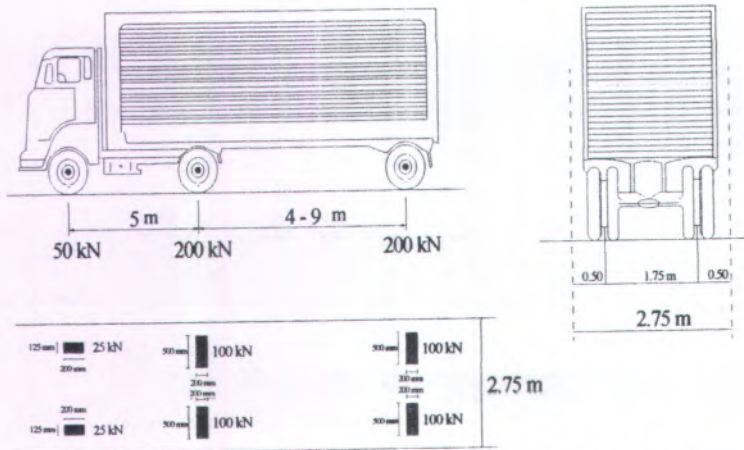
- Beban truck " T ".

Beban truck " T " adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu – lintas rencana.

Pembebanan truck " T " terdiri dari kendaraan truck semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing – masing as



disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



**Gambar 2.12** Beban Truck

Kendaraan truck "T" ini harus ditempatkan ditengah – tengah lajur lalu – lintas rencana. Jumlah maksimum lajur lalu – lintas rencana seperti tercantum dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 2.2** Jumlah Lajur Lalu – Lintas Rencana

<i>Bridge Type</i> Type Jembatan (1)	<i>Bridge</i> <i>Roadway Width</i> (m) Lebar Jalur	<i>No. Design</i> <i>Traffic Lanes</i> Jumlah Lajur Lalu – Lintas
---	---	--



	Kendaraan (m) (2)	Rencana
<i>Single lane</i> Satu lajur	4.0 - 5.0	1
<i>Two way, no median</i> Dua arah, tanpa median	5.5 - 8.25 11.3 - 15.0	2 (3) 4
<i>Multiple – roadway</i> Banyak arah	8.25 - 11.25 11.3 - 15.0 15.1 - 18.75 18.8 - 22.5	3 4 5 6

## Catatan :

- (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.
- (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.
- (3) Lebar minimum yang aman untuk 2 lajur kendaraan adalah 6.0 m. Lebar jembatan antara 5.0 m sampai 6.0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah –

olah memungkinkan untuk menyiapkan.

- Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (DLA) merupakan suatu interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung dari frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

Untuk pembebanan " D " : DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam gambar 2.13. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen  $L_E$  diberikan dengan rumus :

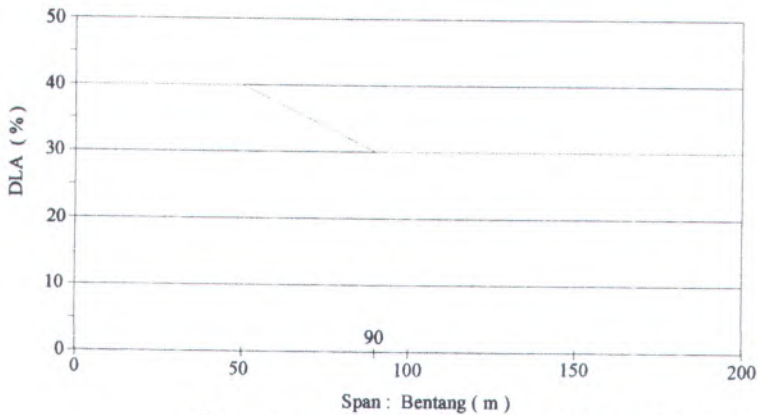
$$L_E = \sqrt{L_{ev} \cdot L_{max}}$$

dimana :

$L_{ev}$  = panjang bentang rata – rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

$L_{max}$  = panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

Untuk pembebanan Truck " T " : DLA diambil sebesar 0.3



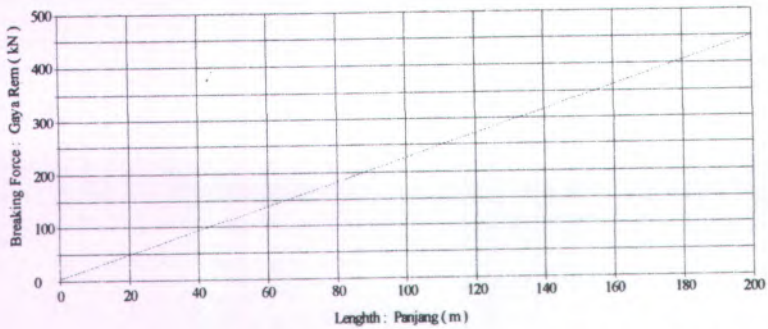
**Gambar 2.13** Faktor Beban Dinamis untuk KEL untuk Pembebanan Lajur " D "

- **Gaya Rem**

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu – lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan. Sistem memanjang harus direncanakan untuk menahan gaya memanjang tersebut, tanpa melihat berapa besarnya lebar bangunan.

Dalam perencanaan gaya rem tidak boleh digunakan tanpa beban lalu – lintas vertikal yang bersangkutan. Dalam hal ini dimana pengaruh beban lalu – lintas vertikal dapat mengurangi pengaruh dari gaya rem ( seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan ).

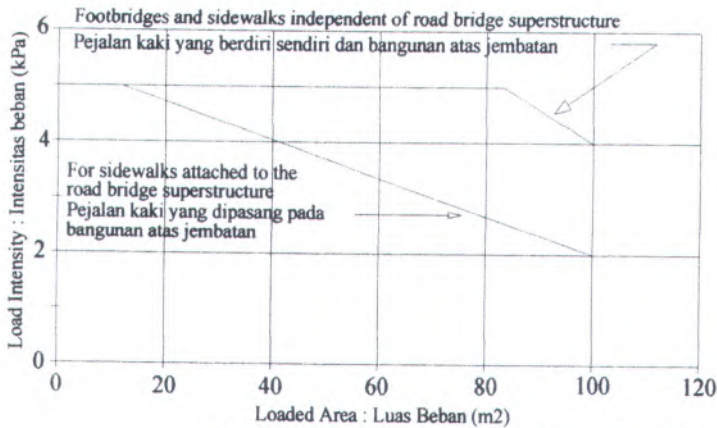




**Gambar 2.14** Gaya Rem per lajur 2,75 m

- **Beban Untuk Pejalan Kaki**

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang di bebani .



**Gambar 2.15** Pembebanan untuk Pejalan Kaki

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

c. **Beban Lingkungan**

Beban lingkungan meliputi : Beban angin, beban gempa, dan beban akibat temperature.

• **Beban Angin**

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

$$T_{ew} = 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad kN$$

dimana :

$V_w$  = kecepatan angin rencana untuk keadaan batas yang ditinjau (m/det).

$C_w$  = koefisien seret ( Tabel 2.3 )

$A_b$  = luas koefisien bagian samping jembatan ( $m^2$ )

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang – batang bagian luar.

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

Dan apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti rumus berikut ini :

$$T_{ew} = 0.0012 C_w (V_w)^2 \quad kN/m$$

dimana :

$$C_w = 1.2$$

Tabel 2.3 Koefisien Seret  $C_w$

Bridge Type Tipe Jembatan	$C_w$
<i>Solid superstructure</i> Bangunan atas masif ; (1), (2)	2.1 (3)
b/d = 1.0	1.5 (3)
b/d = 2.0	1.25 (3)



b/d = 6.0	
<i>Truss superstructure</i> Bangunan atas rangka	1.2

Tabel 2.4 Kecepatan Angin Rencana  $V_w$

<i>Limit State</i> Keadaan Batas	<i>Location</i> Lokasi	
	< 5 km of the <i>coast</i> < 5 km dari pantai	> 5 km from <i>the coast</i> > 5 km dari pantai
<i>Serviceability</i> Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimate	35 m/s	30 m/s

• **Beban Gempa**

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate. Dan untuk beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut :

$$T'_{EQ} = K_h \cdot I \cdot W_T$$

Dimana :

$$K_h = C \cdot S$$

Keterangan :

$T'_{EQ}$  = Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau ( kN )

$K_h$  = Koefisien beban gempa horizontal

C = Koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai.

I = Faktor kepentingan.

S = Faktor tipe bangunan.

$W_T$  = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan ( kN ).

Waktu dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekekuan dan fleksibilitas dari sistem pondasi. Untuk bangunan yang mempunyai satu derajat kebebasan yang sederhana, memakai rumus sebagai berikut :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_p}}$$

Dimana :

T = Waktu getar dalam detik

g = Percepatan gravitasi (  $m/dt^2$  )

$W_{TP}$  = Berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat berat pilar ( kN )

$K_p$  = Kekakuan gabungan sebagai gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar ( kN/m )

Untuk waktu getar arah memanjang berbeda dengan arah melintang sehingga beban rencana statis ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing – masing arah.

Sumber : BMS 1992

## 2.4 Sambungan

Setiap struktur merupakan rangkaian bagian-bagian tunggal yang harus dihubungkan satu sama lain, biasanya pada ujung batang, dengan berbagai cara. Diantaranya adalah dengan las atau bisa juga dengan baut atau paku keling.

### 2.4.1 Sambungan Baut

Baut mutu tinggi merupakan alat sambung mekanis yang paling banyak digunakan untuk baja struktural.

#### 2.4.1.1 Kuat geser nominal baut ( LRFD 13.2.2.1 )

$$V_n = r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m$$

$$V_d = \phi_f \cdot V_n$$

Dimana:

$V_n$  = Kuat geser nominal baut

$r_1 = 0,5$  ( tanpa ulir pada bidang geser baut )

$= 0,4$  ( ada ulir pada bidang geser baut )

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut

$m$  = jumlah bidang geser

$V_d$  = kuat rencana baut

$\phi_f = 0,75$  ( faktor reduksi kekuatan putus baut )

#### 2.4.1.2 Kuat tumpu nominal baut dengan pelat ( LRFD 13.2.2.4 )

Bila  $S > 1,5 d$  dan  $S > 3 d$  atau ada lebih dari satu baut pada arah kerja beban.

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$R_d = \phi_f \cdot R_n$$

Dimana:

$R_n$  = Kuat tumpu nominal baut



$f_u$  = tegangan tarik putus terkecil dari baut dan plat

$d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal pelat

$V_d$  = kuat rencana baut

$\phi_f = 0,75$  ( faktor reduksi kekuatan untuk fraktur )

#### 2.4.1.3 Kuat baut memikul beban tarik ( LRFD 13.2.2.2 )

$$T_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$T_d = \phi_f \cdot T_n$$

Dimana:

$T_n$  = kuat tarik nominal satu baut

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

$T_d$  = kuat tarik rencana satu baut

$\phi_f = 0,75$  ( faktor reduksi kekuatan putus baut )

#### 2.4.1.4 Baut dengan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik ( LRFD 13.2.2.3 )

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} \leq r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m$$

$$T_d = \phi_f \cdot f_t \cdot A_b \geq \frac{T_u}{n}$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 \cdot f_{uv} \leq f_2$$

Dimana :

$\phi_f = 0,75$  ( faktor reduksi kekuatan untuk fraktur )

$n$  = jumlah baut

$m$  = jumlah bidang geser

Untuk baut mutu tinggi :

$f_1 = 807 \text{ Mpa}, f_2 = 621 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1,9$  ( untuk baut dengan ulir pada bidang geser )

$r_1 = 1,5$  ( untuk baut tanpa ulir pada bidang geser )

Untuk baut mutu normal :

$f_1 = 410 \text{ Mpa}, f_2 = 310 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1,9$

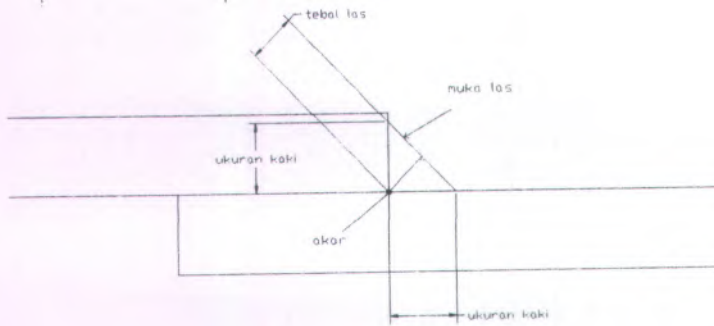
#### 2.4.2 Sambungan Las

Pengelasan merupakan proses penggabungan material-material ( biasanya logam ) dengan pemanasan sampai ke temperatur yang sesuai sedemikian rupa sehingga bahan-bahan tersebut melebur menjadi satu material ( Spiegel, Leonard dan Limbrunnern F. George, 1986 ).

Ada dua jenis las yang mendominasi aplikasi struktural, yaitu las sudut ( *fillet weld* ) dan las tumpul ( *groove weld* )

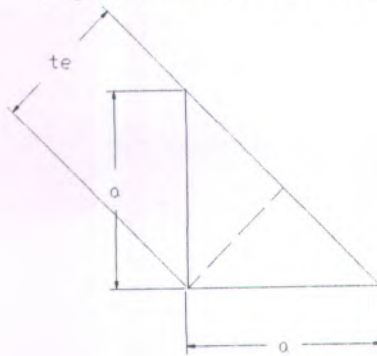
##### 2.4.2.1 Las Sudut ( *fillet weld* )

Las sudut adalah las yang secara teoritis mempunyai penampang melintang segitiga, yang menggabungkan dua permukaan yang kurang lebih mempunyai sudut siku, yaitu pada join lap, tee ( T ), dan *corner* ( pojok )



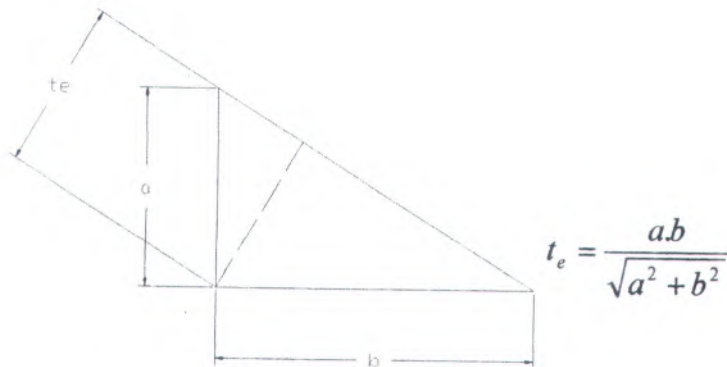
**Gambar 2.16** Nomenclatur las

Akar adalah titik puncak (*vertex*) segitiga  
 Muka las adalah bidang teoritis karena dapat berbentuk cekung atau cembung.  
 Tebal las adalah jarak dari muka las ke akar.  
 Lebar efektif las sudut adalah jarak nominal terpendek dari akar ke muka las.



$$t_e = 0,707.a$$





Ukuran maksimum tebal las sudut :

- Jika tebal plat kurang dari 6,4 mm maka  $a \leq t$
- Jika tebal plat lebih dari 6,4 mm maka  $a \leq t - 1,6$  mm

Kuat Las Sudut :

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi

$$R_u \leq \phi \cdot R_{nw}$$

Dengan,

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 t_f \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) (\text{las})$$

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 t_f \cdot (0,6 \cdot f_u) (\text{bahandasar})$$

Dimana:

$\phi_f = 0,75$  ( factor reduksi kekuatan saat fraktur )

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las

$f_u$  = tegangan tarik putus bahan dasar

$t_f$  = tebal rencana las

#### 2.4.2.2 Las Tumpul ( groove weld )

Las tumpul adalah las yang dibuat pada celah antara ujung-ujung yang bersebelahan, tepi-tepi,

atau permukaan dua bagian yang akan digabung pada *joint butt*. Las tumpul dapat diklasifikasikan atas :

- Las Tumpul Penetrasi Penuh

Las tumpul penetrasi penuh adalah gabungan logam las dan bahan dasar di seluruh tebal join.

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh ( LRFD 13.5.2.7 ) :

i. Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 t_t \cdot f_y (\text{bahandasar})$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 t_t \cdot f_{yw} (\text{las})$$

ii. Bila sambungan dibebani dengan gaya terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 t_t \cdot f_y (0,6 \cdot f_y) (\text{bahandasar})$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,8 t_t \cdot f_{uw} (\text{las})$$

Tebal rencana las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las ( LRFD 13.5.2.3.a))

- Las Tumpul Penetrasi Sebagian

Las tumpul penetrasi sebagian adalah las tumpul dimana kedalaman penetrasi lebih kecil dari kedalaman penuh sambungan.

Tebal rencana las tumpul penetrasi sebagian adalah ( LRFD 13.5.2.3.b))

i. Sudut antara bagian yang disambung  $\leq 60^\circ$

Satu sisi :  $t_t = (d-3)$  mm

Dua sisi :  $t_t = (d_3 + d_4 - 6)$  mm

ii. Sudut antara bagian yang disambung  $> 60^\circ$

Satu sisi :  $t_t = d$  mm

Dua sisi :  $t_t = (d_3 + d_4)$  mm

Dengan  $d$  adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las ( $d_3$  dan  $d_4$  adalah nilai untuk tiap sisi las)

## 2.5 Kelebihan Jembatan Busur

Jembatan busur mempunyai kelebihan dibanding type jembatan yang lain, diantaranya adalah :

- Dapat melawan momen lentur yang terjadi
- Lebih efisien bila dibandingkan dengan gelagar paralel, terutama dalam memikul beban momen
- Mempunyai nilai estetika yang cukup tinggi



### BAB III METODOLOGI

Metode yang akan digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini, nantinya dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan dan mempelajari data serta literature yang berkaitan dengan perencanaan.

- Data Umum Jembatan.

Nama jembatan : Jembatan Bedadung  
 Lokasi : Puger, Jember,  
 Propinsi Jawa Timur.  
 Lebar jembatan : 11 meter ( 2 + 7 + 2 ).  
 Tinggi bebas : 10 meter.

Bentang jembatan :

- 340meter  
 (40+50+40+40+40+40+40+40)  
 (Pratekan)

Data Perencanaan Jembatan.

Lebar jembatan : 11 meter.  
 Bentang jembatan : 340 meter (Busur)  
 Struktur utama : Baja.

- Data Eksisting jembatan.

- Data Tanah.

- Buku – buku yang berkaitan.

A. Hool, George, S. B & W. S. Kinne, B. S,  
 (1943), *Moveable Long-Span Steel  
 Bridges*, New York & London,  
 McGraw-Hill Book Company, Inc.  
 Departemen PU Bina Marga (1992), *Bridge  
 Management System (BMS)*.



Spiegel, Leonard & F Limbrunner, George ( 1991 ), *Desain Baja Struktural Terapan*, Bandung, PT ERESKO.

Sugihardjo, Hidayat, *Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang*.

M Das, Braja, (1998), *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jakarta, Erlangga.

Troitsky, M.S. (1994), *Planning and Design of Bridges*, New York, John Wiley & Sons, Inc.

Wahyudi, Herman, (1999), *Daya Dukung Pondasi Dalam*, Surabaya.

Victor, D.Johnson, (1980), *Essentials of Bridge Engineering*, New Delhi, Oxford & IBH Publishing CO, Third Edition.

2. Mendesain lay out ( gambar ) awal jembatan busur
3. Merencanakan dimensi penampang busur dan profil (tinggi, lebar penampang ).

Tinggi fokus busur :

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$$

Tinggi tampang busur :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \quad (\text{Rangka Batang})$$

Lebar Jembatan :

$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

4. Menentukan jenis pembebanan.

Jenis pembebanan yang nantinya diperhitungkan dalam analisa struktur jembatan ini meliputi :

- a. Beban Tetap.
  - Berat sendiri / *Dead Load*.
  - Beban mati tambahan / *Superimposed Dead Load*.
  - Tekanan tanah.
- b. Beban Lalu – Lintas.
  - Beban lajur “ D “.
  - Beban truck “ T “.
  - Faktor Beban Dinamis
  - Gaya Rem
  - Beban Untuk Pejalan Kaki
- c. Beban Lingkungan  
 Beban lingkungan meliputi : Beban angin, beban gempa, dan beban akibat temperature.
  - Beban Angin
  - Beban Gempa

5. Analisa gaya – gaya dalam akibat pembebanan pada struktur.

6. Kontrol profil terhadap tekuk, kontrol geser, dan kontrol lendutan.

➤ Kontrol terhadap tekuk ( *lateral torsional buckling* )

$$M_u \leq \Phi M_n$$

$$M_u = 1,2.M_D + 1,6.M_H$$

Dimana :

$M_u$  = Momen lentur akibat beban mati ditambah akibat beban hidup.

$\Phi$  = Faktor reduksi  $\Rightarrow 0.9$



- $M_n$  = Kuat lentur nominal penampang.  
 ➤ Kontrol terhadap geser.  
 Untuk penampang profilnya.

$$V_u \leq \Phi V_n$$

Dimana :

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \Rightarrow \text{Kondisi plastis}$$

Dimana:

$$A_w = d \times t_b$$

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \times \frac{1100 t_b}{h \sqrt{f_y}} \Rightarrow \text{Inelastis}$$

$$V_n = \frac{900000 A_w}{\left(\frac{h}{t_b}\right)^2} \Rightarrow \text{Elastis}$$

Dimana :

$V_u$  = Kuat geser akibat beban mati ditambah beban hidup

$\Phi$  = Faktor reduksi  $\Rightarrow 0.9$

$V_n$  = Kuat geser nominal pelat badan.

$f_y$  = Tegangan leleh baja

$A_w$  = Luas kotor pelat badan

- Kontrol terhadap lendutan.

$$\Delta^0 < \bar{\Delta}$$

$$\Delta^0 = \left( \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} \right) + \frac{1}{48} \times \frac{P L^3}{E I_x} \Rightarrow (\text{akibat UDL \& KEL})$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{800} \lambda$$

Dimana :

$\Delta^0$  = Lendutan yang terjadi (akibat beban hidup).

$\bar{\Delta}$  = Lendutan ijin.

7. Perencanaan sambungan.
  - Perencanaan sambungan baut.
  - Perencanaan sambungan las.
8. Perencanaan dan analisa struktur bangunan bawah, meliputi :
  - Perencanaan kepala jembatan dan penulangannya.
  - Perencanaan pondasi dan penulangannya.  
Pondasi jembatan direncanakan menggunakan tiang pancang ( Luciano Decourt, 1982 ).
  - a. Daya dukung tiang pancang
    - Daya dukung tiang pancang tunggal
 
$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$Q_u$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_p$  = Resistance ultimate di dasar pondasi

$Q_s$  = Resistance ultimate akibat lekatan lateral

$$Q_s = q_s \times A_s = (( N_s/3 ) + 1 ) \times A_s$$

Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral (  $t/m^2$  )

$N_s$  = harga rata – rata  $N$  sepanjang tiang yang tertanam

dengan batasan  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang

$Q_p$  =  $q_p \times A_p = (N_p \times K) \times A_p$

Dimana :

$q_p$  = tegangan di ujung tiang.

$N_p$  = harga rata – rata  $N$  di dekat ujung tiang  $(N_1 + N_2 + N_3) / 3$

$K$  = koefisien karakteristik tanah :

$12 \text{ t/m}^2$  untuk tanah lempung

$20 \text{ t/m}^2$  untuk tanah lanau berlempung

$25 \text{ t/m}^2$  untuk tanah lanau berpasir

$40 \text{ t/m}^2$  untuk tanah pasir

$A_p$  = luas penampang ujung tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{(Q_p + Q_s)}{SF}$$

Dengan  $SF$  ( Safety Factor ) = 3

- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

$$P \text{ ijin group} = N \times P \text{ ijin 1 tiang} \times \text{Eff}$$

Dimana :

$N$  = jumlah tiang dalam group

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\theta}{90} \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \quad (\text{Converse laborre})$$



Dimana :

$\theta$  = arc tan (D / S)

D = diameter tiang

S = jarak antar sumbu tiang (2,5 D - 3 D)

m = jumlah tiang per baris (lajur x)

n = jumlah tiang per kolom (lajur y)

b. Beban maksimum tiang

$$P_{\max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \times X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ult}}$$

Dimana :

$P_{\text{ult}}$  = Daya dukung ijin tiang dalam 1 kelompok

$P_{\max}$  = Beban maksimum 1 tiang pancang

$\sum P_u$  = Jumlah total beban aksial

n = Banyaknya tiang dalam kelompok tiang

$M_x$  = Momen yang terjadi pada arah x

$M_y$  = Momen yang terjadi pada arah y

$X_{\max}$  = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

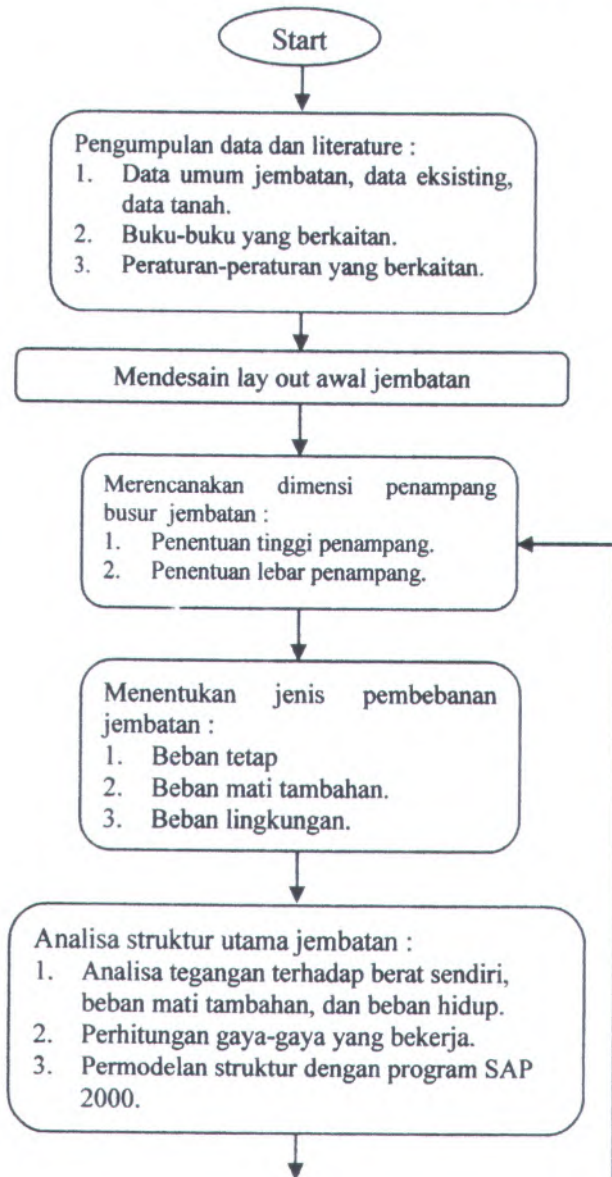
$Y_{\max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum X^2$  = Jumlah dari kuadrat absis tiang pancang

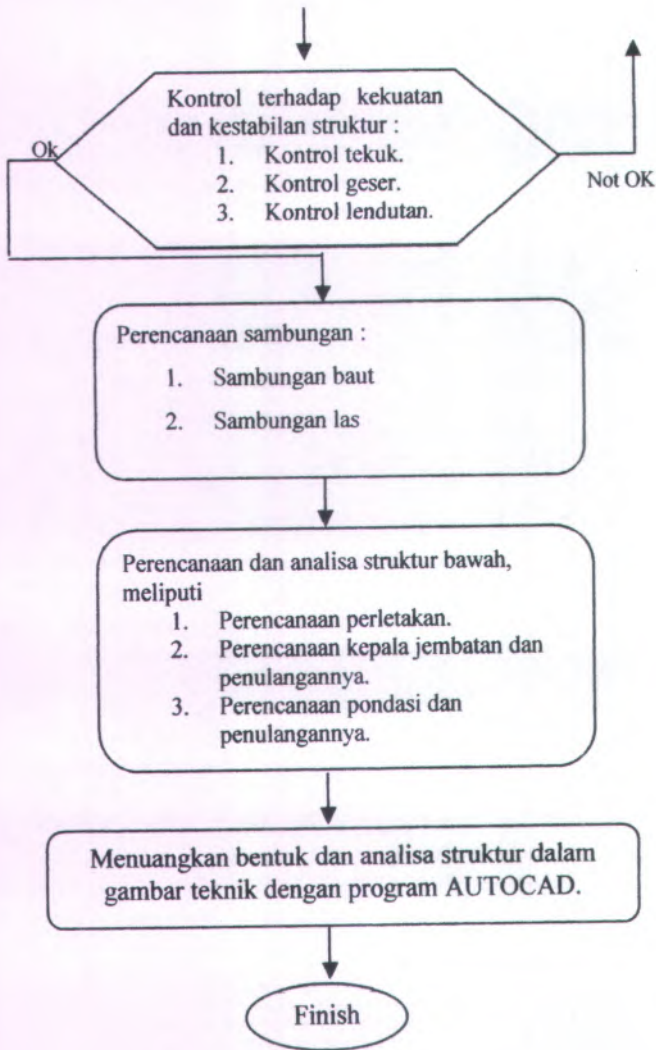
$\sum Y^2$  = Jumlah dari kuadrat absis tiang pancang

8. Menuangkan bentuk dan analisa struktur dalam gambar teknik dengan program bantu AUTOCAD.

### Diagram Alir Perencanaan



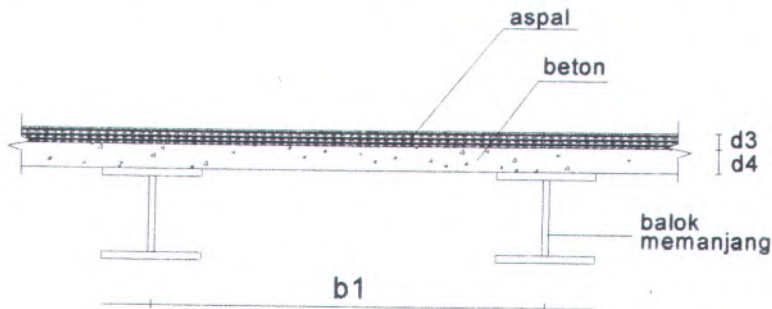




## BAB IV PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN DAN TROTOAR

### 4.1 Perencanaan Lantai Kendaraan

Menurut BMS 1992 Pasal 6.7.1.2 tebal pelat lantai kendaraan diambil yang paling minimum diantara  $t_s$  di bawah ini :



**Gambar 4.1** Lantai Kendaraan

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + 40 b_1 = 100 + 40 (1,90) = 176 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tebal pelat = 200 mm

Dimana :

$t_s$  = tebal pelat lantai kendaraan

$b_1$  = bentang pelat lantai antara pusat tumpuan

Direncanakan pelat lantai kendaraan dari beton dengan ketebalan 20 cm.

#### 4.1.1 Pembebanan

##### a. Beban Mati

- Berat sendiri pelat  
 $= 0,2 \times 2.400 \times 1 \times 1,3 = 624 \text{ kg/m}$
  - Berat aspal  
 $= 0,05 \times 2.200 \times 1 \times 1,3 = 143 \text{ kg/m}$
  - Berat air hujan  
 $= 0,05 \times 1.000 \times 1 = 50 \text{ kg/m}$
- $Q_d(u) = 817 \text{ kg/m}$

b. Beban Hidup

- Beban roda truck " T " = 100 kN = 10.000 kg ..... (RSNI T-02-2005 6.4.1)
- Dengan factor kejut (DLA = *Dynamic Load Allowance*) = 0,3 ..... (RSNI T-02-2005 6.6.4)

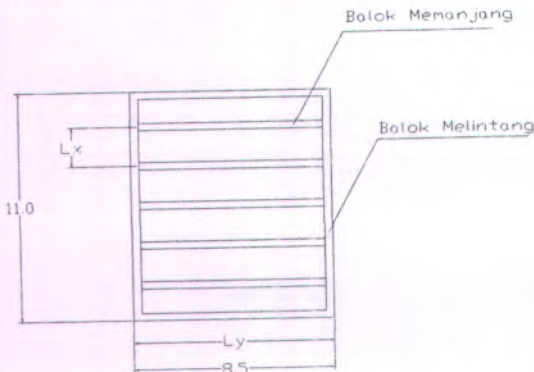
Total muatan :

$$T = (1 + 0,3) \times 100 = 130 \text{ kN} = 13.000 \text{ kg}$$

#### 4.1.2 Penulangan Lantai Kendaraan

- Faktor beban  $K_{MS}^U = 1,3$  ..... (beton di cor setempat)
- Faktor beban  $K_{TT}^U = 2$  ..... (beban truck)
- $Q_d(u) = 817 \text{ kg/m}$
- $T_u = 2 \times T = 2 \times (13.000) = 26.000 \text{ kg}$

##### 4.1.1.1 Penulangan Utama ( Arah Melintang )



Dengan  $L_y = 8,5 \text{ m}$

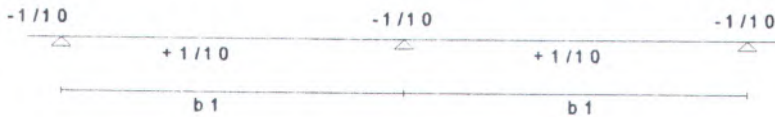


$$L_x = 1,9 \text{ m}$$

$$\text{Maka : } \frac{L_y}{L_x} = \frac{8,5}{1,9} = 4,47 > 2$$

Pelat lantai termasuk pelat satu arah

Untuk  $b_1 = 1,90$  meter



**Gambar 4.2** Momen Distribusi Arah Melintang

- Momen akibat beban mati :

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{10} \times Qd(u) \times b_1^2 = \frac{1}{10} \times 817 \times 1,90^2 \\ &= 294,937 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen akibat beban hidup :

$$\begin{aligned} M_L &= 0,8 \times \frac{S + 0,6}{10} \times Tu \\ &= 0,8 \times \frac{1,9 + 0,6}{10} \times 29.250 \\ &= 5.850 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= M_D + M_L = 294,937 + 5.850 \\ &= 6.144,937 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Dimana :

$S$  = bentang bersih bila pelat lantai bersatu dengan balok / dinding, tanpa peninggian

Untuk non komposit :  $\rightarrow S = b_1$

- Data – data perencanaan :

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 0,85 - 8 \left( \frac{f'_c - 30}{1000} \right) \\ &= 0,85 - 8 \left( \frac{40 - 30}{1000} \right) = 0,77 \end{aligned}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Decking beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Ø tulangan rencana} = 18 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - (\frac{1}{2} \times \text{Ø tulangan}) - \text{decking} \\ &= 200 - (\frac{1}{2} \times 18) - 40 = 151 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \times \frac{0,85 f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,77 \times \frac{0,85 \times 40}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,039 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,029$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{61.449.370}{0,8 \times 1.000 \times (151)^2} \\ &= 3,369 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{11,76} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 3,369}{400}} \right\} \\
 &= 0,0088 \\
 \rho' &= \frac{M_u}{\phi f_y b (d - d') d} \\
 &= \frac{61.449.370}{0,8 \times 400 \times 1.000 \times (151 - 41) \times 151} \\
 &= 0,012 \\
 \rho &= \rho_s + \rho' \\
 &= 0,0088 + 0,0112 \\
 &= 0,020 \\
 A_s &= \rho \times b \times d = 0,020 \times 1.000 \times 151 \\
 &= 3.020 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipakai tulangan D18 - 100 (} A_s &= 3.141,593 \text{ mm}^2) \\
 A_s' &= \rho' \times b \times d = 0,012 \times 1.000 \times 151 \\
 &= 1.812 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk memudahkan pemasangan tulangan maka dipakai tulangan D18 - 100 ( $A_s' = 3.141,593 \text{ mm}^2$ )

#### 4.1.1.2 Penulangan Susut ( Arah Memanjang )

Dipasang tulangan susut dan suhu dengan ketentuan sebagai berikut :

$$A_s \text{ min} = 0,0018 A_{\text{bruto pelat}} \dots \text{ (tulangan deform ; } f_y = 400 \text{ MPa)}$$

$$A_s \text{ min} = 0,0018 \times 1.000 \times 151 = 271,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan D8 - 175 (} A_s = 287,23 \text{ mm}^2)$$

#### 4.1.2 Kekuatan Pelat Lantai Terhadap Geser

Kekuatan geser ultimate dari pelat lantai kendaraan didasarkan pada persamaan berikut : (BMS 6.7.2.3)

$$V_{uc} = u \times d (f_{cv} + 0,3 \sigma_{cp})$$



Dengan :

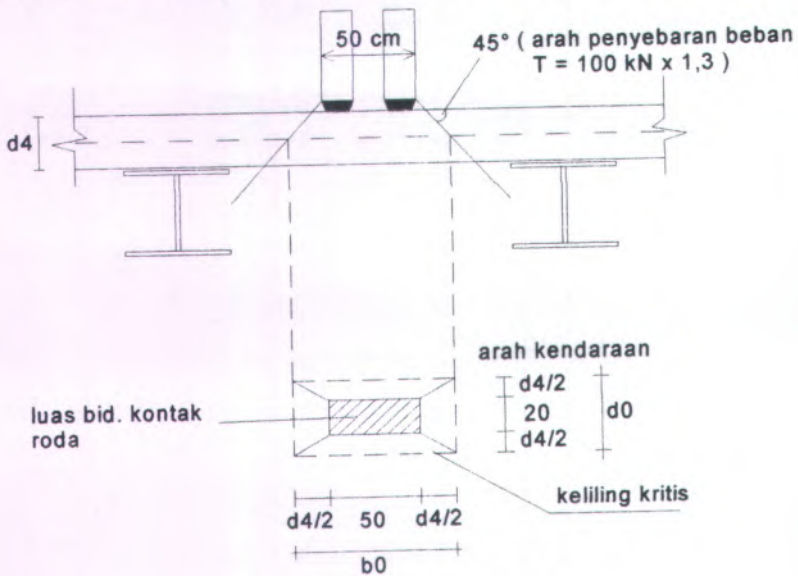
$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{\beta h} \right) \times \sqrt{f_{c'}} \leq 0,34 \sqrt{f_{c'}}$$

Dimana :

- u = panjang efektif dari keliling geser kritis.
- d = tinggi efektif, diambil rata - rata di sekeliling garis keliling geser kritis.
- $\beta h$  = perbandingan antara dimensi terpanjang dari luas efektif yang dibebani Y, dengan dimensi X, diukur tegak lurus Y.

Beban T yang bekerja sebesar 112,5 kN, dengan luas bidang kontak roda 20 x 50 cm. Beban pada saat ultimate dengan faktor beban 2 dan faktor beban dinamis 0,3 sebesar =  $112,5 \times ((1 + 0,3) \times 2) = 292,5$  kN.

Lintasan kritis yang terjadi sesuai ketentuan BMS 1992 (Ps.6.7.2 )



Gambar 4.3 Lintasan Kritis

Dari gambar di atas maka :

$$u = 2 \times (700 + 400) = 2.200 \text{ mm}$$

$$\beta h = 50 / 20 = 2,5$$

$$d = 200 \text{ mm}$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{2,5} \right) \times \sqrt{40}$$

$$= 1,897 \text{ N/mm}^2 < 0,34 \times \sqrt{40} = 2,150 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$V_{uc} = 2.200 \times 200 \times (1,897 + 0,3 \times 0)$$

$$= 834.680 \text{ N} = 834,68 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser ultimate} = 292,5 \text{ kN} \leq V_{uc} = 834,68 \text{ kN} \rightarrow \text{OK!!}$$

#### 4.2 Perencanaan Trotoar dan Sandaran

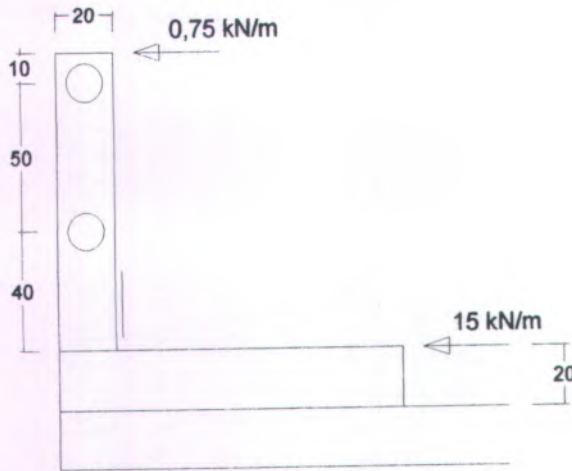
Dalam hal perencanaan trotoar dan sandaran digunakan beberapa persyaratan yang terdapat di dalam peraturan BMS 1992 yaitu :

- Beban nominal trotoar = 5 kPa = 500 kg/m<sup>2</sup> (akibat pejalan kaki) ..... (BMS 2.3.9)
- Lebar trotoar = 1 m
- Tinggi sandaran dianjurkan minimum 1 m dan direncanakan untuk tinggi sandaran sebesar 1 m.
- Beban yang bekerja pada kerb = 15 kN/m, untuk pelat nantinya bekerja pada bagian atas kerb dimana tinggi kerb 20 cm ..... (BMS 2.9.1)
- Gaya yang bekerja pada tiang sandaran  $w' = 0,75 \text{ kN/m}$  ..... (BMS 2.9.5)

##### 4.2.2 Perhitungan Trotoar

a. Data – data perencanaan :

- Lebar trotoar = 1 m
- Tinggi pelat trotoar = tinggi kerb = 20 cm
- Mutu beton  $f_c'$  = 40 MPa
- Mutu baja  $f_y$  = 400 MPa



Gambar 4.4 Trotoar

$$M_u = 0,2 \times 15 \times 1 = 3 \text{ kNm}$$

$$M_u = 3 + 2,25 = 5,25 \text{ kNm}$$

Beban hidup :

$$\text{Berat pejalan kaki} = 1 \times 500 = 500 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times 500 \times 8,50^2 = 4.515,625 \text{ kgm}$$

$$= 45,156 \text{ kNm}$$

$$M_{u_{\text{tot}}} = 45,156 + 5,25 = 50,406 \text{ kNm}$$

Decking beton = 20 mm

Ø tulangan rencana = 18 mm

$$d = h - (\frac{1}{2} \text{Ø tulangan}) - \text{decking}$$

$$= 200 - (\frac{1}{2} \times 18) - 20 = 171 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,77 \times \frac{0,85 \times 40}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0,039$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,029$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{50.406.000}{0,8 \times 1.000 \times 171^2} \\ = 2,155 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_s = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right)} \right\} \\ = \frac{1}{11,76} \times \left\{ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \times 11,76 \times 2,155}{400} \right)} \right\} \\ = 0,0055$$

$$\rho' = \frac{M_u}{\phi f_y b (d - d') d} \\ = \frac{50.406.000}{0,8 \times 400 \times 1.000 \times (171 - 29) \times 171} \\ = 0,0065$$

$$\rho = \rho_s + \rho' \\ = 0,0055 + 0,0065 \\ = 0,012$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,012 \times 1.000 \times 171 \\ = 2.052 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D18 – 120 ( $A_s = 2.120,575 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,0055 \times 1.000 \times 171 = 940,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan D16 – 210 ( $A_s = 957,438 \text{ mm}^2$ )

Untuk tulangan susut :

$$A_s = 0,0018 \times 1.000 \times 171 = 307,8 \text{ mm}^2$$

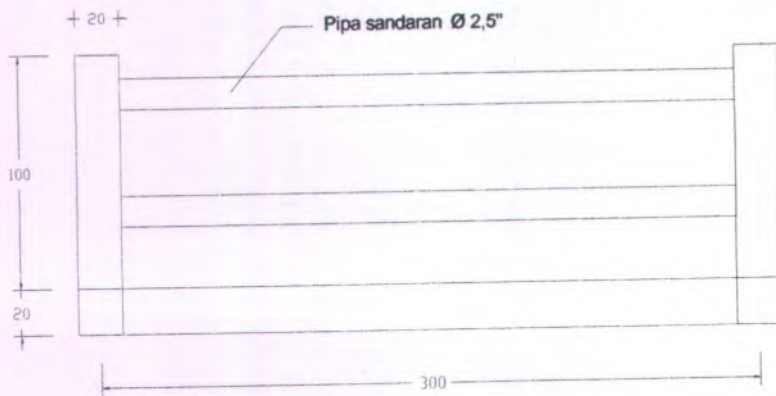
Pakai tulangan D8 – 150 ( $A_s = 334,30 \text{ mm}^2$ )



#### 4.2.2 Perhitungan Sandaran

a. Data - data perencanaan :

- Tinggi tiang sandaran = 1 m
- Jarak antar tiang sandaran = 3 m
- Dimensi tiang sandaran = 20 x 20 cm



**Gambar 4.5** Dimensi Sandaran

$$\text{Beban sandaran ( } w' \text{ )} = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$P = w' \times L_1 = 0,75 \times 3 = 2,25 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= P \times l = 2,25 \times 1 = 2,25 \text{ kN.m} \\ &= 225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\Phi} = \frac{225}{0,8} = 281,25 \text{ kgm} = 281.250 \text{ kg.mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} = \frac{281.250}{200 \times 156^2} = 0,057785 \text{ kg/mm}^2 \\ &= 0,578 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right\}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{12,101} \times \left\{ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \times 12,101 \times 0,578}{360} \right)} \right\} \\
 &= 0,002 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{\min} = 0,0035 \\
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d = 0,0035 \times 200 \times 156 \\
 &= 109,2 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Pakai tulangan } 4 \Phi 6 \rightarrow (A_s = 113,097 \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

### Kontrol Kapasitas Momen Balok

Dianggap baja tulangan telah mencapai leleh pada saat beton mulai retak (Balanced)

( $\epsilon_c = 0,003$ ) dan  $f_s = f_y$

Untuk keseimbangan gaya – gaya dalam :

$$\Sigma H = 0$$

$$C = T$$

$$0,85 f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f_c' \cdot b} = \frac{113,097 \times 400}{0,85 \times 40 \times 200} = 6,653 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{6,653}{0,77} = 8,64 \text{ mm}$$

Pada saat penampang mencapai kondisi balanced, kita dapat memperoleh harga  $f_s$  dari persamaan geometri regangan, dimana :

$$\frac{c}{d} = \frac{600}{600 + f_y} \Rightarrow \text{dimana } f_y = f_s$$

Sehingga :

$$f_s = 600 \times \left( \frac{d - c}{c} \right)$$

$$= 600 \times \left( \frac{156 - 8,64}{8,64} \right)$$

$$= 10.233,333 \text{ MPa} > f_y \Rightarrow \text{OK !!}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) = 113,097 \times 400 \times \left( 156 - \frac{6,653}{2} \right)$$

$$= 6.906.765,932 \text{ N.mm} = 6.906,765 \text{ N.m}$$

Perencanaan tulangan geser :

- $V_u = 2,25 \text{ kN} = 2.250 \text{ N}$

- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 200 \times 156$   
 $= 32.887,688 \text{ N}$

- $\phi V_c = 0,6 \times 32.887,688 = 19.732,613 \text{ N}$

Karena  $V_u \leq \phi V_c \rightarrow$  (Maka tidak perlu tulangan geser).

Walaupun secara teoritis tidak perlu sengkang tetapi untuk kestabilan struktur dan peraturan mensyaratkan dipasang tulangan minimum (spasi maksimum).

$$s_{\text{maksimum}} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 156 = 78 \text{ mm}$$

Digunakan spasi = 80 mm dengan luas tulangan minimum :

$$A_{v \text{ min}} = \frac{75 \sqrt{f_c'} \times b_w \times s}{1.200 \times f_y} = \frac{75 \sqrt{40} \times 200 \times 80}{1.200 \times 400}$$

$$= 15,811 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan  $\Phi 6$  ( $A_v = 113,097 \text{ mm}^2$ ), maka jarak sengkang :

$$s = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b} = \frac{113,097 \times 400}{\frac{1}{3} \sqrt{40} \times 200} = 107,293 \text{ mm}$$

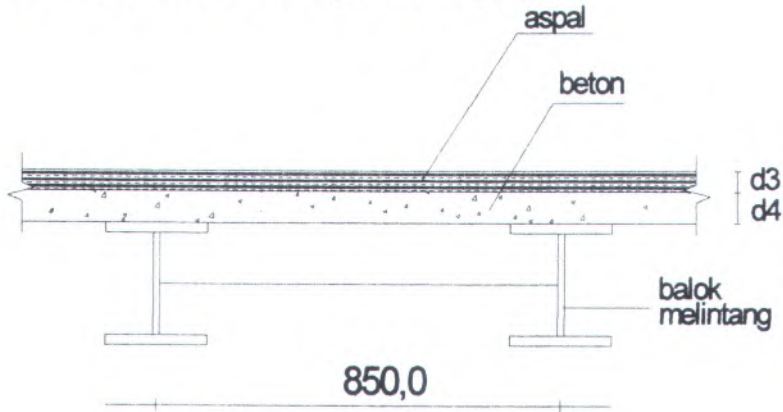
Jadi dipakai tulangan  $\Phi 6 - 100 \text{ mm}$  untuk geser, dan 4  $\Phi 8$  untuk lentur.

## BAB V PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

Untuk perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 50, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh  $\rightarrow f_y = 290 \text{ MPa}$
- Tegangan ultimate  $\rightarrow f_u = 500 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas  $E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

### 5.1 Perencanaan Gelagar Memanjang



**Gambar 5.1** Detail Perencanaan Gelagar

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : 600 x 300 x 14 x 23

- Data – data profil :

$g$	$= 175 \text{ kg/m}$	;	$I_x$	$= 137.000 \text{ cm}^4$
$A$	$= 222,4 \text{ cm}^2$	;	$I_y$	$= 10.600 \text{ cm}^4$
$i_x$	$= 24,9 \text{ cm}$	;	$Z_x$	$= 4.620 \text{ cm}^3$
$i_y$	$= 6,9 \text{ cm}$	;	$Z_y$	$= 701 \text{ cm}^3$
$d$	$= 594 \text{ mm}$	;	$t_f$	$= 23 \text{ mm}$
$b$	$= 302 \text{ mm}$	;	$t_w$	$= 14 \text{ mm}$



### 5.1.1 Pembebanan

#### a. Beban Mati

- Berat pelat beton  
 $= 0,2 \times 1,9 \times 2.400 \times 1,3 = 1.185,60 \text{ kg/m}$
  - Berat aspal  
 $= 0,05 \times 1,9 \times 2.200 \times 1,3 = 271,7 \text{ kg/m}$
  - Berat bekisting  
 $= 50 \times 1,9 \times 1,4 = 133,0 \text{ kg/m}$
  - Berat sendiri balok  
 $= 175 \times 1,1 = 192,5 \text{ kg/m}$
- $$Q_d(u) = 1.782,8 \text{ kg/m}$$
- $Q_d(u) = 1.782,8 \text{ kg/m}$
  - $M_D = \frac{1}{8} \times Q_d(u) \times l^2$   
 $= \frac{1}{8} \times 1.782,8 \times 8,50^2 = 16.100,914 \text{ kgm}$

#### b. Beban Hidup

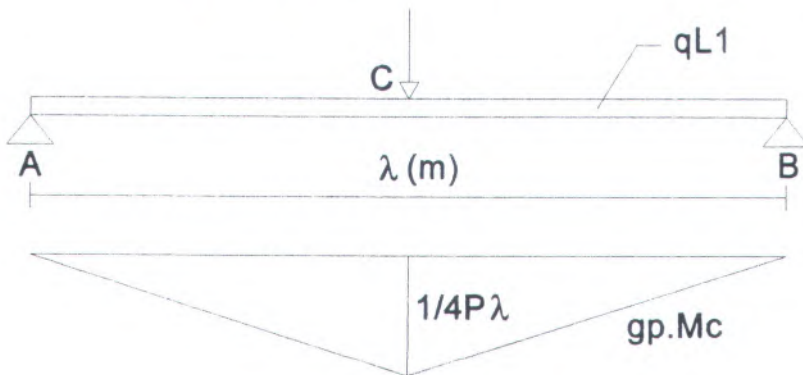
- Beban terbagi rata (UDL)  
 Menurut ketentuan BMS 1992 pada pasal 2.3.3.1 untuk :  
 $L \leq 30 \text{ m} ; q = 8,0 \text{ kPa}$   
 $L > 30 \text{ m} ; q = 8,0 \left[ 0,5 + \frac{15}{L} \right] \text{ kPa}$   
 Pembeban UDL :  
 $L = 8,50 \text{ m} ; q = 8,0 \text{ kPa} = 800 \text{ kg/m}^2$   
 Beban yang bekerja :  
 $Q_L = 800 \times 1,90 \times 2 = 3.040 \text{ kg/m} = 30,4 \text{ kN/m}$
- Beban garis (KEL)  
 Beban garis (KEL) sebesar  $p \text{ kN/m}$ , ditempatkan tegak lurus dari arah lalu - lintas pada jembatan dimana besarnya :  
 $P = 44 \text{ kN/m} = 4.400 \text{ kg/m}$   
 Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

$$L_E = \sqrt{L_{ev} \cdot L_{max}}$$

$$L_E = 240,42 \text{ m}$$

Untuk  $L_E = 240,42 \text{ m}$ , dari gambar 2.8 BMS 2.3.6 didapatkan harga DLA = 30 %, maka beban yang bekerja dengan adanya faktor kejut DLA adalah :

$$\begin{aligned} P_1 &= (1 + DLA) \times P \times b_1 \times K_{UTD} \\ &= (1 + 0,3) \times 44 \times 1,9 \times 2 = 217,36 \text{ kN} \\ &= 21.736 \text{ kg} \end{aligned}$$



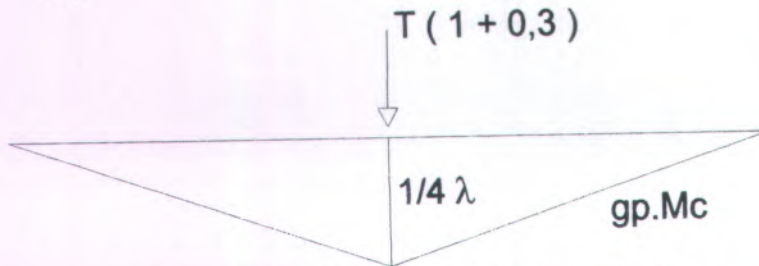
**Gambar 5.2** Pembebanan Akibat Beban KEL

$$\begin{aligned} M_{L1} &= \left( \frac{1}{8} \times Q_L \times \lambda^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_1 \times \lambda \right) \\ &= \left( \frac{1}{8} \times 3.040 \times 8,5^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 21.736 \times 8,5 \right) \\ &= 73.644 \text{ kgm} \end{aligned}$$



## c. Momen akibat beban truck "T"

Beban truck "T" adalah sebesar 100 kN (BMS 2.3.4.1 on page 27) dengan faktor kejut DLA = 0,3 (BMS 2.3.6 on page 29)



**Gambar 5.3** Pembebanan Akibat Beban Truck

$$\begin{aligned}
 M_{L2} &= T(1+0,3) \times \frac{1}{4} \times \lambda \times K_{TT}^U \\
 &= 100 \times (1+0,3) \times \frac{1}{4} \times 8,5 \times 2 \\
 &= 552,5 \text{ kNm} = 55.250 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena  $M_{L1} > M_{L2}$ , maka dipakai momen akibat beban hidup yaitu  $M_L = 73.644 \text{ kgm}$

### 5.1.2 Kontrol kekuatan lentur

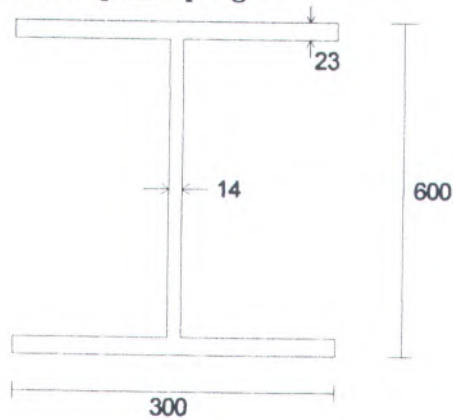
$$M_u = \phi M_n$$

$$(16.100,914 + 73.644) \times 100 = 0,9 \times 2.900 \times Z_x$$

$$8.974.491,4 = 2.610 Z_x$$

$$Z_x \geq 3.438,50 \text{ cm}^3 \rightarrow (\text{Anggap kompak})$$

### 5.1.2.1 Kontrol penampang :



**Gambar 5.4** Penampang Gelagar Memanjang

a. Badan :

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 594 - 2(23 + 28) = 532 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1.680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{532}{18} \leq \frac{1.680}{\sqrt{290}}$$

$$29,56 \leq 98,653 \rightarrow \text{OK !!}$$

b. Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2 \times 23} \leq \frac{170}{\sqrt{290}}$$

$$6,52 \leq 9,983 \rightarrow \text{OK !!}$$

Penampang kompak :  $M_{nx} = M_{px}$



### 5.1.2.2 Kontrol tekuk lateral :

Dipasang shear connector praktis sejarak 120 cm sebagai pengaku arah lateral.

- $L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,9 \times \sqrt{\frac{210.000}{290}}$   
 $= 326,79 \text{ cm}$
- $L_B = 120 \text{ cm} \Rightarrow L_p > L_B$  (Bentang Pendek)
- $M_{nx} = M_{px}$   
 $M_p = Z_x \times f_y = 4.620 \times 2.900 = 13.398.000 \text{ kgcm}$
- $\Phi M_n \geq M_u$   
 $0,9 \times 13.398.000 \geq 8.974.491,4$   
 $12.058.200 \geq 8.974.491,4 \Rightarrow \text{OK !!}$

### 5.1.3 Kontrol lendutan

Persyaratan untuk lendutan per bentang memanjang  
 (L = 8,50 m)

a. Lendutan ijin :

- $\bar{\Delta}_{\text{ijin}} = \frac{1}{800} \lambda = \frac{1}{800} \times 850 = 1,062 \text{ cm} \dots \dots (\text{BMS 6.8.2})$

b. Lendutan akibat beban hidup ( UDL + KEL ) :

- $\Delta^o(\text{udl} + \text{kel}) = \frac{5}{384} \frac{Q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \frac{P_1 L^3}{E I_x}$   
 $= \frac{5}{384} \frac{1.520 \times (850)^4}{2,1 \times 10^6 \times 137.000} +$   
 $\frac{1}{48} \frac{10.868 \times (850)^3}{2,1 \times 10^6 \times 137.000}$   
 $= 0,359 + 0,483 = 0,842 \text{ cm}$

c. Lendutan akibat beban truck :

- $\Delta^o_{(T)} = \frac{1}{48} \frac{P \lambda^3}{E I_x}$

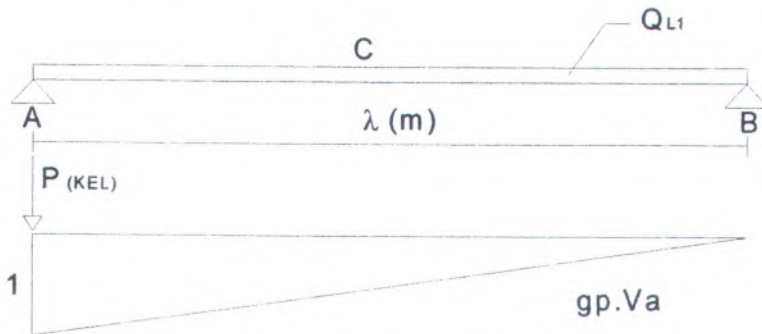
$$= \frac{1}{48} \frac{13.000 \times (850)^3}{2,1 \times 10^6 \times 137.000} = 0,562 \text{ cm}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban truck = 0,842 cm

- $\Delta^o(\text{udl} + \text{kel}) \leq \bar{\Delta}_{\text{ijin}}$   
 $0,842 \leq 1,062 \Rightarrow \text{OK !!}$

#### 5.1.4 Kontrol geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.



**Gambar 5.5** Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup

a. Untuk beban hidup ( $UDL + KEL$ ) menentukan :

$$\begin{aligned} \bullet V_{a \max} &= \left( P_1 \times 1 \right) + \left( Q_{L1} \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= \left( 217,36 \times 1 \right) + \left( 28 \times \frac{1}{2} \times 8,5 \right) = 336,36 \text{ kN} \\ &= 33.636 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Untuk beban T menentukan :

$$\begin{aligned} \bullet V_{a \max} &= T \times (1 + 0,3) \times 1 \times 2 \\ &= 100 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 2 = 260 \text{ kN} \\ &= 26.000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi  $V_a$  yang digunakan adalah  $V_a$  akibat beban hidup sebesar 33.636 kg.

$$\bullet \frac{h}{t_w} \leq \frac{1.100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{532}{23} \leq \frac{1.100}{\sqrt{280}}$$

$$\bullet V_u \leq \phi V_n$$

$$V_u \leq 0,6 \times f_y \times A_w \rightarrow A_w = d \times t_b$$

$$33.636 \text{ kg} \leq 0,6 \times 2.900 \times 59,4 \times 1,4$$

$$33.636 \text{ kg} \leq 144.698,4 \text{ kg} \Rightarrow \text{OK!!}$$

## 5.2 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan awal gelagar melintang dipilih profil WF dengan dimensi : 900 x 300 x 18 x 34

• Data - data profil :

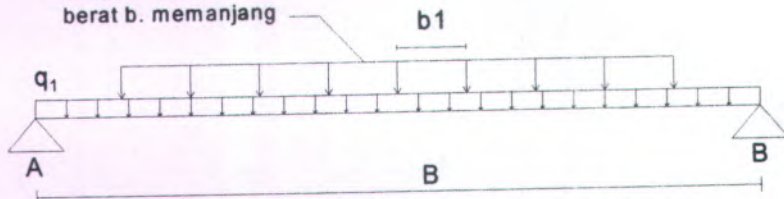
$g$	$= 286 \text{ kg/m}$	;	$I_x$	$= 498.000 \text{ cm}^4$
$A$	$= 364 \text{ cm}^2$	;	$I_y$	$= 15.700 \text{ cm}^4$
$i_x$	$= 37 \text{ cm}$	;	$Z_x$	$= 12.221 \text{ cm}^3$
$i_y$	$= 6,56 \text{ cm}$	;	$Z_y$	$= 1.619 \text{ cm}^3$
$d$	$= 912 \text{ mm}$	;	$S_x$	$= 10.900 \text{ cm}^3$
$b$	$= 302 \text{ mm}$	;	$S_y$	$= 1.040 \text{ cm}^3$
$t_f$	$= 34 \text{ mm}$			
$t_w$	$= 18 \text{ mm}$			

### 5.2.1 Pembebanan

a. Beban Mati

Sebelum komposit

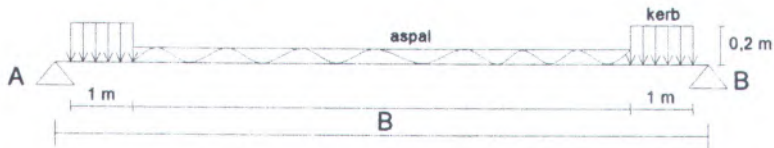
berat b. memanjang



Gambar 5.6 Pembebanan Gelagar Melintang Sebelum Komposit

- Berat gelagar memanjang  
 $= [(175 \times 8,50) / 1,90] \times 1,1 = 861,18 \text{ kg/m}$
  - Berat gelagar melintang  
 $= 286 \times 1,1 = 314,600 \text{ kg/m}$
  - Berat pelat beton  
 $= 0,2 \times 2.400 \times 8,50 \times 1,3 = 5.304 \text{ kg/m}$
  - Berat bekisting  
 $= 50 \times 8,50 \times 1,4 = \underline{595 \text{ kg/m}}$
- $$Q_{D1} = 7.074,78 \text{ kg/m}$$
- $Q_{D1(U)} = Q_{D1} = 7.074,78 \text{ kg/m}$
  - $M_{Q1} = \frac{1}{8} \times Q_{D1(U)} \times B^2$   
 $= \frac{1}{8} \times 7.074,78 \times 11^2$   
 $= 107.006,05 \text{ kgm}$

### Sesudah komposit



**Gambar 5.7** Pembebanan Gelagar Melintang Sesudah Komposit

- Berat aspal  
 $= 0,05 \times 2.200 \times 8,50 \times 1,3 = 1.215,5 \text{ kg/m}$
  - Berat kerb  
 $= 0,2 \times 2.400 \times 8,50 \times 1,3 = \underline{5.304 \text{ kg/m}}$
- $$Q_{D2} = 6.519,5 \text{ kg/m}$$
- $\Sigma M_B = 0$   
 $R_a = \frac{(53,04 \times 1 \times 10,2) + (12,155 \times 8,4 \times 5,5) + (53,04 \times 1 \times 0,8)}{11}$



$$\begin{aligned}
 R_a &= 104,09 \text{ kN} = 10.409,1 \text{ kg} \\
 M_{Q2} &= (R_a \times 5,5) - (53,04 \times 1 \times 4,7) - (12,155 \times 4,2 \times 2,1) \\
 &= (104,09 \times 5,5) - (53,04 \times 1 \times 4,7) - (12,155 \times 4,2 \times 2,1) \\
 &= 572,495 - 249,288 - 107,207 \\
 &= 216 \text{ kNm} = 21.600 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)

Untuk  $L = 170 \text{ m} > L = 30 \text{ m}$

Maka digunakan :

$$\begin{aligned}
 \oplus q &= q = 8,0 \left[ 0,5 + \frac{15}{L} \right] \\
 &= 4,7 \text{ kPa} = 470 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

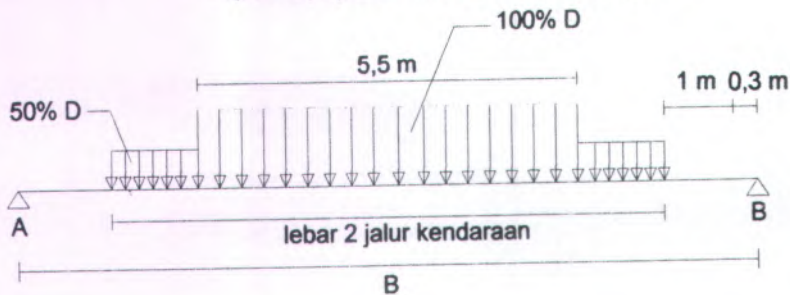
$$q_{UDL} = q \times \lambda = 470 \times 8,50 \times 2 = 8.000 \text{ kg/m}$$

- Beban garis (KEL)

Beban  $P = 44 \text{ kN/m} = 4.400 \text{ kg/m}$  dengan faktor DLA = 0,3

Maka beban KEL yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned}
 \oplus P_{KEL} &= (1 + DLA) \times P \\
 &= (1 + 0,3) \times 4.400 \times 2 = 11.440 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 5.8** Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL

$$\begin{aligned}
 \text{Beban "D"} &= \text{Beban UDL} + \text{Beban KEL} \\
 &= (8.000 + 11.440) = 19.440 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$- q_1 = 100 \% \times 19.440 = 19.440 \text{ kg/m}$$

$$- q_2 = 50 \% \times 19.440 = 9.720 \text{ kg/m}$$

$$\bullet \Sigma M_B = 0$$

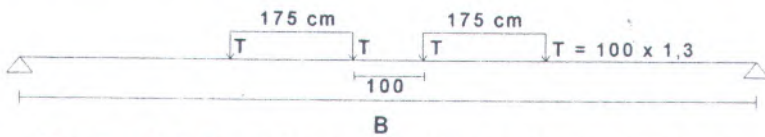
$$V_a \times 11 - q_1 \times 5,5 \times 5,5 - q_2 \times 1,45 \times 8,975 - q_2 \times 1,45 \times 2,025 = 0$$

$$V_a \times 11 = (19.440 \times 5,5 \times 5,5) + (9.720 \times 1,45 \times 8,975) + (9.720 \times 1,45 \times 2,025)$$

$$V_a = \frac{743.094}{11} = 67.554 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{\max L1} &= V_a \times 5,5 - q_2 \times 1,45 \times 3,475 - q_1 \times 2,75 \times 1,375 \\ &= (67.554 \times 5,5) - (9.720 \times 1,45 \times 3,475) - (19.440 \times 2,75 \times 1,375) \\ &= 249.062,85 \text{ kgm} \end{aligned}$$

c. Beban truck "T"



**Gambar 5.9** Pembebanan Akibat Beban Truck (kondisi a)

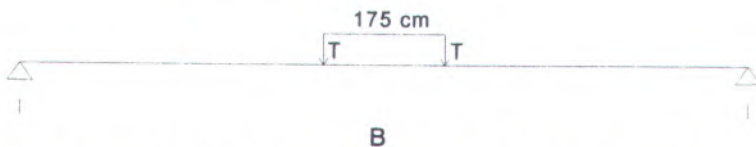
$$\bullet T = (1 + 0,3) \times 100 \times 2 = 260 \text{ kN} = 26.000 \text{ kg}$$

$$\bullet \Sigma M_B = 0$$

$$V_a \times 11 - T (7,75 + 6,0 + 5,0 + 3,25) = 0$$

$$V_a = \frac{26.000 \times 22}{11} = 52.000 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{\max L2 a} &= V_a \times 5,5 - T (2,25 + 0,5) \\ &= 52.000 \times 5,5 - 26.000 \times (2,25 + 0,5) \\ &= 214.500 \text{ kgm} \end{aligned}$$



**Gambar 5.10** Pembebanan Akibat Beban Truck (kondisi b)

$$\bullet \Sigma M_B = 0$$

$$V_a \times 11 - T(6,375 + 4,625) = 0$$

$$V_a = \frac{26.000 \times 11}{11} = 26.000 \text{ kg}$$

$$M_{\max L2 b} = V_a \times 5,5 - T(0,875)$$

$$= 26.000 \times 5,5 - 26.000 \times (0,875)$$

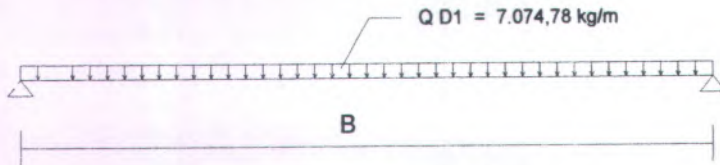
$$= 120.250 \text{ kgm}$$

Dipakai Momen beban truck kondisi a = 214.500 kgm  
 Dari kondisi di atas, maka dipilih kondisi yang memberikan  
 $M_{\max}$  terbesar yaitu :

$$M_{\max L1} = 249.062,85 \text{ kgm}$$

### 5.2.2 Gaya Geser

a. Gaya geser sebelum komposit.

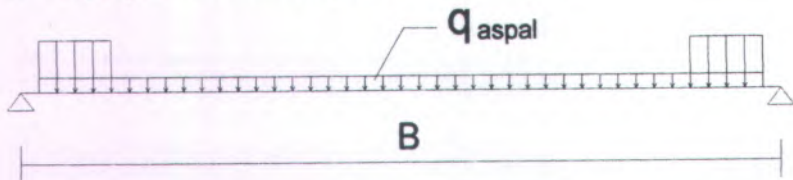


**Gambar 5.13** Beban Merata Geser Sebelum Komposit

$$V_a = 0,5 \times Q_{D1} \times B$$

$$V_a = 0,5 \times 7.074,78 \times 11 = 38.911,29 \text{ kg}$$

b. Gaya geser setelah komposit.



**Gambar 5.14** Beban Merata Geser Setelah Komposit

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \times 11 - q_{kerb} \times 1 \times 10,2 - q_{aspal} \times 8,4 \times 5,5 - q_{kerb} \times 1 \times 0,8 = 0$$

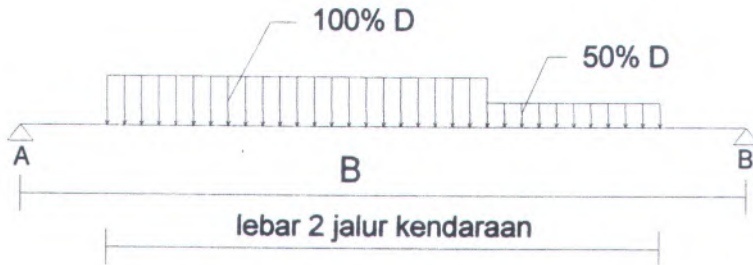
$$V_a = \frac{(53,04 \times 1 \times 10,2) + (12,15 \times 8,4 \times 5,5) + (53,04 \times 1 \times 0,8)}{11}$$

$$V_a = \frac{541,008 + 561,33 + 42,432}{11}$$

$$V_a = 104,07 \text{ kN} = 10.407 \text{ kg}$$

c. Gaya geser akibat beban hidup

Gaya geser maksimum diperoleh jika UDL + KEL tidak simetris.



**Gambar 5.15** Gaya Geser Akibat UDL + KEL Tak Simetris

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \times 11 - q_1 \times 5,5 \times 6,95 - q_2 \times 2,9 \times 2,75 = 0$$

$$V_a = \frac{(19.440 \times 5,5 \times 6,95) + (9.270 \times 2,9 \times 2,75)}{11}$$

$$= \frac{743.094}{11} = 67.554 \text{ kg}$$



### 5.2.3 Perhitungan Balok Komposit

Perhitungan gelagar melintang jembatan dengan menggunakan metode plastis

- Cek kriteria penampang

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1.680}{\sqrt{f_y}}$$

$$44,13 \leq \frac{1.680}{\sqrt{290}}$$

$$44,13 \leq 98,65 \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

- $be_1 \leq S$   
 $\leq 850 \text{ cm}$
- $be_2 \leq \frac{L}{4}$   
 $\leq \frac{1.100}{4} = 275 \text{ cm}$

Dimana :

S = Jarak antar gelagar melintang

L = Lebar jembatan

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 275 cm.

- Menentukan c

Luas beton :

$$A_c = b_{\text{eff}} \times t_b = 2.750 \times 200 = 550.000 \text{ mm}^2$$

$$= 5.500 \text{ cm}^2$$

$$c_1 = A_s \cdot f_y = 36.400 \times 290 = 10,556 \cdot 10^6 \text{ N}$$

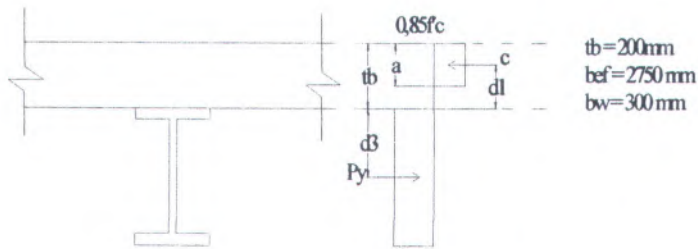
$$c_2 = 0,85 \cdot f'c \cdot A_c = 0,85 \times 35 \times 0,55 \cdot 10^6 = 16,3625 \text{ N}$$

$$c_3 = \sum_{n=1}^N Q_n \rightarrow \text{untuk komposit penuh } c_3 \text{ tidak menentukan}$$

- Menentukan Centroid dari Gaya-Gaya yang Bekerja

$$a = \frac{c}{0,85 \cdot f'c \cdot b_{ef}} = \frac{10,556 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 35 \cdot 2.750}$$

$$= 129,03 \text{ cm}$$



$$d_1 = t_b - \frac{a}{2} = 200 - \frac{129,03}{2} = 135,485 \text{ mm}^2$$

$$d_2 = 0$$

$$d_3 = \frac{D}{2} = \frac{912}{2} = 456 \text{ mm}$$

- Perhitungan Momen Positif

$$M_n = c_1 (d_1 + d_2) + P_y (d_3 - d_2)$$

$$= 10,556 \cdot 10^6 (135,485 + 0) + 10,556 \cdot 10^6 (456 - 0)$$

$$= 6,24 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_u = \phi \cdot M_n = 0,85 \times 6,24 \cdot 10^9 = 5,307 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$= 5,307 \cdot 10^5 \text{ kgm}$$

$$M_u > (M_{Q1} + M_{Q2}) + M_{uL}$$

$$530.700 \text{ kgm} > (107.006,05 + 21.600) + 320.809,25$$

$$530.700 \text{ kgm} > 449.415 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol Momen Lentur dengan Tekuk Lateral

$$L_B = 190 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,56 \times \sqrt{\frac{210.000}{290}}$$

$$= 310,69 \text{ cm}$$

$$L_p > L_B$$

Bentang pendek  $\rightarrow M_{nx} = M_{px}$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 12.221 \times 2.900$$

$$= 35.440.900 \text{ kgcm}$$

$$= 354.409 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$107.006,05 \leq 0,9 \times 354.409 = 318.968,1 \text{ kgm ...ok!!}$$

#### 5.2.4 Kontrol Lendutan

Perhitungan Momen Inersia Balok Komposit

Beban ditransformasikan ke baja

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{2,78 \cdot 10^5} = 7,55$$

$$b_{tr} = \frac{b_e}{n} = \frac{2.750}{7,55} = 364,11 \text{ mm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_b = 364,11 \times 200 = 7,28 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$$

Letak garis netral penampang transformasi

$$y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot t_b}{2} + A_s \left( t_b + \frac{D}{2} \right)}{A_{tr} + A_s}$$

$$= \frac{\frac{7,28 \cdot 10^4 \cdot 200}{2} + 3,64 \cdot 10^4 \left( 200 + \frac{912}{2} \right)}{7,28 \cdot 10^4 + 3,64 \cdot 10^4}$$

$$= 285,33 \text{ mm}$$

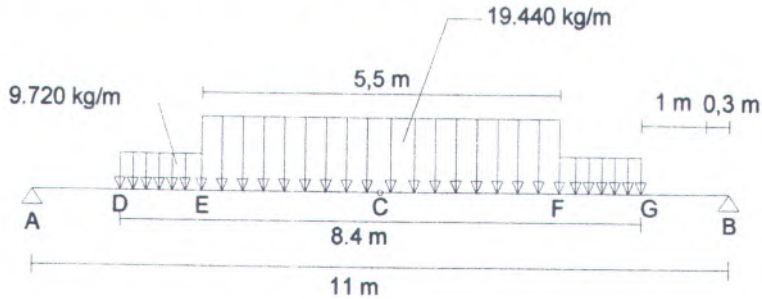
### Momen Inersia penampang transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} \cdot t b^3}{12} + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t b}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left[ \left( \frac{D}{2} + t b \right) - Y_{na} \right]^2$$

$$= \frac{364,11 \cdot 200^3}{12} + 7,28 \cdot 10^4 \left( 285,33 - \frac{200}{2} \right)^2 + 4,98 \cdot 10^9 + 3,64 \cdot 10^4 \left[ \left( \frac{912}{2} + 200 \right) - 285,33 \right]^2$$

$$I_{tr} = 12,72 \cdot 10^5 \text{ cm}^4 = 12,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL)



Beban hidup yang menentukan adalah UDL + KEL

$$\bullet \Sigma M_B = 0$$

$$V_A \times 11 - q_1 \times 5,5 \times 5,5 - q_2 \times 1,45 \times 8,975 - q_2 \times 1,45 \times 2,025 = 0$$

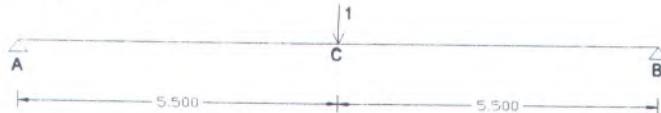
$$V_A \times 11 = (19.440 \times 5,5 \times 5,5) + (9.720 \times 1,45 \times 8,975) + (9.720 \times 1,45 \times 2,025)$$

$$V_A = \frac{743.094}{11} = 67.554 \text{ kg}$$

$$\bullet \Sigma V = 0$$

$$V_A - V_B = 0$$

$$V_B = 67.554 \text{ kg}$$





Akibat beban 1 unit di C, maka :

$$\begin{aligned} & \bullet \Sigma M_B = 0 \\ V_A \cdot 11 - 1,5,5 &= 0 \\ V_A &= 0,5 \\ & \bullet \Sigma V = 0 \\ V_A + V_B &= 1 \\ V_B &= 0,5 \end{aligned}$$

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{500} = \frac{1100}{500} = 2,2 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan program SAP 2000 didapatkan lendutan sebesar 2,01 cm < 2,2 cm. → OK

### 5.3 Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (BMS 7.6.8.3) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut :

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Tinggi minimum dari paku shear connector adalah 75 mm dan jarak antara paku shear connector dengan ujung flens gelagar tidak boleh kurang dari 25 mm. Untuk diameter paku shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik.
- 2,0 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik.

Digunakan shear connector jenis paku / stud dengan data – data sebagai berikut :

- Diameter = 30 mm < 1,5 x 34 = 51 mm
- Tinggi total = 150 mm
- Jarak melintang antar stud = 100 mm
- Kuat beton  $f_c' = 35 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_c = 0,4 f_c'$   
 $\sigma_c = 0,4 \times 35 = 14 \text{ Mpa}$

### 5.3.1 Kekuatan Stud Connector (Q)

$$\bullet \quad \frac{H}{d} = \frac{150}{30} = 5,0 \rightarrow Q = 10 \times H \times d \times \sqrt{\sigma_c}$$

Bila :

$$\frac{H}{d} \geq 5,5 \rightarrow Q = 55 \times d^2 \times \sqrt{\sigma_c}$$

Maka :

$$Q = 10 \times 15 \times 3,0 \times \sqrt{140} = 5.324,472 \text{ kg}$$

Dipasang shear connector untuk tiap penampang

Gaya geser yang bekerja :

$$\begin{aligned} V &= (38.911,29) + (10.407) + (96.091) \\ &= 145.409,29 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya geser per satuan panjang ..... (BMS 7.3.3.1)

$$\bullet \quad V_L = \frac{V \times A_t \times Y_c}{I_t}$$

Dimana :

$V_L$  = Gaya geser longitudinal rencana per satuan panjang.

$A_t$  = Luas transformasi beton.

$Y_c$  = Jarak garis netral penampang komposit terhadap titik berat luas  $A_t$ .

$I_t$  = Momen inersia penampang dari penampang komposit.

Maka :

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{145.409,29 \times 695,180 \times 19,108}{1.259.720,223} \\ &= 1.533,31 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$V_L \leq K_S^R \times V_{LS} \rightarrow V_{LS} = n \times V_{SU}$$

Dimana :

$n$  = Jumlah shear connector persatuan panjang

$V_{SU}$  = Kekuatan geser statis dari shear connector

$K_S^R =$  Faktor reduksi kekuatan shear connector = 1

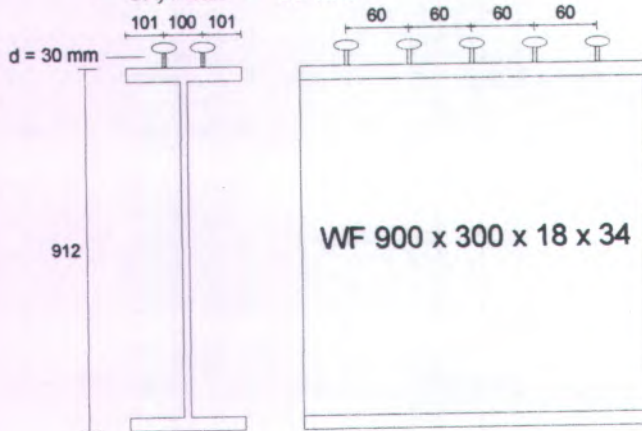
Maka :

$$V_{LS} = 2 \times 5.324,472 = 10.648,944 \text{ kg}$$

### 5.3.2 Jarak Pemasangan Shear Connector

$$S = \frac{V_{LS}}{V_L} = \frac{10.648,944}{1.533,31} = 6,94 \text{ cm}$$

$$= 69,4 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$$



**Gambar 5.16** Pemasangan Shear Connector

Dipasang shear connector pada gelagar melintang dengan jarak 60 mm.

## BAB VI KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA

### 6.1 Umum

- Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari bangunan atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan yang akan diteruskan ke tumpuan dan akan disalurkan ke bangunan bawah jembatan atau abutmen.
- Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih sesuai dengan kriteria yang ada pada bagian bab I adalah konstruksi busur dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola.

$$f = 30 \text{ m} \rightarrow \text{syarat: } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$$

$$\text{untuk } \frac{f}{L} = \frac{30}{170} = 0,176 \leq 0,2 \dots \text{OK}$$

$$h = 5,66 \text{ m} \rightarrow \text{syarat: } \frac{1}{40} \leq \frac{h}{L} \leq \frac{1}{25}$$

$$\text{untuk } \frac{h}{L} = \frac{5,66}{170} = 0,0333 \leq 0,04 \dots \text{OK}$$

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

1. Batang penggantung

Batang penggantung adalah konstruksi penggantung antara lantai kendaraan dengan konstruksi pemikul utama yang berupa busur.

2. Konstruksi busur

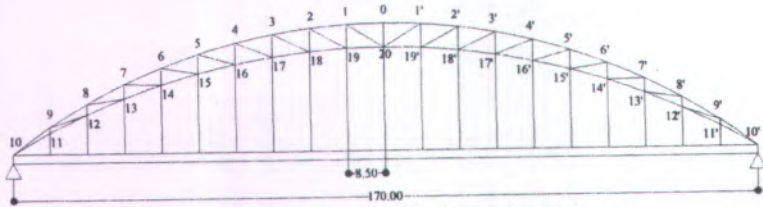
Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen di lapangan akibat gaya reaksi H dan gaya normal pada penampang busur relatif lebih berperan daripada gaya momen, sehingga bentuk busur ini menguntungkan untuk bentang yang panjang.



Penampang busur ini direncanakan menggunakan konstruksi dari rangka batang.

### 6.2 Batang Penggantung

Panjang dari batang penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur.



Gambar 6.1 Konstruksi Pemikul Utama

Persamaan parabola :

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

• Untuk focus,  $f = 30$  m

$$L = 170 \text{ m} \quad ; \quad f = 30 \text{ m} \quad ; \quad Y_n' = f - Y_n$$

Tabel 6.1 Panjang Penggantung untuk focus 30 m

Titik	X (m)	Y (m)	Yn' (m)
10	0	0	30
9	8.5	5.7	24.3
8	17	10.8	19.2
7	25.5	15.3	14.7
6	34	19.2	10.8
5	42.5	22.5	7.5
4	51	25.2	4.8
3	59.5	27.3	2.7
2	68	28.8	1.2
1	76.5	29.7	0.3
0	85	30	0

- Untuk focus,  $f = 24,34 \text{ m}$
- $$L = 170 \text{ m} \quad ; \quad f = 24,34 \text{ m} \quad ; \quad Y_n' = f - Y_n$$

**Tabel 6.2** Panjang Penggantung untuk focus 24,34 m

Titik	X (m)	Y (m)	Yn' (m)
10	0	0	24.34
11	8.5	4.6246	19.7154
12	17	8.7624	15.5776
13	25.5	12.4134	11.9266
14	34	15.5776	8.7624
15	42.5	18.255	6.085
16	51	20.4456	3.8944
17	59.5	22.1494	2.1906
18	68	23.3664	0.9736
19	76.5	24.0966	0.2434
20	85	24.34	0

Profil yang dipakai WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan data – data sebagai berikut :

$$A = 84,12 \text{ cm}^2 \quad ; \quad i_x = 16,80 \text{ cm}$$

$$g = 66,0 \text{ kg/m} \quad ; \quad i_y = 4,54 \text{ cm}$$

### 6.2.1 Pembebanan

Untuk perhitungan pembebanan nantinya ditinjau terhadap batang penggantung yang terpanjang.

#### a. Beban Mati

- Berat trotoar

$$\begin{aligned} &\text{Berat pelat trotoar} \\ &= 0,2 \times 2.400 \times 8,5 \times 1,3 = 5.304 \quad \text{kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Berat pejalan kaki} \\ &= 500 \times 8,5 = 4.250 \quad \text{kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{D1} &= 9.554 \quad \text{kg/m} \\ \text{Beban } P_{D1} &= 1 \text{ m} \times 9.554 \text{ kg/m} \\ &= 9.554 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Berat pelat lantai kendaraan  
 $= 0,2 \times 2.400 \times 8,5 \times 1,3 = 5.304 \text{ kg/m}$   
 Beban  $P_{D2} = \frac{1}{2} \times 5.304 \times 11$   
 $= 29.172 \text{ kg}$
- Berat gelagar melintang : ( $g = 286 \text{ kg/m}$ )  
 Beban  $P_{D3} = \frac{1}{2} \times 286 \times 11 \times 1,1$   
 $= 1.730,3 \text{ kg}$
- Berat gelagar memanjang : ( $g = 175 \text{ kg/m}$ )  
 Jumlah gelagar memanjang = 5  
 Beban  $P_{D4} = \frac{1}{2} \times 175 \times 5 \times 8,5 \times 1,1$   
 $= 8.181,25 \text{ kg}$
- Berat aspal  
 $= 0,05 \times 8,5 \times 2.200 \times 1,3 = 1.215,5 \text{ kg/m}$   
 Beban  $P_{D5} = \frac{1}{2} \times 1.215,5 \times 8,3$   
 $= 5.044,325 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } P_{D\text{TOT}} &= (P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{D5}) \\ &= (9.554 + 29.172 + 1.730,3 + 8.181,25 + 5.044,325) \\ &= 53.681,875 \text{ kg} \end{aligned}$$

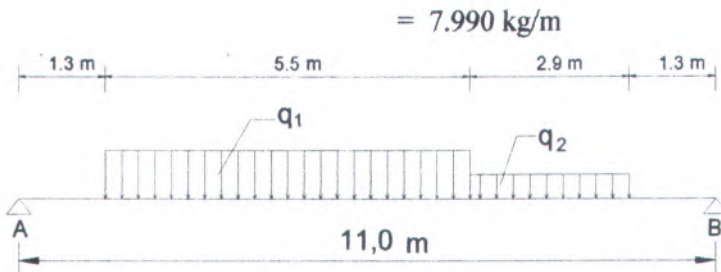
b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)  
 Menurut ketentuan BMS 1992 pada pasal 2.3.3.1  
 $L \leq 30 \text{ m} ; q = 8,0 \text{ kPa}$

$$L > 30 \text{ m} ; q = 8,0 \left[ 0,5 + \frac{15}{L} \right] \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } L = 170 \text{ m} ; \text{ maka } q &= 4,7 \text{ kPa} \\ &= 470 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban yang bekerja : } Q_L &= q \times b \times K_{TD}^U \\ &= 470 \times 8,5 \times 2 \end{aligned}$$



**Gambar 6.2** Pembebanan Akibat UDL

$$q_1 = 100 \% \times \text{UDL} = 100 \% \times 7.990 = 7.990 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50 \% \times \text{UDL} = 50 \% \times 7.990 = 3.995 \text{ kg/m}$$

- **Beban garis (KEL)**

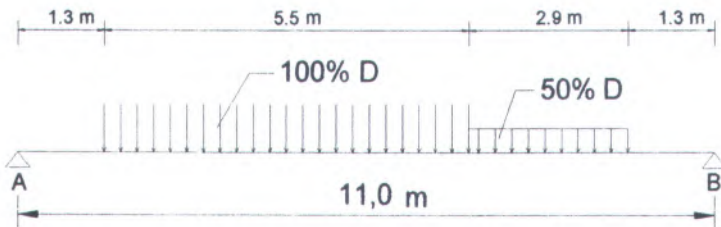
Beban  $P = 44 \text{ kN/m} = 4.400 \text{ kg/m}$  dengan faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

$$L_E = L = 170 \text{ m}$$

Untuk  $L_E = 170 \text{ m}$  dari gambar 2.8 BMS 2.3.6 didapatkan harga DLA = 30 %.

Maka beban KEL yang bekerja dengan faktor kejut DLA adalah :

$$\begin{aligned} P_L &= (1 + \text{DLA}) \times P \\ &= (1 + 0,3) \times 4.400 \times 2 = 11.440 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



**Gambar 6.3** Pembebanan Akibat Beban "D"



$$\begin{aligned}\text{Beban "D"} &= Q_L + P_L \\ &= 7.990 + 11.440 = 19.430 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban 50\% D} &= \frac{1}{2} \times (Q_L + P_L) \\ &= \frac{1}{2} \times (19.430) = 9.715 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned}V_A &= \frac{(100\%D \times 5,5 \times 6,95) + (50\%D \times 2,9 \times 2,75)}{11} \\ &= \frac{(19.430 \times 5,5 \times 6,95) + (9.715 \times 2,9 \times 2,75)}{11} \\ &= 67.526,29 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. Lain – Lain

Perkiraan berat sambungan dan berat ikatan angin bawah, tiap penggantung menerima 10% x Beban mati = 10% x 53.681,875 kg = 5.368,188 kg.

Jadi penggantung menerima beban sebesar :

$$\begin{aligned}R_{A \text{ total}} &= P_{D \text{ TOT}} + V_A + (\text{lain} - \text{lain}) \\ &= 53.681,875 + 96.091 + 5.368,188 \\ &= 155.141,063 \text{ kg}\end{aligned}$$

### 6.2.2 Kontrol tegangan

Kontrol tegangan diambil pada batang penggantung terpanjang yaitu :

$$\begin{aligned}L &= 30 \text{ m (titik 0)} \\ P &= R_{A \text{ total}} + \text{Berat sendiri} \\ &= 155.141,063 + (30 \times 66,0) \\ &= 157.121,063 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol kekuatan :

- Kekakuan / kelangsingan

$$\frac{L}{i_{\min}} \leq 240$$

$$\frac{3.000}{4,54} \leq 240$$

- Kekuatan leleh

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= \varphi \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,9 \times 2.900 \times 84,12 \\ &= 219.553,2 \text{ kg} > P = 110.366,986 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

- Kekuatan patah

$$A_n = 84,3 - 4 \times (1,6 + 0,3) \times 1,2 = 75,18 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{5,10}{12} \\ &= 0,575\end{aligned}$$

$$A_e = u \cdot A_n = 0,575 \times 75,18 = 43,229 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= \varphi \cdot f_u \cdot A_e \\ &= 0,75 \times 5.000 \times 43,229 \\ &= 162.108,75 \text{ kg} > P = 110.366,986 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

- Kekuatan block shear

$$A_{gt} = 4 \times (3 \times 1,2) = 14,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 4 \times (3 - \frac{1}{2} \times 1,9) \times 1,2 = 9,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 4 \times (16 \times 1,2) = 76,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 4 \times (16 - 2,5 \times 1,9) \times 1,2 = 54 \text{ cm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = 5.000 \times 9,84 = 49.200 \text{ kg}$$

$$0,6 f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 5.000 \times 54 = 162.000 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik, maka :

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= 0,75 (0,6 f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}) \\ &= 0,75 \times (162.000 + 2.900 \times 14,4) \\ &= 152.820 \text{ kg} > P = 110.366,986 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

### 6.3 Konstruksi Busur

#### 6.3.1 Bentuk Geometrik Busur

Persamaan parabola :

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

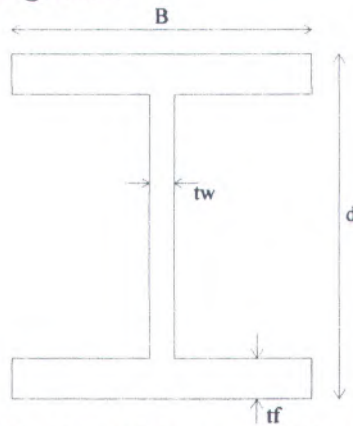
$$L = 170 \text{ m} ; f = 30 \text{ m} ; Y_n' = f - Y_n$$

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2}$$

Tabel 6.3 Persamaan Parabola Busur

Titik	Segmen	X (m)	Y (m)	Yn' (m)	An (cm <sup>2</sup> )	Δ Sn (m)
0		85	30	0		
	0 - 1				589,5	8,505
1		76,5	29,7	0,3		
	1 - 2				589,5	8,547
2		68	28,8	1,2		
	2 - 3				589,5	8,631
3		59,5	27,3	2,7		
	3 - 4				589,5	8,755
4		51	25,2	4,8		
	4 - 5				589,5	8,918
5		42,5	22,5	7,5		
	5 - 6				589,5	9,118
6		34	19,2	10,8		
	6 - 7				589,5	9,352
7		25,5	15,3	14,7		
	7 - 8				589,5	9,618
8		17	10,8	19,2		
	8 - 9				589,5	9,913
9		8,5	5,7	24,3		
	9 - 10				589,5	10,234
10		0	0	30		

### 6.3.2 Penampang Busur



Gambar 5.4 Penampang Busur

Ukuran tebal sayap ( $tf$ ) dan tebal badan ( $tw$ ) :

$$B = 422 \text{ mm}$$

$$tf = 55 \text{ mm}$$

$$tw = 35 \text{ mm}$$

Luas penampang :

$$\begin{aligned} A &= (2tf \cdot B) + (tw \cdot h) \\ &= (2 \times 5,5 \times 42,2) + (3,5 \times 35,8) = 589,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Momen inersia penampang :

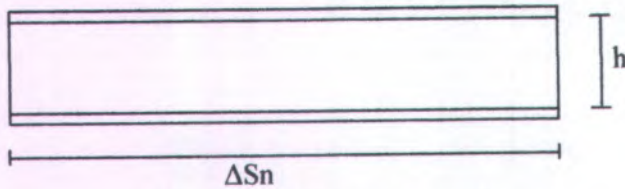
$$\begin{aligned} I_x &= 2 \cdot \left[ \frac{1}{12} (B \cdot tf^3) + (B \cdot tf \cdot (0,5d - 0,5tf)^2) \right] + \frac{1}{12} (tw \cdot h^3) \\ &= 212.497,952 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen tahanan penampang :

$$\begin{aligned} W &= \frac{I_x}{y} = \frac{214.000}{23,4} \\ &= 9.081,109 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Berat tiap segmen busur :



**Gambar 6.5** Segmen Busur

$$g_n = A_n \cdot \Delta S_n \cdot \gamma_{\text{baja}}$$

$$\text{Dimana : } \gamma_{\text{baja}} = 7.850 \text{ kg/m}^3 = 7,85 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$$

**Tabel 6.4** Pembebanan Busur

Titik	Segmen	X (m)	Y (m)	Yn' (m)	An (cm <sup>2</sup> )	ΔSn (m)	gn (kg)
0		85	30	0			
	0 - 1				589,5	8,505	3.935,75
1		76,5	29,7	0,3			
	1 - 2				589,5	8,547	3.955,19
2		68	28,8	1,2			
	2 - 3				589,5	8,631	3.994,05
3		59,5	27,3	2,7			
	3 - 4				589,5	8,755	4.051,44
4		51	25,2	4,8			
	4 - 5				589,5	8,918	4.128,87
5		42,5	22,5	7,5			
	5 - 6				589,5	9,118	4.219,42
6		34	19,2	10,8			
	6 - 7				589,5	9,352	4.327,71
7		25,5	15,3	14,7			
	7 - 8				589,5	9,618	4.450,80
8		17	10,8	19,2			
	8 - 9				589,5	9,913	4.587,31

9		8,5	5,7	24,3			
	9 - 10				589,5	10,234	4.735,86
10		9	0	30			

### 6.3.3 Pembebanan Busur

#### a. Beban Mati (Penggantung)

Beban dari konstruksi lantai kendaraan :

- Berat pelat lantai kendaraan  
 $= 0,2 \times 2.400 \times 8,50 \times 1,3 = 5.304 \text{ kg/m}$

Beban pelat lantai kendaraan

$$= \frac{1}{2} \times 5.304 \times 11 = 29.172 \text{ kg}$$

- Beban seluruh konstruksi trotoar

$$= 9.554 \times 1 = 9.554 \text{ kg}$$

- Berat lapisan aspal

$$= 0,05 \times 2.200 \times 8,50 \times 1,3 = 1.215,5 \text{ kg/m}$$

Beban lapisan aspal

$$= \frac{1}{2} \times 1.215,5 \times 8.4 = 5.105,1 \text{ kg}$$

- Berat gelagar memanjang : ( $g = 175 \text{ kg/m}$ )

$$\begin{aligned} \text{Beban gelagar memanjang} &= \frac{1}{2} \times 5 \times 8,50 \times 175 \times 1,1 \\ &= 4.090,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Berat gelagar melintang : ( $g = 286 \text{ kg/m}$ )

$$\begin{aligned} \text{Beban gelagar memanjang} &= \frac{1}{2} \times 286 \times 11 \times 1,1 \\ &= 1.730,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P' &= 29.172 + 9.554 + 5.105,5 + 4.090,62 + 1.730,3 \\ &= 49.652,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan BMS 1992



$$L \leq 30 \text{ m} ; q = 8,0 \text{ kPa}$$

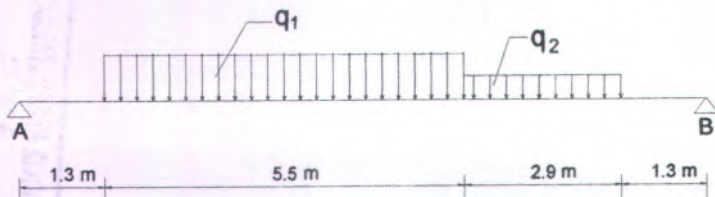
$$L > 30 \text{ m} ; q = 8,0 \left[ 0,5 + \frac{15}{L} \right] \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Karena } L = 170 \text{ m} ; \text{ maka } q &= 4,7 \text{ kPa} \\ &= 470 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban yang bekerja} \rightarrow q_1 &= q \times b \times K_{TD}^U \\ &= 470 \times 8,50 \times 2 \\ &= 7.990 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

$$q_1 = 100\% \times \text{UDL} = 100\% \times 7.990 = 7.990 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \times \text{UDL} = 50\% \times 7.990 = 3.995 \text{ kg/m}$$



**Gambar 6.6** Beban Hidup UDL

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{1}{11} \times [(7.990 \times 5,5 \times 6,95) + (3.995 \times 2,9 \times 2,75)] \\ &= 27.768,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_B = 27.768,15 \text{ kg}$$

- **Beban garis (KEL)**

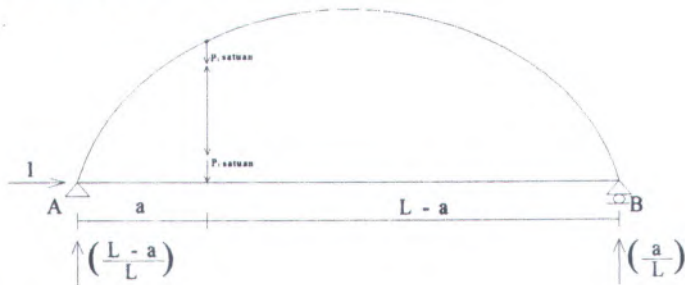
Beban  $P = 44 \text{ kN/m} = 4.400 \text{ kg/m}$  dengan faktor beban dinamis yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

$$L_E = L = 170 \text{ m}$$

Untuk  $L_E = 170 \text{ m}$  dari gambar 2.8 BMS 2.3.6 didapatkan harga DLA = 30 %.

Maka beban KEL yang bekerja dengan faktor kejutan DLA adalah :

### Garis Pengaruh Busur



$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \cdot L - P \cdot (L - a) = 0$$

$$V_A = P \cdot \frac{L - a}{L}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$V_B \cdot L - P \cdot a = 0$$

$$V_B = P \cdot \frac{a}{L}$$

Akibat \$P = 1\$ satuan

Untuk \$x < a\$ :

$$M_x^o = P \cdot \left( \frac{L - a}{L} \right) \cdot x$$

Untuk \$x > a\$ :

$$M_x^o = P \cdot \frac{a}{L} \cdot (L - x)$$

- Garis pengaruh H

Akibat \$H = 1\$ satuan

Didapat :

$$\delta_h^o = \int M_x^o y ds / EI$$

$$= \int_0^a P \frac{(L - a)}{L} x y ds / EI + \int_a^L P \frac{a}{L} (L - x) y ds / EI$$

$$= P \cdot \delta_{hp}$$



$$\delta_{hh} = (1 + \mu) \int y^2 ds / EI$$

$$H = \frac{\int M_x^o y dx}{\int y^2 dx} = \frac{\delta'_{hp}}{\delta'_{hh}}$$

Dimana :

M = Momen akibat P = 1 satuan

y = Ordinat P

Setelah melalui perumusan integral didapat pendekatan rumus untuk parabola sebagai berikut :

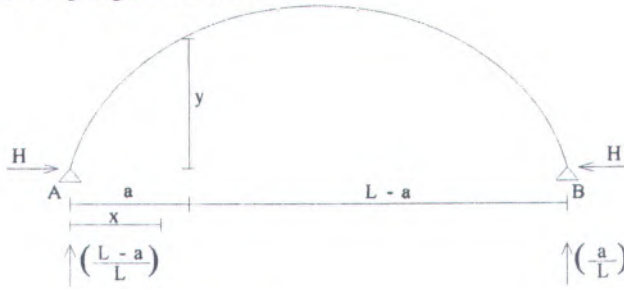
$$H = \frac{\delta'_{hp}}{\delta'_{hh}} = \frac{5}{8(1 + \mu)} \frac{a(L - a)(L^2 + La - a^2)}{L^3 f}$$

Besarnya gaya H di tiap titik

**Tabel 6.5** Garis Pengaruh H

Titik	a (m)	GP. H
10	0	0.000
9	8,50	0.176
8	17,0	0.347
7	25,5	0.509
6	34	0.657
5	42,5	0.789
4	51	0.900
3	59,5	0.989
2	68	1.054
1	76,5	1.094
0	85.0	1.107

- Garis pengaruh momen



$$0 < x < a \rightarrow \text{(dari kiri)}$$

$$M_x = \left( \frac{L-a}{L} \right) \cdot x - H \cdot y$$

$$0 < x < L \rightarrow \text{(dari kanan)}$$

$$M_x = \left( \frac{a}{L} \right) \cdot x - H \cdot y$$

Persamaan garis pengaruh momen dapat ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 6.6** Persamaan Garis Pengaruh Momen

Titik	$M_x = \left( \frac{L-a}{L} \right) \cdot x - H \cdot y$ (dari kiri)	$M_x = \left( \frac{a}{L} \right) \cdot x - H \cdot y$ (dari kanan)
9	$M_{16} = 0,95 x - 0,176 y$	$M_{16} = 0,05 x - 0,176 y$
8	$M_{15} = 0,90 x - 0,347 y$	$M_{15} = 0,10 x - 0,347 y$
7	$M_{14} = 0,85 x - 0,509 y$	$M_{14} = 0,15 x - 0,509 y$
6	$M_{13} = 0,80 x - 0,657 y$	$M_{13} = 0,20 x - 0,657 y$
5	$M_{12} = 0,75 x - 0,789 y$	$M_{12} = 0,25 x - 0,789 y$
4	$M_{11} = 0,70 x - 0,900 y$	$M_{11} = 0,30 x - 0,900 y$
3	$M_{10} = 0,65 x - 0,989 y$	$M_{10} = 0,35 x - 0,989 y$
2	$M_9 = 0,60 x - 1,054 y$	$M_9 = 0,40 x - 1,054 y$
1	$M_8 = 0,55 x - 1,094 y$	$M_8 = 0,45 x - 1,094 y$
0	$M_7 = 0,50 x - 1,107 y$	$M_7 = 0,50 x - 1,107 y$

Pada pembebanan untuk beban hidup yang terdiri dari beban UDL dan KEL, dimana beban UDL dipasang sepanjang bentang sedangkan untuk beban KEL hanya dipasang pada daerah atau bentang terkritis.

Dari hasil perhitungan garis pengaruh H dan M (momen) didapat pada  $1/5 L$  (34 m) yaitu pada titik ke - 6. Jadi untuk beban KEL dipasang pada jarak 34 m dari titik 10.

c. Beban Angin

Menurut BMS'92 gaya nominal ultimate pada bangunan atas :

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b \dots\dots (\text{kN})$$

Dimana :

$$C_w = \text{Koefisien seret (tabel 2.9 BMS'92)}$$

$$= 1,2 \text{ (bangunan atas rangka)}$$

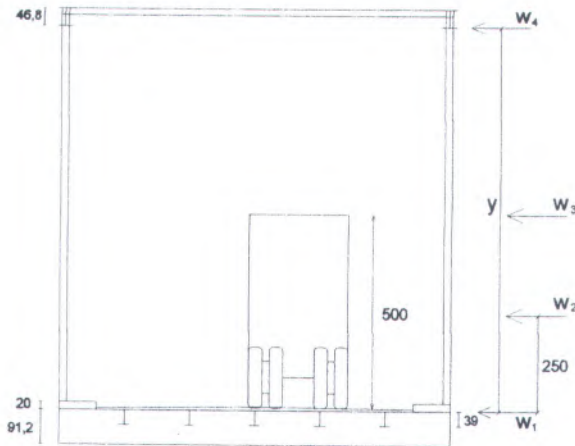
$$V_w = \text{Kecepatan angin rencana} = 30 \text{ m/det. (>5 km dari pantai)}$$

$$A_b = \text{Luas ekivalen bagian samping jembatan (m}^2\text{)}.$$

Sedangkan gaya nominal ultimate pada kendaraan sepanjang jembatan (bekerja pada lantai kendaraan) hanya dipikul oleh ikatan angin bawah :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times V_w^2 \times A_b \dots\dots (\text{kN})$$

Bidang vertikal muatan hidup ditetapkan sebagai suatu bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 5m di atas lantai kendaraan.



**Gambar 6.7** Beban Angin Pada Konstruksi Busur

Untuk jembatan rangka :

$A_b = 30\% \times \text{Luas yang dibatasi batang - batang terluar}$

$$= 30\% \times \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} \pi \right) \cdot (L \times (f_1 - f_2))$$

$$= 30\% \times \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} \pi \right) \cdot (170 \times (30 - 24,34)) = 113,356 \text{ m}^2$$

Beban konstruksi lantai kendaraan :

$$T_{EW1} = 0,0006 \times 1,2 \times 30^2 \times 113,356 = 73,455 \text{ kN}$$

Beban hidup :

$$T_{EW2} = 0,0012 \times 1,2 \times 30^2 \times 8,50 = 11,016 \text{ kN}$$

Konstruksi lantai kendaraan :

$$\begin{aligned} W_1 &= 0,0006 \times 1,2 \times 30^2 \times (1,112 \times 8,50) = 6,125 \text{ kN} \\ &= 612,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\begin{aligned} W_2 &= 0,0012 \times 1,2 \times 30^2 \times 8,50 = 11,016 \text{ kN} \\ &= 1.101,6 \text{ kg} \end{aligned}$$



Penggantung :

$$W_3 = 0,0006 \times 1,2 \times 30^2 \times (0,400y) = 0,289 y \text{ kN}$$

$$= 28,90 y \text{ kg}$$

Konstruksi busur :

$$W_4 = 0,0006 \times 1,2 \times 30^2 \times 0,468 \times \Delta S = 0,303 \Delta S \text{ kN/m}$$

$$= 30,326 \Delta S \text{ kg}$$

$$P = \frac{(0,39 W_1) + (3,09 W_2) + \left(0,59 + \frac{1}{2} y\right) W_3 + \left(0,59 + 0,234 + y\right) W_4}{11}$$

**Tabel 6.7** Beban Angin

Titik	Y (m)	S (m)	W3 (kg)	W4 (kg)	P
0	30		867	0	1007,434
1	29,7	8,505	858,33	257,9226	1709,264
2	28,8	8,547	832,32	259,1963	1650,786
3	27,3	8,631	788,97	261,7437	1556,734
4	25,2	8,755	728,28	265,5041	1430,212
5	22,5	8,918	650,25	270,4473	1275,706
6	19,2	9,118	554,88	276,5125	1098,959
7	15,3	9,352	442,17	283,6088	907,0419
8	10,8	9,618	312,12	291,6755	708,5154
9	5,7	9,913	164,73	300,6216	513,3698
10	0	10,234	0	310,3563	333,1411

d. Beban Gempa

Dimensi pilar taksiran =  $(6 \times 12) \text{ m}^2$  ; tinggi = 3 m

Wn total :

Berat plat lantai kendaraan  
 $= 0,2 \times 10,4 \times 170 \times 2.400 = 848.640 \text{ kg}$

Berat trotoar  
 $= 2 \times 0,2 \times 1 \times 170 \times 2.400 = 163.200 \text{ kg}$

Berat aspal  
 $= 0,05 \times 8,4 \times 170 \times 2.200 = 157.080 \text{ kg}$

Berat gelagar memanjang  
 $= 175 \times 170 \times 5 = 148.750 \text{ kg}$

Berat gelagar melintang

$$= 286 \times 11 \times 21$$

$$= \frac{66.066}{\text{kg}}$$

Total konst. Lt. kendaraan

$$= 1.242.364 \text{ kg}$$

Berat penggantung WF 400 x 200 x 8 x13

**Tabel 6.8** Berat Penggantung

Titik	g (kg/m)	Panjang Penggantung (m)	Berat Penggantung (kg)
0	66,00	30	1.980,00
1	66,20	29,7	1,960,20
2	66,20	28,8	1.900,80
3	66,20	27,3	1.801,80
4	66,20	25,2	1.663,20
5	66,20	22,5	1.485,00
6	66,20	19,2	1.267,20
7	66,20	15,3	1.009,80
8	66,20	10,8	712,80
9	66,20	5,7	376,20
10	66,20	0	0,00
Total			14.157

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat penggantung total} &= 2 \times 14.157 \times 2 \\ &= 56.799,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat Busur

$$\begin{aligned} \text{didapat gn total busur} &= 2 \times 42.386,4 \times 2 \\ &= 168.545,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Lain - Lain

Berat ikatan angin atas, ikatan angin bawah, berat gelagar memanjang, dan berat sambungan diasumsikan menerima beban sebesar 10% dari berat konstruksi lantai kendaraan.

$$\begin{aligned} P &= 10\% \times (1.242.364) \\ &= 124.236,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W_m \text{ total} &= (1.242.364 + 56.799,6 + 168.545,6 + 124.236,6) \\ &= 1.591.945,8 \text{ kg} = 1.591,946 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Koefisien dasar gempa "C"

$$T = 0,085 H^{3/4} \text{ (bangunan baja)}$$

Dimana :

$$H = \text{Tinggi dasar bangunan ke level tertinggi (ft)}$$

Maka :

$$T = 0,085 \times (103,517)^{3/4} = 2,759$$

Dalam perencanaan ini, lokasi terletak di pulau Jawa maka termasuk ke dalam zone gempa daerah 3. Untuk tanah zona gempa (gambar 2.15 BMS '92) tanah lunak didapat :

$$C = 0,10$$

Dimensi abutment taksiran (6 x 12) m<sup>2</sup>, tinggi 3 m

$$\begin{aligned} W_{TP} &= W_{m \text{ tot}} \\ &= 1.591,946 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Faktor tipe bangunan "S"

Berdasarkan BMS 2.4.7.3 tabel 2.14

Digunakan tipe A4 yaitu : jembatan dengan daerah sendi beton atau baja.

$$S = 1F$$

$$F = 1,25 - 0,025 n$$

$$F \leq 1$$

Dimana :

N = Jumlah sendi yang menahan deformasi arah lateral.

$$F = (1,25 - 0,025 \times 2) = 1,2 > 1,0$$

$$\text{Maka} \rightarrow S = 1,0$$

- Faktor kepentingan "I"

Berdasarkan BMS 2.4.7.3 tabel 2.13

$$\text{Digunakan } I_{\text{minimum}} = 1,0$$



- Perhitungan beban geser gempa

$$W_{TP} = \frac{1.591,946}{4} = 397,873 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= k_h \times I \times W_{TP} \rightarrow k_h = C \times S \\ &= C \times S \times I \times W_{TP} \\ &= 0,10 \times 1,0 \times 1,0 \times 397,873 = 39,787 \text{ ton} \\ &= 39.787,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Geser Total arah memanjang

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= 39.787,35 \text{ kg} \\ &= 39,787 \text{ ton} \end{aligned}$$

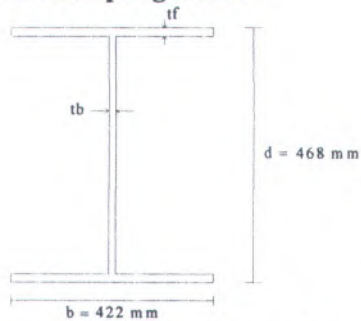
$$\begin{aligned} F_{(y)Q} &= 0,5 T_{EQ} \\ &= 19,894 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya Geser Total arah melintang

$$\begin{aligned} T_{EQ} &= 39.787,35 \text{ kg} \\ &= 39,787 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{(x)Q} &= T_{EQ} \\ &= 39,787 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 6.3.4 Stabilitas Penampang Busur



**Gambar 6.8** Penampang Busur



Kriteria dimensi flens dan web menurut AISC - LRFD :

a. Dimensi flens :

- Untuk menghindari local buckling.

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{422}{2 \times 55} = 3,836 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14,68 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

b. Dimensi Web :

- Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan.

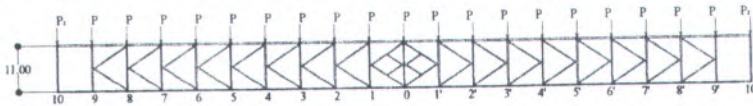
$$\begin{aligned} h &= d - 2(tf + r) \\ &= 468 - 2(55 + 22) = 314 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{314}{35} = 8,971 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

## BAB VII KONSTRUKSI SEKUNDER

### 7.1 Ikatan Angin Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.



**Gambar 7.1** Ikatan Angin Atas

Ikatan angin atas dipasang mulai dari titik 0 sampai titik 9. Untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban  $P$  yang besarnya diambil rata – rata dari jumlah beban  $W$  (beban angin). Beban yang diterima adalah  $W_4$  dan  $\frac{1}{2} W_3$ .

Jadi besarnya  $P$  ialah :

$$P = W_{4 \text{ (rata-rata)}} + \frac{1}{2} W_{3 \text{ (rata-rata)}}$$

$$W_{4 \text{ (rata-rata)}} = \frac{2 \times 2.777,589}{30} = 185,173 \text{ kg}$$

$$W_{3 \text{ (rata-rata)}} = \frac{1}{2} \left( \frac{2 \times 6.199,05}{30} \right) = 206,635 \text{ kg}$$

$$P = 185,173 + 206,635 = 391,808 \text{ kg}$$

Ikatan angin direncanakan berdasarkan gaya batang terbesar dari perhitungan SAP 2000 yaitu :

Batang vertikal  $\rightarrow S_{\text{maks}} = 2.052,36 \text{ kg}$

Batang diagonal  $\rightarrow S_{\text{maks}} = 3.046,65 \text{ kg}$

#### a. Batang vertikal

Profil yang dipakai : WF 200 x 150 x 6 x 9

$$A = 39,01 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 30,6 \text{ kg/m}$$

$$d = 194 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 8,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 150 \text{ mm} & ; & & i_y &= 3,61 \text{ cm} \\
 t_b &= 6 \text{ mm} \\
 t_f &= 9 \text{ mm} \\
 h &= d - 2(t_f + r) \\
 &= 194 - 2 \times (9 + 13) = 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya yang terjadi :

$$N = 2.052,36 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 11 \text{ m} = 1.100 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 5,5 \text{ m} = 550 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\left. \begin{aligned}
 \lambda_x &= \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1.100}{8,3} = 132,53 \\
 \lambda_y &= \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{550}{3,61} = 152,35
 \end{aligned} \right\} \lambda_x < \lambda_y$$

$$\lambda = \lambda_y = 152,35$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{152,35}{\pi} \sqrt{\frac{290}{2,1 \times 10^5}} = 1,80$$

Untuk :

$$\lambda_c \geq 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \times (1,80)^2 = 4,05$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}
 N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 39,01 \times \frac{2.900}{4,05} \\
 &= 27.933,086 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned}
 N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 27.933,086 \\
 &= 23.743,12 \text{ kg} > 2.052,36 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang :

- Pelat sayap :

$$\left. \begin{aligned} \frac{bf}{2tf} &= \frac{150}{2 \times 9} = 8,33 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14,681 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{tb} &= \frac{150}{6} = 25 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05 \end{aligned} \right\} \frac{h}{tb} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

b. Batang diagonal

Profil yang dipakai : WF 200 x 150 x 6 x 9

$$\begin{aligned} A &= 39,01 \text{ cm}^2 & ; & & g &= 30,6 \text{ kg/m} \\ d &= 194 \text{ mm} & ; & & i_x &= 8,3 \text{ cm} \\ b &= 150 \text{ mm} & ; & & i_y &= 3,61 \text{ cm} \\ tb &= 6 \text{ mm} & ; & & I_x &= 2.690 \text{ cm}^4 \\ tf &= 9 \text{ mm} & ; & & I_y &= 507 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\phi \text{ baut} = 19 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 19 + 3 = 22 \text{ mm}$$

Gaya yang terjadi :

$$N = 3.046,65 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

$$L = \sqrt{8,5^2 + 5,50^2} = 10,124 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10,124 = 10,124 \text{ m}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{1.012,4}{3,61} = 280,443 \leq 300 \rightarrow \text{OK!!} \end{aligned}$$



- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2.900 \times 39,01 \\ &= 101.816,1 \text{ kg} > 5.875,90 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 39,01 - (4 \times 2,2 \times 0,8) = 31,97 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{2,63}{12} = 0,781$$

$$\begin{aligned}A_e &= u \times A_n = 0,781 \times 31,97 \\ &= 24,969 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5.000 \times 24,969 \\ &= 93.632,138 \text{ kg} > 5.875,90 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 4 \times (3 \times 0,8) = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 4 \times (3 - 0,5 \times 2,2) \times 0,8 = 6,08 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 4 \times (16 \times 0,8) = 51,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 4 \times (16 - 2,5 \times 2,2) \times 0,8 = 33,6 \text{ cm}^2$$

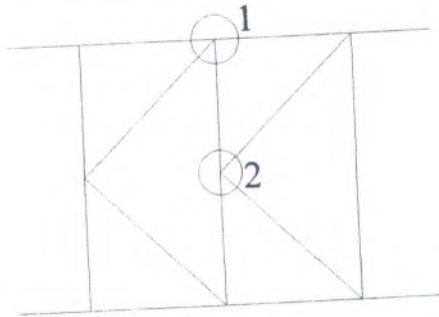
$$f_u \times A_{nt} = 5.000 \times 6,08 = 30.400 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5.000 \times 33,6 = 100.800 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

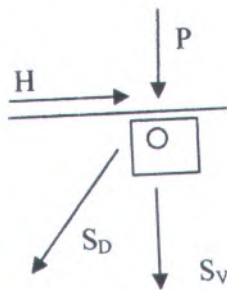
$$\begin{aligned}\Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(100.800) + (2.900 \times 9,6)] \\ &= 96.480 \text{ kg} > 3.046,65 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}\end{aligned}$$

### 7.1.1 Sambungan



Gambar 7.2 Sambungan Ikatan Angin Atas

#### a. Titik simpul 1



Gambar 7.3 Titik Simpul 1

$$P = 391,808 \text{ kg}$$

$$H = 29.758,67 \text{ kg}$$

$$S_D = 3.040,42 \text{ kg}$$

$$S_V = 1.662,64 \text{ kg}$$

- Sambungan batang vertikal ke pelat simpul.

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_V = 1.662,64 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 41}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 37}$$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2 \right) \\ &= 1.738,872 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 1,2 \times 1,0 \times 3.700 \\ &= 7.992 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - n &= \frac{S_v}{\varphi R_n} = \frac{1.459,22}{1.738,872} \\ &= 0,84 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$$\text{Gaya batang maksimum} \rightarrow S_D = 3.040,42 \text{ kg}$$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2 \right) \\ &= 1.738,872 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 1,2 \times 1,0 \times 3.700 \\ &= 7.992 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{S_D}{\phi R_n} = \frac{3.040,42}{1.738,872} = 1,752 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

Syarat jarak baut :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 3,6 \text{ cm} &\leq S \leq 15 \text{ cm} \\ 1,8 \text{ cm} &\leq S_1 \leq 14 \text{ cm} \\ 1,5 \text{ cm} &\leq S_2 \leq 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan plat simpul ke busur

Gaya yang terjadi pada plat simpul :

$$V = 391,808 \text{ kg}$$

$$H = 29.758,67 \text{ kg}$$

Dipakai sambungan las sudut dengan design sebagai berikut :

Panjang las  $\rightarrow L = 100 \text{ mm}$

$$f_u = \frac{29.758,67}{20} = 1.487,93 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan untuk tebal las 1 cm

$$\begin{aligned} \phi f_n &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{70xx} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1 \\ &= 2.214,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :  $f_u < \phi f_n \rightarrow \text{OK!!}$

$$t_{e_{perlu}} = \frac{f_u}{\phi f_n} = \frac{1.487,93}{2.214,45} = 0,672 \text{ cm}$$

$$a_{perlu} = \frac{0,672}{0,707} = 0,950 \text{ cm}$$



$$a_{\text{eff maks}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{\text{exx}}} t_2$$

$$= 1,41 \times \frac{3.700}{70 \times 70,3} \times 1,0 = 1,06 \text{ cm}$$

tebal plat = 10 mm

Untuk :  $7 < t \leq 10$  didapat :

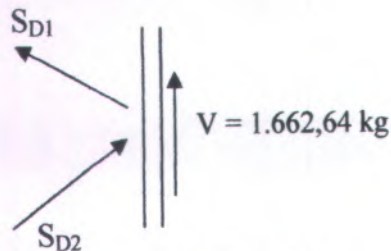
$$a_{\text{min}} = 4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = 10 - 1 = 9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff maks}} = 10,6 \text{ mm}$$

Jadi dipakai  $a = 9,5 \text{ mm}$

b. Titik simpul 2



**Gambar 6.4** Titik Simpul 2

$$V = 1.662,64 \text{ kg}$$

$$S_{D1} = 3.040,42 \text{ kg}$$

$$S_{D2} = 3.040,42 \text{ kg}$$

- Sambungan batang diagonal ke pelat simpul.

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_V = 1.662,64 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 41}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 37}$$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2\right) \\ &= 1.738,872 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 1,2 \times 1,0 \times 3.700 \\ &= 7.992 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{S_v}{\varphi R_n} = \frac{3.040,42}{1.738,872} \\ &= 1,748 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Sambungan plat simpul ke batang vertikal.

Gaya batang maksimum  $\rightarrow V = 1.662,64 \text{ kg}$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times 2 \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2\right) \\ &= 1.738,872 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu

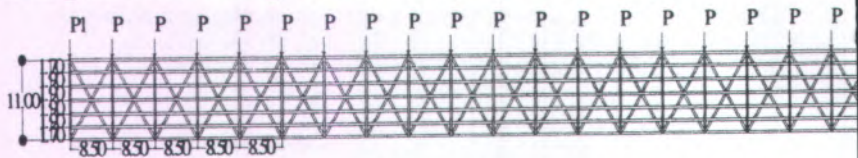
$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 1,2 \times 1,0 \times 3.700 \\ &= 7.992 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{S_D}{\varphi R_n} = \frac{1.662,64}{1.738,872} \\ &= 0,956 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

## 7.2 Ikatan Angin Bawah

Sebagai batang horizontal adalah gelagar memanjang sedangkan untuk batang vertikal ialah gelagar melintang.



Untuk titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban  $P$  yang besarnya diambil rata – rata dari jumlah beban  $W$  (beban angin). Beban yang diterima adalah  $W_1$  dan  $\frac{1}{2} W_3$ . Jadi :

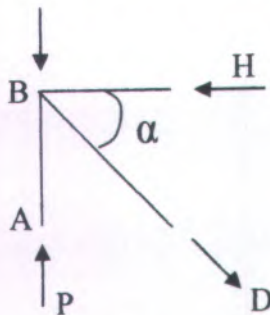
$$P = W_1 + \frac{1}{2} W_3 \text{ rata-rata}$$

$$P = 612,5 + \frac{1}{2} \left( \frac{2 \times 6.199,65}{30} \right)$$

$$P = 819,155 \text{ kg}$$

Bagian dari konstruksi ikatan angin bawah yang berupa batang diagonal direncanakan hanya menerima gaya tarik, untuk gaya tekan batang diagonal dianggap tidak ada.

Potongan I-I (kiri) :



Gambar 7.5 Potongan I-I

$$\operatorname{tag} \alpha = \frac{11}{8,50} \rightarrow \alpha = 52,306^{\circ}$$

$$\cos \alpha = 0,611$$

$$\sin \alpha = 0,791$$

a. Dimensi batang diagonal

Profil yang dipakai : : WF 175 x 125 x 8 x 12

A	=	29,65	cm <sup>2</sup>	;	g	=	23,3	kg/m
d	=	169	mm	;	i <sub>x</sub>	=	7,18	cm
b	=	125	mm	;	i <sub>y</sub>	=	2,97	cm
tb	=	8	mm	;	I <sub>x</sub>	=	1.530	cm <sup>4</sup>
tf	=	12	mm	;	I <sub>y</sub>	=	261	cm <sup>4</sup>

Gaya yang terjadi :

$$N = 5.756,35 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

$$L = \sqrt{8,5^2 + 11^2} = 13,90 \text{ m}$$

$$L_k = \frac{13,90}{2} = 6,95 \text{ m} = 695,07 \text{ cm}$$

$$\varphi \text{ baut} = 19 \text{ mm}$$

$$\varphi \text{ lubang} = 19 + 3 = 22 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{695,07}{2,97} = 234,03 \leq 300 \rightarrow \text{OK!!} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh

$$\varphi P_n = \varphi \times f_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 2.900 \times 29,65$$

$$= 77.386,5 \text{ kg} > 5.756,35 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}$$



- Kontrol kekuatan patah

$$A_n = 29,65 - (4 \times 2,2 \times 1,1) = 19,97 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{2,27}{12}$$

$$= 0,811$$

$$A_e = u \times A_n$$

$$= 0,811 \times 19,97 = 16,196 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 5.000 \times 16,196$$

$$= 60.733,76 \text{ kg} > 5.756,35 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Kontrol kekuatan (Block Shear)

$$A_{gt} = 4 \times 1,1 \times 3 = 13,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (3 - 0,5 \times 2,2) \times 1,1 \times 4 = 8,36 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 16 \times 1,1 \times 4 = 70,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = (16 - 2,5 \times 2,2) \times 1,1 \times 4 = 46,2 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5.000 \times 8,36 = 41.800 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5.000 \times 46,2 = 138.600 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

$$\Phi P_n = \phi [ (0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt}) ]$$

$$= 0,75 [ 138.600 + (2.900 \times 13,2) ]$$

$$= 132.660 \text{ kg} > 5.756,35 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Sambungan batang diagonal ke pelat simpul

Gaya maksimum yang terjadi pada batang diagonal :

$$S = 5.756,35 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 41}$$

Tebal pelat

$$t = 14 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 37}$$

Kekuatan ijin 1 baut (single shear) :

- Kekuatan geser :

$$V_d = \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 0,25 \times \pi \times 2^2$$

$$= 4.830,199 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,0 \times 1,4 \times 3.700 \\ &= 18.648 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} n &= \frac{S_D}{\varphi R_n} = \frac{5.756,35}{4.830,199} \\ &= 1,12 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 6,0 \text{ cm} &\leq S \leq 21 \text{ cm} \\ 3,0 \text{ cm} &\leq S_1 \leq 15,6 \text{ cm} \\ 2,5 \text{ cm} &\leq S_2 \leq 16,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sambungan pelat simpul ke gelagar melintang  
Gelagar melintang  $\rightarrow$  WF 900 x 300 x 18 x 34  
Gaya maksimum yang terjadi pada batang diagonal :  
 $P = \sin \alpha \times 5.756,35$   
 $= 4.553,273 \text{ kg (tekan)}$

Pakai baut

$$d = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 41}$$

Tebal pelat

$$t = 14 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 37}$$

Kekuatan ijin 1 baut (single shear) :

- Kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 0,25 \times \pi \times 2^2 \\ &= 4.830,199 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \varphi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,0 \times 1,4 \times 3.700 \\ &= 18.648 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$n = \frac{S_D}{\phi R_n} = \frac{4.553,273}{4.830,199}$$

$$= 0,943 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut}$$

Syarat jarak baut :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$6,0 \text{ cm} \leq S \leq 21 \text{ cm}$$

$$3,0 \text{ cm} \leq S_1 \leq 15,6 \text{ cm}$$

$$2,5 \text{ cm} \leq S_2 \leq 16,8 \text{ cm}$$

### 7.3 Portal Akhir

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin atas ke tumpuan (pondasi). Sebagai kolom pada portal akhir ini adalah busur itu sendiri dan sebagai baloknya digunakan profil WF pada bagian atasnya. Pembebanan dari portal akhir ini didapat dari :

- reaksi ikatan angin atas

$$(W_3 = 20 \times 391,808 \times 0,5 = 3.918,08 \text{ kg})$$

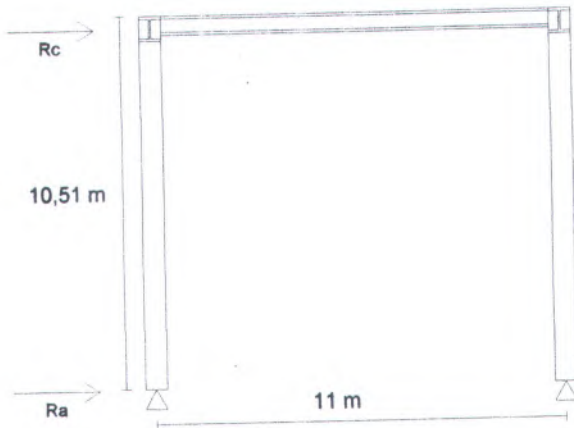
dan untuk beban vertikalnya adalah beban busur (11.877,050 kg).

Dari SAP 2000, beban yang bekerja pada balok sebesar :

$$N = 3.873,98 \text{ kg}$$

$$M_{ux_1} = 21.398,18 \text{ kgcm}$$

$$M_{ux_2} = 141.417,29 \text{ kgcm}$$



Gambar 7.6 Portal Akhir

### 7.3.1 Balok Portal Akhir

Digunakan profil WF 250 x 250 x 8 x 13 dengan mutu baja BJ 50

$$\begin{aligned}
 g &= 66,5 \text{ kg/m} ; i_x = 10,8 \text{ cm} ; Z_x = 859 \text{ cm}^3 \\
 A &= 84,7 \text{ cm}^2 ; i_y = 6,29 \text{ cm} ; Z_y = 407 \text{ cm}^3 \\
 d &= 248,0 \text{ mm} ; I_x = 9.930 \text{ cm}^4 ; S_x = 801 \text{ cm}^3 \\
 b &= 249,0 \text{ mm} ; I_y = 3.350 \text{ cm}^4 ; S_y = 269 \text{ cm}^3 \\
 t_f &= 13,0 \text{ mm} \\
 t_b &= 8,0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{240} = \frac{1.100}{240} = 4,583$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{q L^4}{384 E I_x} + \frac{P L^3}{48 E I_x} \\
 &= \frac{0,665 \times 1.100^4}{384 \times 2,1 \cdot 10^6 \times 9.930} + \frac{3.873,984 \times 1.100^3}{48 \times 2,1 \cdot 10^6 \times 9.930} \\
 &= 0,121 + 4,080 \\
 &= 4,201 < 4,375 \rightarrow \text{OK!!}
 \end{aligned}$$



- Kontrol penampang profil

Flens :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2tf} &= \frac{249}{2 \times 13} = 9,577 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,983 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} > \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Web :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(tf + r) \\ &= 248 - 2(13 + 16) = 190 \text{ mm} \\ \frac{h}{tb} &= \frac{190}{8} = 23,75 \\ \lambda_p &= \frac{1.680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1.680}{\sqrt{290}} = 98,653 \end{aligned} \left\} \frac{h}{tb} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Penampang tak kompak.

- Kontrol lateral buckling

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,29 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{2.900}} \\ &= 297,902 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} d \cdot tb^3 + \frac{2}{3} b \cdot tf^3 \\ &= \left[ \frac{1}{3} \times (24,8 - 2 \times 1,3) \times 0,8^3 \right] + \left[ \frac{2}{3} \times 24,9 \times 1,3^3 \right] \\ &= 3,7888 + 36,4702 = 40,259 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \\ &= \frac{\pi}{801} \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 40,259 \times 84,7}{2}} \\ &= 209.908,583 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$I_w = I_y \frac{h^2}{4} = 3.350 \times \frac{(24,8 - 1,3)^2}{4}$$

$$= 462.509,375 \text{ cm}^6$$

$$X_2 = 4 \left[ \frac{S_x}{G \cdot J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \left[ \frac{801}{8 \times 10^5 \times 40,259} \right]^2 \times \frac{462.509,375}{3.350}$$

$$= 3,416 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$= 2.900 - 700 = 2.200 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_r = i_y \left[ \frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}}$$

$$= 6,29 \times \left[ \frac{209.908,583}{2.200} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (3,416 \times 10^{-7} \times 2.200^2)}}$$

$$= 973,074 \text{ cm}$$

$$L_b = 1.050 \text{ cm}$$

$$L_p = 297,902 \text{ cm}$$

$$L_r = 973,074 \text{ cm}$$

$L_b > L_r \rightarrow$  Bentang panjang

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$= \frac{(12,5 \times 9,253)}{(2,5 \times 9,253) + (3 \times 4,855) + (4 \times 9,253) + (3 \times 4,855)}$$

$$= 1,296$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w}$$

$$= \frac{1,296 \pi}{1.050} \sqrt{(2 \cdot 10^6 \times 3.350 \times 8 \cdot 10^5 \times 40,259) + \left( \frac{\pi \cdot 2 \cdot 10^6}{1.050} \right)^2 \times 3.350 \times 462.509,375}$$

$$= 2.080.032,14 \text{ kgcm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 859 \times 2.900 = 2.491.100 \text{ kgcm}$$

$$M_n = M_{cr}$$

$$= 2.080.032,14 \text{ kg/cm} < 2.491.100 \text{ kgcm} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Kontrol geser

Gaya geser yang terjadi pada balok portal

$$V_u = 2.286,115 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\frac{h}{t_b} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$$

$$K_n = 5 \text{ (tanpa pengaku lateral)}$$

$$\frac{190}{8} \leq 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2.100.000}{2.900}}$$

$$23,75 \leq 66,189 \rightarrow \text{OK!!}$$

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \rightarrow A_w = d \cdot t_b$$

$$= 0,6 \times 2.900 \times (24,8 \times 0,8)$$

$$= 34.521,6 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$2.286,12 \leq 0,9 \times 34.521,6$$

$$2.286,12 \leq 31.069,44 \rightarrow \text{OK!!}$$

Balok kuat terhadap geser

### 7.3.2 Kolom Portal Akhir

Beban yang bekerja pada kolom portal  $\rightarrow P = 13.748,12 \text{ kg}$

Digunakan profil WF 460x420x35x55 dengan mutu baja BJ 50

$$g = 463 \text{ kg/m} ; i_x = 18,9 \text{ cm} ; Z_x = 9.081 \text{ cm}^3$$

$$A = 589,5 \text{ cm}^2 ; i_y = 10,8 \text{ cm} ; Z_y = 3.271 \text{ cm}^3$$

$$d = 468,0 \text{ mm} ; I_x = 212.497 \text{ cm}^4 ; S_x = 1.290 \text{ cm}^3$$

$$b = 422,0 \text{ mm} ; I_y = 69.016 \text{ cm}^4 ; S_y = 159 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 55,0 \text{ mm}$$

$$t_b = 5,0 \text{ mm}$$

- Kontrol terhadap kolom

Tekuk terhadap sumbu x :

$$\lambda_x = \frac{Lk}{i_x} = \frac{1,0 \times 1.051}{18,9} = 55,608$$

$$N_{crbx} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = \frac{\pi^2 \times 2.100.000}{(55,608)^2} \times 589,5$$

$$= 3.951.193,5 \text{ kg}$$

Tekuk terhadap sumbu y :

$$\lambda_y = \frac{Lk}{i_y} = \frac{1,0 \times 1.051}{10,8} = 97,3$$

$$N_{crby} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = \frac{\pi^2 \times 2.100.000}{(97,3)^2} \times 589,5$$

$$= 1.290.556,9 \text{ kg}$$

$$\lambda = \lambda_y = 55,608 \rightarrow (\text{menentukan})$$

Maka :

$$\omega = 1,437$$

$$N_n = Ag \frac{f_y}{\omega} = 589,5 \times \frac{2.900}{1,437}$$

$$= 1.189.665,97 \text{ kg}$$

- Kuat rencana kolom :

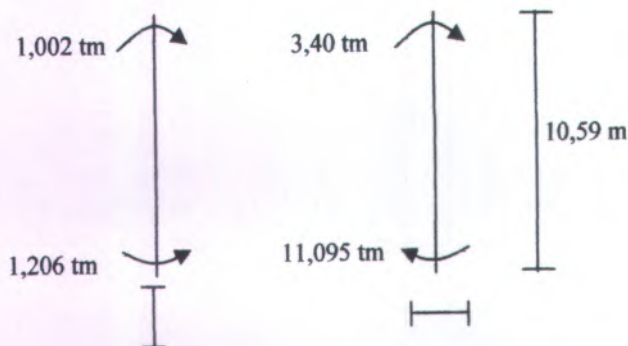
$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 1.189.665,97$$

$$= 1.011.216,07 \text{ kg} > 13.748,12 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Kontrol balok :

$$\text{Gaya yang bekerja} \rightarrow P = 13.748,12 \text{ kg}$$





$$- C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta$$

$$= 0,6 - 0,4 \left( \frac{3,40}{11,095} \right) = 0,477$$

$$\delta_{bx} = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} = \frac{0,477}{1 - \left( \frac{21.371,25}{567.620,477} \right)}$$

$$= 0,496 \leq 1,00 \rightarrow \delta_{bx} = 1,00$$

$$M_{ux} = \delta_{by} \times M_{uty}$$

$$= 1,00 \times 11.095,31 = 11.095,31 \text{ kgm}$$

$$- C_{my} = 0,6 + 0,4\beta$$

$$= 0,6 + 0,4 \left( \frac{1,002}{1,206} \right) = 0,932$$

$$\delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{0,932}{1 - \left( \frac{21.371,25}{31.778,618} \right)}$$

$$= 2,846 \geq 1,00 \rightarrow \delta_{by} = 2,846$$

$$M_{uy} = \delta_{by} \times M_{uty}$$

$$= 2,846 \times 1.206,15 = 3.432,703 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang (Lokal Buckling)

Flens :

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2tf} &= \frac{199}{2 \times 12} = 8,292 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,983 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Web :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(tf + r) \\ &= 446 - 2(12 + 18) = 386 \\ \frac{h}{tb} &= \frac{386}{8} = 48,25 \\ \lambda_p &= \frac{1.680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1.680}{\sqrt{290}} = 98,653 \end{aligned} \left\} \frac{h}{tb} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Penampang kompak

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \cdot f_y \\ &= 1.393 \times 2.900 = 4.039.700 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- Kontrol lateral buckling

$$L_b = 10,153 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,33 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{2.900}} \\ &= 205,074 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} d \cdot tb^3 + \frac{2}{3} b \cdot tf^3 \\ &= \left[ \frac{1}{3} \times (44,6 - 2 \times 1,2) \times 0,8^3 \right] + \left[ \frac{2}{3} \times 19,9 \times 1,2^3 \right] \\ &= 7,202 + 22,925 = 30,127 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \\ &= \frac{\pi}{1.290} \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 30,127 \times 84,3}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 112.484,203 \text{ kg/cm}^2 \\
 I_w &= I_y \frac{h^2}{4} = 1.580 \times \frac{(44,6 - 1,2)^2}{4} \\
 &= 744.006,2 \text{ cm}^6 \\
 X_2 &= 4 \left[ \frac{S_x}{G.J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y} \\
 &= 4 \left[ \frac{1.290}{8 \times 10^5 \times 30,127} \right]^2 \times \frac{744.006,2}{1.580} \\
 &= 5,396 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{kg} \\
 f_L &= f_y - f_r \\
 &= 2.900 - 700 = 2.200 \text{ kg/cm}^2 \\
 L_r &= i_y \left[ \frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}} \\
 &= 4,33 \times \left[ \frac{112.484,203}{2.200} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (5,396 \times 10^{-6} \times 2.200^2)}} \\
 &= 551,582 \text{ cm} \\
 L_b &> L_r \rightarrow \text{Bentang panjang} \\
 C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \\
 &= \frac{(12,5 \times 11,095)}{(2,5 \times 11,095) + (3 \times 0,224) + (4 \times 3,849) + (3 \times 7,473)} \\
 &= 2,094 \\
 M_{cr} &= C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w} \\
 &= \frac{2,094 \pi}{1.015,3} \sqrt{(2 \cdot 10^6 \times 1.580 \times 8 \cdot 10^5 \times 30,127) + \left( \frac{\pi \cdot 2 \cdot 10^6}{1.015,3} \right)^2 \times 1.580 \times 744.006,2} \\
 &= 2.332.601,903 \text{ kgcm} \\
 M_p &= Z_x \cdot f_y = 1.393 \times 2.900 = 4.039.700 \text{ kgcm} \\
 M_n &= M_{cr}
 \end{aligned}$$

$$= 2.332.601,903 \text{ kg/cm} < 4.039.700 \text{ kg/cm} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Kontrol interaksi kolom

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,2$$

$$\frac{21.371,25}{0,85 \times 25.415,324} \geq 0,2$$

$$0,969 \geq 0,2$$

Maka :

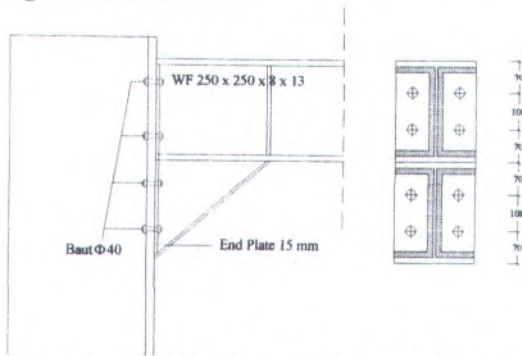
$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,00$$

$$0,989 + \frac{8}{9} \left( \frac{11.095,31}{0,9 \times 23.326,019} + \frac{3.432,703}{0,9 \times 7.076} \right) \leq 1,00$$

$$0,997 \leq 1,00 \rightarrow \text{OK}$$

Dari perhitungan kontrol di atas maka konstruksi busur kuat sebagai portal.

- Sambungan balok ke busur



**Gambar 7.7** Sambungan Balok ke Busur



- Kontrol kekuatan las

$$A_{\text{eff max di badan}} = 0,707 \frac{F_u}{F_{\text{exx}}} \cdot t_b$$

$$= 0,707 \times \frac{5.000}{70 \times 70,3} \times 0,8 = 0,575 \text{ cm}$$

$$A_{\text{eff max end plate}} = 0,707 \frac{F_u}{F_{\text{exx}}} \cdot t_p$$

$$= 0,707 \times \frac{5.000}{70 \times 70,3} \times 1,6 = 1,195 \text{ cm}$$

$$A = (24,9 \times 2) = 49,8 \text{ cm}^2$$

$$S_x = (24,8 \times 24,9) = 617,52 \text{ cm}^3$$

$$F_y = \frac{P_u}{A} = \frac{29.194,16}{49,8} = 586,228 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_n = \frac{M_u}{S_x} = \frac{141.417,29}{617,52} = 229,008 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{total}} = \sqrt{F_y^2 + F_n^2}$$

$$= \sqrt{586,228^2 + 229,008^2} = 629,371 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan untuk tebal las 1 cm

$$\phi f_n = \phi \cdot t \cdot 0,6 \cdot F_{70xx}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1 = 2.214,45 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat :  $\rightarrow F_u < \phi f_n$

$$t_{\text{perlu}} = \frac{F_{\text{total}}}{\phi f_n} \times 1 \text{ cm} = \frac{629,371}{2.214,45} \times 1 \text{ cm} = 0,584 \text{ cm}$$

$$a_{\text{perlu}} = \frac{t_{\text{perlu}}}{0,707} = \frac{0,584}{0,707} = 0,826 \text{ cm}$$

Syarat :

$$a_{\text{min}} = 5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = t_p - 1 = 16 - 1 = 15 \text{ mm}$$

Jadi :

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

- Kontrol kekuatan baut

Pakai baut 8D40 mutu BJ 41

Kekuatan masing – masing baut :

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{29.194,16}{8} = 3.649,27 \text{ kg}$$

Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} \varphi_f V_n &= \varphi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 4^2\right) \times 1 \\ &= 19.320,795 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u < \varphi V_n \rightarrow \text{OK!!}$$

Kekuatan tarik baut

$$\begin{aligned} \varphi T_n &= \varphi_f \times 0,75 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 3.700 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 4^2\right) \\ &= 26.153,759 \text{ kg} \rightarrow \text{draat} \end{aligned}$$

$$V_u < \varphi T_n \rightarrow \text{OK!!}$$

Menentukan besar gaya tarik  $T_d$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} = \frac{3.649,275}{8 \times 12,566} = 36,301 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_t &= 1,3 f_u - r_2 f_{uv} \leq f_u \\ &= (1,3 \times 4.100) - (1,5 \times 36,301) \\ &= 5.275,549 \text{ kg} > f_u \end{aligned}$$

Maka :  $f_t = f_u = 4.100 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} T_d &= \varphi_f \times f_t \times A_b \rightarrow \text{badan} \\ &= 0,75 \times 4.100 \times 12,566 \\ &= 38.640,45 \text{ kg} \geq \varphi T_n \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\Sigma T_d}{b \times f_y} = \frac{8 \times 38.640,45}{24,9 \times 2.400} \\ &= 5 \text{ cm} \rightarrow (\text{garis netral}) \end{aligned}$$

$$\text{Jarak baut} = 40 \times 3 = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \varphi M_n &= \frac{0,9 F_y a^2 b}{2} + \Sigma d \cdot T \\ &= \frac{0,9 \times 2.400 \times 5^2 \times 24,9}{2} + 2 \times 38.640,45 (5 + 10 + 15) \\ &= 2.990.727 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{M_u} &= \varphi M_n \\ &= 2.990.727 \text{ kgcm} \geq 141.417,29 \text{ kgcm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Sambungan tersebut cukup kuat menerima beban geser + lentur.

## BAB VIII PERHITUNGAN SAMBUNGAN

### 8.1 Sambungan Gelagar Melintang – Gelagar Memanjang

Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC – LRFD.

- Kekuatan geser baut (LRFD 13.2.2.1 )

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

Dimana  $\rightarrow V_n = r_1 \times f_u^b \times A_b$

Keterangan :

$r_1$  = Untuk baut tanpa ulir pada bidang geser ( = 0,5 )

$r_1$  = Untuk baut dengan ulir pada bidang geser ( = 0,4 )

$\phi_f$  = Faktor reduksi kekuatan untuk fraktur ( = 0,75 )

$f_u^b$  = Tegangan tarik putus baut.

$A_b$  = Luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir.

- Kekuatan tumpu (LRFD 13.2.2.4 )

$$R_d = \phi_f \times R_n$$

Dimana  $\rightarrow R_n = 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$

Keterangan :

$\phi_f$  = Faktor reduksi kekuatan untuk fraktur ( = 0,75 )

$d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir.

$t_p$  = Tebal pelat.

$f_u$  = Tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat.

Data – data perencanaan :

- Profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
- Profil gelagar memanjang WF 600 x 300 x 14 x 23
- Pelat penyambung  $\rightarrow t = 20$  mm ; BJ 37
- Baut  $\rightarrow d = 20$  mm ; BJ 41
- $\Phi$  lubang =  $20 + 1,5 = 21,5$  mm (dibor)
- Sambungan pada gelagar memanjang (2 bidang geser)

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_f \times V_n$$



$$= 0,75 \times 0,4 \times 4.100 \times 2 \times (0,25 \times \pi \times 2,0^2)$$

$$= 7.728,318 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \varphi_f \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,0 \times 3.700$$

$$= 13.320 \text{ kg}$$

- Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang. (Lihat perencanaan gelagar memanjang)

$$P_u = \frac{1}{2} \times [(Q_d \times \lambda) + (Q_L \times \lambda) + P_1]$$

$$= \frac{1}{2} \times [(1.782,8 \times 8,50) + (3.040 \times 8,50) + 21.736]$$

$$= 31.364,9 \text{ kg}$$

V<sub>d</sub> yang menentukan adalah : 7.728,318 kg (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{31.364,9}{7.728,318}$$

$$= 4,06 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

(d = 2,0 cm)

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$6,0 \text{ cm} \leq S \leq 15 \text{ cm}$$

$$3,0 \text{ cm} \leq S_1 \leq 14 \text{ cm}$$

$$2,5 \text{ cm} \leq S_2 \leq 12 \text{ cm}$$

• Sambungan pada gelagar melintang

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \varphi_f \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 4.100 \times (0,25 \times \pi \times 2,0^2)$$

$$= 3.864,159 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \varphi_f \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,0 \times 4.100 \times 2$$

$$= 26.640 \text{ kg}$$

- Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang. (Lihat perencanaan gelagar memanjang)

$$P_u = \frac{1}{2} \times [(Q_d \times \lambda) + Tr]$$

$$= \frac{1}{2} \times [(1.782,8 \times 8,50) + (3.040 \times 8,50 + 21.736)]$$

$$= 31.364,9 \text{ kg}$$

Vd yang menentukan adalah : 3.864,159 kg (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{31.364,9}{3.864,159}$$

$$= 8,11 \text{ baut} \approx 10 \text{ baut (2 sisi)}$$

masing – masing sisi 5 buah baut

- Kontrol pelat siku

- Luas geser pelat siku

$$A_{nv} = L_{mv} \times t_L$$

$$= (L - n - d_1) \times t_L$$

$$= (120 - 5 - 21,5) \times 11$$

$$= 1.028,5 \text{ mm}^2$$

- Kuat rencana

$$\varphi R_n = \varphi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 3.700 \times 1.028,5$$

$$= 17.124,5 \text{ kg}$$

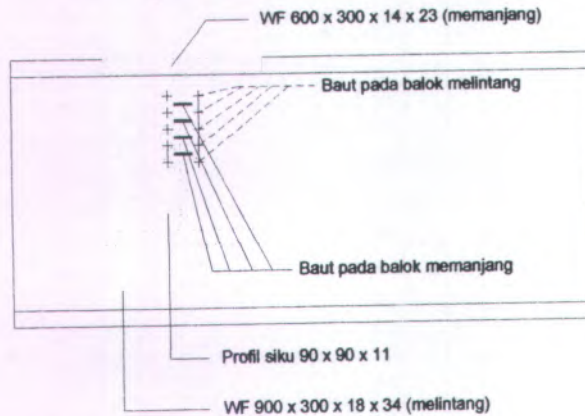
Karena 2 siku maka :

$$2 \varphi R_n > P_u$$



$$2 \times 17.124,5 > 31.364,9 \text{ kg}$$

$$34.249,05 \text{ kg} > 31.364,9 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$



**Gambar 8.1** Sambungan Gelagar Melintang – Memanjang

### 8.2 Sambungan Gelagar Melintang – Batang Penggantung

Dari hasil perhitungan sebelumnya, didapat gaya tarik pada penggantung tanpa berat sendiri yaitu sebesar :

$$P = 155.141,063 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

- Baut  $\rightarrow d = 20 \text{ mm}$  ; BJ 41
- Pelat  $\rightarrow t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 37
- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_r \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 2 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,0^2 \right)$$

$$= 9.660,397 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_r \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1,6 \times 3.700$$

$$= 21.312 \text{ kg}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 9.660,397 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{155.141,063}{9.660,397}$$

$$= 16,06 \approx 16 \text{ baut}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :

Web = 8 baut

Flens = 8 baut

- Syarat jarak baut berdasarkan LRFD 13.4.3 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$6 \text{ cm} \leq S \leq 24 \text{ cm}$$

$$3 \text{ cm} \leq S_1 \leq 16,4 \text{ cm}$$

$$2,5 \text{ cm} \leq S_2 \leq 19,2 \text{ cm}$$

### 8.3 Sambungan Gelagar Melintang – Batang Horizontal Bawah

Dari hasil perhitungan, didapat gaya tekan pada batang horizontal bawah yaitu sebesar :

$$P = 478.690,8 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

- Baut  $\rightarrow d = 26 \text{ mm}$  ; BJ41
- Pelat  $\rightarrow t = 20 \text{ mm}$  ; BJ37
- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 2 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,6^2 \right)$$

$$= 16.326,072 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_f \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 2,6 \times 3.700$$

$$= 34.632 \text{ kg}$$



Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 16.326,072 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{478.690,8}{16.326,072}$$

$$= 29,32 \approx 30 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut berdasarkan LRFD 13.4.3 :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 7,8 \text{ cm} &\leq S \leq 30 \text{ cm} \\ 3,9 \text{ cm} &\leq S_1 \leq 10,8 \text{ cm} \\ 3,25 \text{ cm} &\leq S_2 \leq 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### 8.4 Sambungan Batang Penggantung

Profil WF 400 x 200 x 8 x 13

Gaya tarik aksial yang diterima penggantung :

$$T = 157.121,063 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

- Baut  $\rightarrow d = 26 \text{ mm}$  ; BJ 41
- Pelat  $\rightarrow t = 20 \text{ mm}$  ; BJ 37

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times V_n \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 2 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,6^2 \right) \\ &= 16.326,072 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= \phi_f \times R_n \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 2,6 \times 3.700 \\ &= 27.705,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 16.326,072 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{157.121,063}{16.326,072}$$

$$= 9,624 \approx 10 \text{ baut}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :

Web = 5 baut

Flens = 5 baut

Syarat jarak baut berdasarkan LRFD 13.4.3 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p+100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$7,8 \text{ cm} \leq S \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,9 \text{ cm} \leq S_1 \leq 16,4 \text{ cm}$$

$$3,25 \text{ cm} \leq S_2 \leq 19,2 \text{ cm}$$

### 8.5 Sambungan Batang Penggantung dan Rangka Busur

Sambungan dikontrol dengan beban terbesar yaitu pada penggantung terpanjang yaitu di titik 0. Gaya tarik aksial = 157.121,063 kg.

Direncanakan busur di las dengan potongan – potongan WF 400 x 200 x 8 x 13 dan antara potongan WF dengan batang penggantung disambung menggunakan baut.

Alat penyambung yang dipakai adalah :

- Baut → d = 26 mm ; BJ 41
- Pelat → t = 50 mm ; BJ 37

#### • Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 2 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,6^2 \right)$$

$$= 16.326,072 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_r \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 2,6 \times 3.700$$

$$= 27.705,6 \text{ kg}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 9.660,397 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{157.121,063}{16.326,072}$$

$$= 9,624 \approx 10 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

( $d = 2,6 \text{ cm}$ )

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$7,8 \text{ cm} \leq S \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,9 \text{ cm} \leq S_1 \leq 16,4 \text{ cm}$$

$$3,25 \text{ cm} \leq S_2 \leq 19,2 \text{ cm}$$

Sambungan las sudut :

Panjang las  $\rightarrow L = 200 \text{ mm}$

Kekuatan batang :

- Leleh :

$$R_u = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \times 2.400 \times 1,6 \times 20$$

$$= 69.120 \text{ kg}$$

- Patah :

$$\frac{L}{w} = \frac{20}{20} = 1 \rightarrow \mu = 0,75$$

$$A_e = 0,75 \times 1,6 \times 20 = 24 \text{ cm}^2$$

$$R_u = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \times 3.700 \times 24$$

$$= 66.600 \text{ kg}$$

$$f_u = \frac{66.600}{2 \times 20} = 1.665 \text{ kg/cm}^2$$

- Kekuatan untuk tebal las 1 cm

$$\phi f_n = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{70xx}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1$$

$$= 2.214,45 \text{ kg}$$

Syarat :  $f_u < \phi f_n \rightarrow \text{OK!!}$

$$t_{e\text{perlu}} = \frac{f_u}{\phi f_n} = \frac{1.665}{2.214,45} = 0,752 \text{ cm}$$

$$a_{\text{perlu}} = \frac{0,752}{0,707} = 1,064 \text{ cm}$$

$$a_{\text{eff mks}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{\text{exx}}} t_2$$

$$= 1,41 \times \frac{3.700}{70 \times 70,3} \times 1,6 = 1,696 \text{ cm}$$

tebal plat = 16 mm

Untuk :  $15 < t$  didapat :

$$a_{\text{min}} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{maks}} = 16 - 1 = 15 \text{ mm}$$

$$a_{\text{eff maks}} = 16,96 \text{ mm}$$

Jadi dipakai  $a = 10,64 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$

## 8.6 Sambungan Konstruksi Busur

### 8.6.1 Sambungan Batang Atas

#### a. Contoh Perhitungan Titik 0

Gaya yang diterima penampang busur :

$$T = 592.332,29 \text{ kg}$$

Profil WF 460 x 420 x 35 x 55

Direncanakan :

➤ Baut →  $d = 28 \text{ mm}$  ; BJ 41

➤ Pelat →  $t = 55 \text{ mm}$  ; BJ 37

#### • Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 4.100 \times 2 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,6^2 \right)$$

$$= 18.934,379 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_f \times R_n$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 2,6 \times 3.700$$

$$= 37.296 \text{ kg}$$



Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 18.934,379 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{592.332,29}{18.934,379}$$

$$= 31,28 \text{ baut} \approx 32 \text{ baut}$$

Jadi baut untuk tiap flens digunakan sebanyak 32 buah baut.

- Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

( $d = 2,8 \text{ cm}$ )

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$8,4 \text{ cm} \leq S \leq 82,5 \text{ cm}$$

$$4,2 \text{ cm} \leq S_1 \leq 32 \text{ cm}$$

$$3,5 \text{ cm} \leq S_2 \leq 66 \text{ cm}$$

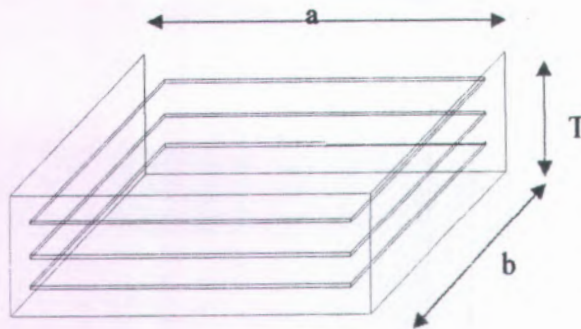
**Tabel 8.1**

Titik Buhul	Gaya batang ( kg )	Jumlah Baut
0	592332.29	32
1	595323.87	32
2	594879.68	32
3	584531.39	31
4	566880.53	30
5	543996.1	29
6	509377.18	27
7	471667.76	25
8	419648.24	23
9	396613.4	21

10	400122.53	22
11	597434.23	32
12	553572.63	30
13	555615.92	30
14	492322.24	27
15	428958.72	23
16	376011	20
17	296427.54	16
18	271192	15
19	255178	14
20	255056.41	14

## 8.6 Perencanaan Elastomer

- Perencanaan bahan elastomer
  - Durometer hardness IRHD 70
  - Shear modulus (G) = 1,2 MPa
  - Bulk modulus (B) = 2.000 MPa
  - Panjang perletakan (a) = 900 mm
  - Lebar perletakan (b) = 900 mm
  - Tebal selimut ( $t_c$ ) = 14 mm
  - Tebal lapis dalam ( $t_i$ ) = 16 mm
  - Tebal pelat baja ( $t_s$ ) = 5 mm
  - Jumlah pelat baja (n) = 3
  - Tebal total elastomer (T) = 75 mm
  - Side cover thickness (tsc) = 16 mm
  - Luas denah total karet ( $A_r$ ) = 753.424 mm<sup>2</sup>



**Gambar 8.3** Perletakan Laminasi

### 8.6.1 Kontrol elastomer

#### a. Faktor bentuk (BMS 8.3.5)

Untuk lapis dalam perletakan laminasi :

$$S = \frac{A}{P \times t_e}$$

Dimana :

A = Luas permukaan terikat

P = Keliling permukaan terikat

$t_e$  = Tebal efektif lapis elastomer

=  $t_1 = 16 \text{ mm}$  → untuk lapis dalam

=  $1,4 t_c = 19,6 \text{ mm}$  → untuk lapis selimut

Syarat faktor bentuk untuk perletakan laminasi :

$$4 < S < 12$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{753.424}{2 \times (868 + 868) \times 16} \\ &= 13,563 \geq 12 \rightarrow \text{Pakai } S = 12 \end{aligned}$$

#### b. Persyaratan perencanaan

- Regangan geser pada perletakan laminasi :

$$\delta_a = \frac{H_a \cdot T}{A \cdot G}$$

$$\delta_b = \frac{H_b \cdot T}{A \cdot G}$$

Dimana :

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

A = Seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

G = Modulus geser.

T = Tebal total elastomer.

$H_a = P$  gempa longitudinal.

$H_b = P$  gempa transversal.

$$\delta_a = \frac{255.247 \times 75}{753.424 \times 1,2} = 21,174 \text{ mm}$$

$$\delta_b = \frac{510.494 \times 75}{753.424 \times 1,2} = 42,348 \text{ mm}$$

$A_{\text{eff}} =$  Luas daerah efektif perletakan.

$$\begin{aligned} &= A \left[ 1 - \frac{\delta_a}{a} - \frac{\delta_b}{b} \right] \\ &= 753.424 \times \left[ 1 - \frac{21,174}{900} - \frac{42,348}{900} \right] \\ &= 700.247,334 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_c &= \frac{V_{\text{max}}}{3 \times A_{\text{eff}} \times G \times (1 + 2S^2)} \\ &= \frac{11.074.009,55}{3 \times 700.247,334 \times 1,2 \times [1 + 2(12)^2]} \end{aligned}$$

$$= 0,015$$

$$\varepsilon_{\text{sc}} = 6 \times S \times \varepsilon_c$$

$$= 6 \times 12 \times 0,015 = 1,08$$



- Regangan geser torsi ( $\epsilon_{sr}$ )

Gaya vertikal  $V_{max}$  bekerja pada pusat luasan elastomer, sehingga momen = 0

Maka  $\rightarrow \alpha_a = \alpha_b = 0$

$$\epsilon_{sr} = 0$$

- Regangan geser tangensial ( $\epsilon_{sh}$ )

$$\epsilon_{sh} = \frac{\delta_a}{T} = \frac{21,174}{75} = 0,282$$

Untuk membatasi distorsi tangensial dan agar ujung perletakan menggelinding seminimum mungkin atas kecenderungan pelat baja untuk melentur, syarat yang harus dipenuhi adalah :

- $A_{eff} \geq 0,9 A$   
 $700.247,334 \geq 0,9 \times 753.424$   
 $700.247,334 \geq 678.081,6 \rightarrow OK$
- $A_{eff} \geq 0,8 A$   
 $700.247,334 \geq 0,8 \times 753.424$   
 $700.247,334 \geq 602.739,2 \rightarrow OK$

Maka nilai regangan geser maksimum ijin ialah :

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

$$0,282 \leq 0,7 \rightarrow OK$$

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

$$\epsilon_{sc} + \epsilon_{sr} + \epsilon_{sh} \leq \frac{2,6}{\sqrt{G}}$$

$$1,08 + 0 + 0,282 \leq \frac{2,6}{\sqrt{1,2}}$$

$$1,362 \leq 2,373 \rightarrow OK!$$

- Persyaratan stabilitas perletakan

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq \frac{2 \cdot b_e \cdot G \cdot S}{3 \cdot t}$$

$$\frac{11.074.009,55}{700.247,334} \leq \frac{2 \times 900 \times 1,2 \times 12}{3 \times 75}$$

$$15,814 \leq 115,2 \rightarrow \text{OK!}$$

- Persyaratan tebal minimum pelat baja  
Tebal baja  $\rightarrow t_s = 3 \text{ mm}$   
dengan BJ 37 dan  $f_y = 240 \text{ Mpa}$

$$- t_s \geq \frac{3 V_{\max} t_1}{A f_y}$$

$$3 \geq \frac{3 \times 11.074.009,55 \times 16}{753.424 \times 240}$$

$$3 \geq 2,940 \rightarrow \text{OK!}$$

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

$$3 \geq 3 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!}$$

- Persyaratan penahan perletakan

- Kombinasi beban :

$$H' < 0,1 ( V_{\max} + 3 A_{\text{eff}} \times 10^3 )$$

Dimana :

$H' =$  Beban gempa horizontal terbesar.

$$\therefore 51,049 \text{ ton} = 510,49 \text{ kN}$$

$$510,49 < 0,1 ( 11.074,01 + 3 \times 700.247,334 \times 10^{-3} )$$

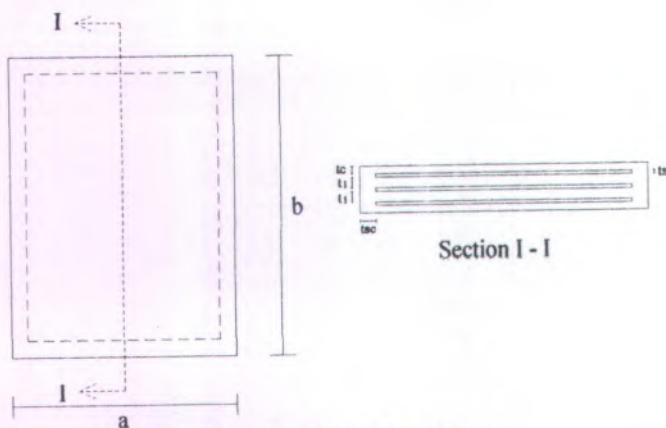
$$510,49 < 1.317,475 \rightarrow \text{OK!}$$

- Beban permanen :

$$\frac{V_{\max}}{A_{\text{eff}}} \geq 2$$

$$\frac{11.074.009,55}{700.247,334} \geq 2$$

$$15,814 \geq 2 \rightarrow \text{OK!}$$



**Gambar 8.4** Elastomer

Jadi Elastomer berukuran  $900 \times 900 \text{ mm}^2$  dapat dipakai

## BAB IX STRUKTUR BAWAH JEMBATAN

### 9.1 Data Umum

- Nama jembatan = Bedadung
- Bentang jembatan = 340 m ( 2 bentang )
- Lebar jembatan = 11 m
- Struktur atas = Busur rangka dari baja
- Struktur bawah = Pondasi tiang pancang
- Zone gempa = Daerah gempa 3

### 9.2 Pembebanan

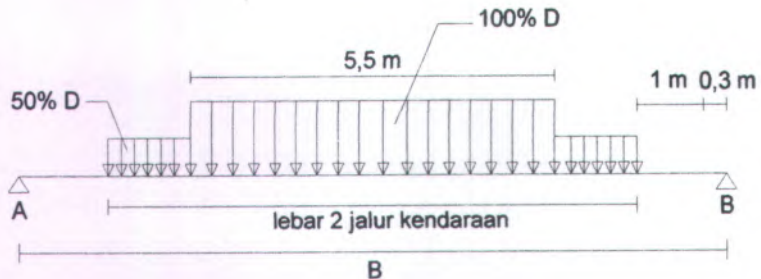
Struktur bangunan atas jembatan menggunakan bahan baja dengan bentang 170 m dengan spesifikasi pembebanan sebagai berikut :

#### a. Beban mati

- Berat pelat beton  
=  $170 \times 10,4 \times 0,2 \times 2.400$  = 848.640 kg
- Berat kerb  
=  $170 \times 2 \times 0,2 \times 2.400$  = 163.200 kg
- Berat aspal  
=  $170 \times 8,4 \times 0,05 \times 2.200$  = 157.080 kg
- Berat gelagar memanjang  
=  $170 \times 5 \times 175$  = 148.750 kg
- Berat gelagar melintang  
=  $11 \times 21 \times 286$  = 66.066 kg
- Berat struktur utama :
  - Berat batang penggantung  
=  $2 \times 2 \times 14.157$  = 56.799,6 kg
  - Berat penampang busur  
Lengkung :  
=  $42.386,4 \times 2 \times 2$  = 168.545,6 kg
- Ikatan angin atas  
=  $(30,6 \times 21 \times 11) + (30,6 \times 36 \times 9,74)$   
= 17.798,184 kg



- Ikatan angin bawah  
 $= 30,6 \times 2 \times 20 \times 13,9 = 17.013,6 \text{ kg}$   
 Total = 1.643.892,984 kg
  - Sambungan + pelat simpul  
 $= 10\% \times 1.643.892,984 = 164.389,298 \text{ kg}$   
 Total Beban Mati (Wt) = 1.808.282,282 kg
  - Reaksi di Perletakan  
 $R_a = 0,5 \times W_t$   
 $= 0,5 \times 1.808.282,282 = 904.141,141 \text{ kg}$
- b. Beban hidup
- Beban terbagi rata (UDL)  
 Untuk  $L = 170 \text{ m} > L = 30 \text{ m}$   
 Maka digunakan :  
 $\oplus q = 4,7 \text{ kPa} = 470 \text{ kg/m}^2$   
 $q_{UDL} = q \times \lambda = 470 \times 8,50 = 3.995 \text{ kg/m}$
  - Beban garis (KEL)  
 Beban  $P = 44 \text{ kN/m} = 4.400 \text{ kg/m}$  dengan faktor DLA = 0,3  
 Maka beban KEL yang bekerja adalah :  
 $\oplus P_{KEL} = (1 + DLA) \times P$   
 $= (1 + 0,3) \times 4.400 = 5.720 \text{ kg/m}$



**Gambar 9.1** Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL

$$\begin{aligned}\text{Beban "D"} &= \text{Beban UDL} + \text{Beban KEL} \\ &= (3.995 + 5.720) = 9.715 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$- \quad q_1 \quad = 100 \% \times 9.715 = 9.715 \text{ kg/m}$$

$$- \quad q_2 \quad = 50 \% \times 9.715 = 4.857,5 \text{ kg/m}$$

$$\bullet \quad \Sigma M_B = 0$$

$$V_a = \frac{(q_1 \times 5,5 \times 5,5) + (q_2 \times 1,45 \times 8,975) + (q_2 \times 1,45 \times 2,025)}{11}$$

$$V_a = \frac{(9.715 \times 5,5 \times 5,5) + (4.857,5 \times 1,45 \times 8,975) + (4.857,5 \times 1,5 \times 2,025)}{11}$$

$$V_a = \frac{371.847,697}{11} = 33.804,336 \text{ kg}$$

c. **Beban angin**

Letak Jembatan > 5 km

Maka kecepatan angin rencana

$$V_w = 30 \text{ m/s} \rightarrow (\text{BMS 2.4.6})$$

T = Beban transversal di perletakan akibat angin

$$= 18.243,807 \text{ kg}$$

d. **Beban gesekan**

Beban gesekan pada tumpuan bergerak (Beban horisontal Longitudinal pada perletakan)

misal : akibat pemuaian, penyusutan, gaya gempa

$$H_L = 0,15 \times (R_D + R_L)$$

$$= 0,15 \times (904.141,141 + 33.804,336)$$

$$= 140.691,822 \text{ kg}$$

e. **Beban rem**

Beban rem (Tr) berdasarkan BMS Gbr 2.9 hal2-31 adalah 500 kN

Reaksi perletakan akibat pengereman adalah

$$R_m = 0,5 \times Tr$$

$$= 0,5 \times 500$$

$$= 250 \text{ kN}$$

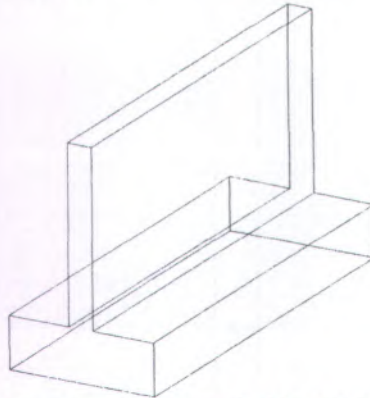
$$= 25 \text{ t}$$

f. **Beban gempa**

Koefisien geser gempa "C"

Dimensi abutment taksiran (1 x 6) m<sup>2</sup>, lebar 12 m

$$\begin{aligned}
 W_{TP} &= 904.141,141 + (55.200 \times 12) \\
 &= 1.566.541,1 \text{ kg} \\
 &= 15.665,411 \text{ kN} \\
 E &= 4.700 \sqrt{f_c'} = 4.700 \sqrt{35} = 27.805,575 \text{ MPa} \\
 &= 2,781 \cdot 10^7 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 9.2** Bentuk Abutment

$$\begin{aligned}
 \text{Garis netral} &= \frac{(2 \times 6 \times 3) + (8 \times 1,5 \times (6 + 0,75))}{(2 \times 6) + (8 \times 1,5)} \\
 &= 4,875 \text{ m (dari atas)}
 \end{aligned}$$

- Arah memanjang

$$\begin{aligned}
 I_{\text{memanjang}} \\
 I_{\text{pilar}} &= I_o + Ad^2 \\
 &= \frac{1}{12} b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 2 \times 6^3 + 2 \times 6 \times (4,875 - 3)^2 \\
 &= 78,188 \text{ m}^4 \\
 I_{\text{kaki}} &= \frac{1}{12} \times 8 \times 1,5^3 + 8 \times 1,5 \times (2,625 - 0,75)^2 \\
 &= 44,438 \text{ m}^4 \\
 I_{\text{memanjang}} &= 78,188 + 44,438 = 122,626 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$K_p = \frac{3EI}{L^3} = \frac{3 \times 2,781 \times 10^7 \times 122,626}{12^3}$$

$$= 5.919.594,51 \text{ kN/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g K_p}} = 2\pi \sqrt{\frac{15.665,411}{9,8 \times 5.919.594,51}}$$

$$= 0,103 \text{ detik}$$

dari grafik zona gempa 3 tanah lunak (BMS page 2-47)  
didapatkan harga  $C = 0,18$  detik

$$T_{EQ} = C \cdot S \cdot I \cdot Wt$$

Dimana :

$C$  = Koefisien geser dasar gempa

$S$  = Faktor type bangunan = 1 (tipe A4)

$I$  = Faktor kepentingan = 1,0

$$T_{EQ(y)} = 0,18 \times 1 \times 1,0 \times 1.566.541,1$$

$$= 281.977,454 \text{ kg} = 281,977 \text{ ton}$$

- Arah melintang

$I_{melintang}$

$$I_{pilar} = 1/12 \times 12 \times 6^3 + 12 \times 6 \times (4,875 - 3)^2$$

$$= 469,125 \text{ m}^4$$

$$I_{kaki} = 1/12 \times 12 \times 1,5^3 + 12 \times 1,5 \times (2,625 - 0,75)^2$$

$$= 66,656 \text{ m}^4$$

$$I_{melintang} = 469,125 + 66,656 = 535,781 \text{ m}^4$$

$$K_p = \frac{3EI}{L^3} = \frac{3 \times 2,781 \times 10^7 \times 535,781}{12^3}$$

$$= 25.864.060,36 \text{ KN/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g K_p}} = 2\pi \sqrt{\frac{15.665,41}{9,8 \times 25.864.060,36}}$$

$$= 0,049 \text{ detik}$$

dari grafik zona gempa 3 tanah lunak (BMS page 2-47)  
didapatkan harga  $C = 0,18$  detik

$$T_{EQ} = C \cdot S \cdot I \cdot Wt$$



Dimana :

C = Koefisien geser dasar gempu

S = Faktor type bangunan = 1 (tipe A4)

I = Faktor kepentingan = 1,0

$T_{EQ(x)} = 0,18 \times 1,0 \times 1,0 \times 1.566.541,1$

= 281.977,398 kg = 281,977 ton

### 9.3 Perhitungan Scouring

Penempatan elevasi alas pondasi harus disesuaikan dengan rencana denah dan rencana penampang sungai serta memperhatikan kemungkinan terjadinya penurunan permukaan dasar sungai akibat penggerusan (scouring) oleh arus sungai. Jadi kita dapat menentukan elevasi alas pondasi dari abutment maupun pilar jembatan harus di bawah perkiraan kedalaman gerusan.

Data :

- Luas penampang sungai  $A = 698,99 \text{ m}^2$
- Kecepatan arus sungai  $v = 0,35 \text{ m/s}$  (asumsi bahan dasar sungai adalah pasir sedang)
- Kedalaman sungai = 2,65 m
- Elevasi dasar sungai = -17,320

Koefisien koreksi = 1,25 untuk kedalaman 2,65m

$V = 1,25 \cdot 0,35 = 0,44 \text{ m/s}$

Perumusan Scoring :

$$\frac{St}{d} = 2 \left[ \frac{a}{d} \right]^{0,65} (Fr)^{0,45}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot d}}$$

Dimana : St = kedalaman gerusan (m)

d = tinggi air = 2,65 m

a = lebar pilar = 2 m

fr = angka Froude

v = kecepatan arus sungai rata-rata ( m/s )

g = percepatan gravitasi = 9,8 ( m/s )

$$Fr = \frac{0,42}{\sqrt{9,8 \cdot 2,65}} = 0,082$$

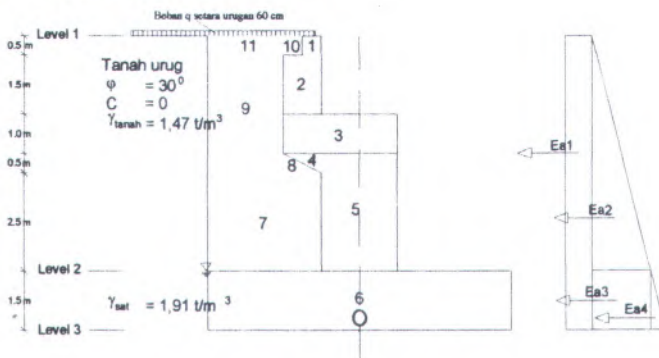
$$St = 2,65 \cdot 2 \left[ \frac{2}{2,65} \right]^{0,65} (0,082)^{0,45} = 1,43 \text{ m}$$

Jadi derusan yang terjadi pada dasar sungai adalah 1,43 m. Maka perencanaan alas pilar harus lebih besar dari 1,43 m dari dasar.

Maka elevasi minimal pilar adalah :  $-17,32 - 1,43 = -18,75$

## 9.4 Pembebanan struktur bawah

### 9.4.1 Abutment BH-1



Gambar 9.3 Struktur Bangunan Bawah

#### a. Tegangan tanah

Dari data tanah didapatkan :

$$\gamma_{\text{tanah}} = 1,47 \text{ t/m}^3 ; \quad \theta = 30^\circ$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,91 \text{ t/m}^3 ; \quad C = 0$$

$$\begin{aligned} \gamma' &= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \\ &= 1,91 - 1,00 = 0,91 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

- Koefisien tekanan tanah aktif menggunakan persamaan :

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - 30/2)$$

$$= 0,333$$

Beban lalu – lintas equivalent dengan beban tanah urugan setebal 0,6 meter

$$\sigma_v' = \gamma_{\text{tanah}} \times z$$

- Tegangan horisontal tanah :

$$\sigma_{\text{ha}} = \sigma_v \times K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

- Gaya tekanan tanah aktif per satuan lebar dinding

$$E_a = \text{Luas diagram tekanan tanah aktif} = \sigma_{\text{hai}} \times h_i$$

Akibat beban lalu – lintas untuk tanah dibawahnya :

$$E_{a1} = H_{\text{tot}} \times (H_1 \times \gamma_{\text{tanah}} \times K_a)$$

$$= 7,5 \times (0,6 \times 1,47 \times 0,333)$$

$$= 2,202 \text{ t/m}$$

Akibat urugan pasir dengan tebal 6 m

$$E_{a2} = 0,5H_2 \times (H_2 \times \gamma_{\text{tanah}} \times K_a)$$

$$= \frac{1}{2} \times 6 \times (6 \times 1,47 \times 0,333)$$

$$= 8,732 \text{ t/m}$$

Akibat urugan pasir dengan tebal 1,5 m (untuk tanah di bawahnya)

$$E_{a3} = H_3 \times (H_2 \times \gamma_{\text{tanah}} \times K_a)$$

$$= 1,5 \times (6 \times 1,47 \times 0,333)$$

$$= 4,405 \text{ t/m}$$

Akibat urugan asir bercampur air dengan tebal 4,5 m

$$E_{a4} = 0,5 H_3 \times (H_3 \times \gamma' \times K_a)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,5 \times \{1,5 \times (1,91 - 1,00) \times 0,333\}$$

$$= 0,341 \text{ t/m}$$

$$\Sigma E_a = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4}$$

$$= 15,68 \text{ t/m}$$



Abutment selebar 12 m, maka :

$$\Sigma E_a = 15,68 \times 12 = 188,16 \text{ ton}$$

Letak resultan gaya tekanan tanah dari O :

$$z = \frac{(2,202 \times 3,75) + (8,372 \times 3,5) + (4,405 \times 0,75) + \left(0,341 \times \frac{1}{3} \times 1,5\right)}{15,68}$$

$$= 2,617 \text{ m} \rightarrow \text{dari titik O}$$

Momen pada titik O (dasar abutment) :

$$\begin{aligned} M_o &= (E_{a1} \cdot 0,5h) + (E_{a2} \cdot (1/3h_1 + h_2)) + (E_{a3} \cdot 0,5h_2) + (E_{a4} \cdot 1/3h_2) \\ &= (2,202 \times 3,75) + (8,372 \times 3,5) + (4,405 \times 0,75) + (0,341 \times 0,5) \\ &= 41,034 \text{ tm/m} \\ &= 492,405 \text{ tm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan tekanan tanah pasif & momen (ke arah timbunan)

Untuk perencanaan ini tekanan tanah pasif diabaikan karena konstruksi dihitung untuk kondisi paling kritis. sehingga momen yang terjadi adalah akibat berat abutmennya dan berat tanah urugnya.

c. Perhitungan momen akibat berat abutmen dan timbunan

• Berat Abutment dan tanah urugan di atasnya :

-	$W_1 = 0,5 \times 0,5 \times 2.400$	= 600	kg/m
-	$W_2 = 1 \times 1,5 \times 2.400$	= 3.600	kg/m
-	$W_3 = 3 \times 1 \times 2.400$	= 7.200	kg/m
-	$W_4 = 0,5 \times 0,5 \times 2.400$	= 600	kg/m
-	$W_5 = 2 \times 3 \times 2.400$	= 14.400	kg/m
-	$W_6 = 8 \times 1,5 \times 2.400$	= 28.800	kg/m
-	$W_7 = 3 \times 2,5 \times 1.470$	= 11.025	kg/m
-	$W_8 = 0,5 \times 0,5 \times 1.470$	= 367,5	kg/m
-	$W_9 = 2 \times 3 \times 1.470$	= 8.820	kg/m
-	$W_{10} = 0,5 \times 0,5 \times 1.470$	= 367,5	kg/m
-	$W_{11} = 2 \times 0,5 \times 1.470$	= 1.470	kg/m
	$W_{\text{total}} =$	77.250	kg/m

• Absis terhadap titik berat abutment :

- Titik 1 = 1,25 m
- Titik 2 = 1,50 m

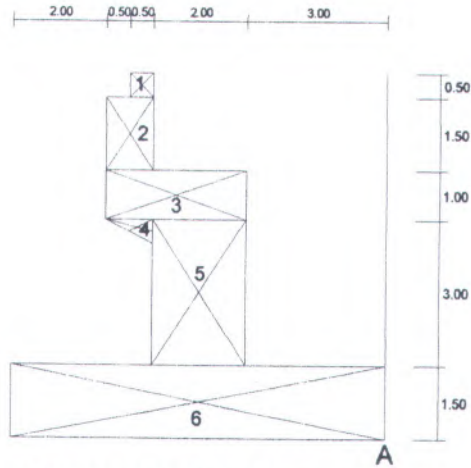


- Titik 3 = 0,50 m
- Titik 4 = 1,33 m
- Titik 5 = 0,00 m
- Titik 6 = 0,00 m
- Titik 7 = 2,50 m
- Titik 8 = 1,67 m
- Titik 9 = 3,00 m
- Titik 10 = 1,75 m
- Titik 11 = 3,00 m

**Tabel 9.1** Perhitungan Berat Abutment & Momen

Segmen	$g$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$A$ ( $\text{m}^2$ )	$W$ (kg/m)	$x_0$ (m)	$M_0$ (kgm)
1	2.400	0,25	600	1,25	750
2	2.400	1,5	3.600	1,50	5.400
3	2.400	3,00	7.200	0,50	3.600
4	2.400	0,25	600	1,33	798
5	2.400	6,00	14.400	0	0
6	2.400	12	28.800	0	0
7	1.470	7,50	11.025	2,50	28.125
8	1.470	0,25	367,5	1,67	613,725
9	1.470	6,00	8.820	3,00	26.460
10	1.470	0,25	367,5	1,75	643,125
11	1.470	1,00	1.470	3,00	4.410
Momen penahan					70.799,85

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ Momen penahan} &= 70.799,85 \text{ kgm/m ; selebar 12 m} \\
 &= 849.598,2 \text{ kgm} \\
 &= 849,598 \text{ tm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 94** Titik Berat Abutment

**Tabel 9.2** Perhitungan Titik Berat Abutment

Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )			Jarak thd A		x . A	y . A
				x (m)	y (m)		
1	0,5	0,5	0,25	5,25	7,25	1,313	1,813
2	1	1,5	1,50	5,50	6,25	8,250	9,375
3	3	1	3,00	4,50	5,00	13,500	15,000
4	1	0,5	0,25	5,33	4,33	1,333	1,083
5	2	3	6,00	4,00	3,00	24	18
6	8	1,5	12,00	4,00	0,75	48	9
Total			23,00			96,396	54,271

Didapatkan titik berat abutment :

$$x_A = \frac{\sum x \cdot A}{\sum A} = \frac{96,396}{23} = 4,191 \text{ m dari A}$$

$$y_A = \frac{\sum y \cdot A}{\sum A} = \frac{54,271}{23} = 2,360 \text{ m dari A}$$

Koordinat titik berat abutment (4,191 ; 2,360) m

## d. Beban Tekanan Tanah Akibat Gempa

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\mu \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)}$$

Dimana :

 $K_{ag}$  = Koefisien tekanan aktif dinamik $\beta$  = Kemiringan tepi belakang tembok diukur terhadap vertikal = 0 $K_h$  = Koefisien gempa horisontal = 0,15 $K_v$  = Koefisien gempa vertikal = 0.1 $\theta$  = Koefisien gempa  $\rightarrow (\theta = \arctg K_h) = 8,531^\circ$  $\delta$  = Sudut geser rencana tembok dengan tanah =  $0^\circ$  $\varphi$  = Sudut geser dalam tanah =  $30^\circ$  $\alpha$  = Kemiringan urugan = 0

$$\mu = \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right]^2$$

$$= 2,045$$

Maka :

$$K_{ag} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\mu \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)}$$

$$= \frac{\cos^2(30 - 8,531 - 0)}{2,045 \cdot \cos 8,531 \cdot \cos^2 0 \cdot \cos(0 + 0 + 8,531)}$$

$$= 0,476$$

$$T_{ag} = 0,5 \times \gamma t \times H_{\text{timb}}^2 (1 - K_v) \times K_{ag}$$

$$= 0,5 \times 1,47 \times 7,5^2 (1 - 0,1) \times 0,476$$

$$= 17,711 \text{ t/m}$$

Tanah menekan selebar 12 m

$$T_{ag} = 17,711 \times 12 = 212,540 \text{ t}$$

Titik tangkap gempa = 2,36 m dari O maka

$$M_y = 251,58 \times 2,36 = 593,729 \text{ tm}$$



### 9.5 Kontrol Stabilitas Abutment

#### a. Kontrol terhadap guling

$$\Sigma M_{\text{guling}} = 492,405 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_{\text{penahan}} = 849,598 \text{ tm}$$

$$SF = \frac{\Sigma M_{\text{penahan}}}{\Sigma M_{\text{guling}}} \geq 1,5$$

$$SF = \frac{849,598}{492,405} \geq 1,5$$

$$1,725 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

#### b. Kontrol terhadap geser

Faktor keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{a \cdot b + W \cdot \text{tg} \delta}{P} \geq 1,5$$

Dimana :

a = Karakteristik adhesi antara tanah dengan abutment

$$= (0,5 - 0,7) C \rightarrow C = 0,09$$

$$= 0,6 \times 0,09 = 0,054 \text{ kg/cm}^2 = 0,54 \text{ t/m}^2$$

b = Lebar pondasi = 8 m

W = Komposisi vertikal dari R

$$= W_t(\text{dead load}) + W_{\text{abutment} + \text{tanah}}$$

$$= 397,873 + (77,250 \times 12)$$

$$= 1.324,873 \text{ kg} = 1.324,873 \text{ ton}$$

P = Komposisi horizontal dari R ( $\Sigma E_a$  tanah)

$$= 15,568 \text{ t/m}$$

$\delta$  = Faktor lekatan/hambatan antara tanah dan pondasi

$$= 25^\circ$$

$$SF = \frac{(11,55 \times 8) + 1.324,873 \cdot \text{tg} 25^\circ}{186,816}$$

$$= 3,801 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

#### c. Kontrol terhadap daya dukung

$$\Sigma \text{ Momen} = \Sigma \text{ Momen}_{\text{penahan}} - \Sigma \text{ Momen}_{\text{guling}}$$

$$= 849,598 - 459,405 = 390,193 \text{ tm}$$

$$\Sigma W_{\text{total}} = 2 W_{\text{Dead Load}} + W_{(\text{abutment} + \text{tanah})}$$



$$= (2 \times 397,873) + (77.250 \times 12)$$

$$= 1.722,746 \text{ t}$$

Tegangan tanah :

$$\sigma_t = \frac{V}{A} = \frac{1.722,746}{(8 \times 12)} = 17,945 \text{ t/m}^2$$

Cek daya dukung tanah :

Lapisan tanah di dasar pondasi pada kedalaman – 7,5 m  
Pasir berbutir medium dengan batuan berukuran gravel dan sedikit tanah liat

$$G_s = 2,94$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,91 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\omega_c = 58,16 \%$$

Untuk  $\phi = 8^\circ$  didapat :

$$N_c = 7,9 ; N_\gamma = 0,34 ; N_q = 2,14 \text{ (dari Caquet \& Kriesel)}$$

$$q_L = \left[ \left(1 - 0,2 \frac{B}{L}\right) \frac{B}{2} \gamma' N_\gamma \right] + \left[ \left(1 + 0,2 \frac{B}{L}\right) c \cdot N_c \right] + \left[ \gamma' \cdot D \cdot N_q \right]$$

$$= \left[ \left(1 - 0,2 \frac{8}{12}\right) \times \frac{8}{2} \times (1,91 - 1,00) \times 0,34 \right] + \left[ \left(1 + 0,2 \frac{8}{12}\right) \times 19,25 \times 7,9 \right] + \left[ (1,91 - 1,00) \times 7,5 \times 2,14 \right]$$

$$= 1,072 + 17,235 + 14,605 = 32,91 \text{ t/m}^2$$

$$SF = \frac{q_L}{\sigma_t} = \frac{32,91}{18,451}$$

$$= 1,784 < 3 \rightarrow \text{Not OK ..... (Pakai tiang pancang)}$$

Tabel 9.3 Rangkuman Data Beban

Beban	V (ton)	Hy (ton)	Hx (ton)	Ordinat (m)	My (ton-m)	Mx (ton-m)
M	904,141					

H	701,602					
Ta		186,816		2,71	506,271	
Gg		140,691		7,50	1.055,183	
Rm		25		7,50	187,500	
A			18,244	7,50		136,830
Hg (atas)		19,984	39,787	7,50	149,88	299,76
Hg (bawah)		281,977	281,977	2,36	665,466	665,466
Tag		212,540		2,36	501,594	

Dimana :

- M = Beban mati (dead load) x 2 elastomer u/ 1 abutment  
H = Beban hidup (live load) x 2 elastomer u/ 1 abutment  
Ta = Tekanan tanah  
Gg = Gaya gesek = 0,15 (M + H)  
Rm = Gaya Rem (*traffic load*)  
A = Beban angin (*wind load*)  
Hg = Gaya gempa (*earthquake*)  
Tag = Tekanan tanah akibat gempa

**Tabel 9.4** Kombinasi I = M + H + Ta

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx
Beban Mati (M)	904,141				
Beban Hidup (H)	701,602				
Tekanan Tanah (Ta)		186,816		506,271	
Total Kombinasi	1.605,353	186,816		506,271	

**Tabel 9.5** Kombinasi II = M + Ta + Gg + A

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx
Beban Mati (M)	904,141				

Tekanan Tanah (Ta)		186,816		506,271	
Gaya Gesek (Gg)		140,691		1.055,183	
Beban Angin (A)			18,244		136,830
Total Kombinasi	904,141	327,507	18,244	1.556,454	136,830

Tabel 9.6 Kombinasi III = Komb.I + Rm + Gg + A

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx
Beban Mati (M)	904,141				
Beban Hidup (H)	701,602				
Tekanan Tanah (Ta)		186,816		506,271	
Gaya Rem (Rm)		25,000		187,500	
Gaya Gesek (Gg)		140,691		1.055,18	
Beban Angin (A)			18,244		136,830
Total Kombinasi	1.605,74	352,507	18,244	1.748,95	136,830

Tabel 9.7 Kombinasi IV = M + Ta + Hg + Tag

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx
Beban Mati (M)	904,14				
Tekanan Tanah (Ta)		186,816		506,271	
Beban Gempa ( $Hg_{atas}$ )		19,984	39,968	149,88	299,76
Beban Gempa ( $Hg_{bwh}$ )		281,977	281,977	665,466	665,466
Tek. Tanah Gempa (Tag)		212,540		501,594	
Total Kombinasi	904,14	701,317	321,945	1.823,21	965,226

Tabel 8.8 Kombinasi V = M + Hg + Gg + A

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx



Beban Mati (M)	904,14				
Beban Gempa ( $H_{gatas}$ )		19,984	39,968	149,88	299,76
Beban Gempa ( $H_{gbwh}$ )		281,977	281,977	665,466	665,466
Gaya Gesek (Gg)		140,691		1.055,18	
Beban Angin (A)			18,244		136,830
Total Kombinasi	904,14	442,652	340,189	1.870,53	1.102,06

**Tabel 9.9** Kombinasi VI = M + Ta

Beban	Gaya (ton)			Momen	
	V	Hy	Hx	My	Mx
Beban Mati (M)	904,14				
Tekanan Tanah (Ta)		186,816		506,271	
Total Kombinasi	904,14	186,816		506,271	

Dipilih kombinasi dengan P terbesar dan M terbesar

- M terbesar ( kombinasi IV )

$$V = 904,141 \text{ ton}$$

$$H_y = 701,317 \text{ ton}$$

$$H_x = 321,94 \text{ ton}$$

$$M_y = 1.823,21 \text{ ton-m}$$

$$M_x = 965,226 \text{ ton-m}$$

- P terbesar ( kombinasi III )

$$V = 1.605,74 \text{ ton}$$

$$H_y = 352,507 \text{ ton}$$

$$H_x = 18,244 \text{ ton}$$

$$M_y = 1.748,95 \text{ ton-m}$$

$$M_x = 136,830 \text{ ton-m}$$

### 9.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok direncanakan konfigurasi dan koefisien efisiensinya. Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah sebagai berikut :



$$Q_L(\text{group}) = Q_L(\text{1 tiang}) \times n \times \eta$$

- Direncanakan pondasi tiang pancang  $\varnothing 60$  cm dengan konfigurasi 5 x 6. Jarak antar tiang (S) = 1,5 m. Daya dukung tanah untuk 1 tiang yang digunakan adalah daya dukung tanah BH-1 dan BH-3

Syarat :

$$S \geq 2,5 D$$

$$\geq 2,5 \times 0,6 = 1,5 \text{ m}$$

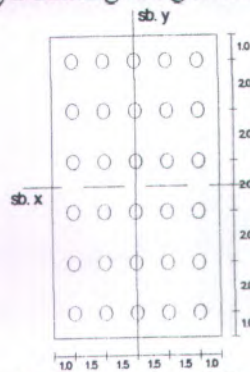
Koefisien efisiensi menggunakan perumusan dari Converse-Labarre :

$$\eta = 1 - \frac{\arctan \frac{d}{s} \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)}{90}$$

$$= 1 - \frac{\arctan \frac{0,6}{1,5} \left( 2 - \frac{1}{5} - \frac{1}{6} \right)}{90}$$

$$= 0,604$$

Perhitungan daya dukung tiang kelompok :



Gambar 9.5 Konfigurasi Tiang Group

### 9.6.1 Perhitungan beban vertikal ekivalen (Pv)

Perhitungan beban vertikal ekivalen (Pv) akibat beban vertikal (V), horisontal (H) dan momen (M) pada kepala tiang (poer) adalah sebagai berikut :

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\Sigma X^2}$$

$$n = 30 \text{ buah}$$

$$\Sigma y^2 = 196,875 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 135,000 \text{ m}^2$$

$$y_{\max} = 6,00 \text{ m}$$

$$x_{\max} = 4,00 \text{ m}$$

a. **Kombinasi I :**

$$P_{\max} = 72,26 \text{ ton}$$

b. **Kombinasi II :**

$$P_{\max} = 89,869 \text{ ton}$$

c. **Kombinasi III :**

$$P_{\max} = 120,386 \text{ ton}$$

d. **Kombinasi IV :**

$$P_{\max} = 112,373 \text{ ton}$$

e. **Kombinasi V :**

$$P_{\max} = 116,171 \text{ ton}$$

f. **Kombinasi VI :**

$$P_{\max} = 48,889 \text{ ton}$$

### 9.6.2 Perhitungan daya dukung BH-1

Metode yang digunakan adalah metode dari Luciano De Court :

**Tabel 9.10** Daya Dukung Tanah BH-1 Berdasarkan Luciano Decourt (Ø60 Cm)

Depth (m)	N	N'	Np	K (t/m <sup>2</sup> )	Ap (m <sup>2</sup> )	Qp (ton)	Ns	As (m <sup>2</sup> )	Qs (ton)	Qu (ton)	Qad (ton)
1	13,00	13,0	15,0	40,0	0,28	168,0	3,00	1,9	3,8	171,8	57,3
2	14,00	14,0	15,7	40,0	0,28	175,5	3,25	3,8	7,9	183,4	61,1
3	16,00	15,5	17,3	40,0	0,28	193,8	3,33	5,7	11,9	205,7	68,6

4	19,00	17,0	21,0	40,0	0,28	235,2	3,50	7,5	16,3	251,5	83,8
5	21,00	18,0	22,7	40,0	0,28	253,9	3,67	9,4	20,9	274,8	91,6
6	26,00	20,5	25,3	40,0	0,28	283,7	3,83	11,3	25,7	309,4	103,1
7	32,00	23,5	31,3	40,0	0,28	350,9	5,21	13,2	36,1	387,0	129,0
8	35,00	25,0	33,0	40,0	0,28	369,6	7,06	15,1	50,5	420,1	140,0
9	40,00	27,5	41,0	40,0	0,28	459,2	8,56	17,0	65,3	524,5	174,8
10	44,00	29,5	42,3	40,0	0,28	474,1	10,70	18,8	86,0	560,1	186,7
11	50,00	32,5	45,0	40,0	0,28	504,0	12,50	20,7	107,1	611,1	203,7
12	49,00	32,0	46,7	40,0	0,28	522,7	14,15	22,6	129,2	651,9	217,3
13	46,00	30,5	48,0	40,0	0,28	537,6	15,56	24,5	151,5	689,1	229,7
14	48,00	31,5	49,3	40,0	0,28	552,5	16,77	26,4	173,8	726,3	242,1
15	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	17,82	28,3	196,1	756,1	252,0
16	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	18,73	30,1	218,3	778,3	259,4
17	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	19,54	32,0	240,6	800,6	266,9
18	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	20,26	33,9	262,9	822,9	274,3
19	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	20,91	35,8	285,3	845,3	281,8
20	50,00	32,5	50,0	40,0	0,28	560,0	21,49	37,7	307,6	867,6	289,2

Dari tabel diatas direncanakan kedalaman tiang pancang untuk abutmen sisi selatan ( data tanah BH-1 ) adalah sedalam 16 m ( untuk SF = 3 ).

$$Q_L = P_{ijin} \times \eta = 259,4 \times 0,604 = 156,678 \text{ ton}$$



**Tabel 9.11** Tegangan Berlebih Yang Diijinkan

Kombinasi	Pmax	Tegangan berlebih (%)	Pijin	ket
1	72,26	100	156,678	OK
2	89,869	125	189,361	OK
3	120,386	140	212,084	OK
4	112,373	150	227,233	OK
5	110,659	130	196,934	OK
6	48,889	130	196,934	OK

**9.6.3 Perhitungan daya dukung BH - 4**

Untuk abutmen sisi utara ( data tanah BH-4 ) digunakan data beban yang sama dan daya dukungnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 9.12** Daya Dukung Tanah BH-4 Berdasarkan Luciano Decourt ( $\phi 60$  Cm)

th	N	N'	Np	K ( $\text{t/m}^2$ )	Ap ( $\text{m}^2$ )	Qp (ton)	Ns	As ( $\text{m}^2$ )	Qs (ton)	Qu (ton)	Qad (ton)
10	10	22,5	40	0,28	252	10,00	1,9	8,16	260,16	86,72	
20	17,5	26	40	0,28	291,2	1,38	3,8	5,50	296,70	98,90	
32	23,5	26	40	0,28	291,2	1,59	5,7	8,65	299,85	99,95	
33	24	28,33	40	0,28	317,296	2,27	7,5	13,25	330,54	110,18	
30	22,5	34,67	40	0,28	388,304	3,25	9,4	19,63	407,93	135,98	
37	26	40	40	0,28	448	3,34	11,3	23,88	471,88	157,29	
48	31,5	43,3	40	0,28	484,96	3,23	13,2	27,38	512,34	170,78	
49	32	43,67	40	0,28	489,104	3,82	15,1	34,25	523,35	174,45	
49	32	46,33	40	0,28	518,896	4,47	17,0	42,22	561,11	187,04	
49,5	32,25	49,7	40	0,28	556,64	5,08	18,8	50,72	607,36	202,45	
50	32,5	50	40	0,28	560	5,68	20,7	59,93	619,93	206,64	
50	32,5	50	40	0,28	560	6,33	22,6	70,27	630,27	210,09	
50	32,5	50	40	0,28	560	6,98	24,5	81,44	641,44	213,81	



14	50	32,5	50	40	0,28	560	7,63	26,4	93,42	653,42	217,81
15	50	32,5	50	40	0,28	560	8,28	28,3	106,21	666,21	222,07
16	50	32,5	50	40	0,28	560	8,93	30,1	119,82	679,82	226,61
17	50	32,5	50	40	0,28	560	9,58	32,0	134,25	694,25	231,42
18	50	32,5	50	40	0,28	560	10,23	33,9	149,50	709,50	236,50
19	50	32,5	50	40	0,28	560	10,88	35,8	165,56	725,56	241,85
20	50	32,5	50	40	0,28	560	11,53	37,7	182,43	742,43	247,48

Dari tabel diatas direncanakan kedalaman tiang pancang untuk abutmen sisi utara ( data tanah BH-3 ) adalah sedalam 12 m ( untuk SF = 3 ).

$$Q_L = \text{Pijin} \times \eta = 210,09 \times 0,604 = 126,894 \text{ ton}$$

**Tabel 9.13** Tegangan Berlebih Yang Diijinkan

Kombinasi	Pmax	Tegangan berlebih (%)	Pijin	ket
1	72,26	100	126,894	OK
2	89,869	125	153,366	OK
3	120,386	140	171,769	OK
4	112,373	150	184,039	OK
5	110,659	130	159,500	OK
6	48,889	130	159,500	OK

### 9.7 Kontrol Kekuatan Tiang

Dari Spesifikasi *Wika Pile Classification* ("Daya Dukung Pondasi Dalam" oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi) direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Kelas : B
- $f_c'$  : 600 kg/cm<sup>2</sup>
- Allowable axial : 221,12 ton
- Bending moment crack : 25 t-m

- *Bending moment ultimate* : 45 t-m
- Modulus elastisitas (E) =  $wc^{1,5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{fc'}$   
 $= 2.400^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{60}$   
 $= 39.161,647 \text{ MPa}$   
 $= 391.616,465 \text{ kg/cm}^2$
- Momen inersia (I) =  $\frac{1}{64} \pi (60^4 - 40^4)$   
 $= 510.508,806 \text{ cm}^4$

### 9.7.1 Kontrol terhadap gaya aksial

Untuk Ø60 cm kelas B pada Wika Piles Classification gaya aksial tidak boleh melebihi 221,12 ton.

$$P_v = 130,950 \text{ ton} < P_{ijin} = 211,60 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$$

### 9.7.2 Kontrol terhadap gaya lateral

Daya dukung mendatar dihitung dengan perumusan :

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$

dimana :

$$\begin{aligned} k &= 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-3/4} \cdot y^{-1/2} \\ &= 0,2 \cdot (28 \cdot N) \cdot D^{-3/4} \cdot y^{-1/2} \\ &= 0,2 \cdot (28 \cdot 3) \cdot 60^{-3/4} \cdot 1^{-1/2} \\ &= 0,779 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 4 \sqrt{\frac{k D}{4 E I}} = 4 \sqrt{\frac{0,779 \times 60}{4 \times 391.616,465 \times 510.508,806}} \\ &= 0,00276 \text{ cm}^{-1} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{0,297 \times 60}{0,00217} \times 1 \\ &= 16910,64 \text{ kg} = 16,91 \text{ ton} \\ H &= \frac{190,066}{12} \\ &= 15,839 \text{ ton} < H_a \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

### 9.7.3 Kontrol terhadap gaya momen

Momen maksimum pada tiang pancang dihitung dengan perumusan :

$$M_m = 0,2079.M_o = 0,2079.\left(\frac{H}{2.\beta}\right)$$

Perhitungan momen maksimum :

$$\begin{aligned} M_m &= 0,2079.\left(\frac{15,839}{2.0,276}\right) \\ &= 5,955 \text{ t-m} < M_{\text{crack}} = 29 \text{ t-m} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

### 9.7.4 Kontrol defleksi

Defleksi yang terjadi pada tiang dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

Deflection at head untuk fixed-headed pile,

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

Kedalaman titik jepit tiang ( $Z_f$ ) dihitung dengan perumusan :

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$n_h$  untuk tanah yang terendam air ( submerged soil ) dengan kepadatan sangat tinggi =  $1200 \text{ KN/m}^3 = 12,0 \text{ kg/cm}^3$

$$\begin{aligned} Z_f &= 1,8 \times \sqrt[5]{\frac{391.616,465 \times 510.508,806}{12}} \\ &= 199,347 \text{ cm} = 1,993 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI} = \frac{15,839 (0 + 1,993)^3}{12 \times 391.616,465 \times 510.508,806} \\ &= 5,226 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,005 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Y < Y_{\text{maks}} = 1 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

### 9.7.5 Kontrol Tiang Pancang Miring

Tiang pancang miring direncanakan dengan kemiringan  $70^\circ$ .



Kesetimbangan gaya :

$$\frac{P_v}{\tan 70^\circ} > \frac{\sum Ea}{6}$$

$$\frac{120,386}{\tan 70^\circ} > \frac{188,16}{6}$$

$$43,82 > 31,36 \rightarrow \text{OK}$$

## 9.8 Perencanaan Tulangan *Abutment* Dan *Pilecap*

### 9.8.1 Penulangan *pilecap*

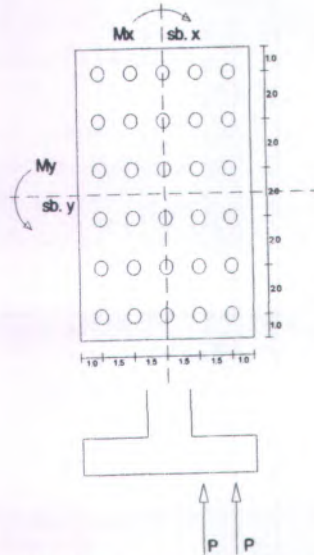
Perhitungan tulangan *pilecap* yaitu penulangan lentur pada *pilecap*, dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit. Beban yang diterima *pilecap* adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan beban merata dari berat *pilecap* dan urugan di atasnya sebesar q. Perhitungan dari gaya dalam dianalisa dengan statis tertentu.

Data perencanaan :

- $f_c' = 35 \text{ MPa}$
- $f_y = 290 \text{ Mpa}$
- $q = \text{Lebar } pilecap \times \text{tinggi } pilecap \times \gamma_{\text{beton}}$   
 $= 12 \times 1,5 \times 2,4 = 43,2 \text{ t/m}$
- $P = \text{Dari gaya reaksi PV 1 tiang} = 120,386 \text{ t}$   
 Berat Poer =  $1,5 \times 1 \times 2,4 = 10,8 \text{ ton}$   
 $M_u = P_{\text{tiang pancang}} \times 1,5 + P_{\text{tiang pancang}} \times 3,0 - \text{berat poer} \times 1,5$   
 $= 120,386 \times 1,5 + 120,386 \times 3,0 - (10,8 \times 1,5) =$   
 $224,572 \text{ ton-m}$   
 $= 2.245.720 \text{ Nmm}$
- Tebal plat = 1,5 m
- Diameter tul utama = 28 mm
- Diameter tul memanjang = 28 mm
- Selimut beton = 100 mm
- $d = t - \text{selimut beton} - 0,5 \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{memanjang}}$   
 $= 1.358 \text{ mm}$



$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,81}{290} \times \frac{600}{600 + 290} \\ &= 0,0418 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0314 \\ \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = 0,00389\end{aligned}$$



**Gambar 9.8** Asumsi Perencanaan Penulangan *Pilecap*

a. Koefisien Ketahanan

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1.346.580.000}{0,85 \times 1.000 \times 1.358^2} \\ &= 0,859 \text{ N/mm}^2 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{360}{0,85 \times 35}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12,101 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,101} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,101 \times 0,859}{360}} \right) = 0,00242
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$\text{Pakai } \rho_{\text{min}} = 0,00389$$

b. Luas Tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00389 \times 1.000 \times 1.358 \\
 &= 5.282,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\phi 28 - 100 \text{ mm}$  ( $\text{As} = 6.157,522 \text{ mm}^2$ )

Untuk tulangan pembagi :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= 20\% \times 5.282,62 \\
 &= 1.056,524 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan  $\phi 25 - 400 \text{ mm}$  ( $\text{As} = 1.227,185 \text{ mm}^2$ )

c. Kontrol geser poer

Gaya geser yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \text{Jumlah reaksi tiang/lebar } \textit{pile cap} \\
 &= 75,429 \times 6/12 = 37,7145 \text{ ton ( per meter lebar)}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 37,715 \text{ ton} = 377,145 \text{ kN}$$

Kekuatan beton :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b w d \\
 &= 0,6 \times \frac{1}{6} \sqrt{35} \times 1.000 \times 1.358 \\
 &= 803.403,635 \text{ N} \\
 &= 803,404 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$V_u < \phi V_c \rightarrow$  Tidak perlu tulangan geser.

Pasang tulangan geser praktis  $\Phi 16 - 400 \text{ mm}$

### 9.5.2 Penulangan dinding abutment

Untuk perencanaan dinding abutment direncanakan berdasarkan kombinasi P dan M yang terbesar.

- M terbesar ( kombinasi IV )

$$V = 904,141 \text{ ton}$$

$$M_y = 1,823,21 \text{ ton-m}$$

- P terbesar ( kombinasi III )

$$V = 1.605,74 \text{ ton}$$

$$M_y = 1.748,95 \text{ ton-m}$$

- Tebal dinding *abutment* = 200 cm
- Diameter tul utama = 32 mm
- Selimut beton = 100 mm

Dengan menggunakan program bantu PCACOL, didapat :

1. Untuk kombinasi beban IV :

$$\rho = 1,72 \%$$

Untuk tulangan longitudinal digunakan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0172 \times 2.000 \times 2.000 \\ &= 68.800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 84#32 (As = 68.829,4 mm<sup>2</sup>)

2. Untuk kombinasi beban III :

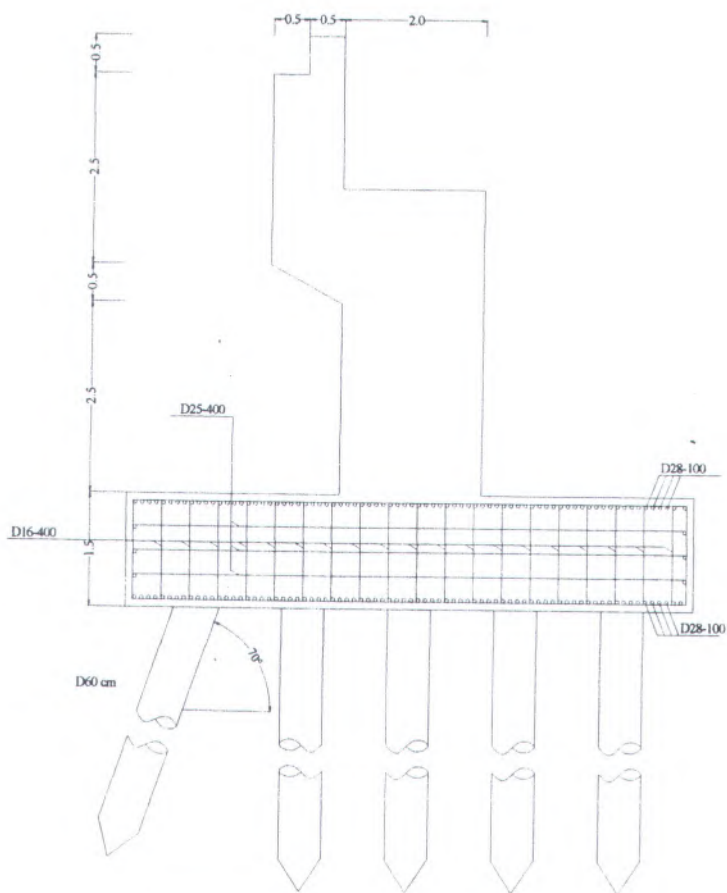
$$\rho = 1,23 \%$$

Untuk tulangan longitudinal digunakan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0123 \times 2.000 \times 2.000 \\ &= 49.200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

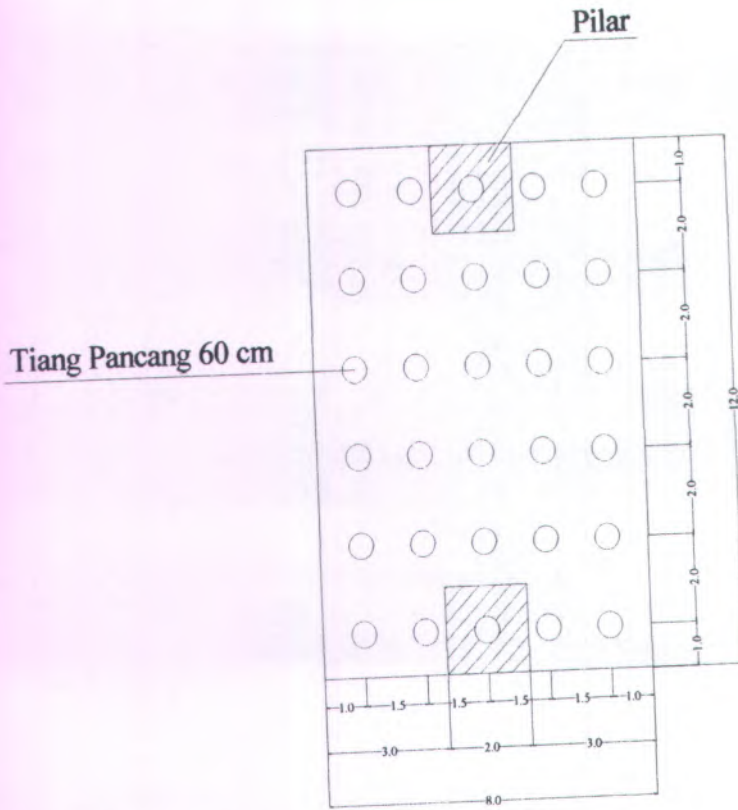
Digunakan tulangan 60#32 (As = 49.163,88 mm<sup>2</sup>)

Maka dipakai tulangan 84#32 ( As = 68.829,4 mm<sup>2</sup> )



**Gambar 9.9** Penulangan Poer Abutment





**Gambar 9.10** Perencanaan Tiang Pancang

## BAB X

### KESIMPULAN

1. Dimensi melintang lantai kendaraan adalah 11 meter untuk jalan dua lajur dua arah. Tinggi focus busur adalah 30 meter dengan tinggi tampang 5,66 m.
2. Lantai kendaraan berupa balok komposit, dimensi gelagar memanjang adalah WF 600 x 300 x 14 x 23, dan gelagar melintang adalah WF 900 x 300 x 18 x 34 dengan mutu baja BJ 50 dan tebal plat beton 200 mm.
3. Struktur utama rangka busur adalah profil WF 460 x 420 x 35 x 55 dengan kabel penggantung WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan mutu baja BJ50.
4. Konstruksi sekunder adalah ikatan angin atas dengan WF 200 x 150 x 6 x 9 sebagai batang vertikal dan diagonalnya. Dan ikatan angin bawah dengan WF 200 x 150 x 6 x 9 sebagai batang diagonalnya.
5. Perletakkannya berupa elastomer dengan kekerasan IRHD 70 dengan dimensi 900 x 900 mm<sup>2</sup> dan tebal 75 mm.
6. Konstruksi bangunan bawah berupa abutment dengan dinding penuh setebal 2,0 meter dan lebar 12,0 meter yang ditumpu oleh tiang pancang dengan diameter 60 cm sebanyak 30 buah, dengan ukuran pile cap 12 x 8 x 1,5 meter








## DAFTAR PUSTAKA

- A. Hool, George, S. B & W. S. Kinne, B. S, (1943), *Moveable Long-Span Steel Bridges*, New York & London, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Departemen PU Bina Marga (1992), *Bridge Management System (BMS)*.
- almon, Charles & E Johnson, John ( 1990 ), *Struktur Baja Desain dan Perilaku*, Jakarta, Gramedia
- Spiegel, Leonard & F Limbrunner, George ( 1986 ), *Desain Baja Struktural Terapan*, Bandung, PT ERESKO.
- Sugihardjo, Hidayat, *Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang*.
- M Das, Braja, (1998), *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jakarta, Erlangga.
- Troitsky, M.S. (1994), *Planning and Design of Bridges*, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Wahyudi, Herman, (1999), *Daya Dukung Pondasi Dalam*, Surabaya.
- Van Der Veen, K.H.C.W. & Struyk, H.J. (1953), *Djembatan*.
- Victor, D.Johnson, (1980), *Essentials of Bridge Engineering*, New Delhi, Oxford & IBH Publishing CO, Third Edition.



# LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING : Ir. Djoko Untung  
 DOSEN MAHASISWA : Nidya Ramadita P. NRP : 3104 100 078  
 JUDUL TUGAS AKHIR : Perencanaan Lembaran Rodadung dengan Busur Rangka Baja  
 BANGGAL PROPOSAL : .....

NO.	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	19/3/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>Isiran lamia knd.</li> <li>- Sandara / trola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Percaan. belh mungaj.</li> </ul>	
	13/11/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perencan gel mungajing dan melintaj.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gel munitaj kel muka plastis, systi raylu brj.</li> </ul>	
	25/11/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selesmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bal munitaj dgn profil gab.</li> </ul>	
	26/11/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- selesmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kentrrol ludi</li> <li>- Penjelasa bpr halma at ga kel.</li> </ul>	
	2/12/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selesmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kansi utamu</li> </ul>	
	15/12/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selesmi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bebr aig luo yg dilintaj aduh luo. raylu + bt taid.</li> </ul>	
6	16/12/08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dipublikir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demosi bitay KRB. &amp; smbr Uluar aig.</li> </ul>	





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS**  
**LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

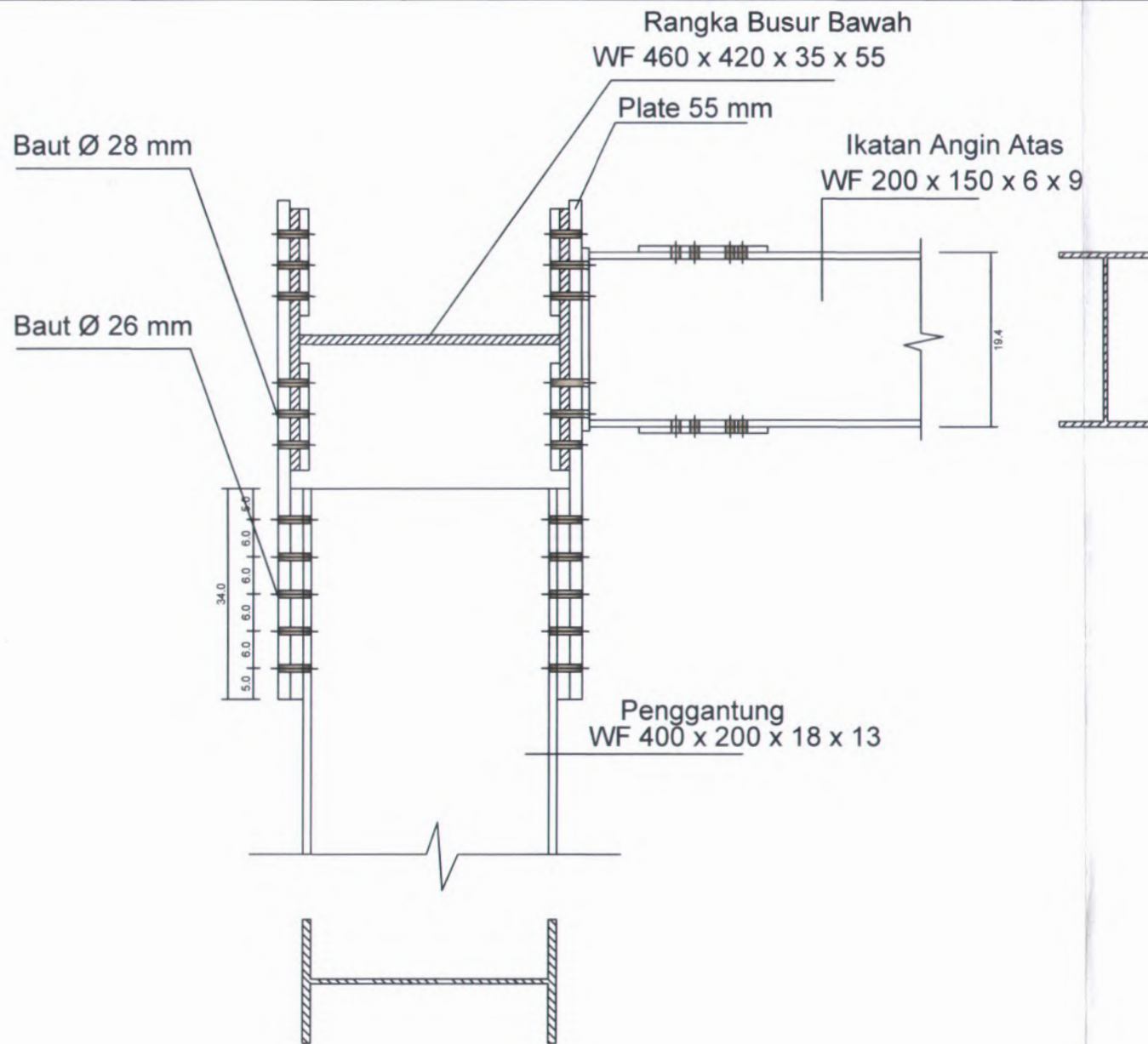
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Djoko Untung
NAMA MAHASISWA	: Nidya Ramadita P.
NRP	: 3104 100 078
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN JEMBATAN BERADUNG DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8	24/12/08	Sambutan + Portal abstrak	- gambar detail ksb	
9	2/1/09	- gambar + detail	- bangun - ksb	
10	6/1/09	- bangun ksb di lempeng	- melengkapi pulvis bag ksb.	



# SECTION - D/1

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

## DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

## DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION D/1

1 : 10

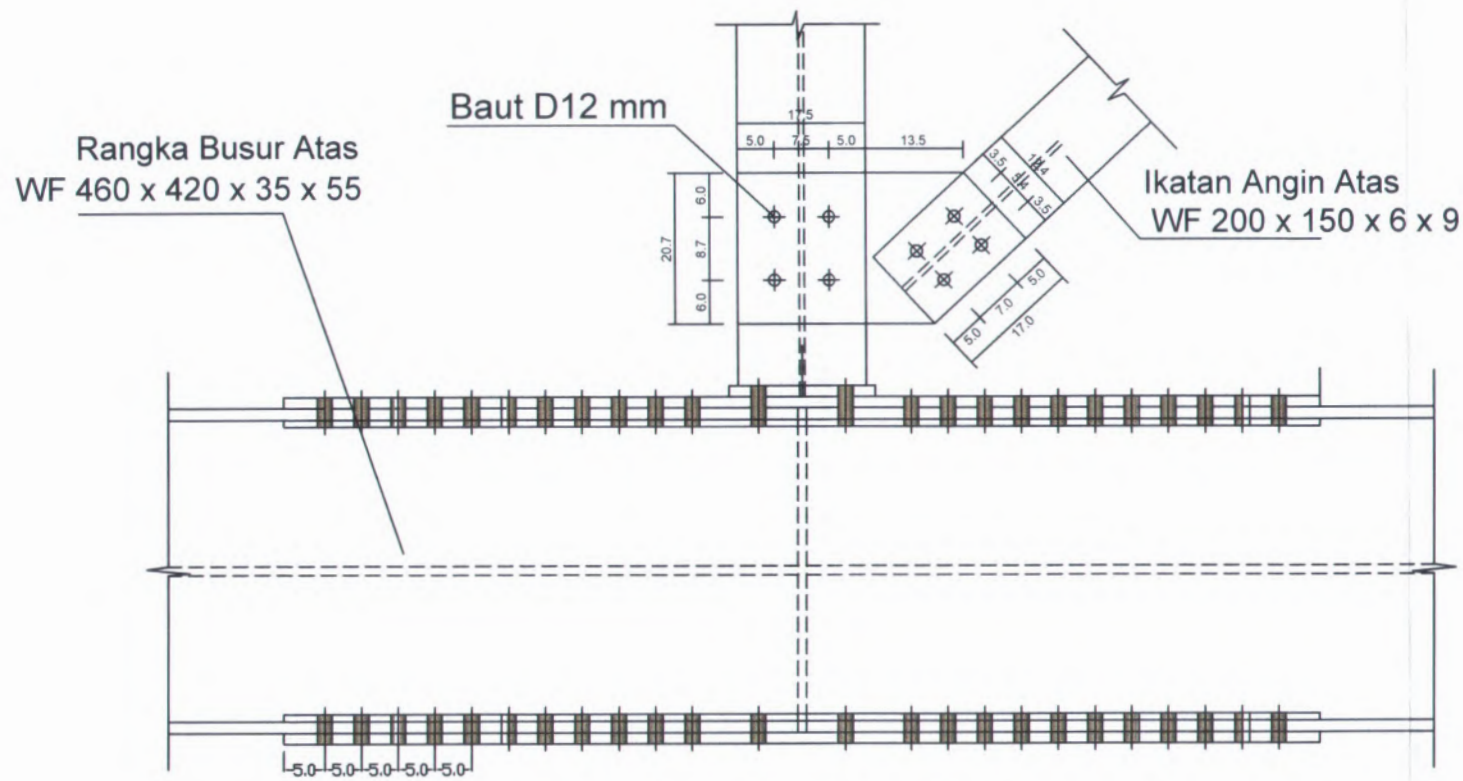
NO. LBR

JML LBR

12

16





# SECTION - D/2

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION D/2

1 : 10

NO. LBR

JML LBR

13

16

Rangka Busur Diagonal  
WF 400 x 200 x 18 x 13

Baut Ø 26 mm

Penggantung  
WF 400 x 200 x 18 x 13

Baut Ø 26 mm

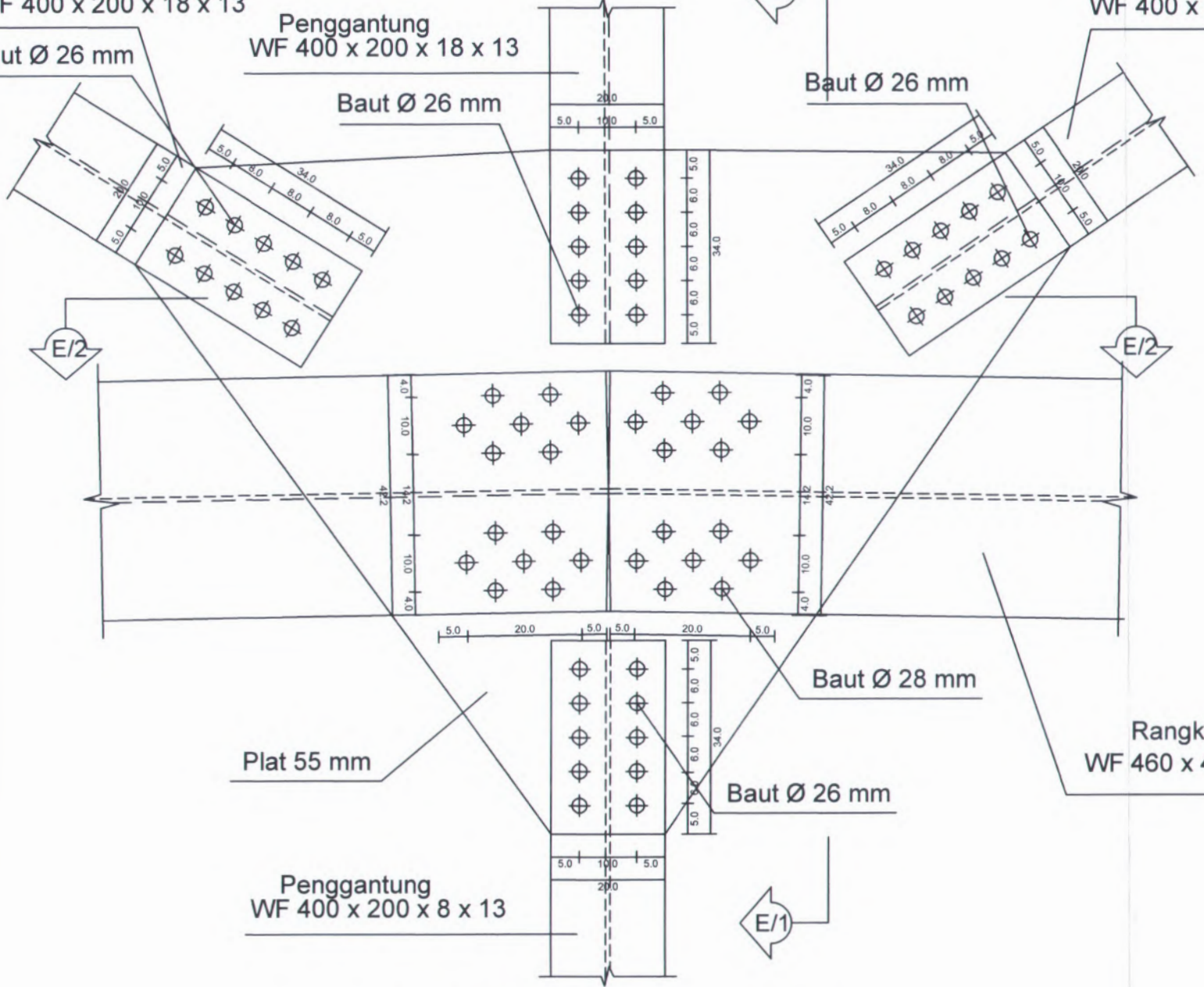
E/1

Rangka Busur Diagonal  
WF 400 x 200 x 18 x 13

Baut Ø 26 mm

E/2

E/2



Baut Ø 28 mm

Rangka Busur Bawah  
WF 460 x 420 x 35 x 55

Baut Ø 26 mm

Plat 55 mm

Penggantung  
WF 400 x 200 x 8 x 13

E/1

# DETAIL - E

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR	SKALA
--------	-------

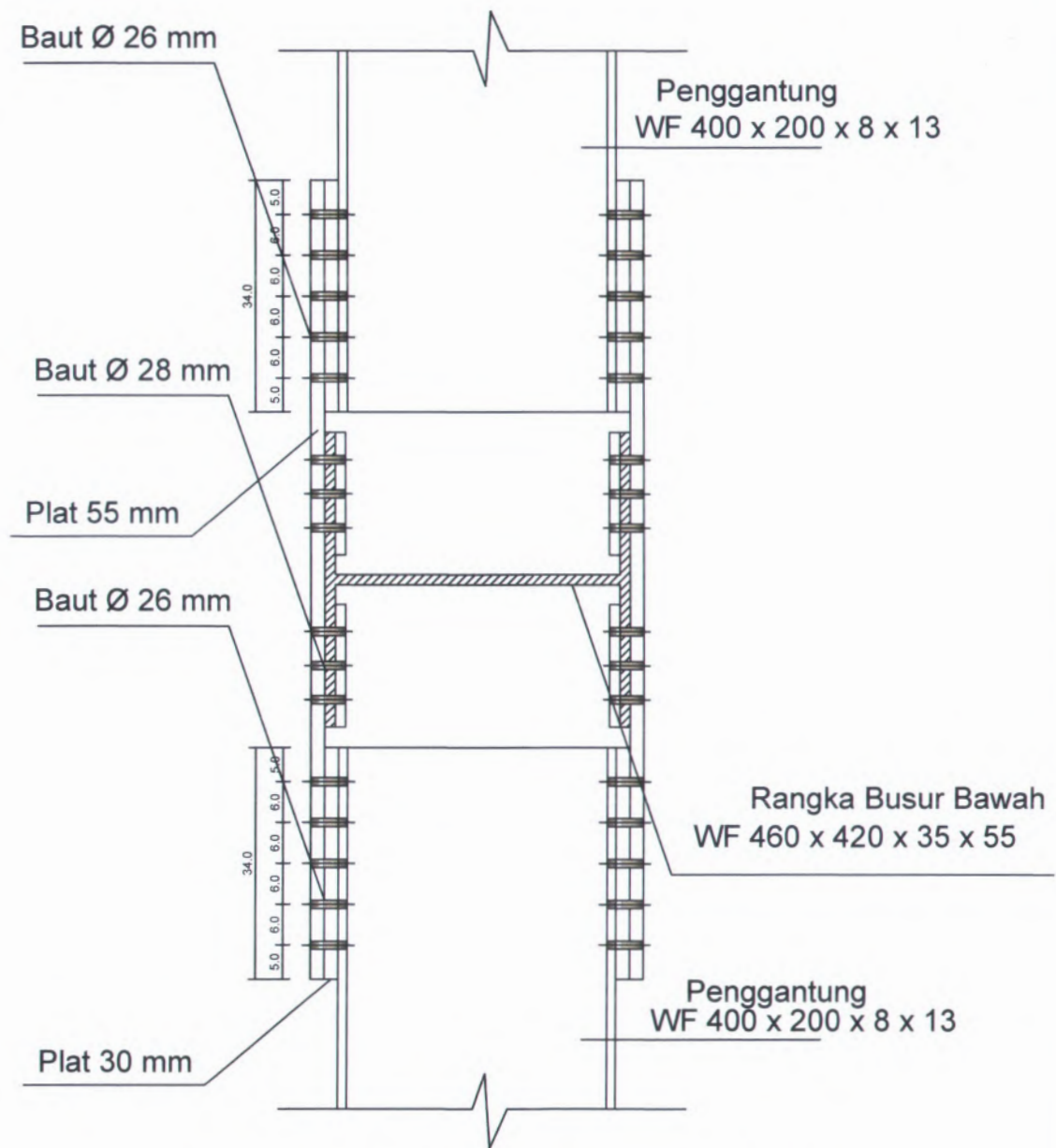
DETAIL E	1 : 10
----------	--------

NO. LBR	JML LBR
---------	---------

14

16





# SECTION - E/1

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION E/1

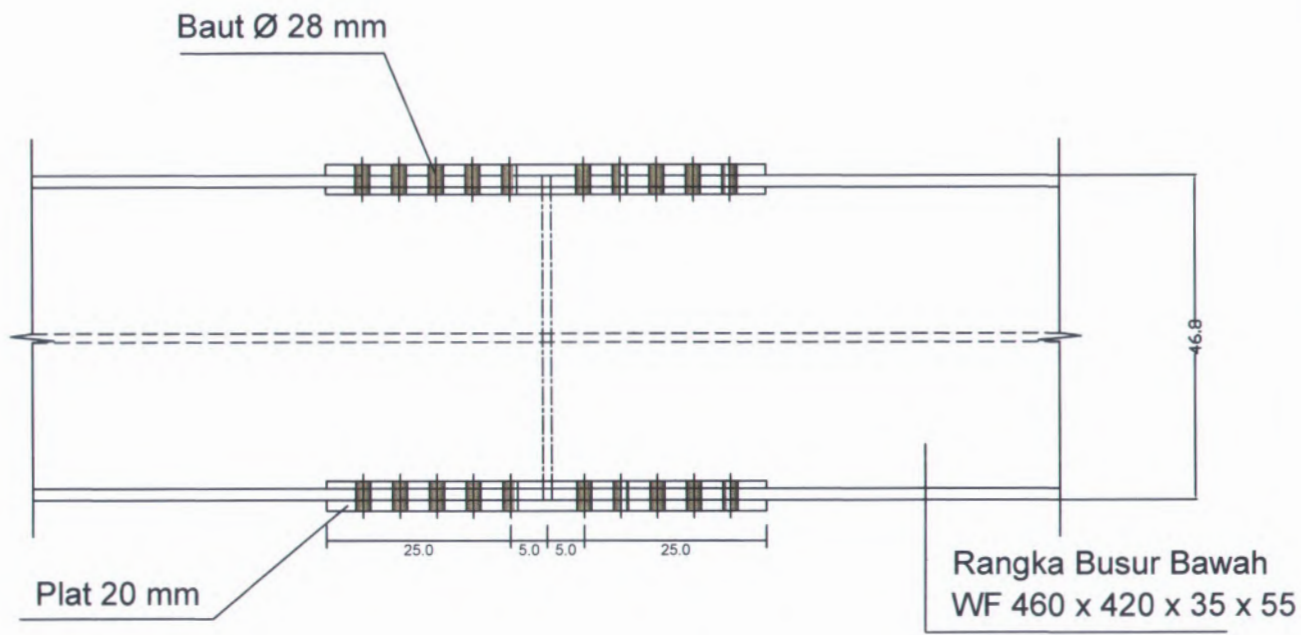
1 : 10

NO. LBR

JML LBR

15

16



# SECTION -E/2

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

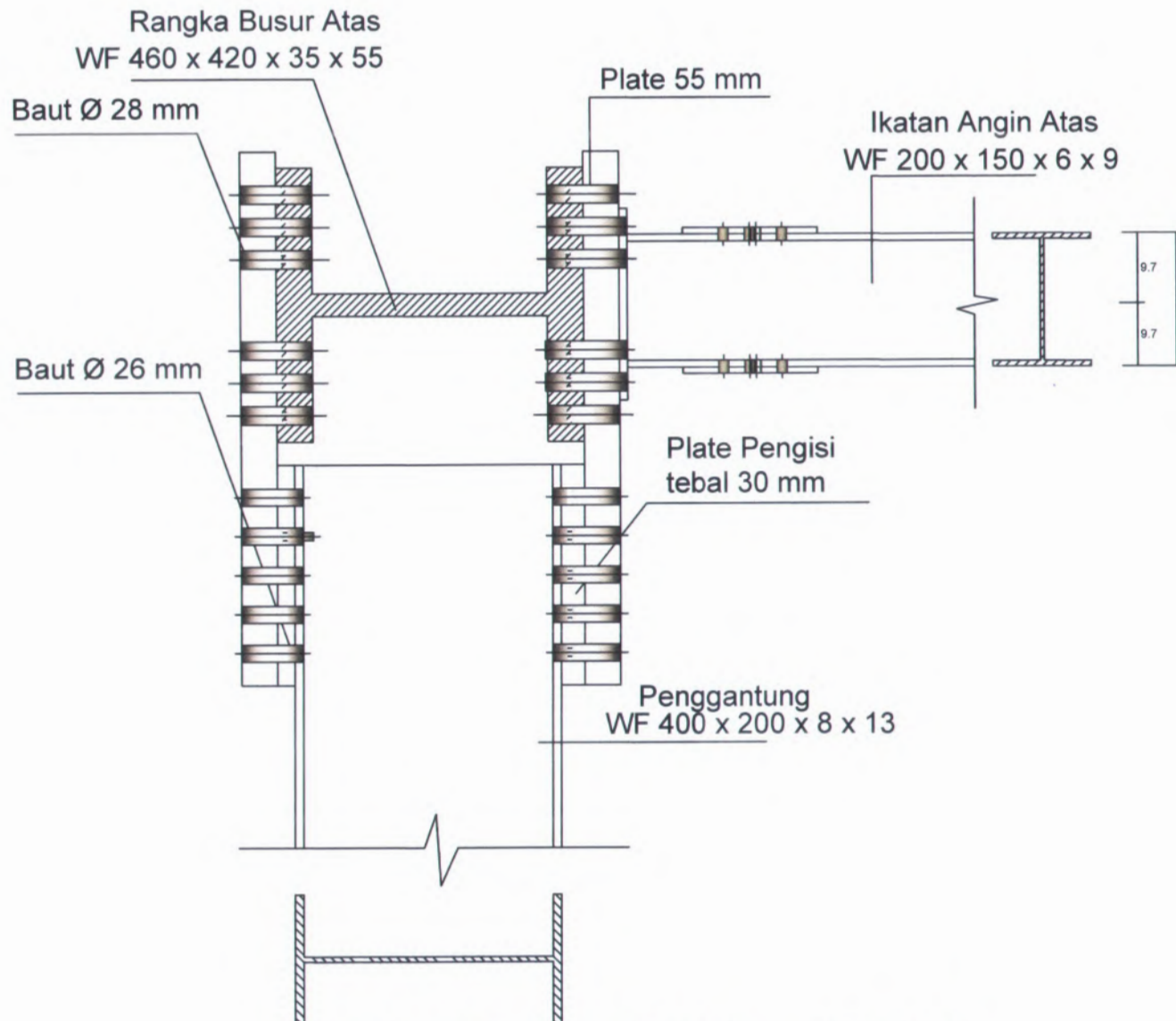
Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR	SKALA
SECTION E/2	1 : 10

NO. LBR	JML LBR
16	16



# SECTION - B/1

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

## JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

## DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

## DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

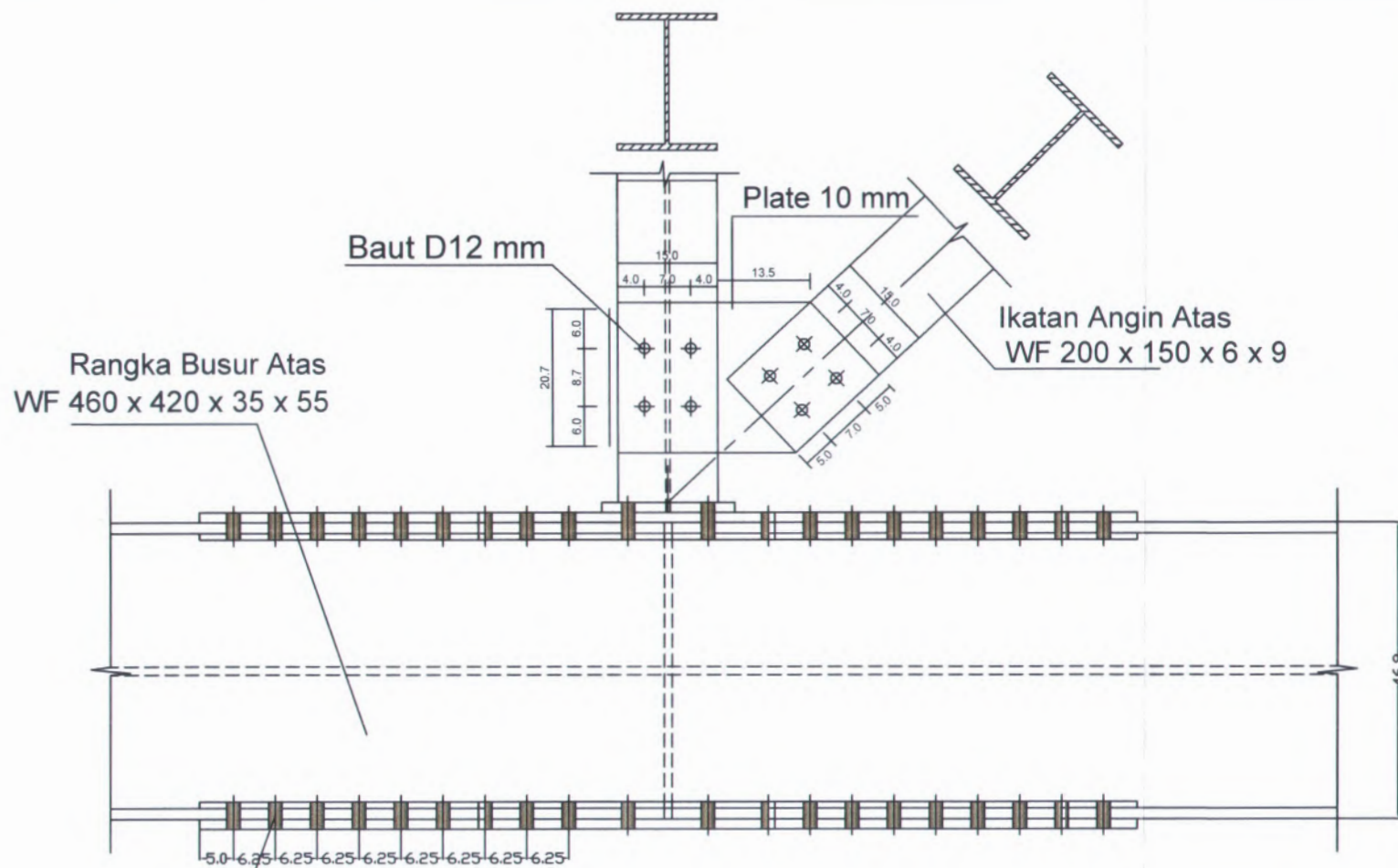
SECTION B/1

1 : 10

NO. LBR

JML LBR





# SECTION - B/2

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

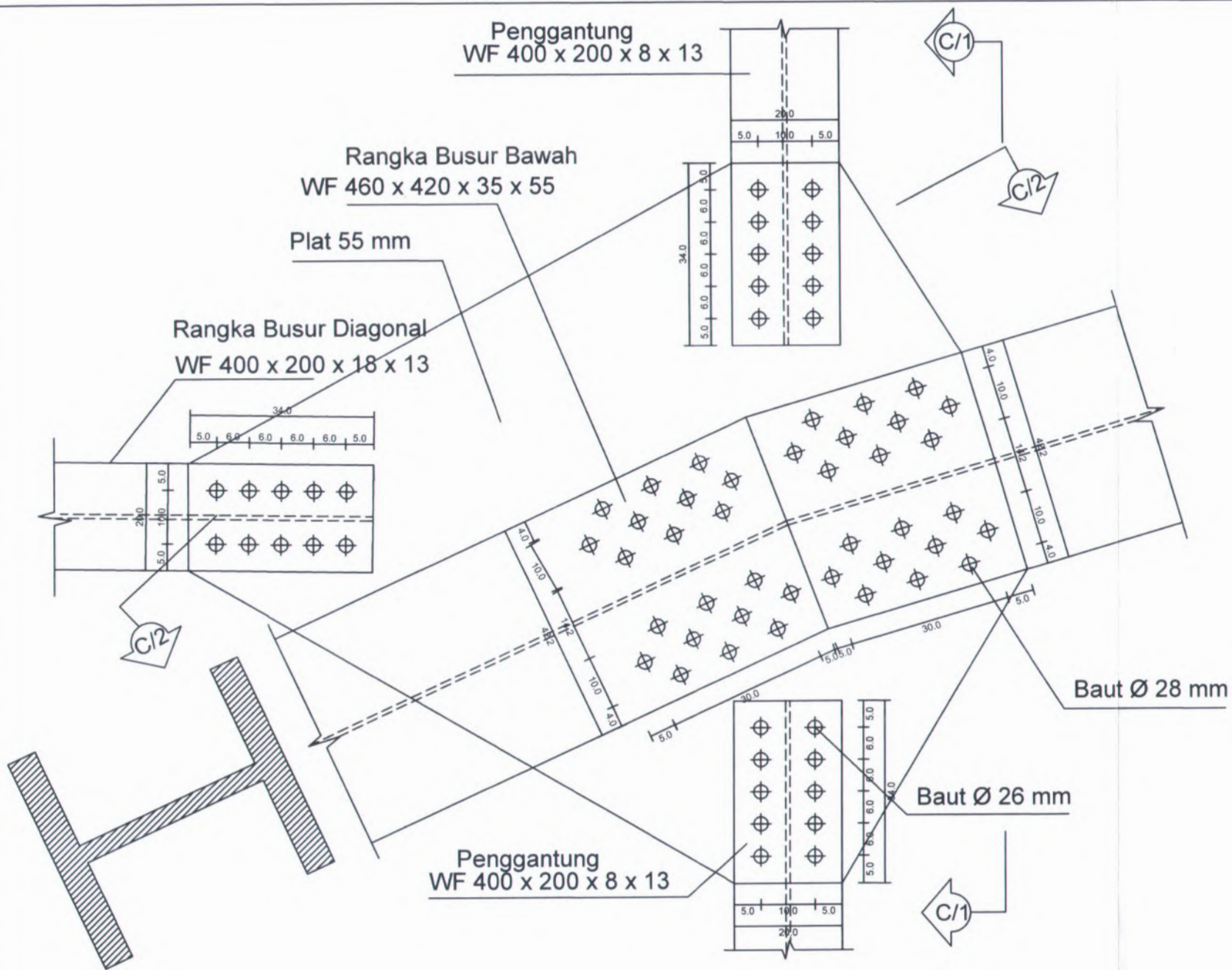
GAMBAR	SKALA
--------	-------

SECTION B/2	1 : 10
-------------	--------

NO. LBR	JML LBR
---------	---------

7	16
---	----





# DETAIL C

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

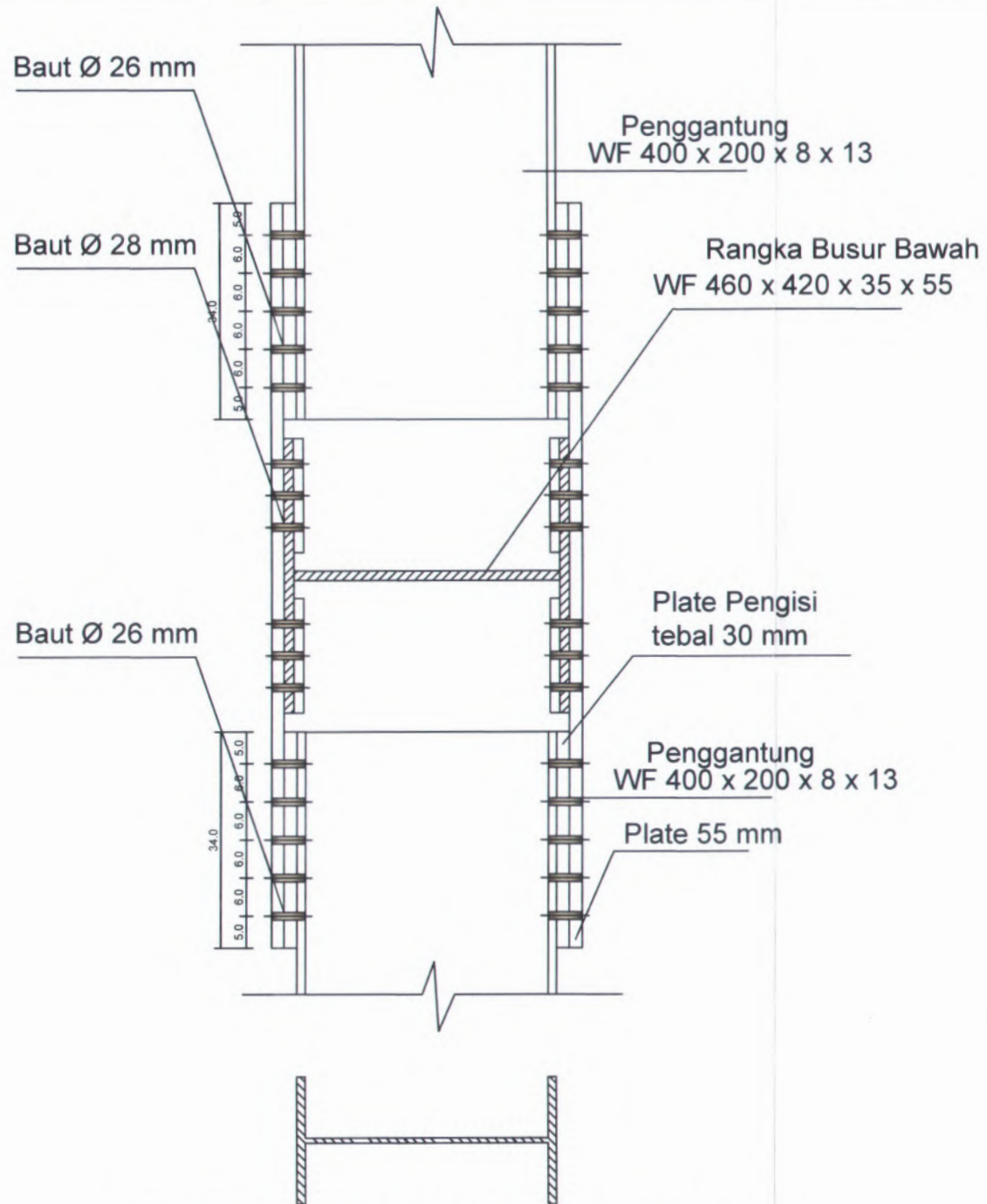
DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR	SKALA
--------	-------

DETAIL C	1 : 10
----------	--------

NO. LBR	JML LBR



# SECTION - C/1

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION C/1

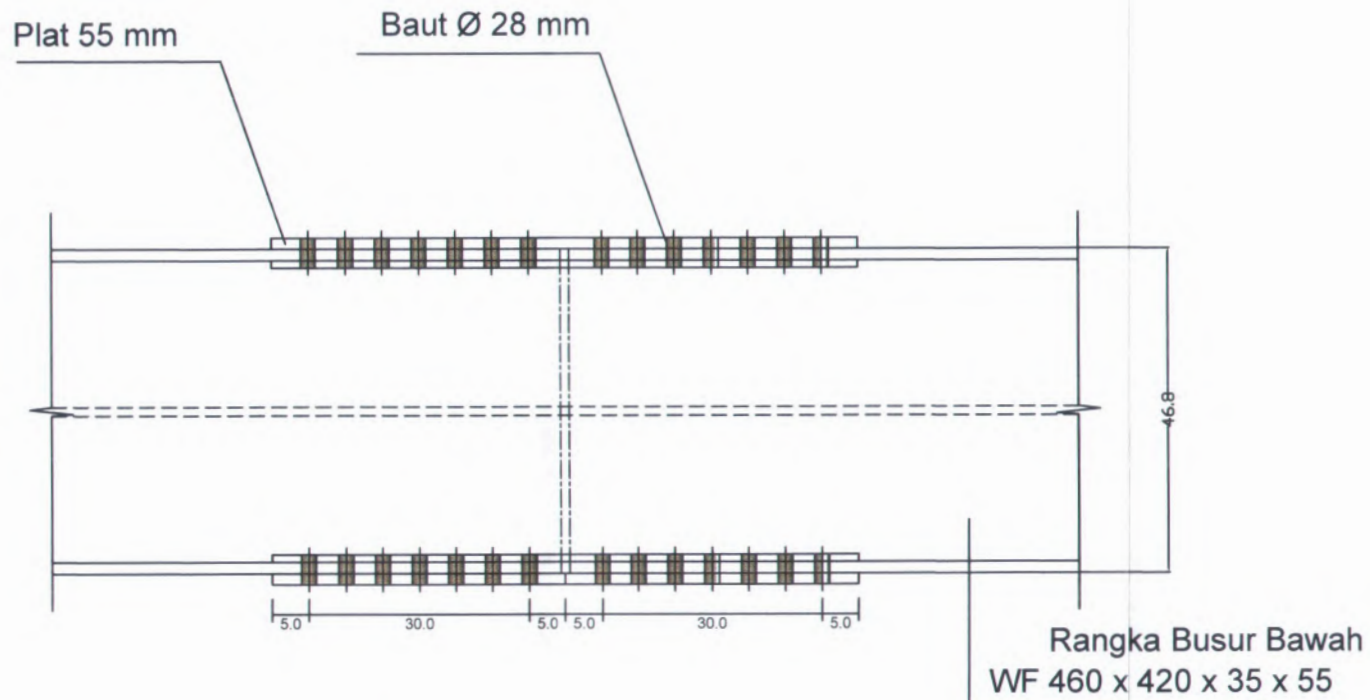
1 : 10

NO. LBR

JML LBR

9

16



# SECTION - C/2

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION C/2

1 : 10

NO. LBR

JML LBR





S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

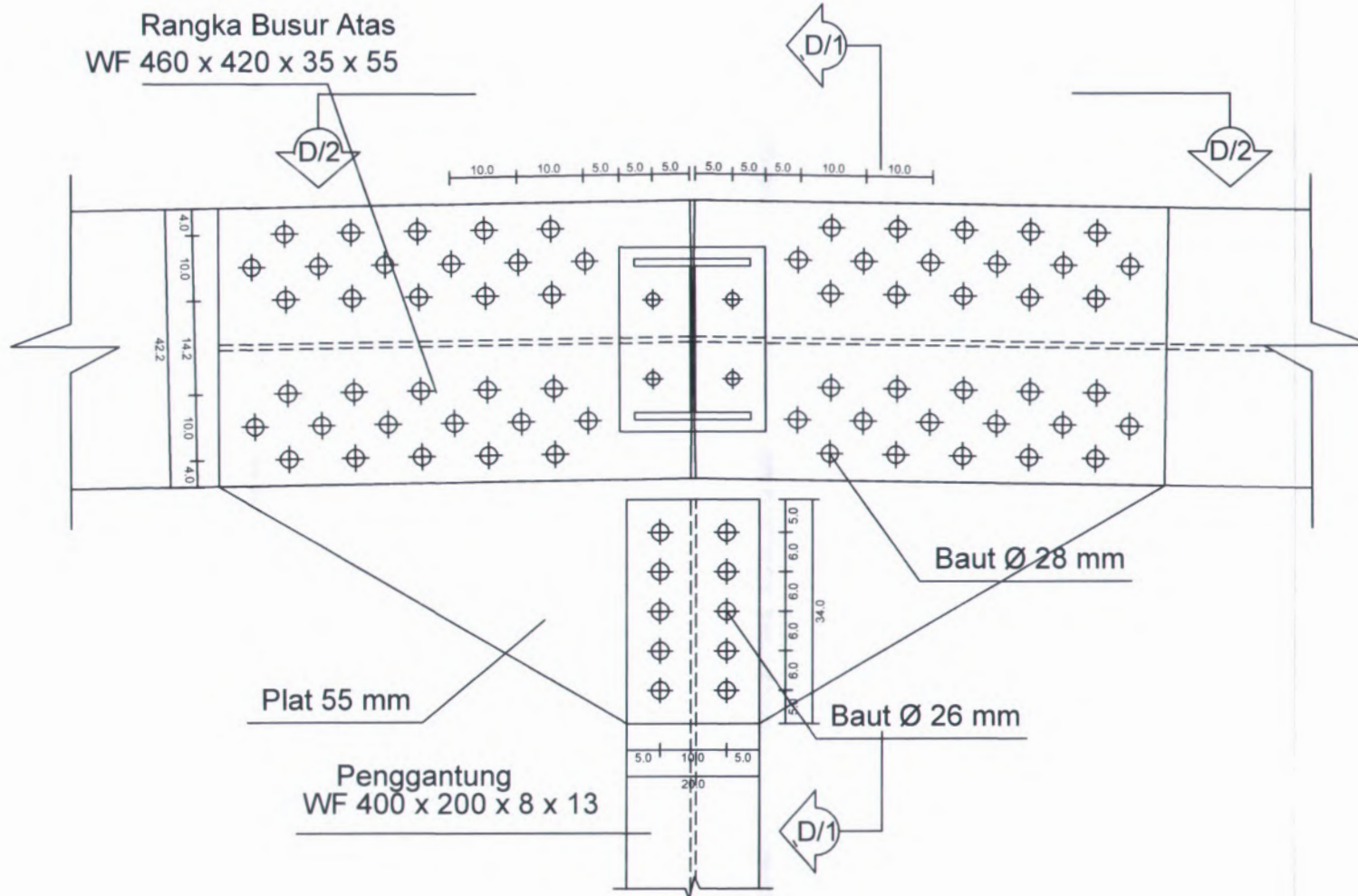
Nidya Ramadita Putri

GAMBAR	SKALA
--------	-------

DETAIL D	1 : 10
----------	--------

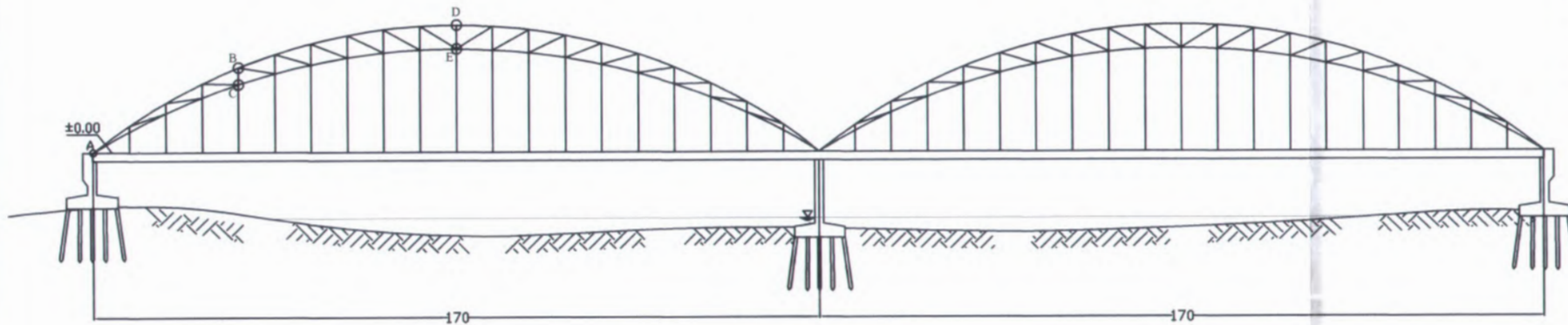
NO. LBR	JML LBR
---------	---------

11	16
----	----

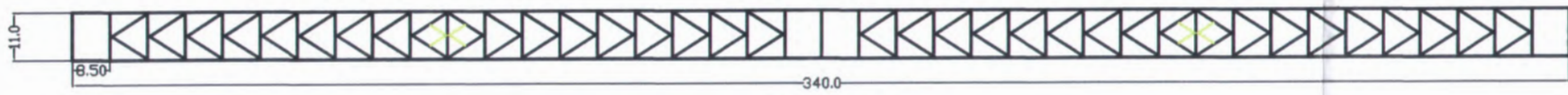


**DETAIL - D**

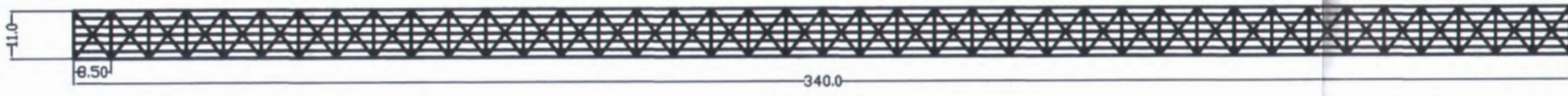




Tampak Menanjang



Ikatan Angin Atas



Ikatan Angin Bawah

S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

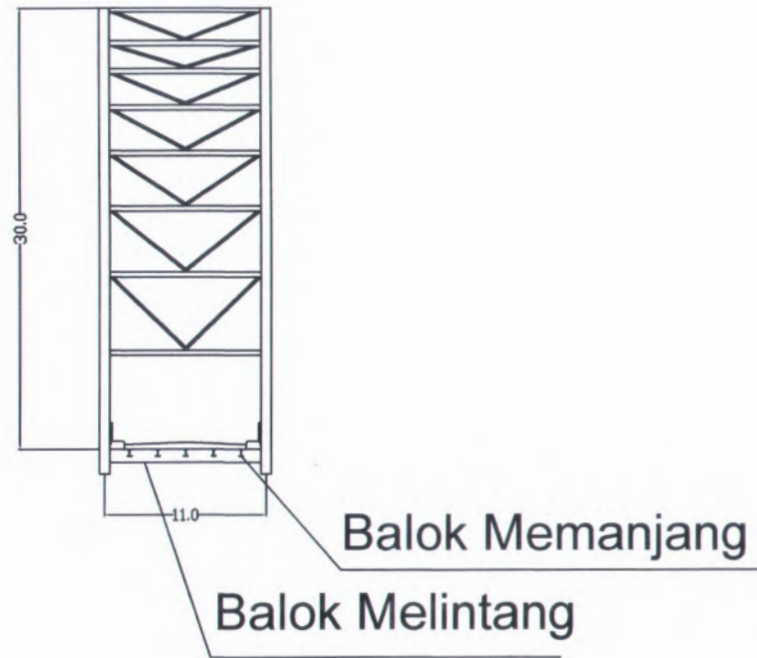
TAMPAK  
 MEMANJANG

NO. LBR

JML LBR

1

16



S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

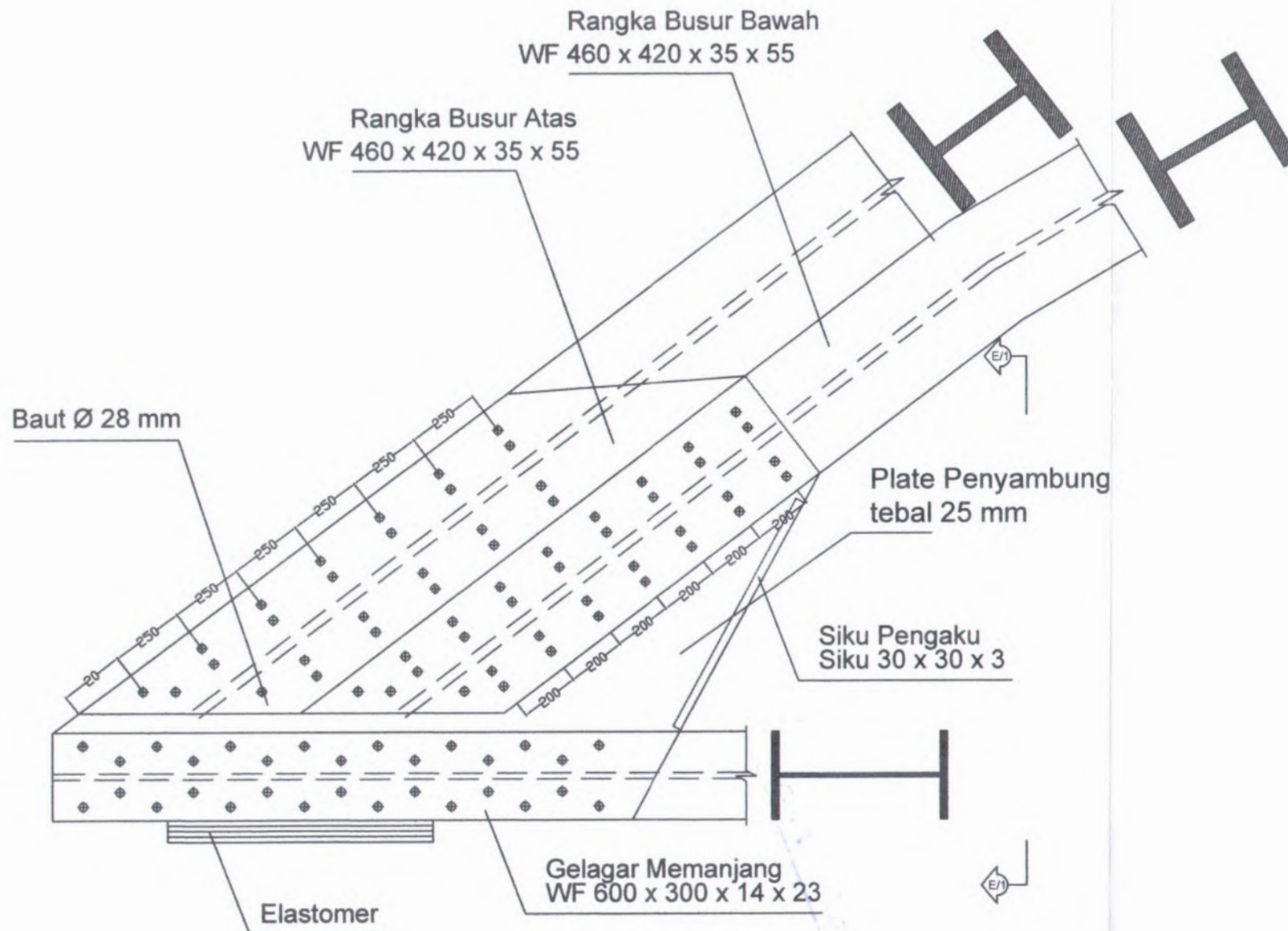
GAMBAR

SKALA

TAMPAK  
 Melintang

NO. LBR

JML LBR



S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

DETAIL A

1 : 20

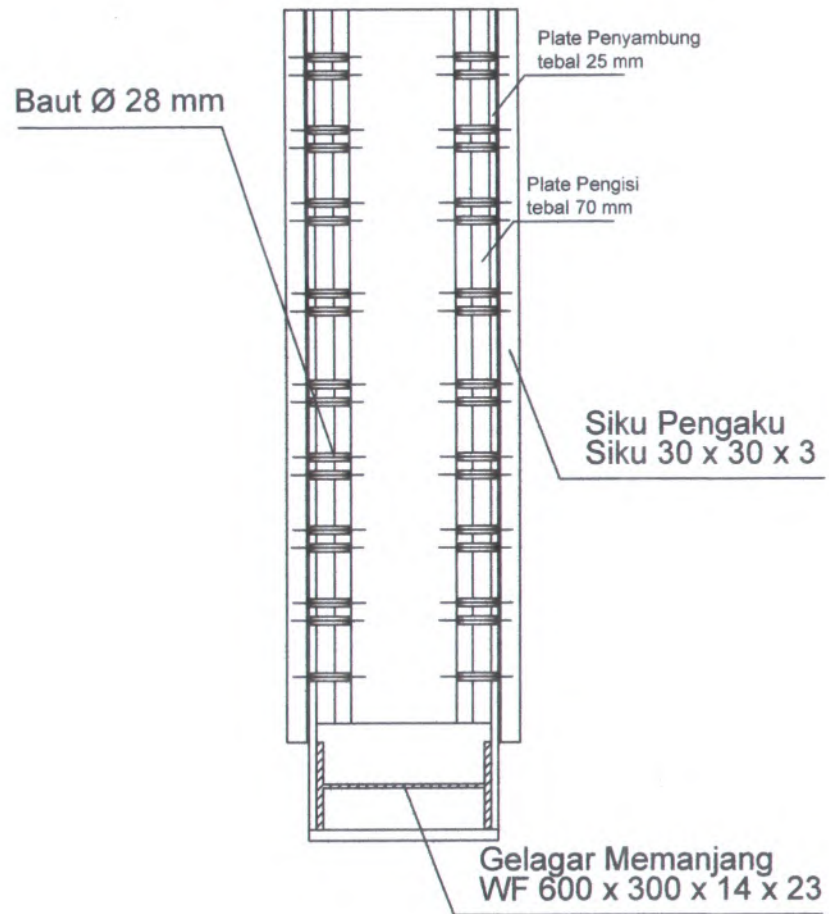
NO. LBR

JML LBR

2

10





S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

SECTION A/1

1 : 20

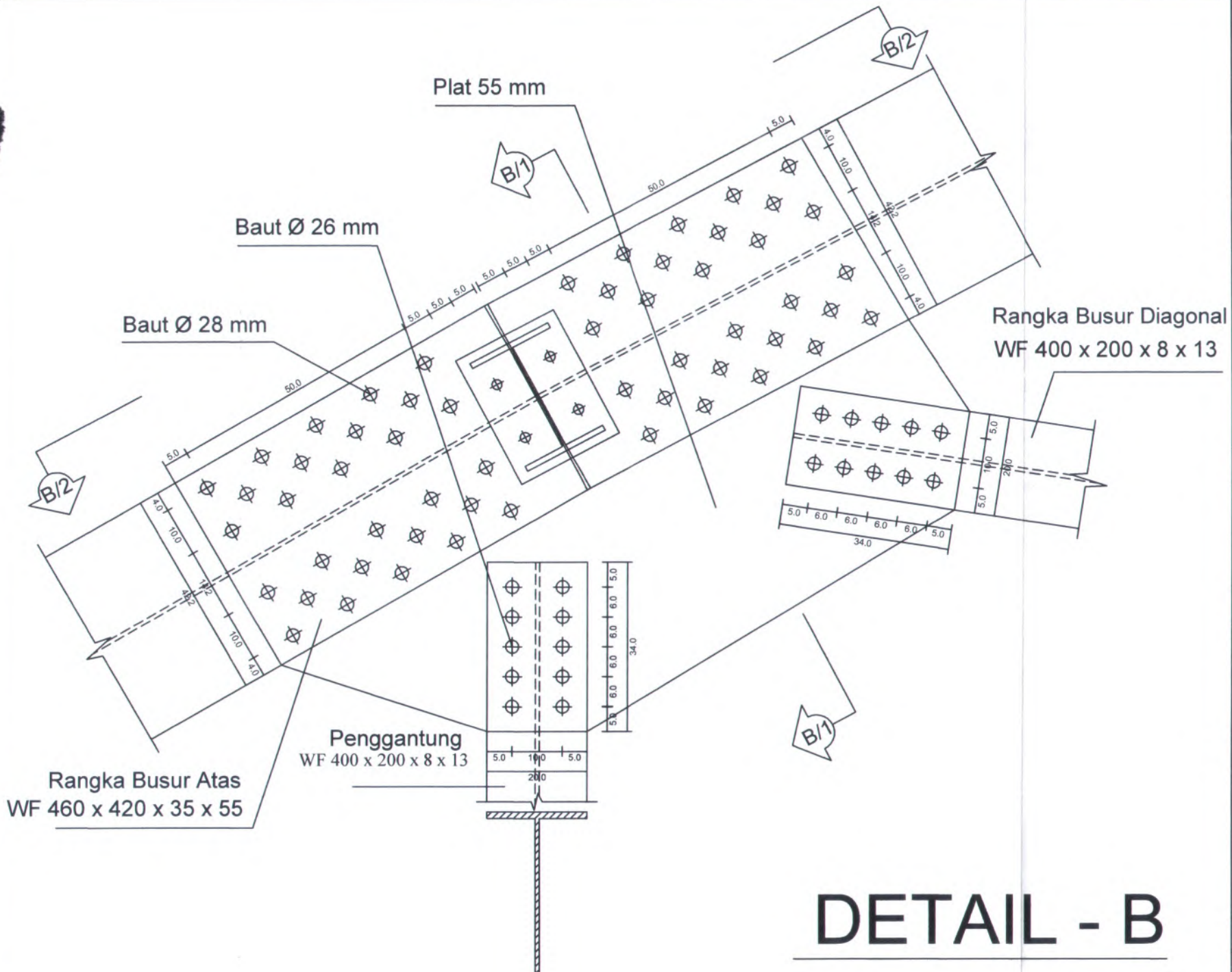
NO. LBR

JML LBR

4

16





S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN JEMBATAN BEDADUNG  
 DENGAN KONSTRUKSI BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. DJOKO UNTUNG

DIGAMBAR OLEH :

Nidya Ramadita Putri

GAMBAR

SKALA

DETAIL B

1 : 10

NO. LBR

JML LBR

**DETAIL - B**

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 10 Mei 1986, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK At Taubah Jakarta, SD Al Falah Surabaya, SMPN 6 Surabaya, dan SMAN 1 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN 1 tahun 2004, Penulis mengikuti SPMB dan diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2004 dan terdaftar dengan NRP. 3104100078.

Di jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil bidang studi struktur jembatan baja. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan pelatihan maupun seminar baik yang diselenggarakan oleh jurusan teknik sipil, Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil ataupun dari luar Institut

Phone : 085645649359

e-mail : c\_lenkq@yahoo.com