



TUGAS AKHIR RC14-5031

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN
TOL CISOMANG MENGGUNAKAN BUSUR BOX
BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH
(A HALF THROUGH ARCH)**

**DIMAS PERMANA SATRIYA PUTRA
NRP. 3115105019**

**Dosen Pembimbing 1
Dr.Ir.Hidayat Soegihardjo Masiran.,MS**

**Dosen Pembimbing 2
Prof.Tavio.,ST.,MT Ph.D**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN
TOL CISOMANG MENGGUNAKAN BUSUR BOX
BAJA DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH
(A HALF THROUGH ARCH)**

DIMAS PERMANA SATRIYA PUTRA
NRP. 3115105019

Dosen Pembimbing 1
Dr.Ir.Hidayat Soegihardjo Masiran.,MS

Dosen Pembimbing 2
Prof.Tavio.,ST.,MT Ph.D

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN TOL
CISOMANG MENGGUNAKAN BUSUR BOX BAJA
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH
(A HALF THROUGH ARCH)
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh:

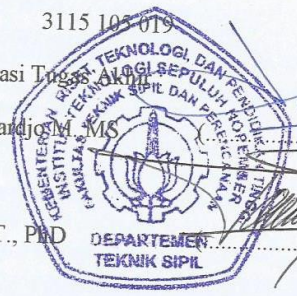
Dimas Permana Satriya Putra

3115 105 019

Disetujui Team Evaluasi Tugas Akhir

1. Dr. Hidayat Soegihardjono, MS (.....)

2. Prof. Tavio ST., MT., PhD (.....)



SURABAYA, JULI, 2017

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN TOL
CISOMANG MENGGUNAKAN BUSUR BOX BAJA
DENGAN LANTAI KENDARAAN DI TENGAH
(A HALF THROUGH ARCH)**

Nama Mahasiswa : Dimas Permana Satriya Putra
NRP : 3115105019
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen : Prof. Tavio.,ST.MT.Ph.D

ABSTRAK

ABSTRAK

Dalam perancangan dan perencanaan struktur jembatan, kekuatan struktural merupakan isu utama yang harus diperhatikan. Kekuatan struktural bisa menjadi tolok ukur seberapa layak jembatan dalam aplikasinya. Dalam perancangan jembatan, meliputi desain struktur atas yang harus memenuhi standar pemuatan jembatan (SNI T-02-2016), kode struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005), dan beton Kode struktur jembatan (RSNI T-12-2004).

Pada tugas akhir ini, struktur jembatan dirancang menggunakan tipe busur tipe busur tengah melalui sistem lengkung. Nama jembatan untuk disain adalah jembatan tol Cisomang. Jembatan yang ada menggunakan sistem struktur I-girder dan akan dimodifikasi dalam tugas akhir ini. Kelebihan penggunaan metode ini antara lain, strukturnya bisa mengurangi kebutuhan sejumlah pilar. Arsitektur dan estetika jembatan juga merupakan nilai penting dalam modifikasi jembatan.

Kata kunci: Jembatan lengkung(busur), gempa bumi, busur di tengah, bantalan pot bearing, struktur baja

**DESIGN OF MODIFICATION OF CISOMANG TOLL
BRIDGE STRUCTURE USING STEEL BOX STEEL
WITH INTERMEDIATE VEHICLE FLOOR
(A HALF THROUGH ARCH)**

Nama Mahasiswa : Dimas Permana Satriya Putra
NRP : 3115105019
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen : Prof. Tavio.,ST.MT.Ph.D

ABSTRAK

In the design and planning of the bridge structure, structural strength is the main issue to be considered. Structural strength can be a benchmark on how feasible the bridge in its application. In the design of the bridge, it covers the design of upper structure which has to comply the bridge's loading standard (SNI T-02-2016), the steel structure code for the bridge (RSNI T-03-2005), and the concrete structure code for the bridge (RSNI T-12-2004).

In this final project, the bridge structure is designed using the arc box steel type half through arch system. The bridge name for the design case is the Cisomang toll bridge. The existing bridge uses I-girder structural system and it will be modified in this final project. The advantages of using this method, among others, is that the structure can reduce the needs of numerous pillars. The architectural and aesthetics of the bridge is also an important value in the modification of the bridge.

Keywords: Arch Bridge, earthquake, half through arch, pot bearing pad, steel structure.

KATA PENGANTAR

Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak melihatnya. (QS. Al-Hadid:25)

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya, dan Yang telah menciptakan besi serta memberikan ilmu kepada umat manusia untuk mempelajari material besi yang bermanfaat untuk umat manusia. Laporan ini kami buat untuk memenuhi persyaratan sidang strata 1, dan bertujuan untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat semasa perkuliahan. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan dan motivasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada: 1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan nikmat berfikir agar penulis dapat menyelesaikan laporan ini. 2. Orang tua dan adik-adik yang memberi seluruh perhatian, semangat, mulai awal kuliah hingga lulus. 3. Dosen pembimbing Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo Masiran M.S. dan Prof Tawio S.T., MT., Ph.D. yang telah memberikan ilmu serta bimbingan selama penulisan tugas akhir ini. 4. Putri Nuliandini yang selalu memberi semangat dalam menghadapi perkuliahan. 5. Keluarga PNJ-ITS, keluarga seperantauan yang selalu semangat dalam menjalani perkuliahan dan Teman-teman lintas jalur 2015 genap yang bersama-sama menghadapi sulitnya kuliah.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Kami juga mohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam laporan ini.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Elemen – Elemen Struktur Jembatan Busur.....	6
2.3 Perletakan Jembatan	11
2.4 <i>Abutment</i> Jembatan	15
2.5 Pondasi	18
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Urutan Pengerjaan	21
3.2 Studi literatur.....	22
3.3 Data perencanaan	22
3.4 Preliminary desain.....	23
3.4.1 Merencanakan Rangka Utama Jembatan	29
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	35

4.1 Data Perencanaan Jembatan	35
4.1.1 Perhitungan pipa sandaran	38
4.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	42
4.3 Gelagar Memanjang	46
4.4 Gelagar Melintang.....	51
4.5 Perhitungan balok melintang sebagai komposit.....	57
4.6 Perencanaan ikatan angin	59
4.7 Perhitungan Struktur Utama Box Busur.....	63
4.8 Box Busur.....	89
4.9 Sagging Analys	126
4.10 Perencanaan Sambungan.....	129
sambungan box tarik dengan balok melintang.....	157
4.11 Desain Perletakan.....	157
BAB V PENUTUP.....	164
DAFTAR PUSTAKA	167

DAFTAR TABEL

Table 3.1 Koefisien	28
Table 3.2 kabel penggantung	67
Table 7.1 Perhitungan Kebutuhan Kabel Staging Analys..	128

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar 2.1</u> Elemen struktur jembatan busur.....	6
<u>Gambar 2.2</u> Tipe ” Deck Arch ”.....	7
<u>Gambar 2.3</u> Jogakura Ohashi Bridge di Jepang	7
<u>Gambar 2.4</u> Tipe “ Through Arch ”	7
<u>Gambar 2.5</u> Jembatan Martadipura dalam masa pembangunan	8
<u>Gambar 2.6</u> Tipe ” A Half – Through Arch “	8
<u>Gambar 2.7</u> Bayonne Bridge di Kota New York Amerika Serikat	9
<u>Gambar 2.8</u> Elastomer bearing pad	13
<u>Gambar 2.9</u> Pot.bearing.....	14
<u>Gambar 2.10</u> Spherical Bearings.....	15
<u>Gambar 2.11</u> Special Bearings	16
<u>Gambar 2.12</u> <i>Abutment</i> Tipe Gravitasi (civeng, 2015)	17
<u>Gambar 2.13</u> <i>Abutment</i> Tipe T Terbalik (civeng, 2015)	18
<u>Gambar 2.14</u> <i>Abutment</i> tipe dengan Penopang	19
<u>Gambar 3.1</u> Diagram Alir	22
<u>Gambar 3.2</u> Menentukan Tinggi Busur (Irawan,2007)	24
<u>Gambar 3.3</u> Ilustrasi Beban Hidup Truck SNI 1725:2016.....	26
<u>Gambar 3.4</u> Faktor panjang efektif	30
<u>Gambar 4.1</u> Gaya yang bekerja pada kerb	36
<u>Gambar 4.2</u> Profil Pipe.....	38
<u>Gambar 4.3</u> Balok memanjang dan pelat lantai	42
<u>Gambar 4.4</u> Posisi perletakan balok.....	43
<u>Gambar 4.5</u> Grafik load factor	44
<u>Gambar 4.6</u> Beban roda.....	46
<u>Gambar 4.7</u> Perletakan balok memanjang.....	46
<u>Gambar 4.8</u> Pembebanan beban Q dan P	48

<u>Gambar 4.9</u> Pembebanan beban Q dan P	50
<u>Gambar 4.10</u> Pembebanan balok melintang.....	51
<u>Gambar 4.11</u> Beban sesudah komposit	53
<u>Gambar 4.12</u> Beban akibat beban T	54
<u>Gambar 4.13</u> Perhitungan balok komposit.....	57
<u>Gambar 4.14</u> Perletakan stud connector.....	59
<u>Gambar 4.15</u> Potongan memanjang modifikasi jembatan Cisomang	66
<u>Gambar 4.16</u> Pemodelan pembebanan SAP 2000.....	71
<u>Gambar 4.17</u> <i>Tension Rod</i> Macalloy 520, Carbon steel	74
<u>Gambar 4.18</u> Tegangan kabel saat kondisi semua terpasang ...	75
<u>Gambar 4.19</u> Tegangan kabel saat kondisi putus 1	75
<u>Gambar 4.20</u> Grafik gaya rem.....	81
<u>Gambar 4.21</u> Jogakura Ohashi Bridge di Jepang	70
<u>Gambar 4.16</u> Pemodelan pembebanan SAP 2000.....	71
<u>Gambar 4.17</u> <i>Tension Rod</i> Macalloy 520, Carbon steel	74
<u>Gambar 4.18</u> Tegangan kabel saat kondisi semua terpasang ...	75
<u>Gambar 4.19</u> Tegangan kabel saat kondisi putus 1	75
<u>Gambar 4.20</u> Grafik gaya rem.....	81
<u>Gambar 4.21</u> Pemetaan gempa di Indonesia Cisomang Purwakarta (puskim.pu.go.id).	83
<u>Gambar 4.22</u> Hasil Input Grafik Koefisien Geser Dasar (C) vs periode getar.....	84
<u>Gambar 4.23</u> Grafik Output Response Spectrum yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Jembatan	84
<u>Gambar 4.24</u> Tabel modifikasi respon	85
<u>Gambar 4.25</u> Kombinasi pembebanan	85
<u>Gambar 4.26</u> Keterangan pembebanan kombinasi.....	86

<u>Gambar 4.27</u> Output beban kombinasi gempa dari SAP 2000	86
<u>Gambar 4.28</u> Beban kombinasi gempa dari SAP 2000.....	87
<u>Gambar 4.29</u> penampang box busur tarik	100
<u>Gambar 4.30</u> Posisi pemyangga pada jembatan dari SAP 2000	106
<u>Gambar 4.31</u> Ikatan Angin pada Portal Akhir.....	112
<u>Gambar 4.32</u> Analisa struktur pada SAP 2000.....	119
<u>Gambar 4.33</u> Hasil analisa elemen struktur pada SAP 2000	119
<u>Gambar 4.34</u> Konstruksi kolom Penyangga pada jembatan.....	120
<u>Gambar 4.35</u> Penampang Box Busur Tarik	121
<u>Gambar 4.36</u> Staging stage 1.....	126
<u>Gambar 4.37</u> Staging stage 2.....	126
<u>Gambar 4.38</u> Staging stage 3.....	127
<u>Gambar 4.39</u> Staging stage 4.....	127
<u>Gambar 4.40</u> Staging stage 5.....	128
<u>Gambar 4.41</u> Staging stage 6.....	128
<u>Gambar 4.42</u> Staging stage 7.....	128
<u>Gambar 4.43</u> Staging stage 8.....	129
<u>Gambar 4.44</u> Staging stage 9.....	129
<u>Gambar 4.45</u> Pemasangan Sambungan pada Gelagar Memanjang dan Melintang	137
<u>Gambar 4.46</u> Perhitungan kolom portal akhir	141
<u>Gambar 4.47</u> Simpul Ikatan Angin pada Portal Akhir	141
<u>Gambar 4.48</u> Sambungan hanger	148
<u>Gambar 4.49</u> Sambungan ikatan angina bawah	152
<u>Gambar 4.50</u> Sambungan ikatan silang.....	154
<u>Gambar 4.51</u> Sambungan box busur	158

<u>Gambar 4.52</u> Sambungan box tarik dengan balok melintang	160
<u>Gambar 4.53</u> Denah Penempatan Posisi Pot Bearing jembatan cisomang	161
<u>Gambar 4.54</u> Type Perletakan Unidirectional	162
<u>Gambar 4.55</u> Tampak Atas Unidirectional Pot Bearing ..	163
<u>Gambar 4.56</u> Type Perletakan Multidirectional	164
<u>Gambar 4.57</u> Tampak atas multidirectional pot bearing ..	165
<u>Gambar 4.58</u> Type Perletakan Fixed	166

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan jalan tol Cisomang yang terletak di Desa Cisomang, Kecamatan Darang Kabupaten Purwakarta Jawa Barat, yang menghubungkan jalan Kota Bandung dan Kota Jakarta yang berada di sisi kanan Jembatan KA Cisomang. Jembatan ini dimana mempunyai lebar 12 meter dengan panjang 252 meter dan ketinggian 42 meter diatas tanah, dengan struktur jembatan yang terbuat balok girder (*I Girder*) dan pilar jembatan yang terbuat beton memiliki ukuran serta bentang yang berbeda. Jembatan ini merupakan akses menuju kota ke pusat kota dan perkantoran, sehingga diperlukan jembatan yang lebih kokoh agar dapat dilalui lebih banyak kendaraan, sehingga dapat meningkatkan pelayanan jalan dan mempermudah akses kota. Pemilihan jembatan sistem busur lantai kendaraan di tengah (*A-Half through arch*) baja karena kontruksi busur baja dapat digunakan untuk rentang bentang jembatan antara 60 – 250 meter (*Bayzoni*) serta dapat mengurangi momen lentur di lapangan akibat gaya aksial dan gaya normal pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel. (Yumna Cici Olyvia)

Manfaat lain dari struktur busur yaitu dapat menghilangkan kebutuhan pilar jembatan yang berada disungai/tebing, selain itu jembatan busur juga memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya karena memberikan kesan lebih indah dari beton. Dalam penulisan proposal tugas akhir ini akan direncanakan jembatan busur dengan lantai kendaraan di tengah (*A-Half Through Arch*). Pertimbangan untuk memilih lantai kendaraan di di tengah yaitu karena kondisi yang curam dan kondisi tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok ialah bagaimana merencanakan struktur Jembatan tol cisomang dengan sistem busur baja. Adapun detail/rincian permasalahannya ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain lay out awal struktur ?
2. Bagaimana asumsi pembebanan yang terjadi pada bagian-bagian jembatan ?
3. Bagaimana menentukan profil rangka busur ?
4. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur jembatan ?
5. Bagaimana mengontrol desain profil terhadap kekuatan dan kestabilan struktur?
6. Bagaimana penggambaran teknik jembatan dan bagian-bagiannya hasil dari perhitungan dan desain struktur?

1.3 Tujuan

Tujuan perencanaan struktur Jembatan cisomang dengan sistem busur baja adalah dapat direncanakan struktur jembatan yang kuat menahan beban yang bekerja pada jembatan dalam bentang panjang. Sedangkan tujuan secara khusus adalah :

1. Membuat lay out awal struktur tersebut.
2. Menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan untuk struktur jembatan tersebut.
3. Menentukan profil rangka busur.
4. Menentukan gaya-gaya dalam pada struktur.
5. Mengontrol desain profil terhadap kekuatan dan kestabilan struktur.
6. Melakukan visualisasi desain dalam bentuk gambar jembatan sesuai dengan syarat-syarat teknik.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang dibahas tugas akhir, maka diperlukan pembatasan masalah di antaranya :

1. Perencanaan hanya ditinjau dari aspek teknis saja dan tidak dilakukan analisa dari segi biaya maupun waktu.
2. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan dan memenuhi.
3. Tidak memperhitungkan kondisi beban pada waktu pelaksanaan.
4. Tidak meninjau aspek metode pelaksanaan
5. Perencanaan ini hanya membahas struktur atas saja
6. Analisa Pengerjaan di bantu dengan program SAP 2000

1.5 Manfaat

Sebagai solusi untuk memperkuat struktur jembatan dan menghilangkan pondasi sebanyak 4 buah untuk struktur yang lebih kokoh serta mengetahui perencanaan jembatan menggunakan rangka busur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Definisi jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain(jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Sehingga memungkinkan kendaraan, seperti kereta api maupun pejalan kaki dan lalu lintas lainnya untuk melintas dengan lancar dan aman.

Bab ini membahas perencanaan modifikasi struktur atas dan bawah Jembatan sehingga didapat perhitungan dan hasil perencanaan. Jembatan dapat dibagi-bagi dalam golongan-golongan seperti berikut:

1. Jembatan-jembatan Tetap
2. Jembatan-jembatan dapat digerakkan

Kedua golongan dipergunakan untuk lalulintas kereta api dan lalu lintas biasa.

Golongan 1 dibagi-bagi dalam:

- Jembatan Kayu
- Jembatan Baja
 - Jembatan yang sederhana
 - Jembatan-jembatan gelagar kembar
 - Jembatan palengkung/Busur
 - Jembatan gantung
- Jembatan dari beton bertulang
- Jembatan Batu

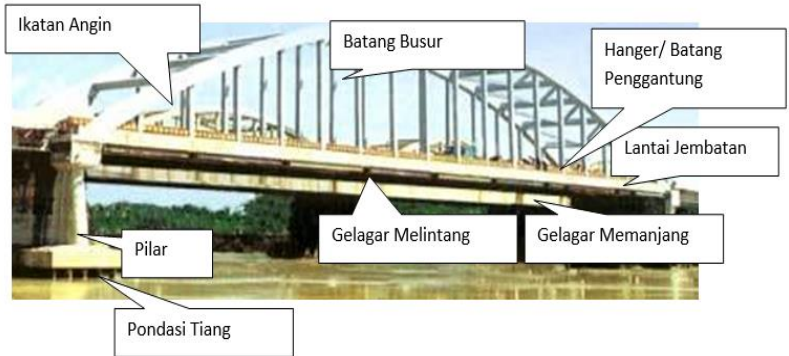
Golongan 2 dibagi-bagi dalam:

- Jembatan-jembatan angkat
- Jembatan-jembatan baskul
- Jembatan lipat strauss
- Jembatan angkat
- Jembatan berroda
- Jembatan gojah atau ponts transbordeur

Pada Jembatan jalan tol Cisomang di Desa Cisomang akan dimodifikasi dengan menggunakan system rangka

busur baja. Pada modifikasi ini jembatan direncanakan dengan bentang sepanjang 200 meter dan direncanakan lantai kendaraan diatas, karena melihat fungsi sebagai penghubung antar wilayah yang melintasi sungaidan tebing curam, sehingga pangkal busur tidak akan mengenai Muka Air Banjir.

2.2 Elemen – Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur



Gambar 2.1 Elemen struktur jembatan busur

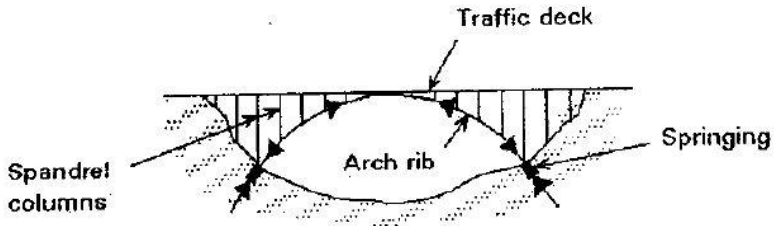
2.2.1 Struktur Primer

2.2.1.1 Deck Girder atau Lantai Jembatan

Berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan yang menahan langsung beban lalu lintas yang melewati jembatan itu. Komponen ini merupakan komponen yang menahan suatu beban yang langsung dan ditransferkan secara merata keseluruh lantai. Berdasarkan 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.



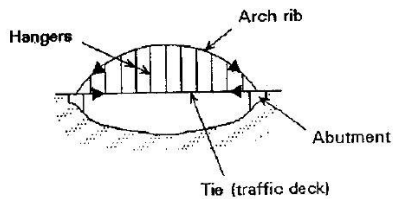
Gambar 2.2 Tipe ” Deck Arch ”



Gambar 2.3 Jogakura Ohashi Bridge di Jepang

➤ *Through Arch*

Merupakan jenis lainnya, dimana letak lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya.



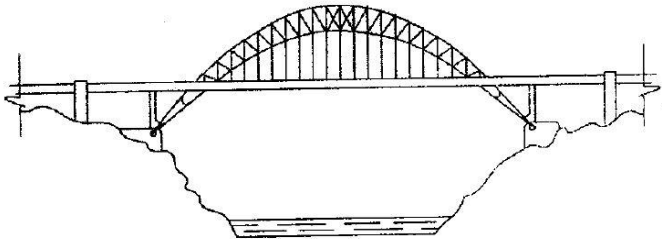
Gambar 2.4 Tipe “ Through Arch ”



Gambar 2.5 Jembatan Martadipura dalam masa pembangunan

➤ *A Half – Through Arch*

Dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah.



Gambar 2.6 Tipe ” A Half – Through Arch “



Gambar 2.7 Bayonne Bridge di Kota New York Amerika Serikat

2.2.1.2 Batang Lengkung

Merupakan bagian dari struktur yang penting sekali, karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Dan bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal/ tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan.

2.2.1.3 Gelagar Memanjang

Komponen ini merupakan suatu bagian struktur yang menahan beban langsung dari pelat lantai kendaraan yang letaknya memanjang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.

2.2.1.4 Gelagar Melintang

Komponen ini berfungsi mengikat beberapa balok(Gelagar memanjang) agar menjadi suatu kesatuan supaya tidak terjadi pergeseran antar gelagar induk(Gelagar memanjang), komponen ini letaknya melintang arah jembatan yang mengikat balok-balok gelagar induk (Gelagar Memanjang).

2.2.1.5 Batang Penggantung/ Hanger

Komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur.

2.2.2 Struktur Sekunder

2.2.2.1 Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada bangunan atas.

2.2.2.2 Ikatan Rem

Ikatan rem berfungsi untuk memikul gaya rem yang bekerja pada lantai kendaraan.

2.2.2.3 Sambungan

konstruksi terdiri dari beberapa bagian, yang mana bagian yang satu dengan yang lain akan dihubungkan. Salah satu cara untuk menghubungkan suku bagian bagian tersebut adalah dengan cara memberikan sambungan

Macam-macam sambungan:

1. Sambungan Keling

Sambungan keling adalah sambungan yang digunakan untuk menyambung plat dan batang profil. Untuk membuat sambungan ini digunakan paku keling yang dibuat di pabrik khusus dengan kepala terpasang yang dilantak.

2. Sambungan Baut

alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali. Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitu sebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak \ atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain

3. Sambungan Las

Mengelas adalah menyambung dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu lebur dengan memakai bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi. Sistem sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap dimana pada konstruksi dan alat permesinan

- Beberapa kelebihan sambungan yang menggunakan las :
 - - Konstruksi sambungan memiliki bentuk lebih rapi.
 - - Konstruksi baja dengan sambungan las memiliki berat lebih ringan, hanya berkisar 1 – 1,5% dari berat konstruksi, sedang dengan paku keling / baut berkisar 2,5 – 4% dari berat konstruksi.
 - - Pengerjaan konstruksi relatif lebih cepat (tidak perlu membuat lubang-lubang baut, - tak perlu memasang potongan baja siku / pelat penyambung, dan sebagainya).
 - Luas penampang batang baja tetap utuh karena tidak dilubangi, sehingga kekuatannya utuh.

2.2.2.4 Perletakan

Komponen ini terletak menumpu pada abutmen dan pilar yang berfungsi menyalurkan semua beban langsung jembatan ke abutmen dan diteruskan ke bagian pondasi.

2.3 Perletakan Jembatan

2.3.1 Bearing pad

Bearing adalah komponen yang menghubungkan struktur dengan penopangnya dan harus mampu mengakomodasi deformasi, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Meneruskan gaya vertical
- Mengakomodasi pergerakan horizontal

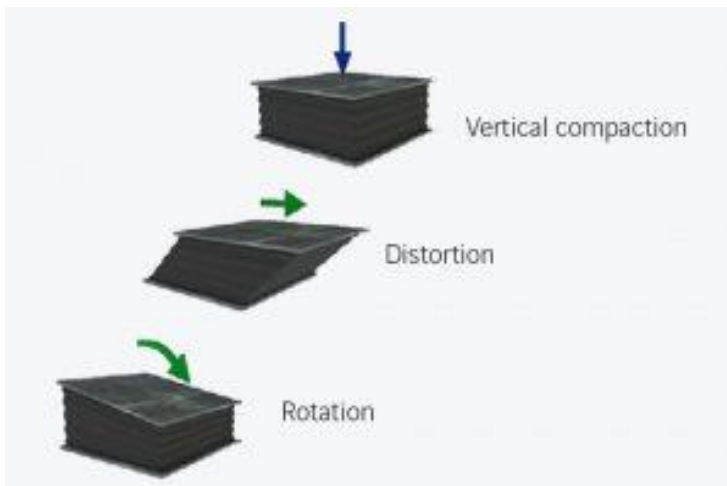
- Mengakomodasi rotasi pada struktur ke semua arah
- Meneruskan gaya horizontal (tergantung desain)

Bearing juga bisa didesain dan dilengkapi dengan alat geser/ sliding equipment yang melayani pergerakan besar pada struktur yang dipasang. Pergerakan horisontal ini bisa dibuat terkunci pada satu atau dua sumbu.

Tipe-tipe bearing:

A. Elastomeric Bearings

Adalah jenis bearing yang memiliki lapisan elastomer dengan perkuatan plat baja yang divulkanisasi didalamnya. Jenis bearing ini memiliki kelebihan pada daya tahan, kehandalan, bebas pemeliharaan, beratnya yang ringan, dimensinya yang kecil dan kemudahan pemasangannya.



Gambar 2.8 Elastomer bearing pad

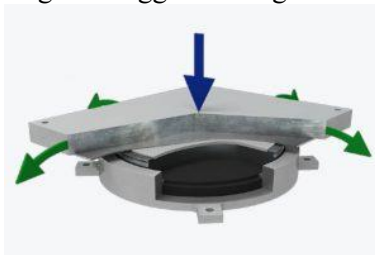
Bearing jenis ini juga dapat digunakan pada bangunan sebagai alat redaman getaran untuk isolasi gempa (mereduksi percepatan pada saat gempa).

Freyssinet mendesain, membuat dan memasarkan bearing dengan standar internasional seperti BS, AASHTO, EN, AS, dan lain-lain dan juga mampu untuk mengakomodasi kebutuhan desain bearing yang lebih spesifik.

Freyssinet juga membuat dan memasarkan elastomer bearing tipe lainnya seperti bearing tipe polos dan rubber sheet atau bearing yang dilengkapi dengan dowel.

B. Tetron CD Pot Bearings

Bearing ini dikembangkan oleh Freyssinet sejak 1960, terdiri dari lingkaran elastomer yang diletakkan pada sebuah ruang silinder, dibatasi oleh rongga antara pot dan piston. Elastomer berperilaku seperti cairan yang tidak dapat ditekan, dapat meneruskan beban yang sangat tinggi dan berotasi. Bearing ini dapat dibuat menjadi “multi-directional” dengan menggunakan plat geser atau menjadi “uni-directional” dengan menggunakan “guide”.



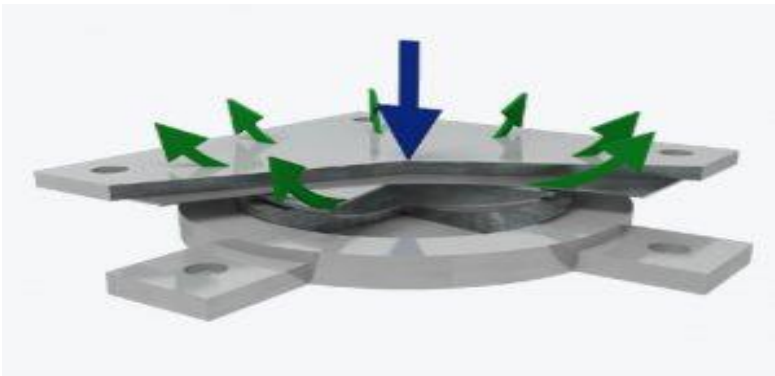
Gambar 2.9 pot.bearing

Kelebihan **Tetron CD Pot Bearings**

- Meneruskan beban vertical dari yang kecil sampai beban yang besar
- Meneruskan gaya vertical dan horisontal pada dimensi yang kecil
- Memiliki kapasitas untuk pergerakan besar pada satu atau dua arah horisontal dengan koefisien gesek yang kecil dan tanpa gaya elastis.
- Memiliki rentang rotasi yang besar ke semua sumbu horisontal dengan momen yang kecil
- Memiliki daya tahan yang besar pada beban dinamik.

C. Spherical Bearings

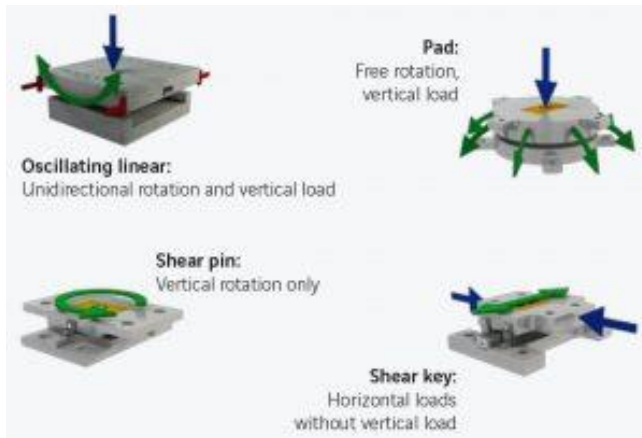
Tipe spherical bearing mampu menahan beban vertikal yang besar dan mengakomodasi rotasi (sampai 50 mrad). Tidak memiliki elastomer pada komponennya, rotasi terjadi pada permukaan spherical dengan kontak antara material gesek dan permukaan “chrome steel”



Gambar 2.10 Spherical Bearings

D. Special Bearings

Tipe Special Bearing ini tidak memiliki komponen elastomer. Semua fungsi bearing dijalankan oleh kontak antara baja dan permukaan geser.



Gambar 2.11 Special Bearings

2.4 Abutment Jembatan

Pada jembatan yang disebut kepala jembatan (*abutment*) yang merupakan bagian bawah bangunan jembatan, abutment memiliki tugas untuk memikul semua beban yang bekerja pada jembatan. Serta meneruskan beban yang dipikul jembatan menuju tanah dengan aman serta menerima tekanan dan diteruskan kepada pondasi.

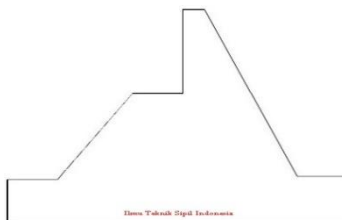
Selain beban-beban yang bekerja, *abutment* juga perlu memperhitungkan kondisi lingkungan seperti gempa, *scouring* (gerusan), angin, dan penyebab lainnya. Ada berbagai bentuk dan jenis *abutment* tetapi dalam pemilihannya dipertimbangkan

dengan melihat bentuk dari bangunan atas jembatan. Bentuk struktur umum *abutment* identik dengan struktur *retaining wall* (tembok penahan tanah), tetapi berbeda dari perencanaan beban yang bekerja di atasnya.

Fungsi dari retaining wall (*abutment*) antara lain :

1. Memberikan kestabilan struktur bangunan jalan atau jembatan
 2. Menstabilkan lereng-lereng akibat longsoran tanah
 3. Menahan gerusan di alur sungai
 4. Memberikan perlindungan pada tebing di tepi jalan atau pada tepi sungai
 - 5.
- 2.4.1 *Abutment* tipe Gravitasi (gravity wall)

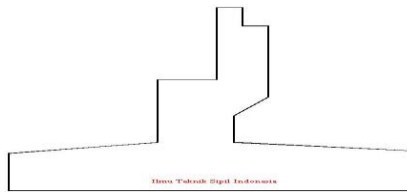
Memperoleh kekuatan dan ketahanan terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan berat sendiri. Karena bentuknya sederhana dan dalam pelaksanaannya tidak begitu rumit. Abutment ini sering digunakan pada jembatan dengan struktur yang tidak terlalu tinggi dan tanah pondasinya yang baik. Pada umumnya material yang digunakan terbuat dari batu kali atau beton (lihat **Gambar 2.12**). Biasanya *abutment* ini digunakan pada jembatan dengan bentang yang tidak terlalu panjang.



Gambar 2.12 *Abutment* Tipe Gravitasi (civeng, 2015)

2.4.2 *Abutment* tipe T Terbalik

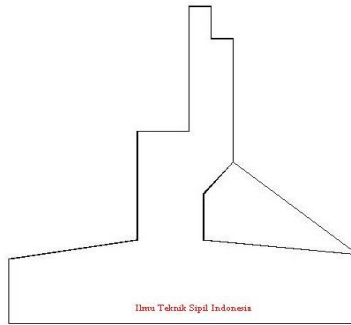
Abutment tipe T terbalik merupakan tipe tembok penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan sebagai suatu pelat kekuatan dari tembok. Ketahanan dari tembok penahan berasal dari berat sendiri serta berat tanah di atas pelat tumpuan/tumit. Dimana *abutment* ini terlihat lebih langsing daripada *abutment* dengan tipe gravitasi (lihat **Gambar 2.13**). Pada umumnya *abutment* ini digunakan pada konstruksi lebih tinggi dan material yang digunakan beton bertulang.



Gambar 2.13 *Abutment* Tipe T Terbalik (civeng, 2015)

2.4.3 *Abutment* tipe dengan Penopang

Abutment ini hampir sama dengan *abutment* tipe T terbalik, tetapi jenis ini diberi penopang pada sisi belakangnya (*counterfort*) yang bertujuan untuk memperkecil gaya yang berkerja pada tembok memanjang dan pada tumpuan. *Abutment* ini biasanya digunakan untuk konstruksi dengan struktur tinggi dan material yang digunakan beton bertulang (lihat **Gambar 2.14**).



Gambar

Abutment tipe dengan Penopang

2.14

2.5 Pondasi

Pondasi adalah merupakan suatu struktur pendukung utama dari struktur bangunan yang berfungsi meneruskan dan menyebarkan beban yang diterimanya dari struktur atas bangunan ke lapisan tanah pendukung, Fungsi utamanya adalah untuk menahan beban bangunan yang ditimbulkan oleh konstruksi yang berada di atasnya tanpa mengakibatkan:

1. Keruntuhan geser tanah
2. Penurunan (Settlement)

tanah/pondasi yang berlebihan Bangunan yang lebih berat pada umumnya tidak dapat diletakkan pada pondasi dangkal, karena umumnya tanah lapisan atas terdiri dari tanah yang tidak cukup keras (kuat) untuk memikul beban yang berat. Untuk menunjang suatu struktur bangunan yang mempunyai beban yang besar dan berat, maka pada bangunan sipil biasanya digunakan suatu pondasi dalam yang berupa tiang pancang (Bowles, 1988).

Jenis - Jenis Pondasi :

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pada umumnya suatu pondasi dikatakan pondasi dangkal jika $D/B < 1$.

Dimana nilai D adalah kedalaman dari pondasi dan nilai B adalah lebar pondasi. Dan tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau kedalaman 2-3 m kebawah permukaan tanah. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal sebagai berikut:

1. Pondasi telapak dan pondasi memanjang
 2. Pondasi Rakit (*Raft Foundation* atau *Mat Foundation*)
 3. Pondasi Sistem Cakar Ayam
- b. Pondasi Dalam Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ketanah keras atau batu yang terletak relative jauh dari permukaan. Pondasi dalam digunakan bila lapisan tanah didasar pondasi tidak mampu mendukung beban yang dilimpahkan dan terletak cukup dalam. Atau dengan pertimbangan adanya pengerusan dan galian dekat pondasi dikemudian hari. Umumnya dikatakan pondasi dalam apabila $D > 4B$ sampai $5B$, dimana nilai D adalah kedalaman dan nilai B adalah lebar dari pondasi.

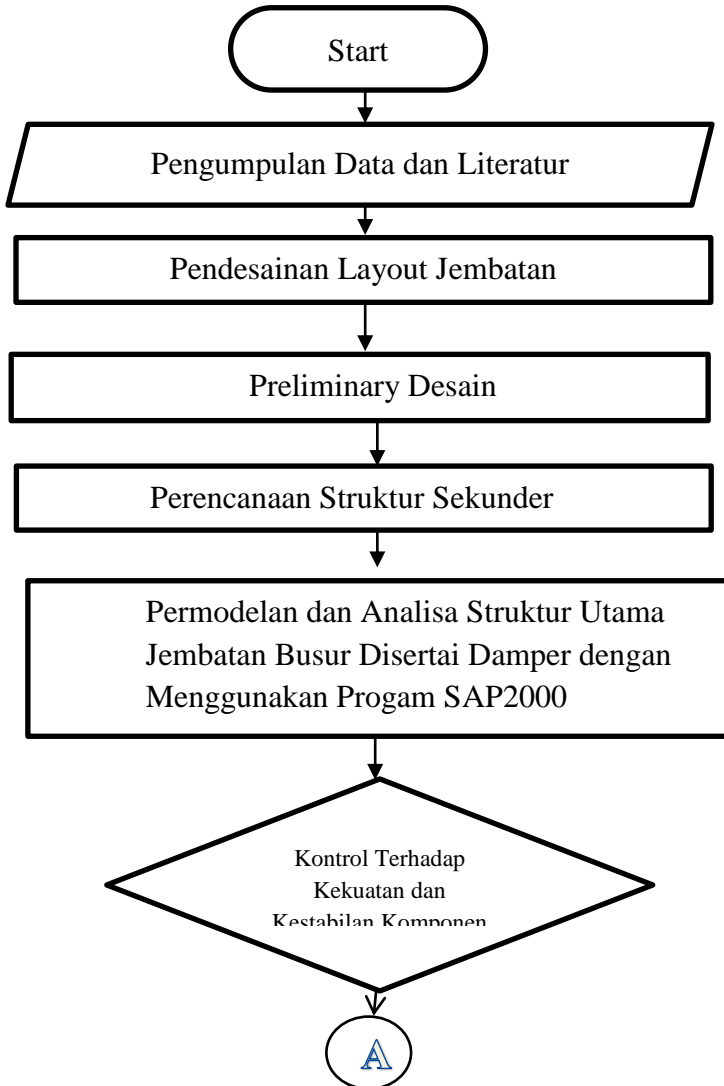
Adapun jenis-jenis pondasi dalam adalah sebagai berikut :

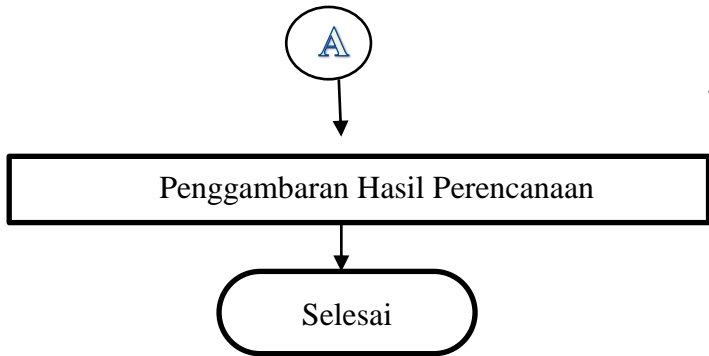
1. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)
2. pondasi Kaison
3. Pondasi Tiang

BAB III METODOLOGI

3.1 Urutan Pengerjaan

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini yang digambarkan dengan diagram alir pada





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Studi literatur

Melakukan studi literatur dengan berpedoman beberapa standar peraturan sebagai bahan pustaka dalam pengerjaan tugas akhir, antara lain :

- a. Bridges Management System (BMS) 1992
- b. SNI 1725:2016 (standar pembebanan untuk jembatan)
- c. SNI T-12-2004 (untuk perhitungan pelat lantai)
- d. RSNI T-03-2005 (perencanaan struktur baja untuk jembatan)
- e. SNI 03-1729:2002 (perencanaan struktur baja)
- f. SNI 1726:2013 (gempa jembatan)

3.3 Data perencanaan

- Data Jembatan:
 - Nama jembatan : Jembatan Cisomang
 - Lokasi Jembatan : Desa Cisomang
 - Panjang bentang total : 252 meter
 - Lebar lantai kendaraan : 12,1 meter
 - Lebar trotoar : 0,3 m + 0,3m

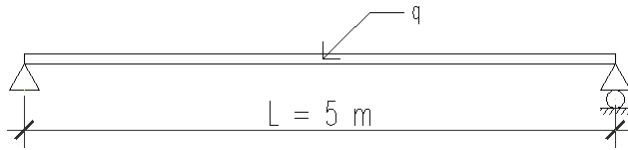
- Lebar total : 12,7 meter
- Lebar Lantai Kendaraan : 11.7 m
- Jenis Konstruksi : Jembatan Busur lantai kendaraan di atas (direncanakan)
- Bangunan Atas : Busur Box Baja (direncanakan)
- Lokasi Jembatan : > 5 km dari pantai (direncanakan)
- Data Tanah : (terlampir)
- Data Bahan yang digunakan pada jembatan adalah sebagai berikut:
 - Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
 - Mutu Tulangan lentur (f_y) : 360 Mpa
 - Mutu Tulangan geser (f_{ys}) : 360 Mpa
 - Modulus Elastisitas beton : 13.606 Mpa
 - Mutu Profil Baja : BJ 55
 - Tegangan Leleh (f_y) : 410 Mpa
 - Tegangan Putus (f_u) : 550 Mpa
 - Modulus Elastisitas baja : 20.000 Mpa

3.4 Preliminary desain

Preliminary desain yang diperlukan agar aman dengan cara sebagai berikut:

- Struktur
 - Perencanaan Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004):
 - $t_s \geq 200$ mm
 - $t_s \geq 100 + 40.1$ mm
dengan pengertian:
l : bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter), maka:
 - $t_s \geq 100 + 40.1$ mm
 - $\geq 100 + (40.1,75)$ mm
 - ≥ 170 mm
- Sehingga :
 - tebal plat (t_s) yang digunakan 250 mm
 - tebal aspal 50 mm

- Perencanaan balok memanjang dan melintang



$$M_u \leq \Phi M_n$$

$$\frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \leq Z_x \cdot f_y$$

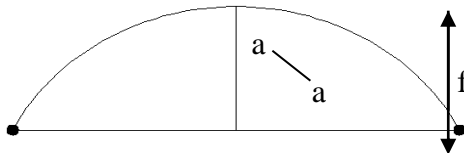
c. Menentukan dimensi busur

- Tinggi busur :
Menentukan tinggi busur dapat dilihat pada **Gambar 3.2** dibawah (Kuliah Rekayasa Jembatan Bentang Panjang PS1391)

$$\text{Syarat: } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ atau } 0.167 \leq \frac{f}{L} \leq 0.200$$

f : tinggi busur

L : bentang busur



Gambar 3.2 Menentukan Tinggi Busur (Irawan, 2007)

- Tinggi Tampang Busur :

$$\text{Syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (rangka batang)}$$

t : tinggi penampang busur

L : bentang busur

- Lebar jembatan :

$$\text{Syarat} \quad : \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

b : jarak perletakan kiri-kanan paling luar

- Panjang Penggantung Busur

Panjang penggantung busur dapat dicari dengan persamaan sumbu geometrik busur.

$$y_n = \frac{4 \cdot f \cdot x \cdot (L-x)}{L^2}$$

d. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin dan beban gempa.

a. Berat Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing – masing elemen struktur seperti berat *Girder*, Pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban -beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

$$\text{Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aspal} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

b. Beban Hidup UDL “U” (*Uniform Dead Load*)

Pembebanan menurut SNI 1725:2016, untuk beban hidup UDL diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya beban hidup UDL yang diambil dapat direncanakan sebagai berikut :

- Untuk panjang bentang jembatan (L) lebih kecil sama dengan 30 m maka besarnya beban hidup UDL dapat diambil sebesar 9 kPa.

- Untuk panjang bentang jembatan (L) lebih besar dari 30 m maka besarnya beban hidup UDL dapat diambil sebesar $9(0.5+15/L)$ kPa.

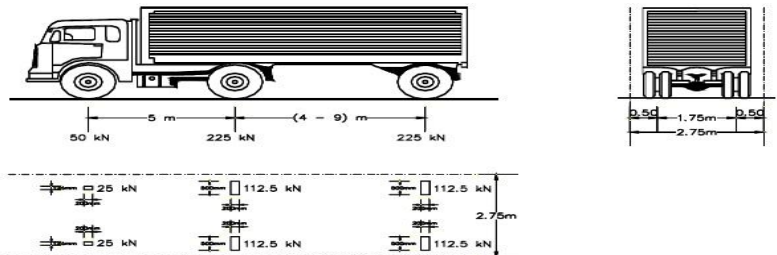
c. Beban Hidup KEL (*Knife Edge Load*)

Pembebanan menurut SNI 1725:2016, untuk beban hidup KEL diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya beban hidup KEL diambil sebesar 49 kN/m.

Konfigurasi pembebanan tertentu untuk elemen-elemen struktur tertentu juga harus diperhatikan untuk mendapatkan bentuk pembebanan yang memberikan gaya paling maksimum (Maksimum-Maksimum). Besarnya *Dynamic Load Allowance* (DLA) diambil sebesar 30% untuk panjang bentang kurang dari 50 m.

d. Beban Hidup Truk “T” (*Truck Load*)

Pembebanan menurut SNI 1725-2016, untuk beban hidup Truk konfigurasi pembebanan dapat dilihat pada **Gambar 3.4**. Besarnya jarak beban gandar variable antara 4 hingga 9 meter. Untuk jembatan yang memiliki bentang yang panjang umumnya kondisi pembebanan menggunakan Truk tidak dominan tetapi yang dipakai umumnya menggunakan beban UDL.



Gambar 3.3 Ilustrasi Beban Hidup Truck SNI 1725:2016

e. Koefisien Pembebanan

Koefisien pembebanan pada jembatan dimaksudkan agar perencanaan mencapai kondisi ultimate maka beban tersebut harus dikalikan dengan koefisien pembebanan ultimate. Koefisien pembebanan berdasarkan Bridge Management System (BMS) dapat dilihat sebagai berikut :

1. Koefisien beban Truck (KUTT) = 1.8
2. Koefisien berat material beton (KUMS) = 1.3
3. Koefisien beban lajur lalu lintas (KUTD) = 1.8

f. Beban Pejalan Kaki

Trotoar yang terdapat pada jembatan harus diperhitungkan adanya beban pejalan kaki sebesar 500 kg/m.

g. Beban Angin Rangka

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0.0006C_W(V_W)^2A_b \quad (3.2)$$

Dimana :

V_W : Kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

C_W : Koefisien seret

A_b : luas koefisien bagian samping jembatan.

Luas ekivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang massif dalam arah tegal lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Apabila suatu kendaraan sedang berada pada permukaan lantai maka besarnya beban angin dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0.0012C_w(V_w)2A_b \quad (3.3)$$

Dimana nilai C_w diambil sama dengan 1.2. hal ini berbeda dengan beban angin yang bekerja pada rangka dengan koefisien seret (C_w) diambil seperti pada **Tabel 3.1**.

Table 3.1 Koefisien

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif (1), (2)	
b/d = 1.0	2.1 (3)
b/d = 2.0	1.5 (3)
b/d ≥ 6.0	1.25 (3)
Bangunan rangka atas	1.2
<p>CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar Sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran CATATAN (2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai elevasi, C_w wharus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2.5%</p>	

Besarnya kecepatan angin rencana yang akan digunakan bergantung pada SNI 1725:2016.

h. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 1726:2013 dimana wilayah gempa terbagi sesuai modifikasi respon di setiap wilayah

a. Merencanakan Struktur Sekunder

Dalam merencanakan struktur sekunder berpedoman pada peraturan . SNI 1725:2016 (standar pembebanan untuk jembatan) untuk mendapatkan ukuran profil struktur sekunder jembatan busur yang akan digunakan.

3.4.1 Merencanakan Rangka Utama Jembatan

1. Struktur batang tarik
Struktur tarik adalah bagian dari struktur bangunan yang menerima beban normal tarik.

Kontrol batang tarik :

Batasan kekuatan (SNI 03-1729-2002, bab 10.1)

$$P_u \leq \phi R_n \quad (3.4)$$

P_u – gaya tarik akibat beban berfaktor

R_n – kuat rencana tarik

ϕ – faktor reduksi

$$\text{Kontrol leleh: } P_u \leq \phi f_y A_g \phi = 0,9 \quad (3.5)$$

(Pada tengah bentang)

Kontrol patah :

$$P_u \leq \phi f_u A_e \quad \phi = 0,75 \quad (3.6)$$

(pada daerah sambungan)

A_g = luas penampang utuh (gross) f_y = tegangan leleh bahan

A_e = luas penampang efektif

F_u = tegangan putus bahan

2. Struktur Batang Tekan

Struktur tekan adalah bagian struktur yang menerima gaya normal tekan. Beban yang cenderung membuat batang bertambah pendek akan menghasilkan tegangan tekan pada batang tersebut. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Kekuatan Batang Tekan (SNI T-03-2005)

$$N_u = \phi_n N_n$$

$$\phi_n = \text{faktor reduksi} = 0.85 \quad (3.7)$$

N_n = kuat tekan nominal komponen

$$N_n = (0.66^{\lambda_c^2}) Agfy \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 1,5 \quad (3.8)$$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} Agfy \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,5 \quad (3.9)$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} \quad ; L_k = K_c L \quad (3.10)$$

Dimana,

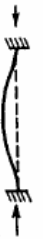


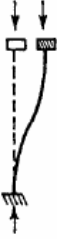






Ag = luas penampang bruto

Fy = tegangan leleh

λ_c = parameter kelangsingan

K_c = panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka

E = modulus elastisitas bahan baja

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

Gambar 3.4 Faktor panjang efektif

3. Perencanaan Sambungan Baut :

Fungsi sambungan, disamping menyatukan elemen-elemen pada suatu konstruksi menjadi satu kesatuan, juga berfungsi sebagai penyalur beban dari satu bagian ke bagian yang lain. (Marwan dan Isdarmanu, 2006)

Kekuatan Baut Memikul Beban Geser :

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.11)$$

ϕ = faktor reduksi

R_n = kuat nominal

a. Kekuatan baut jenis tumpu

Kekuatan geser nominal baut :

$$V_n = r_1 f_u^b A_b m \quad (3.12)$$

Dimana,

M = jumlah bidang geser

- r_1 = 0,5 tanpa ulir pada bid geser
 r_1 = 0,4 tanpa ulir pada bid geser
 f_u^b = tegangan tarik putus baut
 A_b = luas bruto penampang baut

Kuat Rencana :

$$Vd = \phi_f V_n \quad (3.13)$$

Dimana,

$$\phi_f = 0.75$$

Kuat tumpu nominal baut dengan plat

$$R_n = 2,4d_b t_p f_u \quad (3.14)$$

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat tertipis

f_u = tegangan tarik putus

kuat rencana :

$$R_d = \phi_f R_n \quad (3.15)$$

Dimana,

$$\phi_f = 0.75$$

Kekuatan Baut Memikul Beban Tarik

$$T_n = 0.75 f_u^b A_b \quad (3.16)$$

dimana,

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luasan bruto penampang baut

Kuat Rencana :

$$T_d = \phi_f T_n$$

$$\phi_f = 0.75 \quad (3.17)$$

- b. Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek (*Friction Type*)
 Baut hanya menerima beban geser (V_u)

$$V_n = 1.13\mu m T_b \quad (3.18)$$

μ = koefisien geser = 0.35

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik min

Besarnya harga tarik minimum dapat dilihat pada

Tabel 3.3

Diameter Baut (mm)	Gaya Tarik Minimum Baut (kN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

Kuat rencana :

$$V_d = \phi V_n \quad (3.19)$$

ϕ = 1 untuk lubang standar Baut menerima beban kombinasi geser (V_u) dan tarik (T_u)

Halaman Dikосongkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA RENCANA JEMBATAN

Dari perencanaan jembatan diketahui

- Tebal Lantai Beton	=	Direncanakan	
- Tebal Lapisan Aspal	=	5	cm
- Tebal Trotoar	=	20	cm
- Tinggi konstruksi (d2)	=	32	m
- Bentang Jembatan (L2)	=	200	m
- Lebar Jembatan	=	12.6	m
- Lebar Trotoar	=	2x0.8	m
- Jarak Gelagar Melintang	=	5	m
- Jarak Gelagar Memanjang	=	1.375	M
- Profil Gelagar Melintang	=	WF	
- Profil Gelagar Memanjang	=	WF	
- Mutu Baja	=	BJ 41	
- Mutu Beton	=	f'c 35	MPa
- Letak Jembatan	=	>5KM dari pantai	
- zone gempa	=	3	

Perhitungan Penulangan Kerb

Data Perencanaan:

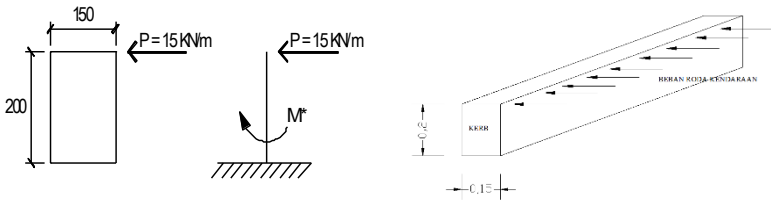
fy	=	250 Mpa
fc'	=	35 Mpa
β_1	=	0,81
t	=	150 mm
ϕ_{lentur}	=	0,8
b	=	1000 mm
h	=	200 mm
d'	=	20 mm

$$K_uTP = 1,8$$

Diameter tulangan $\rightarrow D = 12\text{mm}$ (Tulangan lentur) $\rightarrow \emptyset = 8\text{mm}$ (Tulangan Pembagi)

$$\begin{aligned} dx &= tp - d' - \frac{1}{2} D \\ &= 200\text{mm} - 20\text{mm} - \frac{1}{2} 12\text{mm} = 174\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= tp - d' - D - \frac{1}{2} D \\ &= 200\text{mm} - 20\text{mm} - 12\text{mm} - \frac{1}{2} 12\text{mm} \\ &= 164\text{mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Gaya yang bekerja pada kerb

$$\begin{aligned} Mu &= P \times b \times t \times K_uTP \\ &= 15\text{ kN/m} \times 1\text{m} \times 0,15\text{m} \times 1,8 \\ &= 4,05\text{ kN.m} = 5062500\text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4050000}{0,8} = 5062500\text{ Nmm}$$

Perhitungan Tulangan:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,81}{400} \left(\frac{600}{600 + 360} \right) = 0,0418 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,5 \times \rho_{\text{balance}} = 0,5 \times 0,0418 = 0,0209$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal B.8.4.2)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{360}{0,85 \cdot 35} = 12,10$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{5062500 \text{ Nmm}}{1000 \cdot (174 \text{ mm})^2} = 0,17 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right) \\ &= \frac{1}{12,10} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot 12,10 \cdot 0,17}{360}} \right) \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0039 < 0,0005 < 0,0209 \rightarrow \text{(pakai } \rho_{\text{min}})$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d_x \\ &= 0,0039 \times 1000 \times 174 \text{ mm} = 676,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 200 \text{ mm} \\ &\leq 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D12, sehingga jarak antar tulangan:

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{676,67 \text{ mm}^2} = 167,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S = 167,05 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \quad (\text{Ok})$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D12-150 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 1000}{150 \text{ mm}} \\ &= 745 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 676,67 \text{ mm}^2 \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

Tulangan susut dan suhu

$$\begin{aligned} A_s &= 0,002 \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 164 \text{ mm} = 328 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{328 \text{ mm}^2} = 153,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5 h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{\text{max}} \leq 5 h$$

$$\begin{aligned}
 &\leq 5 \times 200 \text{ mm} \\
 &\leq 1000 \text{ mm} \\
 S_{\text{perlu}} &= 153,17 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Jadi dipasang tulangan } \varnothing 8\text{-}150\text{mm} \\
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{150 \text{ mm}} \\
 &= 334,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 328 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

4.1.1 Perhitungan pipa sandaran

Data perencanaan:

Panjang Bentang = 130 m

Jarak tiang sandaran = 2,5 m

Bahan yang digunakan:

➤ Tiang Sandaran:

Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa

Mutu baja (f_y) = 250 Mpa

W sandaran = 0,75 kN/m

➤ Pipa Sandaran

Diameter luar (do) = 60,5 mm

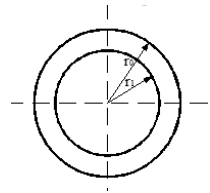
Berat pipa (q) = 5,57 kg/m

Tebal pipa (t) = 4 mm

Momen Inersia (I) = 28,5 cm⁴

Mutu baja BJ 50 → $f_y = 290 \text{ Mpa}$

$f_u = 500 \text{ Mpa}$



Gambar 4.2 Pipe

4.1.1.1 Perhitungan Momen pada Pipa Sandaran

1. Akibat beban sendiri/berat pipa sandaran

$$\begin{aligned}
 M_{VD} &= \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \cdot 5,57 \text{ kg/m} \cdot (2,5\text{m})^2 \\
 &= 4,35 \text{ kg.m} = 0,0435 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

2. Akibat beban vertikal

$$M_{VL} = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,75 \text{ kg/m} \cdot (2,5\text{m})^2$$

$$= 58,6 \text{ kg.m} = 0,586 \text{ kN.m}$$

$$M_V = M_{VD} + M_{VL}$$

$$= 0,0435 \text{ kN.m} + 0,586 \text{ kN.m}$$

$$= 0,629 \text{ kN.m} = 62,945 \text{ kg.m}$$

3. Akibat beban horizontal

$$M_H = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \cdot 0,75 \text{ kg/m} \cdot (2,5\text{m})^2$$

$$= 58,6 \text{ kg.m} = 0,586 \text{ kN.m}$$

4. Momen Resultan (M_R)

$$M_R = \sqrt{M_v^2 + M_H^2}$$

$$= 0,629 \text{ kN.m} + 0,586 \text{ kN.m} = 0,86 \text{ kN.m}$$

4.1.1.2 Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran

Batas kelangsingan profil

$$\lambda = \frac{d_o}{t} = \frac{60,5}{4} = 15,13$$

$$\lambda_p = \frac{14800}{f_y} = \frac{14800}{290} = 51,03$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak)

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 12790 \text{ mm}^3 \cdot 290 \text{ N/mm}^2$$

$$= 3709196,667 \text{ N}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 3709196,667 \text{ N}$$

$$= 3338277 \text{ N.mm} = 3,34 \text{ kN.m}$$

Syarat : $\phi M_n > M_n = 3,34 \text{ kN.m} > 0,86 \text{ kN.m} \rightarrow \text{Ok}$

4.1.1.3 Lendutan Pipa Sandaran

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{250 \text{ cm}}{240} = 1,042 \text{ cm}$$

$$\delta_{terjadi} = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^2}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot (5,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}}) \cdot (2,5\text{m})^2}{384 \cdot 20000 \text{ Mpa} \cdot 28,5 \text{ cm}^4}$$

$$= 0,0072 \text{ m} = 0,72 \text{ cm}$$

$$\delta_{sterjadi} = \frac{5 \cdot qy \cdot L^2}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (2,5\text{m})^2}{384 \cdot 20000 \text{ Mpa} \cdot 28,5 \text{ cm}^4}$$

$$= 0,0067 \text{ m} = 0,67 \text{ cm}$$

$$\text{Resultan } \delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} =$$

$$\sqrt{0,72 \text{ cm}^2 + 0,67 \text{ cm}^2}$$

$$= 0,982 \text{ cm}$$

Syarat : $\delta_{ijin} > \text{Resultan } \delta = 1,042 \text{ cm} > 0,982 \text{ cm} \rightarrow$
OK

Perhitungan Kolom Sandaran

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$L = 1,2 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Diameter tulangan $\rightarrow D = 12\text{mm}$ (Tulangan lentur)

$\rightarrow \emptyset = 8 \text{ mm}$ (Tulangan Pembagi)

$$dx = tp - \text{decking} - \frac{1}{2} D$$

$$= 200\text{mm} - 20 \text{ mm} - 8\text{mm} - \frac{1}{2} 12\text{mm} = 166 \text{ mm}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,2\text{m} \times 0,2\text{m} \times 1,2\text{m}$$

$$\times 2500\text{kg/m}^3$$

$$= 120 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pipa sandaran} = q_{\text{pipa}} \times \text{jarak antar kolom}$$

$$= (2 \times 5,57 \text{ kg/m}) \times 2,5\text{m}$$

$$= 27,9 \text{ kg}$$

$$P_D = \text{Berat sendiri kolom} + \text{Berat pipa sandaran}$$

$$= 120 \text{ kg} + 27,9 \text{ kg} = 147,9 \text{ kg}$$

$$M_D = P_D \times b/2 = 147,9 \text{ kg} \times 0,2\text{m}/2$$

$$= 14,785 \text{ kg.m}$$

$$P_L = q_L \times L = 75 \text{ kg/m} \times 1,2 \text{ m} = 90 \text{ Kg}$$

$$M_L = P_L \times \text{tinggi kolom} = 90 \text{ Kg} \times 1,2 \text{ m} = 108 \text{ kg.m}$$

Dimana :

P_D = gaya yang terjadi akibat beban mati

M_D = Momen yang terjadi akibat beban mati

P_L = gaya yang terjadi akibat beban hidup

M_L = Momen yang terjadi akibat beban hidup

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L = 1,2 (147,9 \text{ kg}) + 1,6 (90 \text{ Kg}) \\ = 321,4 \text{ kg} = 3214 \text{ N}$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ = 1,2 (14,785 \text{ kg.m}) + 1,6 (108 \text{ kg.m}) \\ = 190,542 \text{ kg.m} = 1905420 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\Phi} = \frac{1905420 \text{ N.mm}}{0,8} = 2381775 \text{ N.mm}$$

$$\frac{M_n}{b \cdot h^2} = \frac{2381775 \text{ N.mm}}{200 \text{ mm} \cdot (200 \text{ mm})^2} = 0,298$$

$$\frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{3214 \text{ N}}{200 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm}} = 0,08$$

Dari grafik didapatkan: $\rho = 1\%$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,01 \times 200 \text{ mm} \times 166 \text{ mm} = 332 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang } 4\emptyset 12 \rightarrow A_s \text{ pasang} = 452,39 \text{ mm}^2$$

4.1.1.4 Perencanaan tulangan geser

$$V_u = 90 \text{ kg} = 900 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 166 \text{ mm} \\ = 32736 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 32736 \text{ N} = 19641 \text{ N}$$

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

pasang tul. Geser minimum

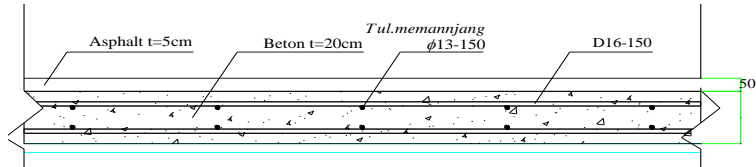
$$S_{\max} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 166 \text{ mm} = 83 \text{ mm}$$

$$A_s = (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \times 2 = (0,25 \times \pi \times 8^2) \times 2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f'c} b} = \frac{100,53 \text{ mm}^2 \times 360 \text{ Mpa}}{\frac{1}{3} \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 200 \text{ mm}} = 91,76 \text{ mm}$$

Pasang Φ 8-90mm

4.2 PERENCANAAN PELAT LANTAI KENDARAAN



Gambar 4.3 pelat lantai

Pelat						
Beton	d3	≥	200	mm		
	d3	≥	100	+	40	b1
			100	+	(40 x 1,375)	
		≥	155	mm		
Dipakai	d3	=	200	mm	=	20
Aspal	d4	=	5	s.d	8	cm
Dipakai	d4	=	5	cm		

4.2.1 PEMBEBANAN

A. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{a. Berat pelat} &= d3 \times \rho_c \times 1\text{m} = 0.2\text{m} \times 24\text{KN/m}^3 \times 1\text{m} \\ &= 4.8 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat aspal} &= d4 \times \rho_b \times 1\text{m} = 0.05\text{m} \times 22\text{KN/m}^3 \times 1\text{m} \\ &= 1.1 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

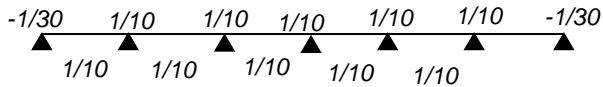
$$\text{Berat mati total}(q_m) = \text{Berat aspal} + \text{Berat Beton}$$

$$= 4.8 \text{ KN/m} + 1.1 \text{ KN/m} = 5.9 \text{ KN/m}$$

Momen maks (momen negatif)

Jika pelat lantai kendaraan dianggap terjepit elastis pada tumpuan dan terletak bebas pada ujung tumpuan

(PBI '71 hal 195 poin F) maka faktor momen yang terjadi adalah :



Gambar 4.4 posisi perletakan balok

Faktor Beban beton dicor di tempat $KUMS = 1.3$ (SNI 2016 Pasal 5.2)

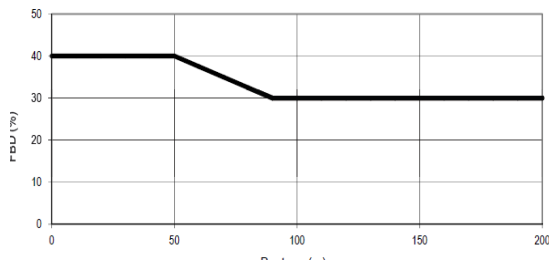
$$M_{qu} = 1/10 \times q_m \times K_{ums} \times b l$$

$$= 1/10 \times 5.9 \text{ KN/m} \times 1.3 \times 1.375^2 = 1.45 \text{ KNm}$$

B . Beban hidup Truck

Beban $T = 112.5 \text{ KN}$ (SNI 8.4.1 \rightarrow 201)

DLA = 0.3 (SNI 2016 Pasal 8.6)



Gambar 4.5 grafik load factor

$$T = T \times (1+DLA) = 112.5 \times (1+0.3) = 146.25 \text{ KN}$$

$$M_T = 0.8 \times \frac{S+0.6}{10} \times K_u T \times T \rightarrow K_u T = 2 \text{ (box baja) (SNI 2016 Pasal 8.4)}$$

$$M_T = 0.8 \times \frac{1.375+0.6}{10} \times 2 \times 146.25 \text{ KN} = 42.22 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_q + M_T = 1.45 \text{ KNm} + 46.22 \text{ KNm} = 47.655 \text{ KNm}$$

4.2.2 PENULANGAN PELAT LANTAI KENDARAAN

Data perencanaan : $f_c = 35 \text{ Mpa}$, $f_y = 390 \text{ Mpa}$

Selimut beton = 40 cm, Tebal pelat = 200 mm

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0.85 \times b_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 0.85 \times 35}{250} \times \frac{600}{600+250} = 0,03930$$

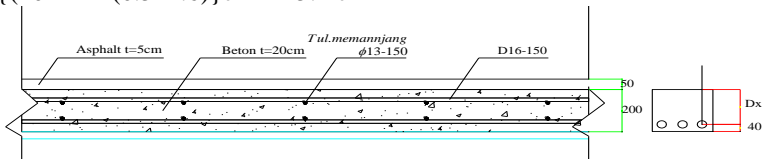
$$P_{\text{min}} = \frac{1.2}{f_y} = \frac{1.2}{390} = 0,00308$$

$$\rho_{\text{max}} = \rho_{\text{balance}} \times 0.75 = 0,00308 \times 0.75 = 0.0295$$

Direncanakan Tulangan Diameter 16 mm

$D_x = t - \text{selimut beton} - 0.5d$

$$= \{(20 - 4 - (0.5 \times 1.6))\} \text{cm} = 15.2 \text{ cm}$$



Gambar 4.6 geser pons

$$M_n \text{ perlu} = \frac{Mn}{0.8} = \frac{47.665}{0.8} = 59,58 \text{KNm} = 47665109,38 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0.8 \times b \times dx \times dx} = \frac{47665109,38}{0.8 \times 1000 \times 152 \times 152} = 2,5788 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc} = \frac{250}{0.85 \times 35} = 13,1092$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fv}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{13,11} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1092 \times 2,57883}{390}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0064$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00693 \geq \rho_{\text{min}} = 0,00308$$

$$\text{jadi dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,00693$$

$$A_s \text{ Perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d = 0,064 \times 1000 \times 152 = 1052,89 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D16-100mm ($A_s = 2010,62 \text{ mm}^2$)

$$n = A_s \text{ perlu} / D = \frac{1052,89}{16} = 5,329 = 6 \text{ buah tulangan}$$

$$\text{Tulangan susut} = \rho_{\text{min}} \times b \times dx = 0,00308 \times 1000 \times 152 = 467,69 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13-100mm ($A_s = 1327,32 \text{ mm}^2$)

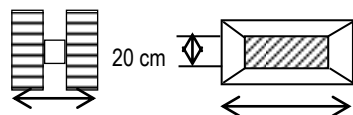
$$n = A_s \text{ perlu} / D = \frac{1052,89}{13} = 7,94 = 8 \text{ buah tulangan}$$

4.2.3 Kuat geser pada roda tengah

Dimana gaya ultimate lebih kecil dari kuat geser nominal (SNI-24.5-2002)

- $V_u \leq \phi V_n$

V_u = Kuat geser terfaktor



V_n = Kuat geser nominal

Gambar 4.6 beban

ϕ = Fktor reduksi kekuatan (0,75) roda

$$\beta = \frac{50 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 2,5$$

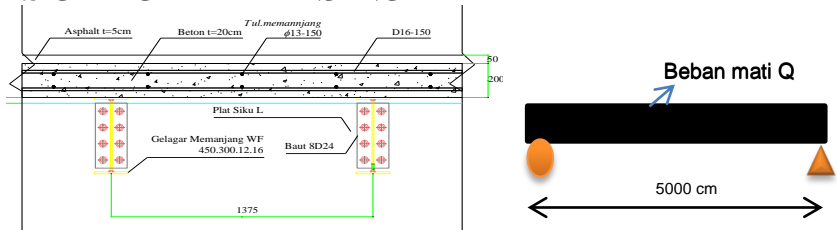
$$V_n = \frac{1}{9} \times \left\{ 1 + \left(\frac{2}{2,5} \right) \right\} \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

$$V_n = \frac{1}{9} \times \left\{ 1 + \left(\frac{2}{2,5} \right) \right\} \times \sqrt{35} \times 50 \text{ cm} \times 15,2 \text{ cm} = 889,24 \text{ KN}$$

Sehingga $\phi V_n = 0,75 \times 889,24 \text{ KN} = 674,4 \text{ KN}$

$\phi V_n > V_u = 674,4 \text{ KN} > 292,5 \text{ KN}$ (OK)

4.3 GELAGAR MEMANJANG



Gambar 4.7 perletakan balok memanjang tipe pembebanan

Direncanakan profil WF 450 x 300 x 12 x 16

$$A = 147,70 \quad \text{cm}^2$$

$$q = 115,84 \quad \text{Kg/m}$$

$$Z_x = 2241 \quad \text{cm}^3$$

$$Z_y = 480 \quad \text{cm}^3$$

$$I_x = 52529 \quad \text{cm}^4$$

$$I_y = 7206 \quad \text{cm}^4$$

$$i_x = 18,9 \quad \text{cm}$$

$$i_y = 7,02 \quad \text{cm}$$

Menggunakan Baja BJ 50

$$f_y = 2900 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$F_u = 4100 \quad \text{Kg/cm}^2$$

$$E = 2000000 \quad \text{Kg/cm}^2$$

4.3.1 Pembebanan gelagar memanjang

Dalam pembebanan pada gelagar memanjang terdapat beban mati dan hidup sebagai berikut:

a. Beban mati (Q)

$$\begin{aligned} \text{Aspal} &= 22 \text{ kn/m}^3 \times 1,375 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 1, \\ &= 1,9663 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pelat} &= 24 \text{ kn/m}^3 \times 1,375 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,3 \\ &= 8,58 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= (115,84/100) \text{ KN/m} \times 1,3 \\ &= 1,274 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bekisting} &= 0,5 \text{ KN/m}^2 \times 1,375 \text{ m} \times 1,4 \\ &= 0,9625 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_m &= 1,9663 \text{ KN/m} + 8,58 \text{ KN/m} + 1,274 \\ &\text{KN/m} + 0,9625 \text{ KN/m} = 16,618 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$M_c = \frac{1}{8} \times q_m \times \lambda^2 = 0,125 \times 16,618 \text{ KN/m} \times 5^2 \text{ m} = 51,93 \text{ KNm}$$

$$V_{qm} = \frac{1}{2} \times q_m \times \lambda = 0,5 \times 16,618 \text{ KN/m} \times 5 \text{ m} = 41,544 \text{ KN}$$

a. Beban hidup (UDL) Q

Untuk L = 5 m maka

q_l = 9 kpa (SNI Pembebanan Jembatan 1726:2016 pasal 8.2)

Dalam perencanaan pembebanan UDL diambil sebagai fungsi terhadap panjang jembatan dimana besarnya beban hidup UDL yang diambil dapat direncanakan sebagai berikut :

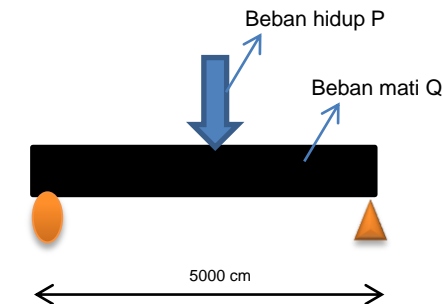
- Untuk panjang bentang jembatan (L) lebih kecil sama dengan 30 m maka besarnya beban hidup UDL dapat diambil sebesar 9 kPa

beban hidup garis (KEL) P

$p = 49 \text{ KN/m}$ (SNI Pembebanan Jembatan 1726:2016 pasal 8.4)

$P = 49 \text{ KN/m} \times (1+DLA) \times b \times K_u$

$= 49 \text{ KN/m} \times (1+30\%) \times 1,375 \text{ m} \times 2 = 183,26 \text{ KN}$



Gambar 4.8 pembebanan beban Q dan P

$$Mh_{(udl+kel)} = \frac{1}{4} \times P \times b + \frac{1}{8} \times q \times b^2$$

$$Mh_{(udl+kel)} = \frac{1}{4} \times 183,26 \text{ KN} \times 5 \text{ m} + \frac{1}{8} \times 9 \text{ KNm} \times 5^2 \text{ m} = 251,311 \text{ KNm}$$

Akibat beban truk

$$\begin{aligned}
 T &= 112,5 \text{ KN} \\
 \text{DLA} &= 30\% \\
 \text{Tr} &= 112,5 \left\{ 1 + \text{DLA} \right\} \\
 &= 112,5 \left\{ 1 + 30\% \right\} \\
 &= 146,25 \text{ KN} \\
 \text{Mt} &= 0,25 \times \text{Tr} \times b \\
 &= 0,25 \times 146,25 \times 1,375 = 182,8125 \text{ KNm} < \\
 &\text{Mh}(251,311 \text{ KNm}) \\
 \text{Mt yang digunakan adalah} &= \text{Mh} = 251,311 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Kontrol Lendutan

Menurut SNI T_03 2005 Perencanaan Struktur Baja untuk jembatan pasal 7.4.6

- Lendutan beban hidup

$$\begin{aligned}
 \Delta^\circ (\text{UDL}+\text{KEL}) &= \frac{5 \times ql \times \lambda^4}{384 \times E \times Ix} + \frac{1 \times P \times \lambda^3}{48 \times E \times Ix} \\
 &= \frac{5 \times 7,115625 \times 500^4}{384 \times 200000 \times 52529} + \frac{1 \times 13475 \times 500^3}{48 \times 2000000 \times 52529}
 \end{aligned}$$

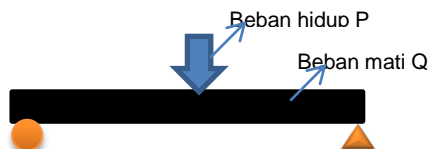
$$= 0,570 \text{ cm (menentukan)}$$

$$\Delta^\circ (\text{T}) = \Delta = \frac{1 \times 11250 \times 500^3}{48 \times 200000 \times 52529} = 0,0228 \text{ cm}$$

- Lendutan ijin $\Delta = 1 \text{ cm} > 0,570 \text{ cm}$ (ok)

4.3.3 Kontrol Geser

1. Akibat beban mati+UDL+KEL (beban kombinasi)



Gambar 4.9 pembebanan beban Q dan

$$V_a = 1,6 \times ((P + (0,5 \times q \times \lambda)) + (1,2 \times 0,5 \times \lambda \times q))$$

$$V_a = 1,6 \times ((183,26 + (0,5 \times 7,156 \times 5)) + (1,2 \times 0,5 \times 5 \times 16,618))$$

$$V_a = 37153,2161 \text{ kg} = 371,5 \text{ KN (menentukan)}$$

2. Akibat beban mati dan truk (beban kombinasi)

$$V_a = 1,6 \times Tr + (1,2 \times 0,5 \times \lambda \times q)$$

$$V_a = 1,6 \times 146,25 \text{ KN} + (1,2 \times 0,5 \times 5 \times 16,618 \text{ KN}) = 283,853661 \text{ KN}$$

$$V_a = 28385,3661 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \quad \Rightarrow \quad \frac{450}{12} \leq \frac{1100}{\sqrt{390}} \quad \Rightarrow \quad 37,5 \leq 55,7$$

(plastis)

$$V_n = 0,6 fy A_w = 0,6 \times 3900 \times 45 \times 1,2 = 126360 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n = 37153,22 \text{ kg} \leq 0,9 \times 126360 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n = 37153,22 \text{ kg} \leq 113724 \text{ kg}$$

4.3.4 Kontrol Penampang

Menurut SNI T-03 2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan pasal 6.1 Tabel 4

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \quad \frac{450}{12} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \quad 37,5 \leq 85,07 \text{ (ok)}$$

$$\frac{b}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \quad \frac{300}{32} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} \quad 3,37 \leq 8,60 \text{ (ok)}$$

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

Kontrol momen tekuk lateral

$$L_b = b = 1,375 \text{ m} = 137,5 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$L_p = 1,76 \times 7,02 \times \sqrt{\frac{210000}{250}} = (132,1 \text{ cm bentang pendek})$$

$$M_p = f_y \times S_x = 3900 \times 2241 = 7865910 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1,2 M_c + 1,6 M_c (d+1)$$

$$M_u = 1,2 \times 519309 + 1,6 \times 2513113,281$$

$$= 4644152,013 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi M_n = 4644152,013 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 7865910 \text{ Kgcm}$$

$$M_u \leq \phi M_n = 4644152,013 \text{ kgcm} \leq 7079319 \text{ Kgcm (OK)}$$

WF yang digunakan 450 x 300 x12 x 16

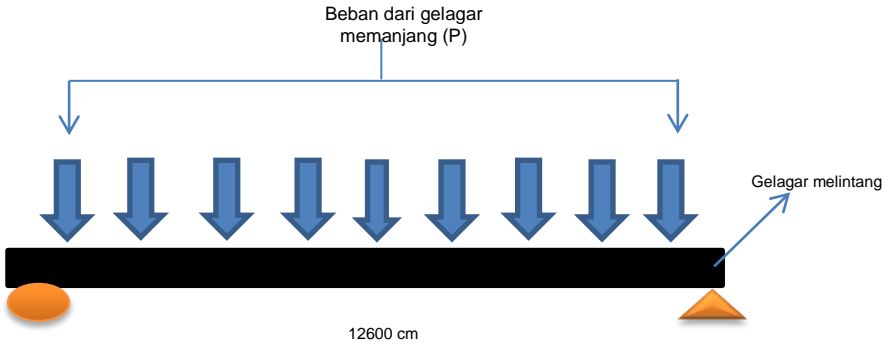
4.4 Gelagar Melintang

Direncanakan WF 900 x 300 x18 x 34

$$\begin{aligned} A &= 912,0 && \text{cm}^2 \\ q &= 286 && \text{Kg/m} \\ Z_x &= 10900 && \text{cm}^3 \\ Z_y &= 1040 && \text{cm}^3 \\ I_x &= 498000 && \text{cm}^4 \\ I_y &= 15700 && \text{cm}^4 \\ i_x &= 37 && \text{cm} \\ i_y &= 6,56 && \text{cm} \end{aligned}$$

Baja BJ 50

$$\begin{aligned} f_y &= 2900 && \text{Kg/cm}^2 \\ f_u &= 5000 && \text{Kg/cm}^2 \\ E &= 2000000 && \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$



← Gambar 4.10 PEBEBANAN BALOK MELINTANG →

1. Beban mati sebelum komposit

a. Pelat beton = $24 \text{ KN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,3 = 31,2 \text{ Kn/m}$

Berat profil melintang = $2,860 \text{ mKN/m}$

Berat bekisting taksiran = $1,06 \text{ KN/m}$

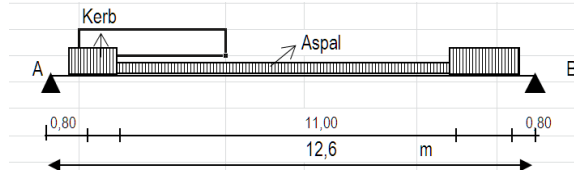
Balok memanjang = $1,158 \text{ KN/m} \times 1,1 = 1,274 \text{ Kn/m}$

- Beban merata = $31,2 \text{ KN/m} + 2,860 \text{ mKN/m} + 1,06 \text{ KN/m} = 35,396 \text{ KN/m}$
- Beban terpusat = $1,274 \text{ KN/m}$
- Perhitungan $R_a = R_b =$
- $R_a = \left(\frac{1}{2} \times 35,396 \text{ KN/m} \times 11,7^2 \text{ m}\right) + \left(1,274 \text{ KN/m} \times 11,35 \text{ m}\right) \times \left(1,274 \text{ KN/m} + 7,225 \text{ m}\right) \times \left(1,274 \text{ KN/m} \times 5,85 \text{ m}\right) + \left(1,274 \text{ KN/m} \times 4,475 \text{ m}\right) + \left(1,274 \text{ KN/m} \times 3,1 \text{ m}\right) + \left(1,274 \text{ KN/m} \times 1,275 \text{ m}\right) + \left(1,274 \text{ KN/m} \times 0,35 \text{ m}\right) = 212,39 \text{ KN}$
- $R_a = 212,393 \text{ KN} = 21239,3 \text{ Kg}$

b. Beban sesudah komposit (trotoar + aspal)

$$\text{Berat aspal} = 22 \text{ KN/m} \times 5 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} \times 1,3 = 7,15 \text{ KN/m}$$

$$\text{Berat trotoar} = 24 \text{ KN/m} \times 5 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 31,2 \text{ KN/m}$$



Gambar 4.11

$$\Sigma M_B = Ra = Rb = Va = Vb$$

$$Ra \times 12,6 \text{ m} = 31,2 \text{ KN/m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,1 + 7,15 \text{ KN/m} \times 11 \text{ m} \times 6,3 + 31,2 \text{ KN/m} \times 0,2 \text{ m} \times 12 \text{ m} = 581,61675 \text{ KN/m}$$

$$Ra = \frac{581,61675 \text{ KN/m}}{12,1 \text{ m}} = 48,0675 \text{ KN} = 4899,847 \text{ kg}$$

$$M_{qm} = RA \times 6,05 \text{ m} - \text{Berat trotoar} \times 5,95 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} - \text{Berat aspal} \times 5,85 \text{ m} \times 2,925 \text{ m}$$

$$M_{qm} = 48,0675 \text{ KN} \times 6,05 \text{ m} - 31,2 \text{ KN/m} \times 5,95 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} - 7,15 \text{ KN/m} \times 5,85 \text{ m} \times 2,925 \text{ m} = 1528021,789 \text{ kgcm}$$

2. Beban hidup

a. Akibat beban merata UDL dan KEL

$$q_l = 5,175 \text{ Kpa} \times \lambda = 5,175 \text{ Kpa} \times 5 \text{ m} = 25,88 \text{ KN/m}$$

$$P = 49 \text{ KN/m} \times 1,3 \times 2 = 133,28 \text{ KN/m}$$

$$D = \text{UDL} + \text{KEL} = 25,88 \text{ KN/m} + 133,28 \text{ KN/m} = 159,2 \text{ KN/m}$$

$$D \text{ (tanpa pengalihan beban terfaktor)} = (25,88 + 49) \text{ KN/m} = 74,875 \text{ KN/m}$$

$$V = 100\% \times D \times L = 100\% \times 159,2 \text{ KN/m} \times 12,1 \text{ m} = 1925,78 \text{ KN/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times 1925,78 \text{ KN/m} \times (12,6 \text{ m})^2 = 2912,735444 \text{ KNm}$$

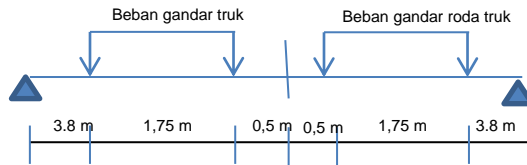
b. Beban akibat beban T

$T = 112,5 \text{ KN/m}$ (SNI 1726-2016 Pembebanan jembatan)

$$Tr = 112,5 \text{ KN/m} \times 1,3 = 146,25 \text{ KN} = 14625 \text{ kg}$$

Jarak roda truck dalam satu as = 1,75 m (BMS 2.3.4.1)

Jarak 2 as antara (4 s/d 9)m (BMS 2.3.4.1)



Gambar 4.12

$$Y_1 = Y_4 = \frac{3,80}{6,05} \times 0,25 L = \frac{3,80}{6,05} \times 0,25 \times 12,1 \text{ m} = 1,9 \text{ m}$$

$$Y_2 = Y_3 = \frac{5,55}{6,05} \times 0,25 L = \frac{5,55}{6,05} \times 0,25 \times 12,1 \text{ m} = 2,78 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen } T &= Tr \times (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) \\ &= 146,25 \text{ kn} \times ((2 \times (1,9 \text{ m} + 2,78 \text{ m})) \\ &= 1367,4 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$Va \times 12,1 \text{ m} = 5,85 \text{ m} \times 159,16 \text{ KN/m}^2 \times 12,1 \text{ m}$$

$$= 11265,8 \text{ KN/m}$$

$$Va = \frac{11265,8 \text{ KN/m}}{12,1 \text{ m}} = 931,057 \text{ KN} = 93,105 \text{ Ton}$$

$$VaT = 931,057 \text{ KN} = 93,105 \text{ Ton}$$

4.4.1 Kontrol Lendutan

Menurut SNI T_03 2005 Perencanaan Struktur Baja untuk jembatan pasal 7.4.6

Kontrol lendutan terhadap beban hidup

- Lendutan beban hidup

$$\Delta^\circ (\text{UDL+KEL}) = \frac{5 \times ql \times \lambda^4}{384 \times E \times Ix}$$

$$\Delta^\circ (\text{UDL+KEL}) = \frac{5 \times 74,9 \times 1210^4}{384 \times 200000 \times 4980000}$$

$$= 1,97 \text{ cm (menentukan)}$$

$$\Delta^\circ (\text{T}) = \Delta = \frac{1 \times 11250 \times 500^3}{48 \times 200000 \times 52529} = 0,56 \text{ cm}$$

- Lendutan ijin $\Delta = \frac{\lambda}{500} = \frac{1210}{500} = 2,42 \text{ cm} > 1,89 \text{ cm (ok)}$

4.4.2 Kontrol Geser

Ra sebelum komposit = Vaqm1

Ra sesudah komposit = Vaqm2

Va total = Vaqm1 + Vaqm2 + VaT

Va total = 212,393 KN/m + 48,0675 KN/m + 931,057 KN/m

= 1191,5 KN = 121459,415 kg

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \Rightarrow \frac{900}{12} \leq \frac{1100}{\sqrt{390}} \Rightarrow 50 \leq 55,7$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$V_n = 0,6 \times 3900 \times 90 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$$

$$V_n = 379080 \text{ kg}$$

$$V_u \leq 0,9 \times V_n$$

$$121459,415 \text{ kg} \leq 0,9 \times 379080 \text{ kg}$$

$$121459,415 \text{ kg} \leq 341172 \text{ kg}$$

4.4.3 Kontrol Penampang

Menurut SNI T-03 2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan pasal 6.1 Tabel 4

$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{900}{12} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}}$	$50 \leq 85,07 \text{ (ok)}$	}	Penampang kompak $M_{nx} = M_{px}$
$\frac{b}{2tf} \leq \frac{172}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{300}{68} \leq \frac{172}{\sqrt{250}}$	$4,4 \leq 8,70 \text{ (ok)}$		

4.4.4 Kontrol momen lentur dengan tekuk lateral

$$L_b = b = 12,1 \text{ m} = 1210 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 6,56 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 267,9 \text{ cm} \leq 1210 \text{ cm bentang pendek}$$

$$M_p = f_y \times S_x = 2900 \times 10900 = 31610000 \text{ kgcm}$$

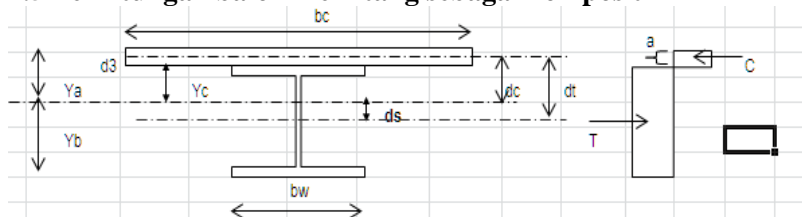
$$M_u = M_{\max} (\text{UDL} + \text{KEL})$$

$$M_u = 29127354,44 \text{ kgcm}$$

$$M_u \leq \phi M_n = 8012136,348 \text{ kgcm} \leq 0,9 \times 31610000 \text{ Kgcm}$$

$$M_u \leq \phi M_n = 29127354,44 \text{ kgcm} \leq 29397300 \text{ Kgcm (OK)}$$

4.5 Perhitungan balok melintang sebagai komposit



Gambar 4.13 PERHITUNGAN BALOK KOMPOSIT

Lebar efektif :

$$bc \leq 500 \text{ cm}$$

$$bc \leq 16 \times d_3 + b_w = 16 \times 20 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 350 \text{ cm}$$

$$bc \leq \frac{\text{Lebar Jembatan}}{4} = \frac{1210 \text{ cm}}{4} = 302,5 \text{ cm}, \text{ maka } bc \text{ yang dipakai } 302,5 \text{ cm}$$

Menentukan C :

$$A_c = bc \times t_b = 302,5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 6050 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = A_s \times f_y = 912 \text{ cm}^2 \times 3900 \text{ kg/cm}^2 = 3558600 \text{ kg}$$

$$C_2 = 0,85 \times f_c \times A_c = 0,85 \times 350 \times 6050 = 1799875 \text{ kg}$$

(menentukan)

58

$$a = \frac{c}{0,85 f_c b c} = \frac{1799875}{0,85 \times 350 \times 302,5} = 20 \text{ cm}$$

$$d1 = d2 = 20 \text{ cm} \times \frac{1}{2} = 10 \text{ cm}$$

$$d3 = \frac{90 \text{ cm}}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$d1+d3 = 10 \text{ cm} + 45 \text{ cm} = 55 \text{ cm}$$

$$Mn = c(d1+d2) + Py(d3-d2)$$

$$\begin{aligned} Py &= As \times fy = 912 \text{ cm}^2 \times 3900 \text{ kg/cm}^2 = 3556800 \text{ kg} \\ &= 34892208 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn1 &= 176567734 \text{ N} \times 10 + 34892208 \text{ N} \times 45 \text{ cm} \\ &= 1746717097,5 \text{ Ncm} \end{aligned}$$

$$Mn1 = 174671709750 \text{ kgcm}$$

$$Mn2 = C \times y = 1799875 \text{ kg} \times 55 \text{ cm} = 98993125,00 \text{ kgcm}$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \times 98993125,00 \text{ kgcm} = 89093812,5 \text{ kgcm}$$

$$Mu \leq \emptyset Mn$$

$$2110568,878 \text{ kgcm} \leq 89093812,5 \text{ kgcm} \text{ (ok)}$$

4.5.1 Perhitungan shear connector

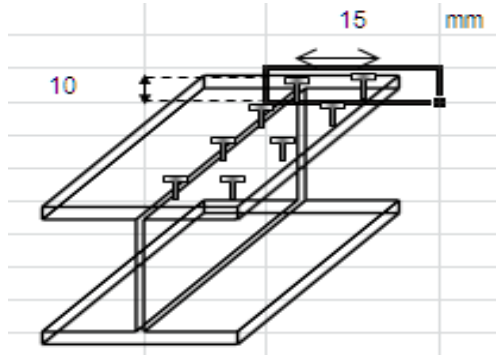
Direncanakan shear connector jenis "stud connector" dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Tinggi Stud} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak melintang antar stud} = 15 \text{ mm}$$

$f_u = 500 \text{ Mpa}$



Gambar 4.14 PERLETAKAN *STUD CONNECTOR*

4.5.2 Menentukan jumlah stud yang dipakai

$$A_{sc} = 0,25 \times \pi \times \dot{O}^2$$

$$A_{sc} = 0,25 \times \pi \times 19^2 = 283,528737 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} \times f_u = 283,528737 \text{ mm}^2 \times 500 \text{ Mpa}$$

$$= 146764,368 \text{ N}$$

$$E_c = w^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f_c'} = 2400^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{35}$$

$$= 29910,2 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \times a_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c} = 0,5 \times 283,528737 \text{ mm}^2 \times \sqrt{35 \times 29910,2}$$

$$Q_n = 145047,678 \text{ N} \leq A_{sc} \times F_u$$

$$= 146764,368 \text{ N (ok)}$$

$$V_n = C = 17656773,75 \text{ N}$$

$$N = \frac{Vn}{Qn} = \frac{17656773,75 N}{146764,368 N} = 121,73 \approx 122 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Lebar lantai kendaraan aspal}}{N} = \frac{(1210-40)\text{mm}}{122} = 9,66$$

mm dipasang 9 mm

4.6 Perencanaan ikatan angin

Pada perencanaan ikatan angin kali ini di ambil dari peraturan SnI Jembatan 1725-2016. Dimana besarnya beban angin di dpatkan dari

$$Vdz = 2,5 \times Vx \times \frac{v^{10}}{vb} \times \ln \frac{z0}{z}$$

Vdz adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana z(km/jam)

V10 adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air rencana (km/jam)

Vb adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi di atas 10000 mm

V0 adalah kecepatan gesekan dari permukaan tanah ($Z > 10000$ mm)

Z0 adalah panjang gesekan di hu;u jembatan yang merupakan karateristik meteorologi

V10 di dapat dari :

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagi periode ulang
- Survei angin pada lokasi jembatan

- Jika tidak ada data dapat direncanakan bahwa $V_b = V_{10\ 90}$ hingga 126 km/jam

Tabel 4.1 V_0 dan Z_0 untuk permukaan hulu

kondisi	Lahan terbuka	Sub urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

$$V_{dz} = 2,5 \times \frac{19,2 \times 1000}{3600} \times \frac{100 \text{ km/jam}}{100 \text{ km/jam}} \times \ln \frac{44000}{2500} = 38,23 \text{ m/s}$$

Beban angin pada Struktur

$$P_d = P_b \times \sqrt{\frac{V_{dz}}{V_b}} = 0,0024 \text{ Mpa} \times \sqrt{\frac{38,238 \text{ m/s}}{100 \times \frac{1000}{1600} \text{ m/s}}} = 4,548 \text{ Mpa} = 4,548 \text{ N/mm}$$

Gaya total beban angin = 27970,2 Nm

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} \times \frac{R_a}{L(\text{panjang bentang jembatan})} = \frac{1}{2} \times \frac{27970,2}{200} = 6992,55 \text{ kg}$$

Dimana syarat total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm untuk alok dan gelagar(SNI 1728-2016)

Gaya total 27,97 KN/mm > 4,4 KN/mm (OK)

4.6.2 Syarat kelangsingan untuk perencanaan ikatan angin atas dan bawah

Ikatan angin atas direncanakan menggunakan pipa baja dengan diameter

139,8 x 4,5

- $D = 139,8 \text{ mm}$
- $T_f = 4,5 \text{ mm}$
- $W = 15 \text{ kg/m}$
- $A = 19,13 \text{ mm}^2$
- $I_x = 438 \text{ mm}^4$
- $Z_x = 62,9 \text{ cm}^3$

Kontrol Kekuatan Lentur dan Kontrol Penampang

Menurut SNI T-03 2005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan pasal 6.1 Tabel 4

a. Badan :

$$h = D - 2t_f = 139,8 \text{ mm} - (2 \times 4,5 \text{ mm}) = 130,8 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{130,8}{6} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}} = 21,8 \leq 82,97 \rightarrow \text{Ok}$$

Sayap

$$\frac{b_{139,8}}{9} \leq \frac{170}{\sqrt{410}} = 7,76 \leq 8,3 \rightarrow \text{OK}$$

Karena penampang kompak, maka

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$Z_x = 62,7 \text{ cm}^3 = 62700 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y = 62700 \text{ mm}^3 \cdot 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 257070000 \text{ Nmm} = 257,07 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 6,09 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 236,73 \text{ cm}$$

$$L_b = 11,82 \text{ m} = 1182 \text{ cm}$$

$$L_r = ix \left(\frac{x_1}{fL} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot fL^2}}$$

$$L_r = 60,9 \left(\frac{25899,68779}{410-70} \right)$$

$$\sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,000018 \cdot (410 - 70)^2}}$$

$$= 45135,693 \text{ mm}$$

$$= 4513,57 \text{ cm}$$

$L_p \leq L \leq L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

$$236,73 \text{ cm} \leq 1320 \text{ cm} \leq 4513,57 \text{ cm}$$

Maka :

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

Dari output sap didapatkan:

$$M_{max} = 32,08 \text{ kN.m}$$

$$M_a = \text{Momen } \frac{1}{4} \text{ bentang} = 3,4 \text{ kN.m}$$

$$M_b = \text{Momen } \frac{1}{2} \text{ bentang} = 15 \text{ kN.m}$$

$$M_c = \text{Momen } \frac{3}{4} \text{ bentang} = 25,78 \text{ kN.m}$$

$$C_b =$$

$$\frac{12,5 \cdot 32,08 \text{ kN.m}}{2,5 (32,08 \text{ kN.m}) + 3 (3,4 \text{ kN.m}) + 4 (15 \text{ kN.m}) + 3 (25,78 \text{ kN.m})}$$

$$= 1,76$$

$$M_r = (f_y - f_R) \cdot S_x$$

$$= (410 \text{ Mpa} - 70 \text{ Mpa}) \cdot 919000 \text{ mm}^3$$

$$= 312460000 \text{ Nmm}$$

$$= 312,46 \text{ kNm}$$

$$M_n = 1,76 \left[312,46 + (409,383 - 312,46) \frac{45,13 - 13,2}{45,13 - 2,36} \right]$$

$$= 538,26 \text{ kN.m}$$

$$\text{Kapasitas momen } \phi M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 0,9 \times 409,38 \text{ kN.m}$$

$$= 368,44 \text{ kN.m}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

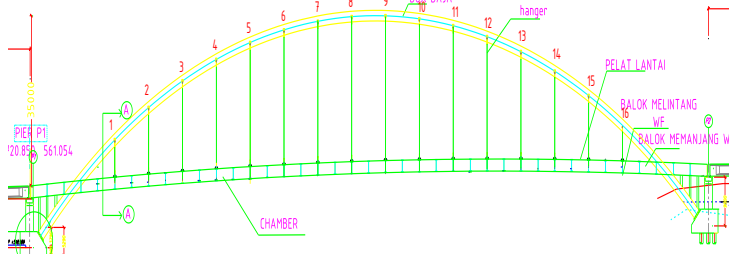
$$368,44 \text{ kN.m} > 32,08 \text{ kN.m} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi

4.7 PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA BOX BUSUR

4.7.1 Rencana Modifikasi Konstruksi Utama

Pada perencanaan konstruksi utama jembatan cisomang ini akan didesain menggunakan konstruksi busur box baja dengan kedudukan lantai kendaraan berada ditengah (A-Half through arch). Konstruksi jembatan busur ini juga menggunakan struktur batang tarik yang berfungsi untuk menahan beban secara lateral.



Gambar 4.15 Potongan Memanjang modifikasi Jembatan Cisomang

Dalam perencanaan konstruksi utama jembatan busur box ini, bentang yang akan dianalisa adalah konstruksi jembatan pada bentang tengah (main span) dengan panjang bentang jembatan 200 m. Dari perencanaan struktur utama

ini, kemudian dilakukan pemodelan beban yang terjadi pada jembatan busur tersebut.

- Konstruksi pemikul utama merupakan dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan dan kemudian diteruskan ke tumpuan.
- Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih sesuai dengan kriteria adalah konstruksi busur busur box baja dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola.

Tinggi Fokus busur box baja $\rightarrow f = 35 \text{ m}$

$$\text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \dots \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)}$$

$$: \frac{1}{6} \leq \frac{35}{200} \leq \frac{1}{5}$$

$$: 0.167 \leq 0.168 \leq 0.2 \dots \text{OK}$$

Tinggi tampang busur box baja $\rightarrow t = 2.5 \text{ m}$

$$\text{syarat : } \frac{1}{80} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{70} \dots \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)}$$

$$: \frac{1}{80} \leq \frac{2,5}{200} \leq \frac{1}{70}$$

$$: 0.0125 \leq 0.0125 \leq 0.0142 \dots \text{OK}$$

Lebar jembatan busur box baja $\rightarrow l = 12,6 \text{ m}$

$$\text{syarat : } \frac{b}{L} \geq \frac{1}{120} \quad \dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

$$: \frac{12,6}{200} \geq \frac{1}{120} \rightarrow 0.063 > 0.05 \quad \dots \text{OK}$$

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

1. Batang penggantung (Hanger)
Batang penggantung merupakan konstruksi penggantung antara konstruksi lantai kendaraan dengan konstruksi pemikul yang berupa busur box baja.
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 reksi H dan gaya normal.

4.7.2 Perencanaan Batang Penggantung (Hanger)

Persamaan yang digunakan untuk mencari panjang hanger dengan menggunakan rumus parabola :

$$Y_n = \frac{4.F.X.(L-X)}{L^2} \quad \dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

Dari data perencanaan untuk panjang batang penggantung, dengan data umum konstruksi busur sebagai berikut,

$$L = 200 \text{ m} \qquad f = 35 \text{ m}$$

$$Y' = f - Y_n \qquad \lambda = 5 \text{ m}$$

Berdasarkan perencanaan awal, dimana posisi lantai kendaraan diletakkan pada titik 1, sehingga posisi hanger dengan bentang terpanjang pada titik 8 eqn 9 sebesar 24 m – 34,9125 m. Jadi panjang hanger untuk masing-masing titik pada Tabel 2.3

Table 2.3 kabel penggantung

TITIK	X(m)	L(m)	F(m)	Y _n (m)
1	25	200	35	15,3125
2	35	200	35	20,2125
3	45	200	35	24,4125
4	55	200	35	27,9125
5	65	200	35	30,7125
6	75	200	35	32,8125
7	85	200	35	34,2125
8	95	200	35	34,9125
9	95	200	35	34,9125
10	85	200	35	34,2125
11	75	200	35	32,8125
12	65	200	35	30,7125
13	55	200	35	27,9125
14	45	200	35	24,4125
15	35	200	35	20,2125
16	25	200	35	15,3125

Tabel 5.1 tinggi/panjang batang penggantung hanger

4.7.2.1 Pembebanan

Perhitungan pembebanan batang penggantung dan batang penyangga nantinya ditinjau terhadap batang yang paling panjang. Beban-beban yang bekerja pada hanger adalah interaksi yang terjadi pada balok melintang, reaksi tersebut merupakan reaksi akibat beban mati dan beban hidup pada jembatan busur. Selain itu ditambah dengan perkiraan berat sambungan dan berat ikatan angin bawah. Dimana tiap batang penggantung menerima 10% dari beban mati.

I Aksi Permanen

a. Beban akibat berat sendiri (Dead Load)

- Berat pelat kerb

$$= h \times Y \times l \times K_{MS}^U$$

$$= 0.2 \times 24 \times 0,85 \times 130\% = 6.24 \quad \text{kN/m}$$

Berat pejalan kaki (pedestrian)

$$= 500 \times 1 = \underline{5} \quad \text{kN/m}$$

$$Q_{D1} = \text{Berat kerb} + \text{berat pejalan kaki} = 11.24 \quad \text{kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D1} = 5 \text{ m} \times 11.24 \text{ kN/m} = 31.2 \quad \text{kN}$$

❖ Berat pelat lantai kendaraan

$$= h \times Y \times \lambda \times K_{MS}^U$$

$$= 0.20 \times 24 \times 5 \times 130\% = 39 \quad \text{kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D2} = \frac{1}{2} \times \text{Plat lantai} \times \text{lebar plat lantai jembatan}$$

$$= \frac{1}{2} \times 39 \text{ Kn/m} \times 11 \text{ m} = 214.5 \text{ Kn}$$

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

$$\text{Beban } P_{D3} = \frac{1}{2} \times q \times b \times K_{MS}^U$$

$$= \frac{1}{2} \times 286 \text{ kg/m} \times 12,6 \text{ m} \times 110\%$$

$$= 19,81 \text{ kN}$$

- Berat gelagar memanjang : ($g = 115,84 \text{ kg/m}$)

$$\text{Jumlah gelagar memanjang} = 9$$

$$\text{Beban } P_{D4} = \frac{1}{2} \times q \times n \times b \times K_{MS}^U$$

$$= \frac{1}{2} \times 115,84 \text{ kg/m} \times 1,375 \text{ m} \times 9 \times 110 = 7,6 \text{ kN}$$

- Berat aspal

$$= h \times \lambda \times \Upsilon \times K_{MS}^U$$

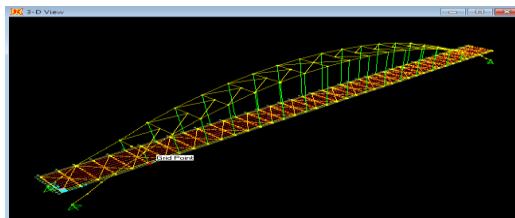
$$= 0,05 \times 5 \times 22 \times 130\% = 7,15 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D5} = \frac{1}{2} \times 7,15 \text{ Kn/m} \times 11$$

$$= 39,325 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } P_{D \text{ TOT}} = (P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{D5})$$

$$= 420,675 \text{ kN}$$



Gambar 5.16 pemodelan pembebanan SAP 2000

Beban-beban mati yang diakibatkan karena berat gelagar memanjang dan gelagar melintang akan didefinisikan sebagai beban merata di dalam program SAP, sehingga beban-beban yang nantinya akan dijumlahkan kedalam SAP merupakan beban sendiri profil.

b. Beban mati tambahan (utilitas)

Beban mati tambahan (superimposed dead load), adalah berat

seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Berdasarkan RSNI-02-2005, jembatan direncanakan mampu memikul beban tambahan sebagai berikut.

1. Lapisan Aspal
Lapisan Aspal

$$\text{Berat} = 0.05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 = 1.1 \text{ kN/m}^2$$

Genangan Air Hujan (tebal = 5 cm)

$$\text{Berat} = 0.05 \text{ m} \times 9.8 \text{ kN/m}^3 = 0.49 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban yang terjadi} = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

2. Berat Pejalan kaki

Beban Pejalan kaki yang bekerja pada trotoar adalah beban terpusat sebesar $P = 5 \text{ kN}$

I. Aksi Transien

a. Beban hidup akibat lalu lintas

- Beban terbagi rata (UDL)

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

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

Karena $L = 200 \text{ m}$; maka $q = 9 \text{ kPa} \times \left(0.5 + \frac{15}{200} \right) \times 1.375$
 $m = 7,116 \text{ KNm}$

$$\text{Beban yang bekerja : } Q_L = q \times b \times K_{TD}^U$$

$$= 7,116 \times 5 \times 180\% = 64,5 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = 100\% \times \text{UDL} = 100\% \times 64,5 = 64,5 \text{ kN/m}$$

- **Beban garis (KEL)**

Beban $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$ dengan faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan : $L_E \geq 90 \rightarrow \text{DLA} = 0.3$

Untuk bentang sederhana $L_E = L = 200 \text{ m}$

Untuk $L_E = 200 \text{ m}$ dari gambar 8 SNI T-02-2005 didapatkan harga $\text{DLA} = 30\%$.

Maka beban KEL yang bekerja dengan faktor kejut DLA adalah

$$P_L = (1 + \text{DLA}) \times P \times K_{TD}^U$$

$$= (1 + 0.3) \times 49 \times 1.8 = 89.5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban "D"} = Q_L + P_L$$

$$= 64,5 + 89.5 = 154 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A = \frac{154 \text{ Kn/m} \times 11\text{m} \times (5,5+0,85)\text{m}}{12,6}$$

$$= 888,16 \text{ KN}$$

c. Lain – Lain

Di perkiraka berat tmbahan lainnya adalah 10% dari Beban mati yang bekerja

$$\text{Maka : } 10\% \times P_{D\text{total}} \text{ kg} = 0,1 \times 420,675 \text{ kg} = 42,07 \text{ Kn}$$

Jadi reaksi yang diterima batang hanger dari balok melintang sebesar :

$$R_{A\text{total}} = P_{D\text{TOT}} + V_A + (10\% V_{\text{lain-lain}})$$

$$= 420,675 + 888,16 + 242,07$$

$$= 1550,875 \text{ kN}$$

4.7.2.2 Kontrol Kekuatan Batang Penggantung (Hanger) Kontrol Kekuatan Batang Penggantung

Pada perencanaan ini, digunakan hanger tipe *tension rods*, produksi Macalloy dengan jenis Macalloy 520 (M72), Carbon steel.

Jenis Kabel hanger ini biasanya digunakan di berbagai konstruksi kabel terutama jembatan yang memakai kabel tension



Gambar 4.17 *Tension Rod* Macalloy 520, Carbon steel

Data hanger: \emptyset batang = 72 mm dan W kabel = 32

$46,7 \text{ kg/m} \times 14 \text{ m} \times 1,1 = 719,18 \text{ kg} = 7,19 \text{ kN}$

$V \text{ total} = R_a \text{ total} + \text{berat sendiri hanger}$

$V \text{ total} = 1.248,03 \text{ kN} + 7,19 \text{ kN} = 1.255,22 \text{ kN}$

Kontrol kelangsingan hanger

Batasan kelangsingan batang bulat menurut SNI 03-1729-2002 adalah:

$$\frac{L}{D} \leq 500 \quad L = 14 \text{ m}; D = 72 \text{ mm}$$

$$194,44 \leq 500 \quad \text{OK}$$

$$P_u \leq \text{Minimum Break Load}$$

$$1.352,95 \text{ kN} \leq 2.635 \text{ kN} \quad \text{OK}$$



Gambar 4.17 *Tension Rod* Macalloy 520, Carbon steel

4.7.2.3 Analisa asumsi kabel putus

Dari 32 kabel penggantung yang terpasang yang masing masing 16 kabel penggantung di setiap sisi jembatan salah satunya diasumsikan putus (accidental load)

- Saat kabel belum terputus

no	aksial(KNm2)	luas mm2	PU	Pn	PU<Pn
1	1019,261192	6358,5	1567,76	1602,99	OK
2	1037,128577	6358,5	1567,76	1631,09	OK
3	1031,425002	6358,5	1567,76	1622,12	OK
4	1059,949233	6358,5	1567,76	1666,98	OK
5	1136,861649	6358,5	1567,76	1787,94	OK
6	1140,861146	6358,5	1567,76	1794,23	OK
7	1145,879274	6358,5	1567,76	1802,122	OK
8	1150,964802	6358,5	1567,76	1810,12	OK
9	1152,230144	6358,5	1567,76	1812,11	OK
10	1130,617602	6358,5	1567,76	1778,12	OK
11	1127,209446	6358,5	1567,76	1772,76	OK
12	1073,899782	6358,5	1567,76	1688,92	OK
13	1080,938642	6358,5	1567,76	1699,99	OK
14	1067,687528	6358,5	1567,76	1679,15	OK
15	1066,396752	6358,5	1567,76	1677,12	OK
16	1016,800452	6358,5	1567,76	1599,12	OK

Gambar tabel 4.18 Tegangan kabel saat kondisi semua terpasang

no	aksial(KNm2)	luas mm2	PU	Pn	PU<Pn
1	1000,185692	6358,5	1567,76	1572,99	OK
2	1011,694577	6358,5	1567,76	1591,09	OK
3	999,632502	6358,5	1567,76	1572,12	OK
4	1031,335983	6358,5	1567,76	1621,98	OK
5	1094,895549	6358,5	1567,76	1721,94	OK
6	1140,861146	6358,5	1567,76	1794,23	OK
7	1082,294274	6358,5	1567,76	1702,122	OK
8	1100,815313	6358,5	1567,76	1731,25	OK
9	1123,070063	6358,5	1567,76	1766,25	OK
10	1073,403819	6358,5	1567,76	1688,14	OK
11	1078,458827	6358,5	1567,76	1696,09	OK
12	1044,663399	6358,5	1567,76	1642,94	OK
13	1018,002209	6358,5	1567,76	1601,01	OK
14	1018,091228	6358,5	1567,76	1601,15	OK
15	578,063952	6358,5	1567,76	909,12	OK
16	1016,800452	6358,5	1567,76	1599,12	OK

Gambar table 4.19 Tegangan kabel saat kondisi putus 1

Kehilangan energi ΔP_n

$$\Delta P_n = \sum P_n \text{ all} - \sum P_n \text{ putus 1}$$

$$\Delta P_n = 27424,88 \text{ Kn} - 25881,54 \text{ Kn} = 1613,34 \text{ Kn}$$

Masing masing kabel kehilangan energi sekitar 6,26%.

Kondisi ini dinyatakan masih tetap aman dimana $P_n > P_u$

4.5.3 Penampang Box Baja

Pada perencanaan jembatan Brantas ini akan digunakan penampang box baja sebagai berikut :

- ❖ Konstruksi busur utama dengan dimensi profil

$$B = 1500 \text{ mm}$$

$$t_w = 60 \text{ mm}$$

$$H = 2500 \text{ mm}$$

$$t_f = 60 \text{ mm}$$

- ❖ Konstruksi batang tarik dengan dimensi profil

$$B = 750 \text{ mm}$$

$$t_w = 40 \text{ mm}$$

$$d = 750 \text{ mm}$$

$$t_f = 40 \text{ mm}$$

Dengan ketentuan bahan profil sebagai berikut :

- BJ 55
- Tegangan Leleh $f_y = 410 \text{ MPa}$
- Tegangan Ultimate $f_u = 550 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas $E = 2 \times 10^5$

Perhitungan berat konstruksi utama jembatan busur sama seperti perhitungan pembebanan pada penggantung dengan adanya tambahan beban lateral .

d. Beban akibat berat sendiri (Dead Load)

- Berat pelat kerb
 $= h \times \gamma \times l \times K_{MS}^U$
 $= 0.2 \times 24 \times 0,85 \times 130\% = 6.24 \text{ kN/m}$

Berat pejalan kaki (pedestrian)

$$= 500 \times 1 = \underline{5 \text{ kN/m}}$$

$$\hat{Q}_{D1} = \text{Berat kerb} + \text{berat pejalan kaki} = 11.24 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D1} = 5 \text{ m} \times 11.24 \text{ kN/m} = 31.2 \text{ kN}$$

❖ Berat pelat lantai kendaraan

$$= h \times \gamma \times \lambda \times K_{MS}^U$$

$$= 0.20 \times 24 \times 5 \times 130\% = 39 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D2} = \frac{1}{2} \times \text{Plat lantai} \times \text{lebar plat lantai jembatan}$$

$$= \frac{1}{2} \times 39 \text{ Kn/m} \times 11 \text{ m} = 214.5 \text{ kN}$$

- Berat gelagar melintang : ($q = 286 \text{ kg/m}$)
 $\text{Beban } P_{D3} = \frac{1}{2} \times q \times b \times K_{MS}^U$

$$= \frac{1}{2} \times 286 \text{ kg/m} \times 12,6 \text{ m} \times 110\%$$

$$= 19,81 \text{ kN}$$

- Berat gelagar memanjang : ($g = 115,84 \text{ kg/m}$)
Jumlah gelagar memanjang = 9

$$\text{Beban } P_{D4} = \frac{1}{2} \times q \times n \times b \times K_{MS}^U$$

$$= \frac{1}{2} \times 115,84 \text{ kg/m} \times 1,375 \text{ m} \times 9 \times 110\%$$

$$= 7,6 \text{ kN}$$

- Berat aspal
 $= h \times \lambda \times \gamma \times K_{MS}^U$

$$= 0,05 \times 5 \times 22 \times 130\% = 7,15 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban } P_{D5} = \frac{1}{2} \times 7,15 \text{ Kn/m} \times 11$$

$$= 39,325 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } P_{D \text{ TOT}} = (P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{D5})$$

$$= 420,675 \text{ kN}$$

a. Beban Hidup

a. Beban hidup akibat lalu lintas

- Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2016. Ps.6.3.1

$$L \leq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} ; q = 9,0 \left[0,5 + \frac{15}{L} \right] \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Karena } L &= 200 \text{ m ; maka } q = 9 \text{ kpa} \times \left(0,5 + \frac{15}{200}\right) \times 1,375 \text{ m} \\ &= 7,116 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\text{Beban yang bekerja : } Q_L = q \times b \times K_{TD}^U$$

$$= 7,116 \times 5 \times 180\% = 64,5 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = 100\% \times \text{UDL} = 100\% \times 64,5 = 64,5 \text{ kN/m}$$

- **Beban garis (KEL)**

Beban $P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$ dengan faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan : $L_E \geq 90 \rightarrow \text{DLA} = 0.3$

Untuk bentang sederhana $L_E = L = 145 \text{ m}$

Untuk $L_E = 200 \text{ m}$ dari gambar 8 SNI T-02-2016 didapatkan harga $\text{DLA} = 30\%$.

Maka beban KEL yang bekerja dengan faktor kejut DLA adalah

$$\begin{aligned} P_L &= (1 + \text{DLA}) \times P \times K_{TD}^U \\ &= (1 + 0.3) \times 49 \times 1.8 = 89.5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban "D"} &= Q_L + P_L \\ &= 64,5 + 89.5 = 154 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{154 \text{ Kn/m} \times 11 \text{ m} \times (5,5 + 0,85) \text{ m}}{12,6} \\ &= 888,16 \text{ KN} \end{aligned}$$

e. Lain – Lain

Perkiraan berat sambungan dan berat ikatan angin bawah, tiap batang penggantung menerima $10\% \times$ Beban mati.

$$\text{Maka : } 10\% \times P_{D\text{total}} \text{ kg} = 0,1 \times 420,675 \text{ kg} = 42,07 \text{ Kn}$$

Jadi reaksi yang diterima batang hanger dari balok melintang sebesar :

$$\begin{aligned} R_{A\text{ total}} &= P_{D\text{TOT}} + V_A + (10\% V_{\text{lain-lain}}) \\ &= 420,675 + 888,16 + 242,07 \\ &= 1550,875 \text{ kN} \end{aligned}$$

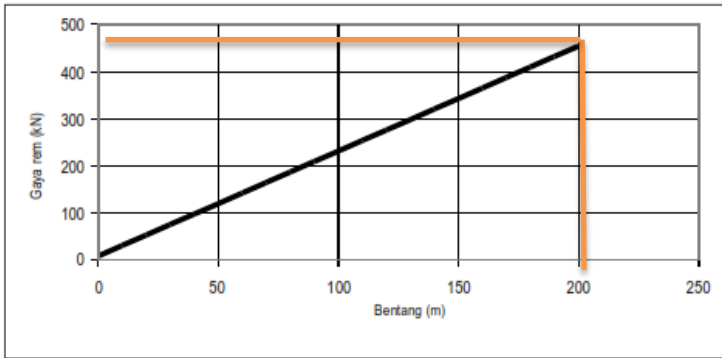
b. Beban akibat Gaya Rem

Pengaruh pengereman dari lalu lintas rencana diperhitungkan sebagai gaya dalam arah horizontal dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan tersebut. Besarnya gaya rem yang terjadi pada arah horizontal jembatan tersebut tergantung dari panjang total jembatan sebagai berikut :

$$\text{Panjang Total Jembatan (} L_T \text{)} = 200 \text{ m}$$

Berdasarkan grafik dibawah ini, maka digunakan

$$T_{TB} \approx 450 \text{ kN.}$$



Gambar 4.20 Grafik Gaya Rem

c. Beban akibat Pejalan Kaki

Berdasarkan peraturan RSNI T-02-2005 6.9 semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan harus direncanakan untuk bisa memikul beban pejalan kaki dengan beban nominal 5 kPa.

Dengan faktor beban limit , $K_{TP} = 1.8$

Beban hidup merata pada trotoar :

$$\text{Untuk } A \leq 10 \text{ m}^2 \rightarrow q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } 10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2 \rightarrow q = 5 - 0.033 * (A - 10) \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } A > 100 \text{ m}^2 \rightarrow q = 2 \text{ kPa}$$

A = luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m^2)

Panjang bentang ekuivalen adalah panjang bentang sebenarnya

$$L_E = 200 \text{ m}$$

Lebar satu trotoar, $b_2 = 0,85 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang trotoar, } \rightarrow A &= 2 \times (b_2 \times L_E) \\ &= 2 \times 0,85 \times 200 = 340 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Intensitas beban pada trotoar, $q = 2 \text{ kPa}$

Maka pembebanan jembatan untuk trotoar adalah

$$QTP = q \times b_2 = 2 \times 0,85 \text{ m} = 1,7 \text{ kN/m}$$

- d. Beban akibat Perubahan Temperatur
Pengaruh temperatur dibagi menjadi :
- a. Variasi temperatur jembatan rata - rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada sambungan pelat lantai dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dan pergerakan tersebut
 - b. Variasi atau perubahan temperatur pada bangunan atas jembatan disebabkan oleh pemanasan langsung dari sinar matahari pada waktu siang serta pelepasan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan pada waktu malam.

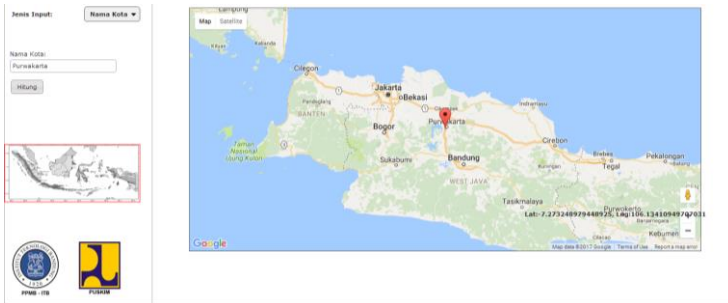
Pada perencanaan jembatan Brantas ini, tipe bangunan atasnya adalah lantai pelat beton diatas gelagar boks.

- Temperatur Minimum (Malam Hari) = 25° C
- Temperatur Maksimum (Siang Hari) = 40° C

Dalam pelaksanaan jembatan busur box baja ini, perlu diperhatikan dalam pemasangan pada Arch ribs sebagai konstruksi pemikul utama jembatan busur, agar ketika dilakukan penyambungan (erection) akan tetap berada di tempat yang telah didesain tersebut, maka perubahan suhu harus diperhatikan adalah :

$$\Delta T = \frac{(T_{MAX} - T_{MIN})}{2} \rightarrow \frac{(40 - 25)}{2} = 7.5^{\circ} C$$

- e. Beban akibat Gempa (Earthquake)
 Pada analisa pembenan jembatan akibat beban gempa ini akan dilakukan dengan menggunakan 2 metode yakni dengan analisa statis ekuivalen dan analisa dinamik



Gambar 4.21 Pemetaan Gempa di Indonesia disomang purwakarta(puskim.pu.go.id)

Dari hasil analisis SAP diperoleh waktu getar struktur :

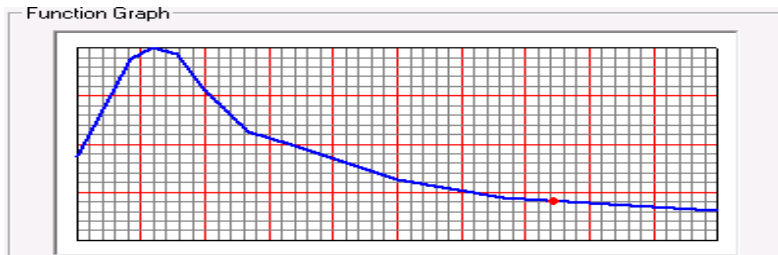
- Arah melintang jembatan, $T = 1.52$ detik
- Arah memanjang jembatan $T = 0.88$ detik

Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur jembatan mempunyai waktu getar struktur yang berbeda pada arah memanjang dan melintang, sehingga beban gempa rencana statik ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing-masing arah

Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi spectrum response. Dengan mengambil response maksimum dari 2 arah gempa, yaitu arah memanjang (arah X) dan melintang (arah Y) jembatan.

0	0,15208		PGA (g)	0,2625
T_0	0,38056		S_S (g)	0,57153
T_S	0,38056		S_1 (g)	0,22569
T_S+0	0,30417		C_{RS}	1,043
$T_S+0.1$	0,25278		C_{R1}	0,64444
$T_S+0.2$	0,21667		F_{PGA}	1,000
$T_S+0.3$	0,18958		F_A	1,000
$T_S+0.4$	0,16806		F_V	1,000
$T_S+0.5$	0,15139		PSA (g)	0,2625
$T_S+0.6$	0,1375		S_{MS} (g)	0,57153
$T_S+0.7$	0,12569		S_{M1} (g)	0,22569
$T_S+0.8$	0,11597		S_{DS} (g)	0,38056

Gambar 4.22 Hasil Input Grafik Koefisien Geser Dasar (C) vs Periode Getar



Gambar 4.23 Grafik Output Response Spectrum yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Jembatan

Koefisien respons gempa

$$T_0 = 0.38$$

$$T_S = 0.38$$

$$C_{smy} = \frac{S_1}{T_y} = \frac{0.22}{1.52} = 0.14$$

$$C_{smx} = \frac{S_1}{T_y} = \frac{0.22}{0.88} = 0.25$$

Wt adalah berat total pada jembatan sebesar 34098,23 KN

$$V_{\text{statik}} = \frac{C_{sm} \times Wt}{R} = \frac{0,14 \times 34098,23 \text{KN}}{0,8} = 596,876 \text{ KN untuk arah Y}$$

$$V_{\text{statik}} = \frac{C_{sm} \times Wt}{R} = \frac{0,25 \times 34098,23 \text{KN}}{0,8} = 5337,279 \text{KN untuk arah X}$$

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Gambar 4.24 tabel modifikasi respon

Tabel 1 – Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _h	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,0	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,0	1,0	1,0
Daya Javan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Javan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Javan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Javan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan: - γ dapat berupa γ_{TC} , γ_{ES} , γ_{EQ} , γ_{TC} , γ_{ES} , tergantung beban mana ditinjau

Gambar 4.25 Kombinasi pembebanan

Beban Transien

SH	=	gaya akibat susut/rangkak
TB	=	gaya akibat rem
TR	=	gaya sentrifugal
TC	=	gaya akibat tumbukan kendaraan
TV	=	gaya akibat tumbukan kapal
EQ	=	gaya gempa
BF	=	gaya friksi
TD	=	beban lajur "D"
TT	=	beban truk "T"
TP	=	beban pejalan kaki
SE	=	beban akibat penurunan
ET	=	gaya akibat temperatur gradien
EU _n	=	gaya akibat temperatur seragam
EF	=	gaya apung
EW _s	=	beban angin pada struktur
EW _L	=	beban angin pada kendaraan
EU	=	beban arus dan hanyutan

Gambar 4.26 Keterangan pembebanan kombinasi

comb	faktor beban					
	DL	LL	EW _s	EWL	ET	EQ
1	1	1.8	-	-	0,5	-
2	1	-	1,4	-	0,5	-
3	1	-	0,4	1	0,5	-
4	1	0,5	-	-	-	1
5	1	1	0,3	1	1,2	-

Dengan pemodelan sap dibawah didapatkan beban V dinamis sebesar

	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN
▶	DEAD	LinStatic		-0,004758
	KUAT COMB 1	Combination		-0,004619
	KUAT KOMB 2	Combination		-0,004619
	KUAT COMB 3	Combination		-0,012
	KUAT KOMB 5	Combination		-0,012
	KUAT KOMB 4	Combination	Max	5417,674
	KUAT KOMB 4	Combination	Min	-5417,733

Gambar 4.27 output beban kombinasi gempa dari SAP 2000

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
BEBAN GEMPA ARAH X	Response Spectrum	1
BEBAN KEL	Linear Static	1
BEBAN MATI	Linear Static	0,5
BEBAN GEMPA ARAH X	Response Spectrum	1
BEBAN GEMPA ARAH Y	Response Spectrum	1

Gambar 4.28 beban kombinasi gempa dari SAP 2000

Dimana $0.85 V_{\text{statik}} < V_{\text{dinamis}}$

Gempa arah x

$$0.85 \times 5337,279 \text{KN} < 5417,674 \text{KN}$$

$$4941,687 \text{KN} < 5417,674 \text{KN}$$

Gempah arah y

$$0,85 \times 3596,876 \text{KN} < 5417,674 \text{KN}$$

$$3207,345 \text{KN} < 5417,674 \text{KN}$$

- f. Beban kombinasi yang digunakan
 Dalam pemodelan struktur jembatan, perlu adanya beban kombinasi yang mungkin terjadi selama rentang usia jembatan. Mengacu pada SNI pembebanan untuk jembatan maka pemodelan akan menggunakan metode *Ultimate Strength*, untuk masing – masing beban yang terjadi nantinya harus dikalikan dengan faktor beban.

Tabel 6.1 Faktor beban saat keadaan ultimit

Pasal No	Aksi		Lamanya waktu (3)	Faktor Beban pada Keadaan Batas Ultimit K		
	Nama	Simbol (1)		Daya Layan K	Ultimit K	
					Normal	Terkurangi
5.2	Berat Sendiri	P_{MS}	Tetap	1,0	* (3)	* (3)
5.3	Beban Mati Tambahan	P_{MA}	Tetap	1,0/1,3 (3)	2,0/1,4 (3)	0,7/0,8 (3)
5.4	Penyusutan & Rangkak	P_{SR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.5	Prategang	P_{PR}	Tetap	1,0	1,0	N/A
5.6	Tekanan Tanah	P_{TA}	Tetap	1,0	* (3)	* (3)
5.7	Beban Pelaksanaan Tetap	P_{PL}	Tetap	1,0	1,25	0,8
6.3	Beban Lajur "D"	T_{TD}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.4	Beban Truk "T"	T_{TT}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.7	Gaya Rem	T_{TB}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.8	Gaya Sentrifugal	T_{TR}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.9	Beban trotoar	T_{TP}	Tran	1,0	1,8	N/A
6.10	Beban-beban Tumbukan	T_{TC}	Tran	* (3)	* (3)	N/A
7.2	Penurunan	P_{ES}	Tetap	1,0	N/A	N/A
7.3	Temperatur	T_{ET}	Tran	1,0	1,2	0,8
7.4	Aliran/Benda hanyutan	T_{EF}	Tran	1,0	* (3)	N/A
7.5	Hidro/Daya apung	T_{EU}	Tran	1,0	1,0	1,0
7.6	Angin	T_{EW}	Tran	1,0	1,2	N/A
7.7	Gempa	T_{EQ}	Tran	N/A	1,0	N/A
8.1	Gesekan	T_{BF}	Tran	1,0	1,3	0,8
8.2	Getaran	T_{VI}	Tran	1,0	N/A	N/A
8.3	Pelaksanaan	T_{CL}	Tran	* (3)	* (3)	* (3)

Tabel 6.2. Kombinasi beban yang digunakan pada jembatan

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

4.8 BOX BUSUR

4.8.1 Kontrol Penampang Box Busur

Kriteria dimensi box baja mengacu pada pada pada LRFD

(*Spesification for Steel Hollow Structural Section*):

a. Kontrol Busur Utama (2500 x 1500 x 60 x 60) BJ 55

- Desain untuk tegangan lentur.. Berdasarkan tabel 2.2.1 Rectangular HSS wall as a web in flexural compression.
- Cek dimensi web untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan.

$$h = 2500 - (2 \times 60) = 2380 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{t_w} = \frac{2380}{60} = 39,6 \\ \lambda_p &= 3.76x\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76x\sqrt{\frac{210000}{410}} \\ &= 85.1 \end{aligned} \right\} \lambda < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

- Cek dimensi flens untuk menghindari local buckling

$$b = 1500 - (2 \times 60) = 1380 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= \frac{b}{t_w} = \frac{2380}{60} = 23 \\ \lambda_p &= 3.76x\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76x\sqrt{\frac{210000}{410}} \\ &= 85.1 \end{aligned} \right\} \lambda < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

b. Kontrol Box Tarik (750 x 750 x 40 x 40)

Desain untuk tegangan lentur.. Berdasarkan tabel 2.2.1 - Rectangular HSS wall as a web in flexural compression.

- Desain untuk tegangan lentur...
- Cek dimensi web untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan.

$$h = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{670}{40} = 16.75$$

$$\lambda_p = 3.76x \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76x \sqrt{\frac{210000}{410}}$$

$$= 85.1$$

- Cek dimensi flens untuk menghindari local buckling

$$b = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{b}{t_w} = \frac{670}{40} = 16.75$$

$$\lambda_p = 3.76x \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76x \sqrt{\frac{210000}{410}}$$

$$= 85.1$$

4.8.2 Perencanaan Konstruksi Busur Utama

Hasil dari output SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi busur utama adalah(KEL+UDL+DL)

$$P_u = 16987.8 \text{ kN}$$

$$M_{u_y} = 11655052 \text{ kN.mm}$$

$$M_{u_x} = 62428239 \text{ kN.mm}$$

$$V_u = 2095.79 \text{ kN}$$

Dari hasil gaya dalam yang diperoleh, maka akan direncanakan Jembatan busur dengan konstruksi utama adalah box baja. Profil yang digunakan adalah 2500 x 1500 x 60 x 60

$$\begin{aligned} i_x &= 55.24 \text{ cm} & I_y &= 14330000 \text{ cm}^4 \\ Z_x &= 184500 \text{ cm}^3 & Z_y &= 207900 \text{ cm}^3 \\ A_n &= 3600 \text{ cm}^2 & S_x &= 1456000 \text{ cm}^3 \\ I_x &= 10990000 \text{ cm}^4 & S_y &= 176900 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

6.2.1 Stabilitas Box Busur

- ❖ Kelangsingan komponen struktur sebagai batang tekan.
 - Batasan kelangsingan struktur tekan merupakan rasio dari panjang batang tekan terkoreksi dan jarak girasi penampang tidak lebih dari 200

- Untuk batang tekan, maka $\frac{Kl}{i} \leq 200$

$$K = 0.9 \rightarrow \text{Batang utama yang dilas penuh}$$

$$l = 2500 \text{ mm} \rightarrow \text{panjang batang boxn} = h \text{ box}$$

$$\frac{0,9 \times 2500}{55,24} \leq 40,73$$

$$40,73 \leq 200 \dots \text{Ok}$$

- ❖ Desain kekuatan tekan untuk menghindari terjadinya local buckling pada badan. Berdasarkan LRFD LRFD – HSS, *Sec 4.2 – Beams and Other Flexural Members.*

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

$$\begin{aligned}
 A_g &= 2.ts.B + 2.tb.H \\
 &= 2 \times 6 \times 150 + 2 \times 6 \times 250 \\
 &= 4800 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \lambda_c = \frac{K.l}{i.\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$K = 0.9 \rightarrow$ untuk penampang hollow yang terhubung secara langsung dengan penampang hollow yang lain.

$$\lambda_c = \frac{0.9 \times 2500}{55.24\pi} \sqrt{\frac{410}{210000}} = 0.025$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_r &= 5.7x \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 5.7x \sqrt{\frac{210000}{410}} = 129
 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk } \lambda \leq \lambda_r \rightarrow Q = 1$$

$$\text{Untuk } \lambda_c x \sqrt{Q} < 1.5 \rightarrow F_{cr} = Q \cdot \left(0.658^{Q\lambda_c^2} \right) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = 1 \cdot \left(0.658^{0.025^2} \right) \cdot 410 = 0.2 \text{ kN/mm}^2$$

Kuat rencana

$$P_n = 0.2 \times 480000 = 96000 \text{ kN}$$

$$\Phi_t P_n = 0.85 \times 96000 = 81600 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\Phi_t . P_n &\geq P_u \\ 81600 \text{ kN} &\geq 16987.8 \text{ kN}\end{aligned}$$

❖ Kontrol Flexural Buckling

- Penampang akan menjadi tidak stabil karena terjadi tekukan atau lenturan. Berdasarkan LRFD HSS, *Sec 4.5*. Desain kekuatan lentur berdasarkan momen yang terjadi pada penampang. Untuk penampang kompak $\rightarrow \lambda \leq \lambda_p$
Kuat lentur nominal penampang adalah

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$\begin{aligned}M_{nx} = M_p &= 4100 \times 184500 \text{ cm}^3 \\ &= 756450000 \text{ kg.cm} = 75645000 \text{ kN.mm}\end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\Phi . M_n = 0.85 \times 75645000 = 6808050 \text{ kN.mm}$$

$$\Phi M_n \geq M_u$$

$$6808050 \text{ kN.mm} \geq 62428239.9 \text{ kN.mm}$$

❖ Kontrol Torsional Buckling

- Besarnya gaya torsi pada penampng busur diperoleh dari analisa program SAP 2000. Didapat gaya torsi maximum akibat beban kombinasi $T_u = 5288858.6 \text{ kN.mm}$
Desain kekuatan torsi penampang adalah

$$\phi_T . T_n \rightarrow T_n = F_{cr} . C.$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 2500 - (2 \times 60) = 2380 \text{ mm}$$

$$\frac{2380}{60} = 40,7 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 55.3$$

$$\begin{aligned} C &= 2 (B-t).(H-t)t - 4.54(4-\pi)t^3 \\ &= 2 (1500-60).(2500-60).60 - 4.54 (4-\pi).60^3 \\ &= 247988649.6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0.6.F_y \\ &= 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$T_n = 246 \times 247988649.6 = 61005207.9 \text{ kN.mm}$$

Kuat rencana

$$\Phi.T_n = 0.85 \times 61005207.9 = 6105207.8 \text{ kN.mm}$$

$$\Phi.T_n \geq T_u$$

$$6105207.8 \text{ kN.mm} \geq 5288858.6 \text{ kN.mm}$$

❖ Kontrol Kekuatan geser (Berdasarkan SNI T-03 2005 Struktur Baja)

$$V_n = F_n \times A_w$$

$$A_w = 2.H.t = 2 \times 250 \times 6 = 3000 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 2500 - (2 \times 60) = 2380 \text{ mm}$$

$$\frac{2380}{60} = 40,7 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 55.3$$

$$\begin{aligned} F_n &= 0.6 \cdot F_y \\ &= 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa} \\ V_n &= F_n \times A_w = 246 \times 3000^5 \\ &= 302 \cdot 10^4 \text{ N} = 30200 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\Phi \cdot V_n = 0.9 \times 30200 = 27180 \text{ kN.}$$

$$\begin{aligned} \Phi \cdot V_n &\geq V_u \\ 2718 \text{ kN} &\geq 2095.79 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Kontrol Interaksi gaya

Selain menerima gaya geser lentur dan aksial, elemen struktur dari box baja ini juga menerima kombinasi gaya akibat beban yang bekerja. Untuk itu cek terhadap interaksi gaya harus memenuhi

(Berdasarkan SNI T-03 2005 pasal 7.6.1 Struktur Baja)

- Desain kombinasi gaya lentur dan aksial

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{16987.8}{81600} \geq 0,2 \text{ maka. } \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$0.2 \geq 0,2 \rightarrow \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1$$

Untuk penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

Kuat lentur nominal penampang adalah

$$M_{nx} = M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$M_{nx} = M_p = 4100 \times 184500$$

$$= 756450000 \text{ kg.cm} = 75645000 \text{ kN.mm}$$

$$M_{ny} = M_p = F_y \cdot Z_y$$

$$M_{ny} = M_p = 4100 \times 207900$$

$$= 852390000 \text{ kg.cm} = 85239000 \text{ kN.mm}$$

$$0,2 + \frac{8}{9} + \left(\frac{62428239,9}{0,9 \times 75645000} + \frac{11655052,2}{0,9 \times 85239000} \right) \leq 1$$

$$0,97 \leq 1$$

- Desain kombinasi gaya geser lentur dan torsi

(Berdasarkan SNI T-03 2005 pasal 7.6.1 Struktur Baja)

$$\left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v \cdot V_n} + \frac{T_u}{\phi_T \cdot T_n} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{16987,8}{81600} + \frac{62428239,9}{0,9 \times 75645000} \right) + \left(\frac{2095,79}{0,9 \times 30200} + \frac{528885,6}{0,85 \times 61005207,9} \right)^2$$

$$0,82 \leq 1,0$$

❖ Kontrol lendutan

Lendutan yang timbul akibat beban mati tidak boleh melampaui $L/240$ untuk bentangan acuan $L \geq 3,00$ m

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{10000}{500} = 20 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa di SAP200, diperoleh lendutan maximum

$$f = 10.81 \text{ mm}$$

maka $10.81 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \rightarrow \text{OK!!}$

4.8.3 Perencanaan Konstruksi Batang Tarik

Karena jembatan Brantas ini direncanakan berdiri di atas tanah yang kurang kuat dan juga kaki busur berada pada aliran sungai sehingga agar struktur tetap kuat, maka direncanakan menggunakan batang tarik (terletak pada sisi samping terluar dari lantai kendaraan). Struktur tarik ini berfungsi sebagai penahan akibat gaya horizontal yang terjadi pada kaki busur. Hasil dari output SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi batang tarik sebesar (KEL+UDL+DL)

$$T_u = 2954210.64$$

$$\text{kN.mm}$$

$$M_{u_x} = 6816650.8$$

$$\text{kN.mm}$$

$$P_u = 11474.148 \text{ kN}$$

$$M_{u_y} = 1162023.31 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 1618.46 \text{ kN}$$

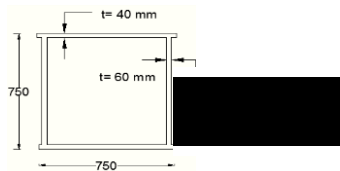
Dari hasil gaya dalam yang diperoleh, maka akan direncanakan suatu konstruksi jembatan busur dengan batang tarik box baja. Profil yang digunakan adalah 750 x 750 x 40 x 40

$$I_y = 1066000 \text{ cm}^4 \quad i_x = 27.4 \text{ cm}$$

$$A_n = 1184 \text{ cm}^2 \quad I_x = 891200 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 21740.7 \text{ cm}^3 \quad S_y = 28070.5 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 33758 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 28070.5 \text{ cm}^3$$



Gambar 4.29 Penampang Box Busur Tarik

4.8.3.1 Stabilitas Box Busur

- ❖ Kelangsingan komponen struktur sebagai batang tarik :
- Desain kuat tarik pada penampang box berdasarkan nilai tegangan leleh dan tegangan putus baja.
- Cek tegangan leleh

$$P_n = F_y A_g$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= 2 \cdot t_s \cdot B + 2 \cdot t_b \cdot H \\
 &= 2 \times 4 \times 750 + 2 \times 4 \times 750 \\
 &= 1200 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_t \cdot P_n &\geq P_u \\
 0.9 \cdot 410 \cdot 120000 &\geq 11474.148 \text{ kN} \\
 44280 \text{ kN} &\geq 11474.148 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Cek tegangan putus
 $P_n = F_u A_e \rightarrow A_e = A \cdot U$

Untuk sambungan las memanjang pada plat buhul,

$$F_u = \text{tegangan putus baja} \rightarrow 550 \text{ MPa}$$

$$A_n = 1184 \text{ cm}^2$$

$$\text{dan } U = 1 - \left(\frac{\bar{x}}{l} \right) < 0.9$$

$$\text{Untuk box persegi} \rightarrow \bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + H)}$$

$$\bar{x} = \frac{0.75^2 + 2(0.75)(0.75)}{4(0.75 + 0.75)}$$

$$= 0.35 < 0.9 \dots \text{Ok}$$

$$A_e = 1184 \text{ cm}^2 \times 0.75 = 889 \text{ cm}^2$$

$$\Phi_t \cdot P_n \geq P_u$$

$$0.75 \cdot 550 \cdot 88900 \geq 11474.148 \text{ kN}$$

$$48510 \text{ kN} \geq 11474.148 \text{ kN}$$

❖ Kontrol Kelangsingan Struktur

- Batasan kelangsingan struktur tarik merupakan rasio dari panjang batang tarik dan jarak girasi penampang tidak lebih dari 300

- Untuk batang tarik, maka $\frac{l}{i} \leq 300$

$$K = 0.9 \rightarrow \text{Batang utama yang dilas penuh}$$

$$l = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{panjang batang} = H$$

$$\frac{750}{27.4} \leq 300$$

$$27.38 \leq 300 \dots \text{Ok}$$

❖ Kontrol Kekuatan geser

- Desain kuat geser

$$V_n = F_n \times A_w$$

$$A_w = 2 \cdot H \cdot t = 2 \times 75 \times 4 = 300 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\frac{670}{40} = 16.5 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54.3$$

$$F_n = 0.6 \cdot F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.6 \times 410 &= 246 \text{ MPa} \\
 V_n &= F_n \times A_w &= 246 \times 3.10^4 \\
 &= 7380000 \text{ N} &= 7380 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}
 \Phi \cdot V_n &= 0.9 \times 7380 &= 7712 \text{ kN.} \\
 \Phi \cdot V_n &\geq &V_u \\
 6642 \text{ kN} &\geq &1618.46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- ❖ Kontrol Torsional Buckling
- Besarnya gaya torsi pada penampang busur diperoleh dari analisa program SAP 2000. Maka didapat gaya torsi maximum akibat beban kombinasi sebesar
 $T_u = 2954210,64 \text{ kN.mm}$

Desain kekuatan torsi penampang adalah

$$\phi_T \cdot T_n \rightarrow T_n = F_{cr} \cdot C$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\frac{670}{40} = 16.5 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54.3$$

$$\begin{aligned}
 C &= 2 (B-t) \cdot (H-t)t - 4.54(4-\pi)t^3 \\
 &= 2 (750-40) \cdot (750-40) \cdot 40 - 4.54 (4-\pi) \cdot 40^3
 \end{aligned}$$

$$= 30049062.4 \text{ mm}^3$$

$$F_{cr} = 0.6 \cdot F_y = 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa}$$

$$T_n = 246 \times 30049062.4 = 4852069.3 \text{ kN.mm}$$

Kuat rencana

$$\Phi \cdot T_n = 0.85 \times 4852069.3 = 3374258.9 \text{ kN.mm}$$

$$\Phi \cdot T_n \geq T_u$$

$$3374258.9 \text{ kN.mm} \geq 2954210.64 \text{ kN.mm}$$

❖ Kontrol Interaksi gaya

Selain menerima gaya geser lentur dan aksial, elemen struktur dari box baja ini juga menerima kombinasi gaya akibat beban yang bekerja. Untuk itu cek terhadap interaksi gaya harus memenuhi (Berdasarkan SNI T-03 2005 pasal 7.6.1 Struktur Baja)

- Desain kombinasi gaya lentur dan aksial

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{11474.148}{48510}$$

$$0.24 \geq 0.2 \rightarrow \text{maka } \frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1$$

Untuk penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

Kuat lentur nominal penampang adalah

$$M_{nx} = M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$= 4100 \times 33758 = 13840780 \text{ kN.mm}$$

$$M_{nx} = M_p = 4100 \times 28070.5$$

$$= 115089050 \text{ kg.cm} = 11508905 \text{ kN.mm}$$

$$\frac{11474.148}{48510} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{8816650.8}{0.9 \times 13840780} + \frac{1162023.31}{0.9 \times 11508905} \right) \leq 1$$

$$0.96 \leq 1 \quad \dots \text{ Ok}$$

- Desain kombinasi gaya geser lentur dan torsi
(Berdasarkan SNI T-03 2005 pasal 7.6.1 Struktur Baja)

$$\left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v \cdot V_n} + \frac{T_u}{\phi_T \cdot T_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{11474,148}{44280} + \frac{6816650.8}{0.9 \times 13840780} \right) + \left(\frac{1618.46}{6642} + \frac{2954210.64}{0.9 \times 4852069.3} \right)^2 \leq 1$$

$$0.986 \leq 1.0 \quad \dots \text{ Ok}$$

❖ Kontrol lendutan

(Berdasarkan SNI T-03 3005 Perencanaan struktur baja untuk jembatan pasal 4.7.2)

Lendutan yang timbul akibat beban mati tidak boleh melampaui $L/240$ untuk bentangan acuan $L \geq 10,00 \text{ m}$

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{10000}{500} = 20 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa di SAP200, diperoleh lendutan maximum pada batang tarik akibat beban adalah

$$f = 9.15 \text{ mm}$$

maka $9.15 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ Ok

4.8.4 Perencanaan Konstruksi Penyangga

Hasil dari output SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi busur penyangga adalah (KEL+UDL+DL)

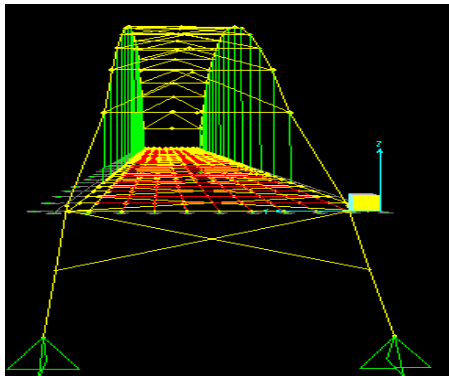
$$P_u = 1196.69 \text{ kN}$$

$$V_u = 2340.55 \text{ kN}$$

$$M_{u_x} = 7530673 \text{ kN.mm}$$

$$M_{u_y} = 4226489. \text{ kN.mm}$$

$$T_u = 1296808.5 \text{ kN.mm}$$



Gambar 4.30 Posisi pemyamgga pada Jembatan dari SAP 2000

Pada perencanaan konstruksi penyangga Jembatan busur, akan digunakan penampang steel pipe dengan ketentuan sebagai berikut D14

$$D = 355,6 \text{ mm} \qquad t = 7,9 \text{ mm}$$

$$A = 86, \text{cm}^2 \qquad w = 67,74 \text{ kg/m}$$

$$I = 13040,82 \text{ cm}^4 \qquad i = 12,29 \text{ cm}$$

$$S_x = 733,82 \text{ cm}^3 \qquad Z_x = 955,23 \text{ cm}^3$$

$$F_y = 410 \text{ Mpa} \qquad f_u = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol Batang tekan

- Cek dimensi flens untuk menghindari terjadinya local buckling

$$\frac{D}{t} = \frac{355,6}{7,9} = 10,92$$

$$\lambda_R = 0,11 \frac{E}{f_y} = 0,11 \times \frac{200000}{410} = 56,34$$

$$D < \lambda_R \text{ OK}$$

- Batasan kelangsingan untuk struktur tekan yaitu

$$\frac{kl}{ix} \times 200 \Rightarrow k = 1$$

$$\sqrt{\frac{1 \times 7}{122,9}} = 67,26 < 200$$

$$4,71 \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{f_y}} = 106,6$$

$$\frac{kl}{ix} < 4,71 \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{fy}} \text{ maka } Fcr = (0,658^{fy/fe}) \times fy$$

$$Fe = \frac{\pi^2 E}{(KL/i)^2} = \frac{3,14^2 \times 200000}{67,26} = 458,14$$

$$Fcr = (0,658^{410/458,14}) \times 410 = 281,91 \text{ Mpa}$$

Kekuatan nominal:

$$Nn = Fcr \times Ag$$

$$\begin{aligned} & 2.819,1 \text{ kg/cm}^2 \times 86,3 \text{ cm}^2 \\ & 243.288,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2.432,88 \text{ kN}$$

$$\emptyset Nn = 0,9 \times 2.432,88 \text{ kN} = 2.189,59 \text{ kN} \text{ Maka:}$$

$$Pu \leq Nn$$

$$1196,69 \text{ kN} \leq 2189,5 \text{ kN}$$

- Desain untuk tegangan lentur.. Berdasarkan tabel 2.2.1 Rectangular HSS wall as a web in flexural compresion.
Cek dimensi web untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan

$$\lambda = \frac{D}{t} = 10,92$$

$$\lambda_R = \frac{0,5 E}{fy} = 230$$

Penampang kompak ($\lambda < \lambda_R$), maka:

$$Mn = Mp = Zx \cdot fy$$

$$Mn = 955,23 \text{ cm}^3 \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$3.916.443 \text{ kg.cm} = 391,6 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 391,6 \text{ kN.m} = 352,44 \text{ kN.m}$$

$$M_u \leq M_n$$

$$137,05 \text{ kN.m} \leq 352,44 \text{ kN.m OK}$$

Kontrol *Torsional Buckling*

Besarnya gaya torsi pada penampang dihitung untuk menentukan terjadinya kuat tekuk yang terjadi pada komponen baja

$$F_{cr} > 0.6 f_y$$

$$C = \frac{\pi(Dit)^2 \times t}{2} = \frac{\pi(355,6-7,9)^2 \times 7,9}{2} = 1500224.83 \text{ mm}^3$$

$$T_n = 0,6 \times 4100 \text{ kg/cm}^2 \times 1.500,2 \text{ cm}^3$$

$$3.690.492 \text{ kg.cm}$$

$$369,05 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset T_n = 0,9 \times 369,05 \text{ kN.m} = 332,14$$

$$\text{kN.m}$$

Dimana harus memenuhi syarat

$$T_u \leq \emptyset T_n$$

$$18,10 \text{ kN.m} \leq 332,14 \text{ kN.m OK}$$

Kontrol geser

$$F_{cr} > 0.6 f_y$$

$$\text{Maka: } F_{cr} = 0,6 \cdot f_y$$

$$V_n = 0,6 \times 4100 \times 86,3/2$$

$$= 106.149 \text{ kg} = 1.061,5 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 955,35 \text{ kN}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$31,17 \text{ kN} \leq 955,35 \text{ kN}$$

Kontrol interaksi gaya (Berdasarkan SNI T-04 2005
Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan Pasal 7.4.1)

$$\frac{T_u}{\phi T_n} = \frac{18,1}{332,13} = 0,05 < 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{517,05}{2189,6} = 0,23 > 0,2$$

$$M_{uy} = Z_y \cdot f_y$$

$$955,23 \text{ cm}^3 \times 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$3.916.443 \text{ kg.cm}$$

$$391,6 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 0,85 \times 391,6 \text{ kN.m}$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right)$$

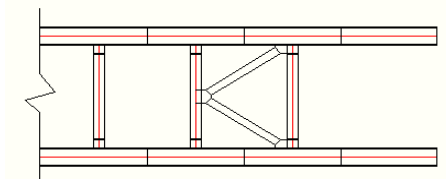
$$\frac{517,05}{2189,6} + \frac{8}{9} + \left(\frac{137,06}{332,86} + \frac{6,02}{332,86} \right) = 0,6 < 1$$

4.8.5 Ikatan Angin Portal Akhir

Ikatan angin atas direncanakan menggunakan pipa baja dengan diameter

139,8 x 4,5

- $D = 139,8 \text{ mm}$
- $T_f = 4,5 \text{ mm}$
- $W = 15 \text{ kg/m}$
- $A = 19,13 \text{ mm}^2$
- $I_x = 438 \text{ mm}^4$
- $Z_x = 62,7 \text{ cm}^3$
- $P_u = 14239,8 \text{ kN}$
- $V^{\cdot} = 551,92 \text{ kN}$
- $T_u = 490932, \text{kN.mm}$
- $M_{ux} = 3704518,5 \text{ kN.m}$
- $M_{uy} = 381517,5 \text{ kN.m}$



Gamba 4.31 Ikatan Angin pada Portal Akhir

Sehingga kontrol kestabilan batang tarik harus memenuhi persyaratan diantaranya.

Kelangsingan komponen struktur sebagai batang tarik :

- Desain kuat tarik pada penampang box berdasarkan nilai tegangan leleh dan tegangan putus baja.

- Cek tegangan leleh

$$P_n = F_y A_g$$

$$A_g = \frac{1}{4} \pi (D - 2t_f)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (139,8 - 2 \times 4,5)^2 = 154,58 \text{ cm}^2$$

$$\Phi_t \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,9 \cdot 410 \cdot 154,58 \geq 14239,8 \text{ kN}$$

$$57040,02 \text{ kN} \geq 14239,8 \text{ kN}$$

- Cek tegangan putus

$$P_n = F_u A_e \rightarrow A_e = A \cdot U$$

Untuk sambungan las memanjang pada plat buhul,

$$F_u = \text{tegangan putus baja} \rightarrow 550 \text{ MPa}$$

$$A_n = 154,58 \text{ cm}^2$$

$$\text{dan } U = 1 - \left(\frac{\bar{x}}{l} \right) \leq 0,9 \rightarrow l = 300$$

mm

$$U = 0,9$$

$$A_e = 154,58 \text{ cm}^2 \times 0,9 = 140 \text{ cm}^2$$

$$\Phi_t \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,75 \cdot 550 \cdot 140 \geq 14239,8 \text{ kN}$$

$$15700 \text{ kN} \geq 14239.8 \text{ kN}$$

Kontrol Kekuatan geser

- Desain kuat geser

$$V_n = F_n \times A_w$$

$$A_w = \frac{1}{4} \pi (D - 2t_f)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (139,8 - 2 \times 4,5)^2 = 154,58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 2,45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 139,8 - (2 \times 4,5) = 130,8 \text{ mm}$$

$$\frac{130,8}{4,5} = 4,3 \leq 2,45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54,3$$

$$F_n = 0,6 \cdot F_y = 0,6 \times 410 = 246 \text{ MPa}$$

$$V_n = F_n \times A_w = 246 \times 15458$$

$$= 3802668 \text{ N} = 3802,668 \text{ kN}$$

Kuat rencana

$$\Phi \cdot V_n = 0,9 \times 3802,668 = 3422,4 \text{ kN.}$$

$$\Phi \cdot V_n \geq V_u$$

$$3422,4 \text{ kN} \geq 551,92 \text{ N}$$

Kontrol Torsional Buckling

- (LRFD Specification for Steel Hollow Sect. Sec, 6.1). besarnya gaya torsi pada penampang busur diperoleh dari analisa program SAP 2000. Maka didapat gaya torsi maximum akibat beban kombinasi sebesar $T_u = 490932.3$ kN.mm

Desain kekuatan torsi penampang adalah

$$\phi_T T_n \rightarrow T_n = F_{cr} C$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 139,8 - (2 \times 4,5) = 130,8 \text{ mm}$$

$$\frac{131}{40} = 4.3 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54.3$$

Berdasarkan (LRFD for Steel Hollow Sect. Sec, C6.3)

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{4}\pi D^2 + \frac{1}{4}\pi(D \cdot t_f)^2 - 4.54 (4-\pi) \cdot 4,5^3 \\ &= 0,25 \times 139,2 \times \pi + 0,24 \times \pi \times (139,8-4,5)^2 - \\ &\quad 4.54 (4-\pi) \cdot 4,5^3 \\ &= 1750646 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0.6 \cdot F_y \\ &= 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$T_n = 246 \times 1750646 \text{ mm}^2 = 4102817.12 \text{ kN.mm}$$

Kuat rencana

$$\Phi.Tn = 0.85 \times 4102817.12 = 3487394.5 \text{ kN.mm}$$

$$\Phi.Tn \geq Tu$$

$$3487394.5 \text{ kN.mm} \geq 490932.3 \text{ kN.mm}$$

Kontrol Interaksi gaya

Selain menerima gaya geser lentur dan aksial, elemen struktur dari box baja ini juga menerima kombinasi gaya akibat beban yang bekerja. Untuk itu cek terhadap interaksi gaya harus memenuhi :

- Desain kombinasi gaya lentur dan aksial
(Berdasarkan SNI T-04 2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan Pasal 7.4.1)

$$\frac{P_u}{\phi.P_n} = \frac{14239.8}{29700} \rightarrow 0.24 \geq 0.2$$

$$\text{maka } \frac{P_u}{\phi.P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b.M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b.M_{ny}} \right) \leq 1$$

Untuk penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

$$M_{nx} = M_p = F_y.Z_x$$

$$M_{nx} = M_p = 4100 \times 15800$$

$$= 64780000 \text{ kg.cm} = 6478000 \text{ kN.mm}$$

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_y$$

$$M_{ny} = M_p = 4100 \times 12820$$

$$= 525620000 \text{ kg.cm} = 52562000 \text{ kN.mm}$$

$$\frac{14239.8}{29700} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{3704518.5}{0.9 \times 6478000} + \frac{381517.5}{0.9 \times 52562000} \right) \leq 1$$

$$0.96 \leq 1 \quad \dots \text{ Ok}$$

- Desain kombinasi gaya geser lentur dan torsi

(Berdasarkan SNI T-04 2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan Pasal 7.4.1)

$$\left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v \cdot V_n} + \frac{T_u}{\phi_T \cdot T_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{14239.8}{29700} + \frac{3704518.5}{0.9 \times 6478000} \right) + \left(\frac{551.92}{6642} + \frac{490932.3}{0.9 \times 3487394.5} \right)^2 \leq 1$$

$$0.986 \leq 1.0 \quad \dots \text{ Ok}$$

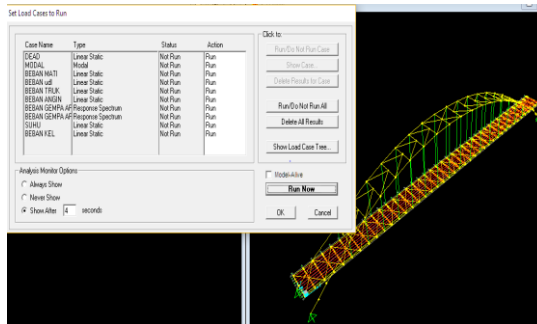
Lendutan yang timbul akibat beban mati tidak boleh melampaui $L/500$ untuk bentangan acuan $L \geq 10,00 \text{ m}$

$$\bar{f} = \frac{L}{500} = \frac{10000}{500} = 20 \text{ mm} \quad \dots \text{ (SNI T-03-2005)}$$

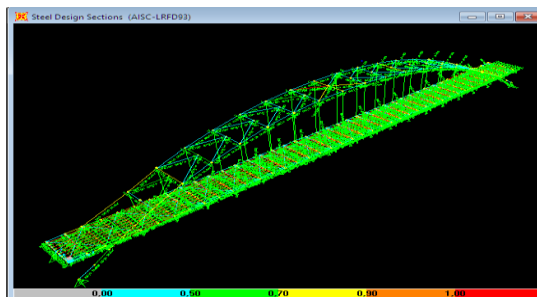
Dari hasil analisa di SAP200, diperoleh lendutan maximum pada batang tarik akibat beban adalah

$$f = 17.71 \text{ mm}$$

maka $17.71 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$

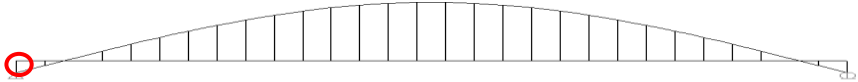


Gambar 4.32 analisa struktur pada SAP 2000



Gambar 4.33 hasil analisa elemen struktur pada SAP 2000

4.8.6 Kolom Portal Akhir



Gambar 4.34 Konstruksi kolom Penyangga pada Jembatan

Beban yang bekerja pada kolom portal akhir

$$P_u = 13416.28 \text{ kN}$$

$$V = 1673.33 \text{ kN}$$

$$T = 12640005. \text{kN.mm}$$

$$M_{ux} = 49166520 \text{ kN.mm}$$

$$M_{uy} = 24852469.5 \text{ kN.mm}$$

$$\delta = 2.15 \text{ mm}$$

Dari hasil gaya dalam yang diperoleh, maka akan direncanakan suatu konstruksi jembatan busur untuk kolom portal akhir sama dengan ukuran dengan batang tarik box baja. Profil yang digunakan adalah 750 x 750 x 40 x 40

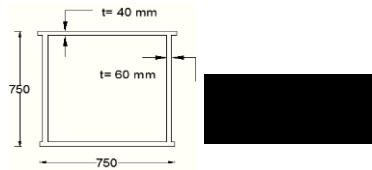
$$I_y = 1066000 \text{ cm}^4 \quad i_x = 27.4 \text{ cm}$$

$$A_n = 1184 \text{ cm}^2 \quad I_x = 89120 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 21740.7 \text{ cm}^3 \quad S_y = 28070.5 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 33758 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 28070.5 \text{ cm}^3$$



Gambar 4.35 Penampang Box Busur Tarik

6.5.1 Stabilitas Box Busur

❖ Kelangsingan komponen struktur sebagai batang tarik :

- Desain kuat tarik pada penampang box berdasarkan nilai tegangan leleh dan tegangan putus baja.

- Cek tegangan leleh

$$P_n = F_y A_g$$

$$A_g = 2 \cdot t_s \cdot B + 2 \cdot t_b \cdot H$$

$$= 2 \times 4 \times 750 + 2 \times 4 \times 750 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$\Phi_t \cdot P_n \geq P_u$$

$$0.9 \cdot 410 \cdot 120000 \geq 13416.28 \text{ kN}$$

$$44280 \text{ kN} \geq 13416.28 \text{ kN}$$

- Cek tegangan putus

$$P_n = F_u A_e \rightarrow A_e = A \cdot U$$

Untuk sambungan las memanjang pada plat buhul,

$$F_u = \text{tegangan putus baja} \rightarrow 550 \text{ MPa}$$

$$A_n = 1184 \text{ cm}^2$$

$$\text{dan } U = 1 - \left(\frac{\bar{x}}{l}\right) < 0.9$$

$$\text{Untuk box persegi} \rightarrow \bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B + H)}$$

$$\bar{x} = \frac{0.75^2 + 2(0.75)(0.75)}{4(0.75 + 0.75)}$$

$$= 0.75 < 0.9 \dots \text{Ok}$$

$$A_e = 1184 \text{ cm}^2 \times 0.75 = 889 \text{ cm}^2$$

$$\Phi_t \cdot P_n \geq P_u$$

$$0.75 \cdot 550 \cdot 88900 \geq 13416.28 \text{ kN}$$

$$48510 \text{ kN} \geq 13416.28 \text{ kN}$$

❖ Kontrol Kelangsingan Struktur

- Batasan kelangsingan struktur tarik merupakan rasio dari panjang batang tarik dan jarak girasi penampang tidak lebih dari 300
- Untuk batang tarik, maka $\frac{l}{i} \leq 300$

$$K = 0.9 \rightarrow \text{Batang utama yang dilas penuh}$$

$$l = 750 \text{ mm} \rightarrow \text{panjang batang} = H$$

$$\frac{750}{27.4} \leq 300$$

$$27.38 \leq 300 \dots \text{Ok}$$

- ❖ Kontrol Kekuatan geser
- Desain kuat geser

$$V_n = F_n \times A_w$$

$$A_w = 2.H. = 2 \times 75 \times 4 = 300 \text{ cm}^2$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\frac{670}{40} = 16.5 \leq 2.45 \times \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54.3$$

$$F_n = 0.6.F_y$$

$$= 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa}$$

$$V_n = F_n \times A_w = 246 \times 3.10^4$$

$$= 7380000 \text{ N} = 7380 \text{ kN}$$

Kuat rencana

$$\Phi.V_n = 0.9 \times 7380 = 7712 \text{ kN.}$$

$$\Phi.V_n \geq V_u$$

$$6642 \text{ kN} \geq 1618.46 \text{ kN}$$

❖ Kontrol Torsional Buckling

- Besarnya gaya torsi pada penampang busur diperoleh dari analisa program SAP 2000. Maka didapat gaya torsi maximum akibat beban kombinasi sebesar
 $T_u = 2954210,64 \text{ kN.mm}$

Desain kekuatan torsi penampang adalah

$$\phi_T T_n \rightarrow T_n = F_{cr} C$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{tw} \leq 2.45 x \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$h = 750 - (2 \times 40) = 670 \text{ mm}$$

$$\frac{670}{40} = 16.5 \leq 2.45 x \sqrt{\frac{210000}{410}} = 54.3$$

$$\begin{aligned} C &= 2 (B-t) \cdot (H-t)t - 4.54(4-\pi)t^3 \\ &= 2 (750-40) \cdot (750-40) \cdot 40 - 4.54 (4-\pi) \cdot 40^3 \\ &= 30049062.4 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$F_{cr} = 0.6 \cdot F_y = 0.6 \times 410 = 246 \text{ MPa}$$

$$T_n = 246 \times 30049062.4 = 4852069.3 \text{ kN.mm}$$

Kuat rencana

$$\phi T_n = 0.85 \times 4852069.3 = 3374258.9 \text{ kN.mm}$$

$$\Phi.T_n \geq T_u$$

$$3374258.9 \text{ kN.mm} \geq 12640005.3 \text{ kN.mm}$$

❖ Kontrol Interaksi gaya

Selain menerima gaya geser lentur dan aksial, elemen struktur dari box baja ini juga menerima kombinasi gaya akibat beban yang bekerja. Untuk itu cek terhadap interaksi gaya harus memenuhi :

- Desain kombinasi gaya lentur dan aksial

(Berdasarkan SNI T-04 2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan Pasal 7.4.1)

$$\frac{P_u}{\phi.P_n} = \frac{11474.148}{48510}$$

$$0.24 \geq 0.2 \rightarrow \text{maka}$$

$$\frac{P_u}{\phi.P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b.M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b.M_{ny}} \right) \leq 1$$

Untuk penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

Kuat lentur nominal penampang adalah

$$M_{nx} = M_p = F_y.Z_x$$

$$= 4100 \times 33758 = 13840780 \text{ kN.mm}$$

$$M_{ny} = M_p = 4100 \times 28070.5$$

$$= 115089050 \text{ kg.cm} = 11508905 \quad \text{kN.mm}$$

$$\frac{11474.148}{48510} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{8816650.8}{0.9 \times 13840780} + \frac{1162023.31}{0.9 \times 11508905} \right) \leq 1$$

$$0.96 \leq 1 \quad \dots \text{Ok}$$

- Desain kombinasi gaya geser lentur dan torsi

$$\left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v \cdot V_n} + \frac{T_u}{\phi_T \cdot T_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{11474.148}{44280} + \frac{6816650.8}{0.9 \times 13840780} \right) + \left(\frac{1618.46}{6642} + \frac{2954210.64}{0.9 \times 4852069.3} \right)^2 \leq 1$$

$$0.986 \leq 1.0 \quad \dots \text{Ok}$$

4.8.7 Analisa Camber

Diperoleh dari program bantu SAP 2000 dengan beban DEAD di dapatkan lendutan sepanjang jembatan sebesar 8,3 cm



Maka dalam pelaksanaan di naikan menjadi 1,5 s/d 2 kalinya.

$$\Delta x = 1,5 \times 8,3 \text{ cm} = 12,45 \text{ cm dinaikan menjadi } 15 \text{ cm}$$

4.9 STAGING ANALYS

4.9.1 Metode Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan jembatan Sembayat Baru II ini menggunakan metode *Full Cantilever*, dimana berat jembatan selama pelaksanaan ditopang oleh kabel yang dibantu oleh *pylon rangka baja* (tower)

a. Stage 1

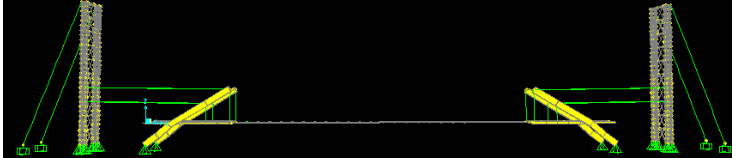
Pembangunan dimulai dari pekerjaan *Substructure* (Pondasi, Kepala jembatan, dan Perletakan) lalu dilanjutkan pekerjaan pendirian portal akhir dan segmen busur pertama. Pekerjaan dilakukan ber-samaan pada kedua sisi jembatan. Pada tahap ini, pylon sementara sudah berdiri untuk memberikan kabel penahan pada segmen pertama. Kabel backstay diberi gaya *tension* sebesar 250 kN dan kabel penahan (1) diberi *tension* sebesar 350 kN.



Gambar 4.36 Staging stage 1

b. Stage 2

Dipasang segmen berikutnya dan pemasangan kabel penahan (2) yang diberi tension sebesar 600 kN. Kabel backstay diberi tension tambahan hingga 400 kN.



Gambar 4.37 Staging stage 2

c. Stage 3

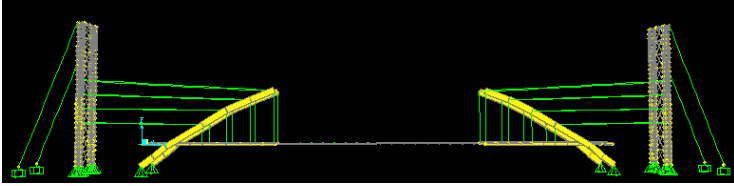
Dipasang segmen berikutnya dan pemasangan kabel penahan (3) yang diberi tension sebesar 500 kN. Kabel backstay diberi tension tambahan hingga 550 kN.



Gambar 4.38 Staging stage 3

d. Stage 4

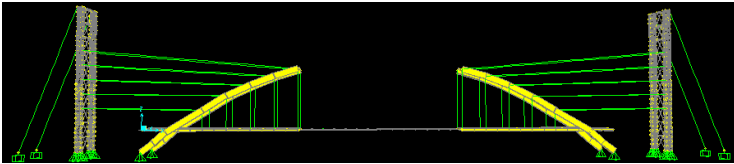
Dipasang segmen berikutnya dan pemasangan kabel penahan (4) yang diberi tension sebesar 500 kN. Kabel backstay diberi tambahan tension sebesar 750 kN.



Gambar 4.39 Staging stage 4

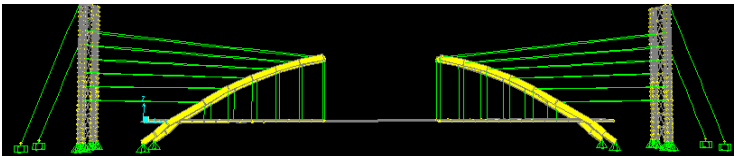
e. Stage 5

Dipasang segmen berikutnya dan pemasangan kabel penahan (5) yang diberi tension sebesar 500 kN. Kabel backstay diberi tension tambahan sebesar 900 kN.



Gambar 4.40 Staging stage 5

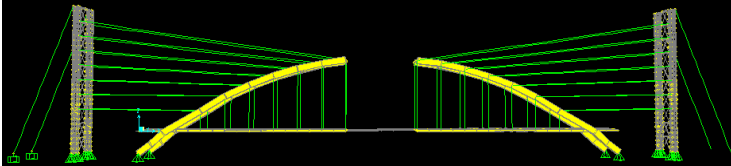
f. Stage 6



Gambar 4.41 Staging stage 6

g. Stage 7

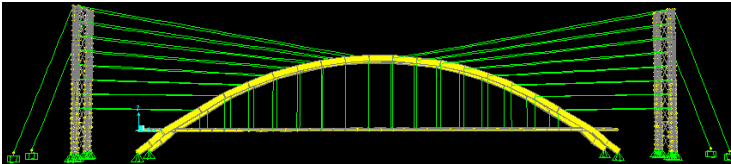
Pemasangan segmen 7



Gambar 4.42 Staging stage 7

h. Stage 8

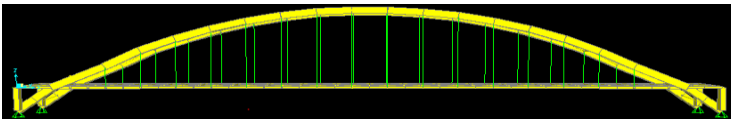
Pemasangan batang tarik (*Main Girder*) yang dilanjutkan pekerjaan gelagar melintang, gelagar memanjang, lantai kendaraan dan pekerjaan aksesoris jembatan.



Gambar 4.43 Staging stage 8

i. Stage 9

Menghilangkan gaya tarikan kabel dan pembongkaran tower sementara.



Gambar 4.44 Staging stage 9

4.9.2 Perencanaan kabel

Perencanaan kabel yang di pakai unutupk penggantung pada crane sebagai penopang pada metode pelaksanaan pemasangan jembatan.

$$\Phi_{\text{kabel}} = 15,2 \text{ mm}$$

$$F_u = 1860 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 15,2 \times 15,2 = 181,46 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{ijin}} = 0,7 f_u = 1302 \text{ Mpa}$$

Menentukan jumlah kabel (N)

$$N = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{P}{f_{\text{ijin}}}$$

$P_u < P_n$ dimana $P_n = f_{\text{ijin}} \times A_s \text{ actual}$

Dalam Perencanaan kabel ini dimana Beban nonimimal kabel harus lebih tinggi dari beban ultimate yang bekerja pada kabel. Sehingga dalam metode pelaksanaan kabel sebagai penahan jembatan dapat menahan gaya tarik yang di berikan oleh beban jembatan. Dalam perhitunganya dapat dilihat pada Tabel 7.1

Table 7.1 Perhitungan Kebutuhab Kabel Staging Analys

Kabel	PU(KN)	As kabel	f ijin (Mpa)	As perlu	n	As aktual	Pn(Kn)	Pn>Pu
1	367,21	181,46	1032	355,82	2	362,92	374,53	OK
2	456,32	181,46	1032	442,17	3	544,38	561,80	OK
3	487,40	181,46	1032	472,29	3	544,38	561,80	OK
4	453,34	181,46	1032	439,29	3	544,38	561,80	OK
5	547,34	181,46	1032	530,37	3	544,38	561,80	OK
6	611,12	181,46	1032	592,17	4	725,84	749,07	OK
7	678,39	181,46	1032	657,35	4	725,84	749,07	OK
8	541,67	181,46	1032	524,87	3	544,38	561,80	OK

4.10 PERENCANAAN SAMBUNGAN

Pada perencanaan sambungan jembatan Brantas ini, akan ditinjau sambungan antara gelagar memanjang dan gelagar melintang baja, gelagar melintang dan struktur tarik, sambungan struktur tarik dan penggantung hanger serta sambungan portal akhir.

4.10.1 Detail Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC – LRFD.

- Kekuatan geser baut (LRFD 13.2.2.1)

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

$$\text{Dimana } \rightarrow V_n = r_1 \times f_u^b \times A_b$$

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 kuat geser baut. A325 (414 MPa)

$A_b =$ Luas bruto penampang baut daerah tak berulir.

- Kekuatan tumpu (LRFD 13.2.2.4)

$$R_d = \phi_r \times R_n$$

Dimana $\rightarrow R_n = 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u$

Keterangan :

ϕ_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. ASTM A325 (620 - 825 MPa)

4.10.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Memanjang

Dalam perencanaan sambungan ini akan dianalisa pada sambungan yang memikul beban maximum sehingga dapat mewakili sambungan lain yang sejenis. Adapun sambungan gelagar melintang dan memanjang ini yang memikul beban terbesar ada pada posisi tengah bentang.

Data – data dimensi perencanaan sambungan :

- Profil gelagar melintang (BJ 50) WF 900 x 300 x 18 x 23
- Profil gelagar memanjang (BJ 50) WF 450 x 300 x 12 x 16
- Pelat penyambung $\rightarrow t_p = 20 \text{ mm}$; BJ 50
- Baut $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$; ASTM A325
 $\Phi \text{ lubang} = 24 + 1.5 = 25.5 \text{ mm}$ (lubang dibor)
- Sambungan menggunakan pelat siku (2 bidang geser)

4.10.2.1 Detail Sambungan Gelagar Memanjang dan Plat Siku. Untuk menentukan jumlah kebutuhan baut pada sambungn ini, pertama perlu dilakukan analisa perhitungan terhadap kuat geser maupun kuat tumpu baut.

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.4 \times 414 \times 2 \times (0.25 \times \pi \times 24^2) \\ &= 79527.68 \text{ N} = 79.53 \text{ kN (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= \phi_f \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 24 \times 20 \times 620 \\ &= 446400 \text{ N} = 446.4 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang. (Lihat perencanaan gelagar memanjang)

$$P_u = \left\{ P_{1KEL} + \left(q_{UDL} \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda \right) \right\} + \left(q_d \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda \right)$$

$$= \left\{ 183,26 + \left(7,17x \frac{1}{2} x5 \right) \right\} + \left(16.619x \frac{1}{2} x5 \right)$$

$$= 244.38 \text{ kN}$$

Yang menentukan adalah $V_d = 79,5 \text{ kN}$ (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan.

$$- \quad n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{244.38}{79.5}$$

$$= 3.32 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut (1 sisi)}$$

Syarat jarak pemasangan antar baut

($d = 24 \text{ mm}$)

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

$$1.5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$7.5 \text{ cm} \leq S \leq 30 \text{ cm}$$

$$3.75 \text{ cm} \leq S_1 \leq 18 \text{ cm atau } 20 \text{ cm}$$

$$3. \text{ cm} \leq S_2 \leq 24 \text{ cm}$$

Maka dipakai jarak pemasangan antar baut adalah 100 mm

Syarat jarak antar baut dengan tepi pelat sambungan

$$1.5 d_b \leq S_1 \leq (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5 \times 24 \leq S_1 \leq (4 \times 20 + 100)$$

$$36 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm}$$

Maka dipakai jarak pemasangan antar baut dengan tepi pelat sambungan adalah 50 mm

4.10.8.2 Detail Sambungan Gelagar Melintang dan Plat Siku
Teknis perencanaan pada sambungan gelagar melintang ini sama seperti pada sambungan gelagar memanjang.

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_f \times V_n$$

$$= 0.75 \times 0.4 \times 414 \times 2 \times (0.25 \times \pi \times 24^2)$$

$$= 79527.68 \text{ N} = 79.53 \text{ kN (menentukan)}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_f \times R_n$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 24 \times 20 \times 620$$

$$= 446400 \text{ N} = 446.4 \text{ kN}$$

Gaya yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang. (Lihat perencanaan

gelagar memanjang). Seperti pada perhitungan gaya geser diatas diperoleh

$$P_u = 244.38 \text{ kN}$$

Yang menentukan adalah $V_d = 79.5 \text{ kN}$ (diambil yang terkecil)

Jumlah baut yang diperlukan.

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{244.38 \text{ kN}}{79.5} \\ &= 3.32 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak pemasangan antar baut

Dari perhitungan sambungan melintang diatas, maka diperoleh jarak pemasangan antar baut adalah 100 mm.

Syarat jarak antar baut dengan tepi pelat sambungan

Dari perhitungan sambungan melintang diatas, maka diperoleh jarak pemasangan antar baut dengan tepi pelat sambungan adalah 50 mm.

Kontrol pelat siku

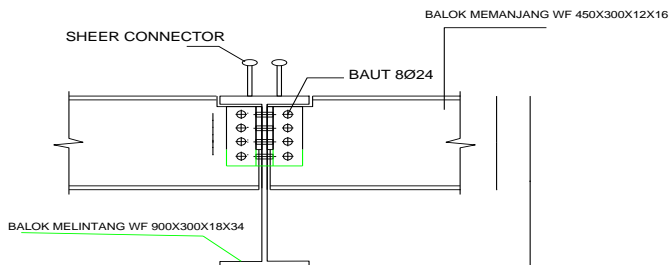
- Luas geser pelat siku

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{mv} \times t_L \\ &= (L - n \cdot d_1) \times t_L \\ &= (200 - 4 \times 25.5) \times 12 \\ &= 11.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- Kuat geser rencana

$$\begin{aligned}\phi V_n &= r_1 \times f_u^b \times A_{nv} \\ &= 0.5 \times 414 \times 11.76 \\ &= 243.33 \text{ kN}\end{aligned}$$

Karena 2 siku maka :

$$\begin{aligned}2 \phi R_n &> P_u \\ 2 \times 243.33 &> 324.38 \text{ kN} \\ 486.6 \text{ kN} &> 324.38 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$



Gambar 4.45 Pemasangan Sambungan pada Gelagar Memanjang dan Melintang

4.10.3 Sambungan pada kolom Portal Akhir

Perencanaan sambungan balok kolom pada portal akhir ini sama seperti sambungan konstruksi ikatan angin atas.

Yakni menggunakan sambungan daun yang diberi pelat simpul.

8.3.1 Sambungan Horisontal ke Plat Penyambung.
Gaya maksimum yang bekerja pada ikatan angin PORTAL KHIR adalah

$$M_{ux} = 49166520.6 \text{ KN}$$

$$V_U = 1673.33 \text{ kN}$$

Pakai baut mutu tinggi tipe tumpu menerima beban kombinasi lentur dan aksial. Baut pada keadaan batas ultimit. (Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan – SNI 11.2.5.3). baut harus memenuhi :

$$\frac{V_u}{n.A_b} \leq r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m \quad \text{atau} \quad \frac{T_u}{n.A_b} \leq \phi_f \cdot f_1 \cdot m$$

$$d_b = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{ASTM A325}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{BJ 50}$$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser nominal dalam sambungan
 $r_1 = 1.5 \rightarrow$ baut tanpa ulir pada bidang geser

$$f_u^b = 414 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{tegangan geser baut A325}$$

$$f_1 = 807 \text{ MPa}$$

$m = 1 \rightarrow$ jumlah bidang geser

$$Vu = r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_b \cdot n$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{Vu}{A_b \cdot r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m} \\ &= \frac{1673330}{(0.25 \cdot \pi \cdot 30^2) \cdot 1.5 \cdot 0.75 \cdot 414 \cdot 1} \\ - &= 4.48 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut (1 sisi)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut : (LRFD 6.4.3)

$$3d \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$9.0 \text{ cm} \leq S \leq 30 \text{ cm}$$

$$4.5 \text{ cm} \leq S_1 \leq 18 \text{ cm}$$

$$3.75 \text{ cm} \leq S_2 \leq 24 \text{ cm dipakai } 10 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut dengan tepi pelat sambungan

$$1.5 d_b \leq S_1 \leq (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5 \times 30 \leq S_1 \leq (4 \times 20 + 100)$$

$$45 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm}$$

Maka dipakai jarak pemasangan antar baut dengan tepi pelat sambungan adalah 50 mm

Pelat lapis dalam tumpuan (SNI-11.2.5.4)

Pelat lapis yang memikul gaya tumpuan rencana,

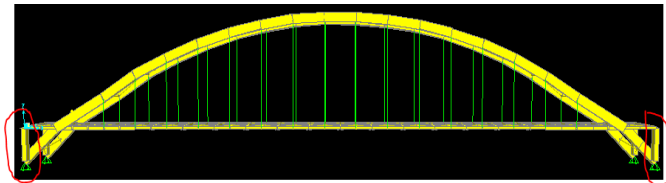
V_b akibat baut dalam geser harus memenuhi

$$V_h \leq \Phi \cdot V_b$$

$$\begin{aligned} V_b &= 3.2 d_f t_f f_{up} \\ &= 3.2 \times 30 \times 20 \times 414 \\ &= 953.85 \text{ kN} \end{aligned}$$

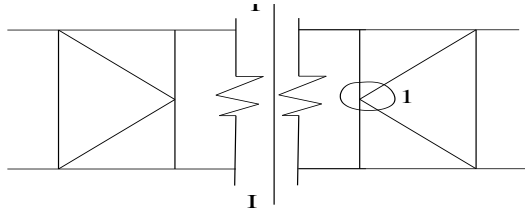
$$622.84 \text{ kN} \leq 0.9 \times 953.85$$

$$622.84 \text{ kN} \leq 824.75 \text{ kN} \dots\dots \text{Ok}$$



Gambar 4.46 perhitungan kolom portal akhir

4.10.3.2 Sambungan Batang Diagonal Portal Akhir dan ikatan 139ngina atas



Gambar 4.47 Simpul Ikatan Angin pada Portal Akhir

Pada perencanaan sambungan diagonal ini akan digunakan sambungan pelat simpul dan sambungan baut untuk menghubungkan 2 batang diagonal.

Ikatan 139ngina atas direncanakan menggunakan pipa baja dengan diameter

139,8 x 4,5

- $D = 139,8 \text{ mm}$
- $T_f = 4,5 \text{ mm}$
- $W = 15 \text{ kg/m}$
- $A = 19,13 \text{ mm}^2$
- $I_x = 438 \text{ mm}^4$
- $Z_x = 62,7 \text{ cm}^3$

Dari analisa di SAP 2000, diperoleh gaya batang diagonal yang terjadi pada simpul :

$$V_u = 809.9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{n \cdot A_b} \leq r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m \quad \text{atau} \quad \frac{T_u}{n \cdot A_b} \leq \phi_f \cdot f_1 \cdot m$$

$$d_b = 30 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{ASTM A325}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 20 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{BJ 50}$$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser nominal dalam sambungan
 $r_1 = 1.5 \rightarrow$ baut tanpa ulir pada bidang geser

$$f_u^b = 330 \text{ Mpa} \quad \rightarrow \quad \text{tegangan geser baut A325}$$

$$m = 1 \quad \rightarrow \quad \text{jumlah bidang geser}$$

$$V_u = r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{V_u}{A_b \cdot r_1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m} \\ &= \frac{809900}{(0.25 \cdot \pi \cdot 30^2) \cdot 1.5 \cdot 0.75 \cdot 330 \cdot 1} \end{aligned}$$

$$= 3.22 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut (1 sisi)}$$

Syarat jarak baut : (LRFD 13.4.3)

$$3d \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$9.0 \text{ cm} \leq S \leq 30 \text{ cm}$$

$$4.5 \text{ cm} \leq S_1 \leq 18 \text{ cm}$$

$$3.75 \text{ cm} \leq S_2 \leq 24 \text{ cm dipakai } 10 \text{ cm}$$

Syarat jarak antar baut dengan tepi pelat sambungan

$$1.5 d_b \leq S_1 \leq (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5 \times 30 \leq S_1 \leq (4 \times 20 + 100)$$

$$45 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm}$$

Maka dipakai jarak pemasangan antar baut dengan tepi pelat sambungan adalah 50 mm

Pelat lapis dalam tumpuan (SNI-11.2.5.4)

Pelat lapis yang memikul gaya tumpuan rencana,

V_b akibat baut dalam geser harus memenuhi

$$V_h \leq \Phi \cdot V_b$$

$$\begin{aligned} V_b &= 3.2 d_f \cdot t_f \cdot f_{up} \\ &= 3.2 \times 36 \times 20 \times 414 \\ &= 953.85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$622.84 \text{ kN} \leq 0.9 \times 953.85$$

$$622.84 \text{ kN} \leq 809.9 \text{ kN} \dots\dots \text{Ok}$$

Sambungan Las

$$V_u = 14,82 \text{ kN} = 14.820 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 17,41 \text{ kN.m} = 17,41 \times 10^4 \\ &\text{N.mm } L_w = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_y' = \frac{V_u}{A} = \frac{14820}{2 \times 1 \times 300} = 24,7 \text{ N/mm}$$

$$I_x = 2 \times \frac{1 \times 300 \times 300}{12} = 4,5 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$F_x' = \frac{M_u c}{I_x} = \frac{17,41 \times 10^4 \times 150}{4,5 \times 10^6} = 583 \text{ N/m}$$

4.10.4 sambungan Penggantung Hanger

8.4.1 Sambungan Hanger Ujung Atas

Pada sambungan ini merupakan hubungan antara kabel hanger dengan konstruksi box busur utama. Komponen

ini merupakan struktur tarik pada antara sambungan pen dan base plate. Sambungan ini harus direncanakan sesuai pasal 5.1 RSNI Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.

Adapun elemen kabel hanger yang dikontrol merupakan batang rod terpanjang. (objek frame 46).

Pakai baut mutu tinggi tipe tumpu menerima beban tarik. Baut pada keadaan batas ultimit.(Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan – SNI 11.2.5.3).

$$d_b = 30 \text{ mm} \rightarrow f_u = 310 \text{ Mpa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 55}$$

Diameter rod : 3.5 in = 90 mm.

$$P = 888.6 \text{ kN}$$

4.10.2 Sambungan Hanger (pen) ke Plat Simpul (base plate).

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$P = 888.6 \text{ kN (tarik)}$$

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial harus memenuhi (SNI T-03-2005, pasal 4.5; Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan)

$$Nu \leq \Phi \cdot N_n$$

- a. Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan

$$\Phi N_n = \Phi A_g \cdot f_y$$

$$= 0.9 (90^2 \times \pi \times 0.25) \times 210$$

$$= 1335.1 \text{ kN}$$

$$Nu = 1193.4 \text{ kN}$$

$$882.6 \text{ kN} \leq 1193.4 \text{ kN} \quad \dots \text{ Ok}$$

- b. Kuat tarik nominal berdasarkan putus

$$\Phi N_n = \Phi A_g \cdot f_u$$

$$= 0.75 (90^2 \times \pi \times 0.25) \times 340$$

$$= 2161.1 \text{ kN}$$

$$Nu = 882.6 \text{ kN}$$

$$882.6 \text{ kN} \leq 2161.1 \text{ kN} \quad \dots \text{ Ok}$$

4.10.4.3 Sambungan Base Plate ke Box Busur

Sambungan ini menggunakan baut tipe tumpu yang menerima beban tarik.

Maka kekuatan tumpu nominal baut dan plat harus memenuhi

$$\frac{T_u}{n} \leq \phi_f \cdot f_1 \cdot m \cdot A_b$$

$n = 3 \rightarrow$ jumlah baut

$f_1 = 807 \text{ MPa} \rightarrow$ baut mutu tinggi (SNI 03-1729-2002)

$$\frac{882.6}{3} \leq 0.75 \times 870 \times 1 \times (0.25 \pi 30^2)$$

$$294.3 \leq 460.7 \rightarrow \text{Ok}$$

Baut dengan diameter 30 mm sebanyak 3 buah dapat digunakan dipasang 4 baut

- Sambungan las tumpang (lap joint)
Dipakai sambungan las tumpang dimana plat hanger (pen) saling menumpang dengan base plate pada box busur.

Gaya yang terjadi pada plat simpul :

$$P = 851 \text{ kN}$$

$$A_{\text{Las}} = \frac{1}{2}(10 + 15) \cdot 10 = 125 \text{ cm}^2$$

$$F_u = \frac{P_u}{A_{\text{Las}}}$$

$$\frac{851}{125} = 6.6 \text{ kN/cm}^2 = 667.6 \text{ kg/cm}^2$$

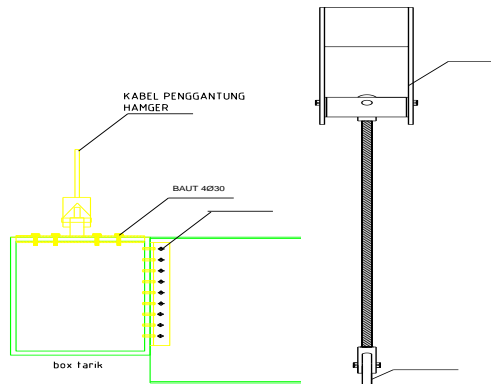
Misal kekuatan untuk tebal las 1cm

$$\begin{aligned}
 3f_n &= \phi \cdot 0.6 \cdot F_{60xx} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 60 \times 70.3 \\
 &= 1898.1 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $f_u < 3f_n \rightarrow \text{OK!!}$

$667.6 \text{ kg/cm}^2 < 1898.1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK!!}$

Tebal plat = 25 mm



Gambar 4.48 sambungan hanger

4.10.5 Sambungan Ikatan Angin Bawah

a. Profil ikatan angin bawah steel pipe D14

Gaya maksimum yang bekerja pada segmen ini yaitu: $P_u = 1.100,5 \text{ kN}$

Digunakan High Tension Bolt (Baut mutu tinggi) tipe

A325 dengan spesifikasi:

Ø baut $t = 25$ mm proof stress = 585 MPa

f_u baut = 825 MPa

tebal pelat yang digunakan = 20 mm

Kekuatan ijin 1 baut

$V_n = 1,13 \times \mu \times m \times \text{proof load}$

Proof load = $0,75 \times A_b \times \text{proof stress}$

$$= 0,75 \times (0,25 \times \pi \times 2,5^2 \text{ cm}) \times 5.850 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 25.120,86 \text{ kg}$$

μ = koefisien gesek = 0,35

m = bidang geser = 2

$V_n = 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 25.120,86 \text{ kg}$

$$= 19.870,6 \text{ kg} = 198.7 \text{ KN}$$

$$\frac{P_U}{V_D} = \frac{1100.5}{198.70} = 3,52 = 4 \text{ baut}$$

Jarak antar baut $D = 25$ mm

148

$$3d < S < 15tp$$

$$7,5 \text{ cm} < S < 15 \text{ cm}$$

S diambil 10 cm.

Jarak baut ke tepi sambungan $1,5d < S < (4tp+100)$ atau 200mm

$$3,75 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm} \text{ atau } 20 \text{ cm } S \text{ diambil } 5 \text{ cm.}$$

Sambungan Las

$$V_u = 73,08 \text{ kN} = 73.080 \text{ N}$$

$$M_u = 195,02 \text{ kN.m} = 195,02 \times 10^4 \text{ N.mm} \quad L_w = 400 \text{ mm}$$

$$f_y = \frac{V_u}{A} = \frac{73.080 \text{ N}}{2 \times 1 \times 400 \text{ mm}} = 91,35 \text{ N/mm}$$

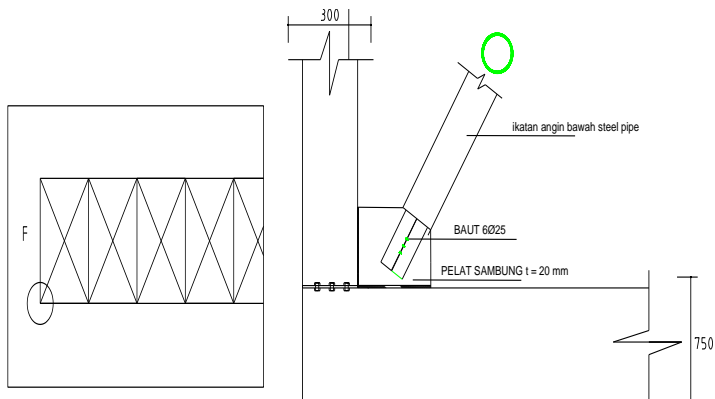
$$I_x = 2 \times \frac{1 \times 400^3}{12} = 10.666.666,67 \text{ mm}^3$$

$$f_x = \frac{M_u \cdot c}{I_x} = \frac{195,02 \times 10^4 \times 200}{10.666.666,67} = 36,56 \text{ N/mm}$$

Tahanan las:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi T_e 0,6 f_{uw} \\ &= 0,75 \times 0,707a \times 0,6 \times 490 = 155,89a\end{aligned}$$

$$a \text{ perlu} = 3,98 \approx 4 \text{ mm}$$



Gambar 4.49 sambungan ikatan angin bawah

4.10.6 Sambungan iktan silang atau penyangga

Sambungan baut

Gaya maksimum yang bekerja pada segmen ini yaitu: $P_u = 1196,69 \text{ kN}$

Digunakan High Tension Bolt (Baut mutu tinggi) tipe

A325 dengan spesifikasi:

150

\emptyset baut = 25 mm

f_u baut = 825 Mpa

tebal pelat yang digunakan = 12 mm

Kekuatan ijin 1 baut

proof stress = 585 MPa

$V_n = 1,13 \times \mu \times m \times \text{proof load}$

Proof load = $0,75 \times A_b \times \text{proof stress}$

$$= 0,75 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 2,5^2 \text{ cm}) \times 5.850 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 25.120,86 \text{ kg}$$

$$= \text{koefisien gesek} = 0,35$$

$$= \text{bidang geser} = 1$$

$$V_n = 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 25.120,86 \text{ kg}$$

$$19.870,6 \text{ kg}$$

$V_d = \emptyset \times V_n$ $\emptyset = 1,0$ untuk lubang standar

$$1 \times 19.870,6 \text{ kg} = 198,7 \text{ kN}$$

Jumlah baut

$$\frac{P_U}{V_D} = \frac{1196,69}{198,70} = 11,52 = 12 \text{ baut}$$

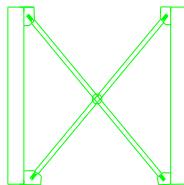
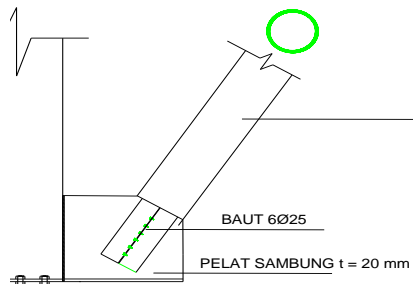
$$3d < S < 15t_p$$

$7,5 \text{ cm} < S < 15 \text{ cm}$

S diambil 10 cm.

Jarak baut ke tepi sambungan $1,5d < S < (4t_p+100)$ atau 200mm

$3,75 \text{ cm} < S < 30 \text{ cm}$ atau 20 cm S diambil 10 cm.



Gambar 4.50 Sambungan ikatan silang

4.10.7 sambungan box busur

Digunakan High Tension Bolt (Baut mutu tinggi) tipe

A325 dengan spesifikasi:

152

\varnothing baut = 32 mm proof stress = 585 MPa

f_u baut = 825 Mpa

Tebal pelat yang digunakan = 20 mm

Kekuatan ijin 1 baut

$V_n = 1,13 \times \mu \times m \times \text{proof load}$

Proof load = $0,75 \times A_b \times \text{proof stress}$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 3,2^2 \text{ cm}) \times 5.850 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 35.286,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

koefisien gesek = 0,35

bidang geser = 2

$V_n = 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 35.286,36 \text{ kg}$

$$= 27.911,5 \text{ kg}$$

$V_d = \varnothing \times V_n$ $\varnothing = 1,0$ untuk lubang standar

$$= 1 \times 27.911,5 \text{ kg} = 279,11 \text{ KN}$$

Jumlah baut

Perhitungan jumlah baut dihitung berdasarkan resultan gaya yang bekerja pada 2 arah, dimana semua gaya yang bekerja dirubah menjadi gaya geser.

Hasil dari output SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi busur utama adalah

$$P_u = 16987.8 \quad \text{kN}$$

$$M_{u_x} = 62428239.9 \quad \text{kN.mm}$$

$$M_{u_y} = 11655052.2 \quad \text{kN.mm}$$

$$T_u = 5288858.6 \quad \text{kN.mm}$$

$$V_u = 2095.79 \quad \text{kN}$$

a. Beban arah X (R_x)

$$\frac{M_{u_y}}{H} = \frac{11655052.2}{2500 \times 1000} = 462,8 \text{ KN}$$

$$\frac{M_{u_x}}{B} = \frac{62428239.9}{1500 \times 1000} = 4161,8 \text{ KN}$$

$$R_x = 16987.8 \text{ kN} + 462,8 \text{ KN} + 4161,8 \text{ KN} = 21610 \text{ KN}$$

Rx1 beban pada sayap

$$R_{x1} = \frac{B}{B + H} \times R_x$$

$$R_{x1} = \frac{1,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}} \times 21610 \text{ KN} = 5103.75 \text{ KN}$$

(sayap)

$$R_{x2} = \frac{H}{B + H} \times R_x$$

$$R_{x2} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}} = 11506,25 \text{ KN (badan)}$$

Pengaruh beban V_u

$$V_{u1} = \frac{B}{B + H} \times V_u$$

$$V_{u1} = \frac{1,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}} \times 2095,79 \text{ KN} = 585,665 \text{ KN}$$

$$V_{u2} = \frac{H}{B + H} \times V_u$$

$$V_{u2} = \frac{2,5 \text{ m}}{2,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}} \times 2095,79 \text{ KN} = 1111,55 \text{ KN}$$

Gaya resultan

$$R_x = (\sqrt{R_{x1} + V_{u1}})^2 =$$

$$(\sqrt{5103,75 \text{ KN} + 585,665})^2$$

$$R_x = 5173,357 \text{ KN (sayap)}$$

$$R_y = (\sqrt{R_{x2} + V_{u2}})^2 =$$

$$(\sqrt{11606,25 \text{ KN} + 1111,55})^2$$

$$R_y = 11314,55 \text{ KN}$$

Jumlah baut pada sayap

$$\frac{Rx}{Vd} = \frac{5173.375}{279.11} = 18.8 = 20 \text{ baut}$$

Jumlah baut pada badan

$$\frac{Rx}{Vd} = \frac{11314.375}{279.11} = 28.12 = 30 \text{ baut}$$

Jarak antara baut ($d=3,2 \text{ cm}$)

$$3d < S < 15tp$$

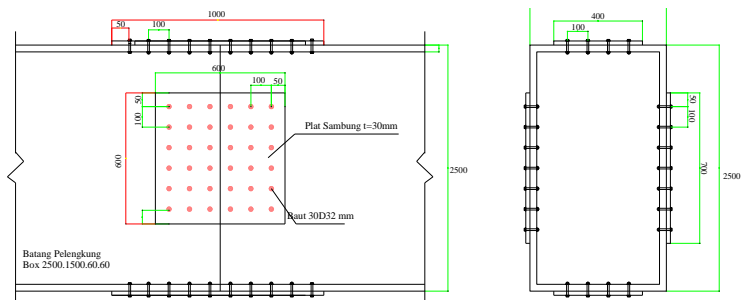
$$9,6 \text{ cm} < S < 28,5 \text{ cm } S$$

diambil 10 cm.

Jarak baut ke tepi sambungan $1,5d < S < (4tp+100)$ atau 200mm

$$4,8 \text{ cm} < S < 17,6 \text{ cm atau } 20 \text{ cm } S$$

diambil 5 cm.



Gambar 4.51 sambungan box busur

4.10.8 Sambungan Balok Melintang dengan Box Tarik

Data perencanaan sambungan:

Pelat siku penyambung : L 80 x 80 x 8, $f_u = 550\text{Mpa}$

ϕ baut = 20 mm (ASTM A325)

ϕ lubang = 20 mm + 1,5 mm = 21,5 mm

$m = 2$ (2 pelat siku)

a. Kekuatan 1 ijin baut

Kekuatan geser (V_d)

$$V_d = \phi \times m \times r_1 \times f_u \times A_b$$

$$V_d = 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 8250 \times 0,25 \times 3,14 \times 2^2$$

$$V_d = 2101,20 \text{ kg} = 210,12 \text{ Kn (menentukan)}$$

Kekuatan tumpu (R_n)

$$R_n = \phi \times 2,4 \times D \times 0,5D \times F_u$$

$$R_n = 0,75 \times 2,4 \times 2\text{cm} \times 1 \times 5500\text{kg/cm}^2$$

$$R_n = 22530 \text{ kg} = 225,3 \text{ Kn}$$

b. Jumlah baut

Dimana V_u pada batang tarik dan gelagar melintang sebesar 1618.46 Kn

$$N = V_u/V_d = 1618.46/210,12 \text{ kg} = 8 \text{ baut}$$

Jarak baut

Jarak antara baut ($d=20$
cm) $3d \leq S \leq 15t_p$

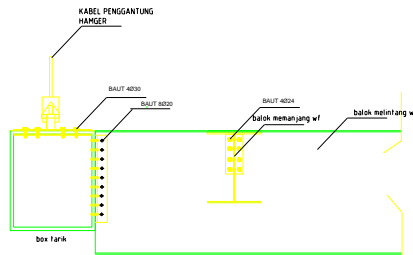
$$6 \text{ cm} \leq S < 12 \text{ cm}$$

S diambil 5 cm.

Jarak baut ke tepi sambungan

$$1,5d < S < (4t_p+100) \text{ atau}$$

200mm $2,4 \text{ cm} < S < 13,2 \text{ cm}$
 atau 20 cm S diambil 5 cm.



Gambar 4.52 Sambungan box tarik dengan balok melintang

4.11 DESAIN PERLETAKAN

4.11.1 Perencanaan Perletakan

Pada perencanaan jembatan Brantas ini akan digunakan landasan jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah jembatan. Landasan yang digunakan pada jembatan ini merupakan pelat baja sirkular (pot bearing). Dengan penggunaan landasan pot bearing tersebut akan mampu mengakomodasi perpindahan arah akibat beban yang ada.

Desain dari pot bearing merupakan elemen pabrikan dari *TOBE FR4 Pot Bearings*.

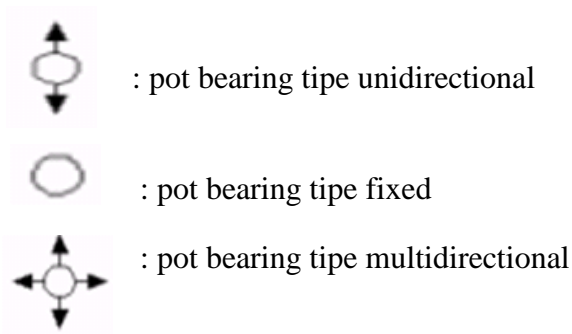
4.9.1.1 Lay out Penempatan Perletakan Jembatan

Perencanaan jembatan Brantas ini merupakan kategori jembatan bentang panjang dimana besarnya pergerakan cukup mempengaruhi stabilitas jembatan. Oleh karena itu hal ini dapat diminimalkan dengan pengaturan penempatan posisi landasan.



Gambar 4.53 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing jembatan cisomang

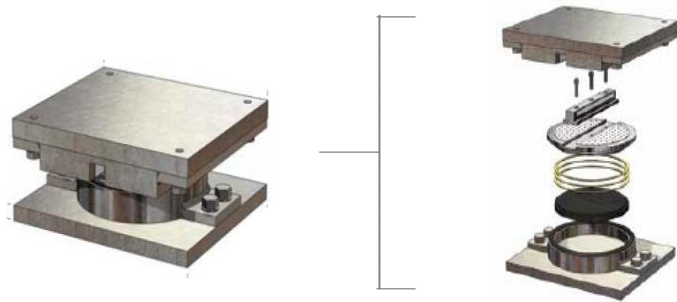
Dimana :



4.11.1.2 Kontrol Desain Perletakan Pot Bearing

❖ Unidirectional pot bearing

Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 1 gerakan arah lateral dipakai type PMGC 20000



Gambar 4.54 Type Perletakan Unidirectional

- Dari hasil analisa SAP 2000 diperoleh reaksi dan pergerakan pada perletakan untuk pot bearing arah x adalah akibat ($E_{qx} + 0.3E_{qy} + DL + LL$).

- Translasi X = 17.06 mm

- H = 1920.8 kN

- V = 18960.5 kN

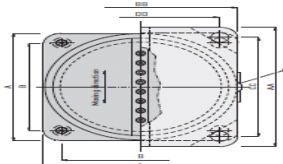
- Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan untuk pot bearing arah y adalah akibat ($E_{qx} + 0.3E_{qy} + DL + LL$).

- Translasi Y = 18.74 mm

- V = 17935.3 kN

- H = 1216.07 kN

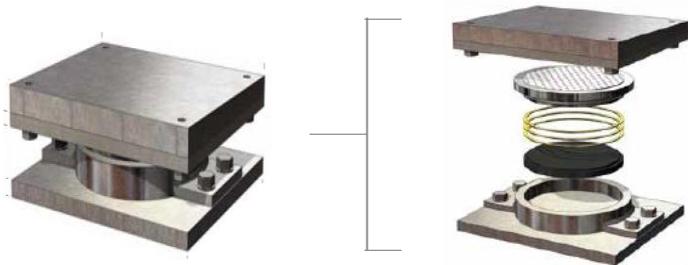
Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan unidirectional pot bearing tipe PMCG 20000. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat pada table dibawah.



Gambar 4.55 Tampak Atas Unidirectional Pot Bearing

Untuk bentuk dan dimensi ukuran dapat dilihat pada lampiran brosur pot bearing pad

- ❖ Multinidirectional pot bearing
Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 2 gerakan arah lateral dipakai type PM 15000

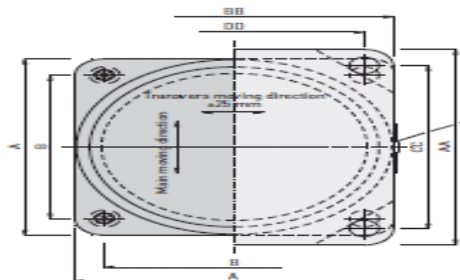


Gambar 4.56 Type Perletakan Multidirectional

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat $E_{qx} + 0.3E_{qy} + DL + LL$).

- Translasi X = 8.46 mm
- Translasi Y = 49.9 mm
- V = 14646.9 kN

Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan multidirectional pot bearing tipe PM 15000. Dimensi dan



Gambar 4.57 Tampak atas multidirectional pot bearing

Untuk bentuk dan dimensi ukuran dapat dilihat pada lampiran brosur pot bearing pad

- ❖ Fixed pot bearing
Jenis perletakan ini hanya tidak memungkinkan adanya gerakan arah lateral. Dipakai type PF 2000



Gambar 4.58 Type Perletakan Fixed

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat

- Translasi X = 0 mm
- Translasi Y = 0 mm
- V = 1318.5 kN
- H = 1915.8 kN kN

Akan direncanakan fixed pot bearing tipe PF 2000. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat seperti pada table dibawah.

Untuk bentuk dan dimensi ukuran dapat dilihat pada lampiran brosur pot bearing pad

4.10 Desain Expansion Joint

Perencanaan *expansion joint* pada jembatan untuk menanggulangi deformasi yang besar dan kompleks yang diperlukan karena alas geometrik dan biaya. Tipe yang akan digunakan adalah *modular expansion joint*.

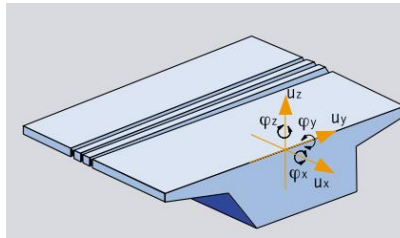
Modular expansion joint merupakan gabungan dari dua atau lebih strip seal joint untuk deformasi yang besar.

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan deformasi arah x dan arah y yang di peroleh dari kombinasi 1 konfigurasi 1 (1,1DL+2ADL+2TD+1,8TB+1,8TP), berikut ini nilai dari deformasi yang terjadi :

- Deformasi x = 132 mm
- Deformasi y = 1,12 mm

expansion joint, maka akan direncanakan menggunakan *modular expansion joint* dengan tipe D320. Gaya dalam yang dapat diterima *oleh pot bearing* sebagai berikut :

- $u_x = 250$ mm
- $u_y = 119$ mm



- Gambar 4.59 Sketsa arah deformasi

Halaman Dikосongkan

BAB V

PENUTUP

Dari berbagai macam analisa dan kontrol yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan struktur Modifikasi Jembatan Musi IV ini antara lain:

1. Pelat lantai kendaraan berupa pelat beton dengan tebal 20 cm dan dilapisi aspal setebal 5 cm
2. Profil struktur sekunder Jembatan Busur Musi IV menggunakan mutu baja BJ 50 dengan $f_y = 290$ MPa dan $f_u = 500$ MPa.
3. Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:
 - Profil gelagar memanjang WF 450 x 300 x 12 x 16
 - Profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
 - Ikatan angin lantai kendaraan D14 mm
 - Ikatan angin atas memanjang Box 250 x 250 x 8 x 8
4. Pada permodelan struktur jembatan menggunakan SAP2000, digunakan permodelan 3 dimensi untuk mencari gaya aksial batang maksimum sesuai garis pengaruh batang akibat beban berjalan yang kemudian dijadikan acuan untuk mendesain profil batang yang digunakan sesuai gaya batang yang terjadi.

5. Profil struktur sekunder Jembatan Busur menggunakan mutu baja BJ 55 dengan $f_y = 410$ MPa dan $f_u = 550$ MPa. Dari hasil perhitungan struktur primer jembatan busur didapatkan:

- Batang penggantung Rod Hanger malcoy
- Batang pelengkung box 2500 x 1500 x 60 x 60
- Batang tarik box 750 x 750 x 40 x 40
- Bracing portal akhir pipa baja D14" x 0,5"
- Kolom Portal akhir box 750 x 750 x 40 x 40
- Ikatan silang portal akhir D 14mm

6. Perletakan menggunakan pot bearing dengan tipe:

- Unidirectional tipe PMGC 20000
- Multidirectional tipe Ppf 2000
- Fixed tipe PF 20000

7. Direncanakan menggunakan *modular expansion joint* dengan tipe D320. Gaya dalam yang dapat diterima oleh pot bearing sebagai berikut :

- $u_x = 250$ mm
- $u_y = 119$ mm

DAFTAR PUSTAKA

1. Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992. 700 hal
2. Nawy, E. G., Tavio, dan Kusuma, B. 2010. Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar Jilid 1. Surabaya : ITSPress. 974 hal.
3. Nawy, E. G., Tavio, dan Kusuma, B. 2010. Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar Jilid 2. Surabaya : ITSPress. 974 hal.
4. Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD sesuai SNI 03-1729-2003. 331 hal
5. Rancangan Standar Nasional Indonesia gempa (RSNI) 2833:2012. Perancangan Jembatan Terhadap Gempa. 65 hal
6. Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016. Standar Pembebanan Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum. 67 hal
7. Standar Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum. 129 hal
8. Standar Nasional Indonesia (SNI) T-12-2004. Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum. 117 hal.
9. Tavio dan Kusuma, B. 2009. Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya : ITS Press. 141 hal.

LAMPIRAN A
BROSUR KABEL
PENGGANTUNG

LAMPIRAN B
BROSUR POT BEARING
PAD

LAMPIRAN C
BROSUR EXPENSION
JOINT



POT BEARINGS

OUR MISSION

THE PURSUIT OF A BETTER CUSTOMER EXPERIENCE

TABLE OF CONTENTS

Features.....	3
Design Principle.....	4
Applications.....	5
Materials.....	6
Design.....	7
Service Offer.....	8
Pot Bearing Selection Charts	
• PF Series Fixed Bearings.....	10
• PM Series Multidirectional Bearings.....	11
• PMG Series Unidirectional Edge-Guided Bearings.....	12
• PMCG Series Unidirectional Center-Guided Bearings.....	13
Bearings with Uplift Restraint Device.....	14
Connection Details.....	15
Installation, Handling and Storage.....	16
Quality Commitment.....	19



POT BEARINGS



COMPLETE RANGE OF STRUCTURAL BEARINGS FOR BRIDGES AND OTHER CIVIL ENGINEERING PROJECTS

All structures are flexible and their structural integrity must be maintained under all conditions. A structural bearing is essential to providing free movement between the superstructure and the supporting structure, while ensuring the safe transfer of vertical loads and rotations.

POT BEARINGS (CONFINED ELASTOMER)

Goodco Z-Tech pot bearings consist of an assembly of precision-machined steel components and an elastomeric disc confined at the centre. Designed and sized according to your project specific requirements, these bearings transfer large vertical loads while accommodating the structure's relative displacement. Whether they are fixed, unidirectional or multidirectional, pot bearings transfer vertical and horizontal load combinations as well as longitudinal and transverse displacements. They can also be equipped with an uplift restraint device.



PF Series fixed pot bearing assembly with uplift restraint device

FEATURES

- Very low sliding friction
- Low eccentricity under vertical load and rotation
- Unlimited displacement capability
- Unlimited rotation capacity around vertical axis
- Horizontal rotation not reduced by guide system
- Replaceable
- Self-alignment capability
- Easy installation
- Low maintenance

DESIGN PRINCIPLE

The design principle of the Goodco Z-Tech P Series or pot bearing is that of a fixed bearing, which restrains horizontal displacement, but allows rotational movement of the bridge structure about any horizontal axis by shear deformation of an elastomeric disc confined in a steel casing (pot plate).

The pot is machined from a standard steel plate to the proper dimensions. Brass sealing rings prevent the elastomeric disc encased in the pot from extruding under pressure through the annular gap located between the piston and the inside of the pot plate. The piston, which fits in the pot, is in contact with the elastomeric disc (Figure 1).

When sliding components are added, the above fixed bearing becomes a mobile bearing that can accommodate horizontal displacement. This horizontal displacement can be multidirectional or unidirectional if a guiding system is provided. These sliding components consist of a polished stainless steel sheet welded to the underside of a steel plate and a PTFE disc bonded to the upper surface of the pot or piston plate. In order to increase its load-bearing capacity, the PTFE disc is recessed into the steel to a depth equal to approximately one-half of its thickness. The PTFE disc has small cavities (lubrication dimples) that contain a special lubricant to ensure permanent lubrication of the sliding surfaces.

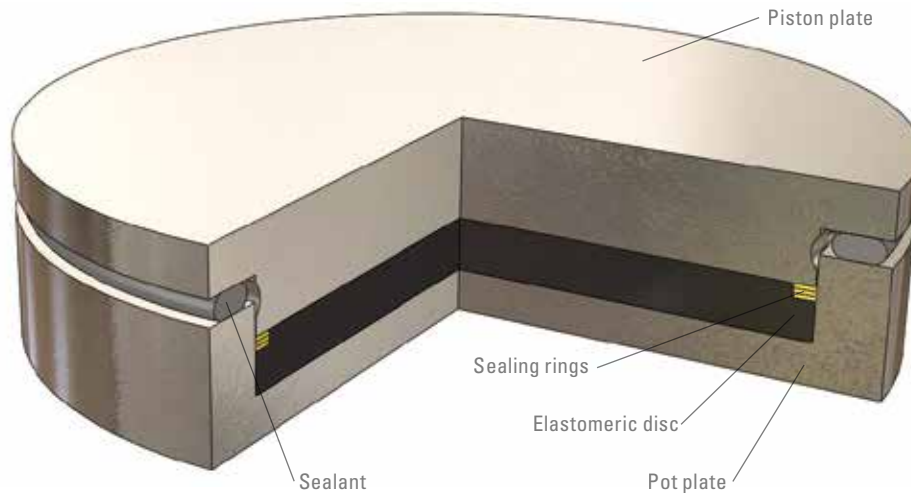


Figure 1 Cross-section of the central core of a pot bearing

Under vertical loads, the confined elastomeric disc behaves like a viscous fluid exhibiting the following characteristics:

- No vertical deflection under load (incompressible elastomer).
- Evenly distributed pressure over the entire surface.
- Constant volume under vertical load and rotation.
- Minimum eccentricity of vertical load under rotation.



PMCG Series unidirectional center-guided bearing

APPLICATIONS

Goodco Z-Tech pot bearings can be used for bridges, railway and highway overpasses and buildings.



Goodco Z-Tech manufactured 80 pot bearings – PF Series fixed, PM Series multidirectional and PMCG Series unidirectional – for the five-lane Athabasca River Bridge.



Athabasca River Bridge – Fort McMurray, AB
With a deck surface of 15,500 m² (166,841 sq. ft.), this is Alberta’s widest bridge.

MATERIALS

STEEL COMPONENTS

All steel plates conform to CSA G40.20/G40.21, Grade 260W (ASTM A36), 300W, 350W (ASTM A572, Grade 50) or 350A (ASTM A588). Other steel grades can also be supplied, depending on their availability or the project's specific requirements.

STAINLESS STEEL

The stainless steel conforms to ASTM A240/A240M, Type 304 or approved equivalent. The roughness of the surface in contact with the PTFE, measured in accordance with CSA B95, does not exceed an arithmetic mean of 0.25 µm.

PTFE (POLYTetraFLUOROETHYLENE/TEFLON®)

The PTFE discs and strips are manufactured from pure unfilled sheets and are chemically etched on one face to improve bonding.

GZT SLIDE

The GZT slide is a metal-polymer composite that has very good wear and low friction. It is exclusively used on the guide bars and it meets the requirements of EN 1337-2.

ELASTOMER

The elastomer material for the elastomeric pad has a hardness of 50 ± 5 DURO and conforms to CAN/CSA, Table 11.5, or ASSHTO M251, Table 1.

LUBRICANT

The lubricant for the elastomer conforms to MIL-G-4343-C. The lubricant for the PTFE disc conforms to MIL-S-8660C.

SEALING RINGS

The sealing rings are manufactured from half-hard, cold-rolled, 260 alloy brass in conformity with ASTM B36 / B36M.

ANCHORING SYSTEM

The fusion-welded studs conform to ASTM A108, Grade 1015, 1018 or 1020. The steel rods conform to CSA G40.20/G40.21, Grade 260W (ASTM A36), 300W, 350W or ASTM F1554, Grade 105 (ASTM A193 B7). The connecting bolts conform to ASTM A325, A490 or F3125.

STEEL FINISH

The exposed steel surfaces are zinc-metallized to a minimum thickness of 175 microns in conformity with CSA G189 (AWS C2.23M/C2.23). For severe environmental conditions, or to increase the life expectancy of the zinc metallized surface, the thickness of the zinc layer can be increased to 250 microns. The connection bolts and certain plates are hot-dipped galvanized in conformity with ASTM A123/A123M.



The PTFE disc is cleaned before the silicon lubricant is applied.



PMG Series unidirectional edge-guided bearing

DESIGN

Elastomer: The average maximum pressure applied on the confined elastomer disc at serviceability limit states ranges from 24 MPa to 40 MPa, depending on the design code.

PTFE disc: The coefficient of friction between the polished stainless steel sheet and the confined PTFE disc at design load is less than 0.03.

Average maximum vertical pressure on the confined PTFE (in accordance with CAN/CSA S6)	
Serviceability Limit State (SLS)	Ultimate Limit State (ULS)
Max. dead load: 30 MPa	Max. dead load: 45 MPa
Max. total load: 45 MPa	Max. total load: 65 MPa

PTFE guide strips: Recessed PTFE guide strips are designed for a maximum pressure of 45 MPa (SLS) and 65 MPa (ULS).

Horizontal load capacity: Standard guiding and anchorage systems are designed for a minimum horizontal load equal to 10% of the bearing's total vertical load capacity when this capacity does not exceed 5000 kN. A lower ratio is used for greater load capacities.

Rotation: Standard bearings are designed for a minimum rotation of 0.02 radian, but certain special designs can accommodate up to 0.04 radian.

Eccentricity: At serviceability limit state, the eccentricity of the vertical load under maximum rotation does not exceed 4% of the diameter of the elastomeric pad.

Concrete stress: Standard base plates are designed for a maximum pressure of 17 MPa (SLS) and 24 MPa (ULS) on concrete. Other concrete bearing pressures are used based on project requirements.

Displacement: Standard bearings are designed for a minimum displacement capacity of ± 25 mm. Additional displacement of the structure must be added to the dimensions of the sliding plate.



PMG Series unidirectional bearings (two in center) and PM Series multidirectional bearings (two on the sides) used under curved box girders.



PF Series fixed bearing designed for heavy horizontal loads

SERVICE OFFER

Goodco Z-Tech provides technical support and prepares proposal drawings, without any obligation on the part of the design engineer. In addition, it will supply any other information required for special bearing applications.



For the southbound structure of the Galipeault Bridge rehabilitation project, Goodco Z-Tech supplied 50 PM Series multidirectional and 18 PMG Series unidirectional pot bearings as well as elastomeric bearings and expansion joints.



Galipeault Bridge – St. Anne de Bellevue, QC



PM Series multidirectional bearing installed at pylon No. 11 of the Highway 25 Bridge.



Photo : Kiewit-Parsons

Goodco Z-Tech manufactured pot bearings and lateral restraint systems for the cable-stayed span of the new Highway 25 Bridge over the Rivière des Prairies.



Highway 25 Bridge – Montreal/Laval, QC

PF SERIES FIXED BEARINGS

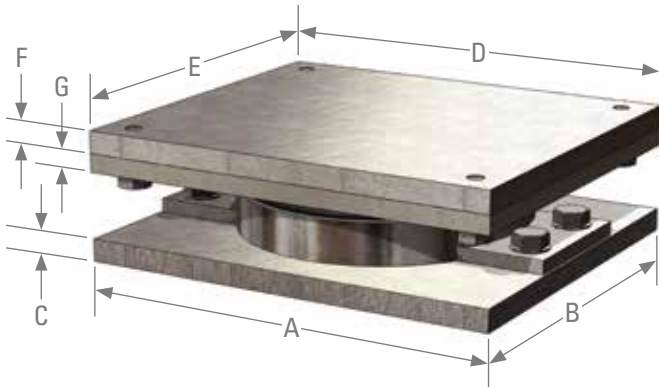


Figure 2



Figure 3

Model No.*	Load Capacity (SLS)		Base Plate			Sole Plate and Bolting Plate				Total Height
	Maximum Vertical kN	Horizontal kN	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm
PF 500	500	50	315	215	22	315	215	22	19	123
PF 750	750	75	350	250	22	350	250	22	19	129
PF 1000	1 000	100	385	285	22	385	285	22	19	134
PF 1250	1 250	125	420	320	22	420	320	22	19	143
PF 1500	1 500	150	440	340	22	440	340	22	19	143
PF 1750	1 750	175	465	365	22	465	365	22	19	144
PF 2000	2 000	200	505	390	25	505	390	25	19	152
PF 2500	2 500	250	570	435	28	570	435	28	22	172
PF 3000	3 000	300	610	475	28	610	475	28	22	184
PF 3500	3 500	350	645	515	28	645	515	28	22	191
PF 4000	4 000	400	675	550	28	675	550	28	22	192
PF 4500	4 500	450	705	585	28	705	585	28	22	202
PF 5000	5 000	500	775	615	35	775	615	35	29	230
PF 6000	6 000	550	825	675	35	825	675	35	29	240
PF 7000	7 000	600	880	725	35	880	725	35	29	250
PF 8000	8 000	650	920	775	35	920	775	35	29	256
PF 9000	9 000	700	960	825	35	960	825	35	29	265
PF 10000	10 000	750	1 010	870	35	1 010	870	35	29	275
PF 15000	15 000	1 000	1 235	1 060	41	1 235	1 060	41	35	322
PF 20000	20 000	1 250	1 365	1 225	41	1 365	1 225	41	35	355

Note:
 * The bearings listed above are generic. They are designed for maximum vertical loads that each bearing can accommodate, to a maximum pressure of 30 MPa on the elastomeric pad and to a horizontal load equal to 10% of the total vertical load at the SLS. All our bearings are custom manufactured to meet your project requirements and can come with connection methods different from those illustrated on page 15. They can be designed and manufactured in accordance with the specifications of the MTQ, MTO, AASHTO and other design codes. For special bearing designs, please contact our Engineering Department.

PM SERIES MULTIDIRECTIONAL BEARINGS

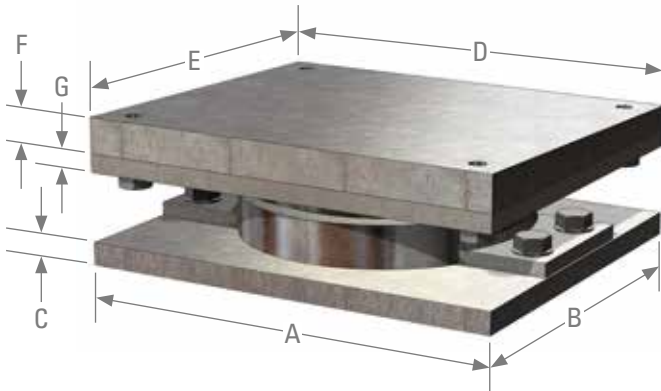


Figure 4



Figure 5

Model No.*	Load Capacity (SLS)	Base Plate			Sole Plate and Sliding Plate				Total Height
	Maximum Vertical kN	A mm	B mm	C mm	D** mm	E** mm	F mm	G mm	H mm
PM 500	500	315	215	22	315	225	22	19	127
PM 750	750	345	245	22	345	255	22	19	131
PM 1000	1 000	375	275	22	375	275	22	19	133
PM 1250	1 250	400	310	22	400	310	22	19	136
PM 1500	1 500	420	340	22	420	340	22	19	136
PM 1750	1 750	450	365	22	450	365	22	19	138
PM 2000	2 000	485	390	25	485	390	25	19	146
PM 2500	2 500	545	435	28	545	435	28	22	163
PM 3000	3 000	580	475	28	580	475	28	25	172
PM 3500	3 500	610	515	28	610	515	31	28	183
PM 4000	4 000	645	550	28	645	550	31	31	187
PM 4500	4 500	670	585	28	670	585	35	31	194
PM 5000	5 000	740	615	35	740	615	35	35	212
PM 6000	6 000	785	675	35	785	675	38	38	225
PM 7000	7 000	835	725	35	835	725	41	41	241
PM 8000	8 000	875	775	35	875	775	44	41	254
PM 9000	9 000	915	825	35	915	825	47	47	268
PM 10000	10 000	965	870	34	965	870	50	47	275
PM 15000	15 000	1 185	1 060	41	1 185	1 060	60	57	329
PM 20000	20 000	1 305	1 225	47	1 305	1 225	69	66	376

Notes:

* The bearings listed above are generic. They are designed for maximum vertical loads that each bearing can accommodate, to a maximum pressure of 30 MPa on the elastomeric pad at the SLS. All our bearings are custom designed to meet your project requirements and can come with connection methods different from those illustrated on page 15. They can be designed and manufactured in accordance with the specifications of the MTQ, MTO, AASHTO and other design codes. For special bearing designs, please contact our Engineering Department.

** Standard bearings are designed for a total movement of 50 mm (± 25 mm). Any additional movement required must be added to dimensions "D" or "E".

PMG SERIES UNIDIRECTIONAL EDGE-GUIDED BEARINGS

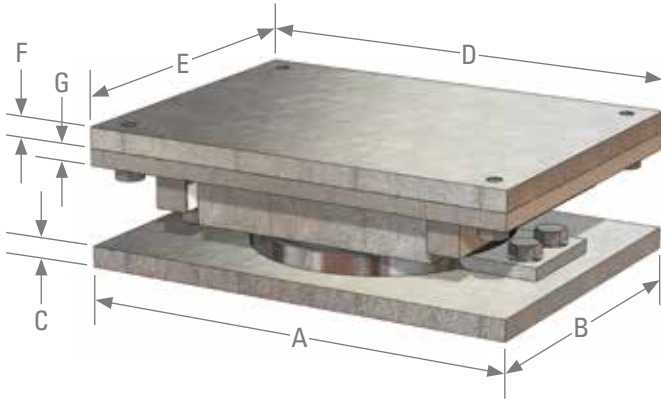


Figure 6



Figure 7

Model No.*	Load Capacity (SLS)		Base Plate			Sole Plate and Sliding Plate				Total Height
	Maximum Vertical kN	Transversal kN	A mm	B mm	C mm	D mm	E** mm	F mm	G mm	H mm
PMG 500	500	50	380	215	22	380	225	22	19	143
PMG 750	750	75	425	245	22	425	255	22	19	146
PMG 1000	1000	100	455	275	22	455	275	22	19	148
PMG 1250	1250	125	480	310	22	480	310	22	19	152
PMG 1500	1500	150	500	340	22	500	340	22	19	152
PMG 1750	1750	175	540	365	22	540	365	22	19	155
PMG 2000	2 000	200	575	390	25	575	390	25	19	164
PMG 2500	2 500	250	635	435	28	635	435	28	22	182
PMG 3000	3 000	300	680	475	28	680	475	28	25	191
PMG 3500	3 500	350	715	515	28	715	515	31	28	201
PMG 4000	4 000	400	750	550	28	750	550	31	31	206
PMG 4500	4 500	450	770	585	28	770	585	35	31	213
PMG 5000	5 000	500	850	615	35	850	615	35	35	233
PMG 6000	6 000	550	895	675	35	895	675	38	38	247
PMG 7000	7 000	600	950	725	35	950	725	41	41	260
PMG 8000	8 000	650	990	775	35	990	775	44	41	266
PMG 9000	9 000	700	1030	825	35	1 030	825	47	47	284
PMG 10000	10 000	750	1075	870	34	1 075	870	50	47	288
PMG 15000	15 000	1 000	1 300	1 060	41	1 300	1 060	60	57	345
PMG 20000	20 000	1 250	1 435	1 225	47	1 435	1 225	69	66	382

Notes:

* The bearings listed above are generic. They are designed for maximum vertical loads that each bearing can accommodate, to a maximum pressure of 30 MPa on the elastomeric pad and to a transversal load equal to 10% of the total vertical load at the SLS. All our bearings are custom designed to meet your project requirements and can come with connection methods different from those illustrated on page 15. They can be designed and manufactured in accordance with the specifications of the MTQ, MTO, AASHTO and other design codes. For special bearing designs, please contact our Engineering Department.

** Standard bearings are designed for a total movement of 50 mm (± 25 mm). Any additional movement required must be added to dimensions "E".

PMCG SERIES UNIDIRECTIONAL CENTER-GUIDED BEARINGS

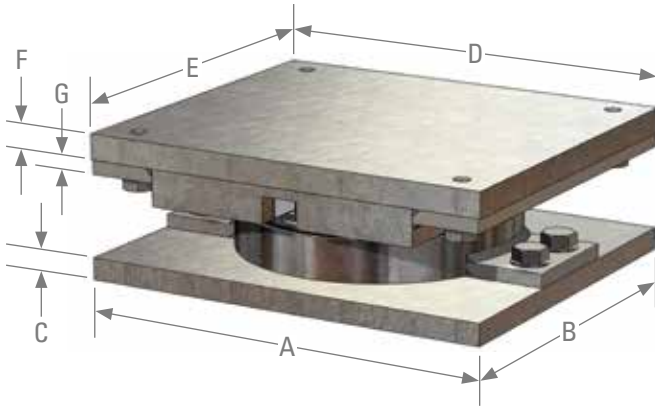


Figure 8



Figure 9

Model No.*	Load Capacity (SLS)		Base Plate			Sole Plate and Sliding Plate				Total Height
	Maximum Vertical kN	Transversal kN	A mm	B mm	C mm	D mm	E** mm	F mm	G mm	
PMCG 500	500	50	315	215	22	315	270	22	38	146
PMCG 750	750	75	350	250	22	350	300	22	38	152
PMCG 1000	1 000	100	385	285	22	385	320	22	44	163
PMCG 1250	1 250	125	420	320	22	420	340	22	44	172
PMCG 1500	1 500	150	440	340	22	440	360	22	47	175
PMCG 1750	1 750	175	465	365	22	465	385	22	47	176
PMCG 2000	2 000	200	505	390	25	505	400	25	47	184
PMCG 2500	2 500	250	570	435	28	570	435	28	50	204
PMCG 3000	3 000	300	610	475	28	610	475	28	56	222
PMCG 3500	3 500	350	645	515	28	645	515	28	56	229
PMCG 4000	4 000	400	675	550	28	675	550	28	63	237
PMCG 4500	4 500	450	705	585	28	705	585	28	63	247
PMCG 5000	5 000	500	775	615	35	775	615	35	63	268
PMCG 6000	6 000	550	825	675	35	825	675	35	66	281
PMCG 7000	7 000	600	880	725	35	880	725	35	66	291
PMCG 8000	8 000	650	920	775	35	920	775	35	66	297
PMCG 9000	9 000	700	960	825	35	960	825	35	66	306
PMCG 10000	10 000	750	1 010	870	35	1 010	870	35	69	319
PMCG 15000	15 000	1 000	1 235	1 060	41	1 235	1 060	41	75	366
PMCG 20000	20 000	1 250	1 365	1 225	41	1 365	1 225	41	81	405

Notes:

* The bearings listed above are generic. They are designed for maximum vertical loads that each bearing can accommodate, to a maximum pressure of 30 MPa on the elastomeric pad and to a transversal load equal to 10% of the total vertical load at the SLS. All our bearings are custom designed to meet your project requirements and can come with connection methods different from those illustrated on page 15. They can be designed and manufactured in accordance with the specifications of the MTQ, MTO, AASHTO and other design codes. For special bearing designs, please contact our Engineering Department.

** Standard bearings are designed for a total movement of 50 mm (± 25 mm). Any additional movement required must be added to dimensions "E".

BEARINGS WITH UPLIFT RESTRAINT DEVICE

PFU SERIES FIXED BEARINGS WITH UPLIFT RESTRAINT DEVICE*

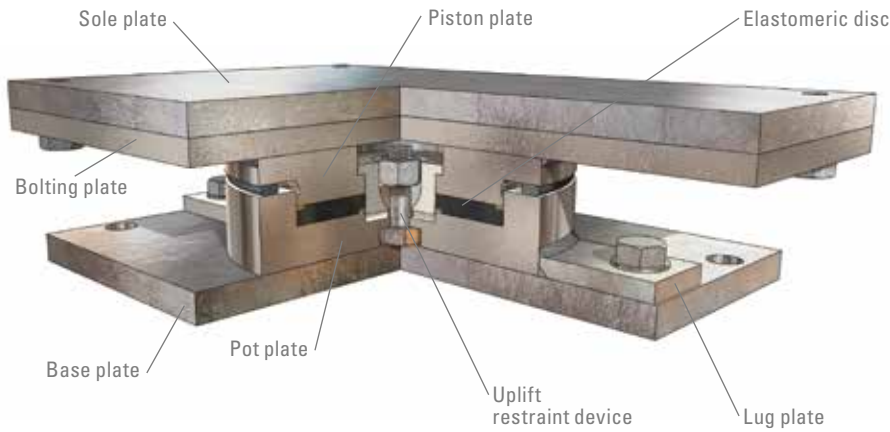


Figure 10

PMGU SERIES UNIDIRECTIONAL BEARINGS WITH UPLIFT RESTRAINT DEVICE*



Figure 11

SPECIAL FEATURE:

Goodco Z-Tech pot bearings equipped with uplift restraint device are designed to accommodate rotation and, as required, displacement concurrently to uplift forces.

Note:

* The figures above illustrate the general concept of the Goodco Z-Tech pot bearings equipped with uplift restraint device. For special designs, please contact our Engineering Department.



Petite-Nation River Bridge
Highway 50 – Montebello, QC



Dominion Bridge – Lévis, QC

CONNECTION DETAILS

UPPER SUB-ASSEMBLY CONNECTION DETAILS

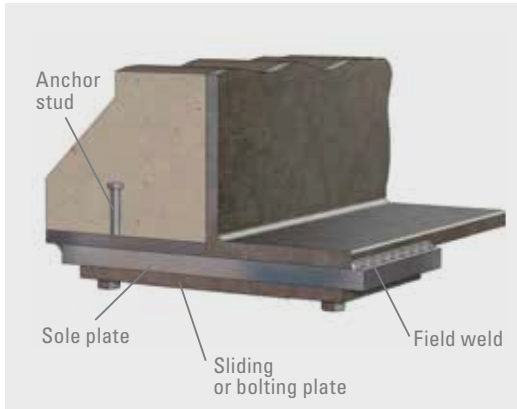


Figure 12

LOWER SUB-ASSEMBLY CONNECTION DETAILS

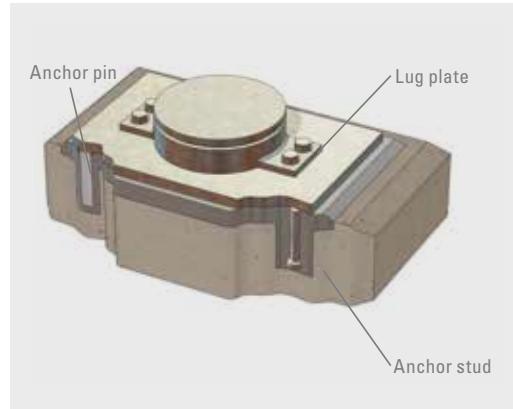


Figure 14

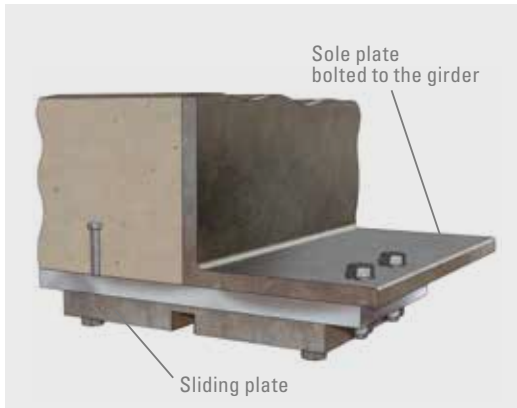


Figure 13

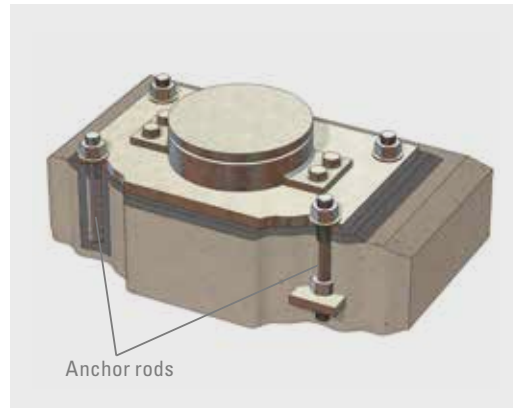


Figure 15

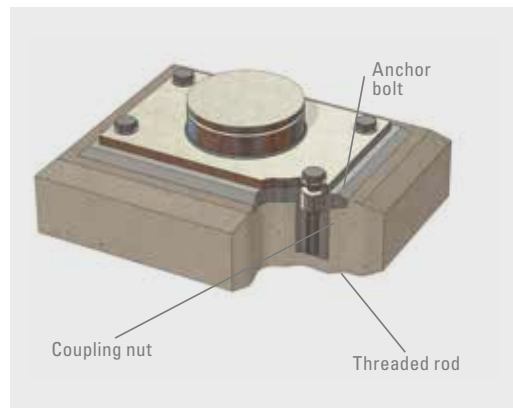


Figure 16

INSTALLATION, **HANDLING AND STORAGE**

Goodco Z-Tech pot bearings are manufactured to close tolerances by skilled technicians. To obtain optimum bearing performance, it is important to handle them properly on the job site and to install them as carefully as they were assembled in the manufacturing plant. The following information is aimed at designers and those who supervise the installation of bearings.

TEMPORARY PLATES FOR TRANSPORTATION

Temporary transportation plates or brackets are installed on all bearings to ensure that the sliding or working surfaces are kept parallel and in close contact during their transportation and installation. These plates are generally painted a different color from that of the bearings. Unless special temporary transportation plates are specified, they must not, under any circumstances, be used to handle the bearings or to retain or stabilize the structure while work is in progress. These plates should only be removed once the bearing has been properly installed and the installation approved by the design engineer.

Since unforeseeable conditions may occur during transportation and handling, it is important to make sure that the alignment and preset temperature (if applicable) of the assembly are as specified on the shop drawings. **Any bearing-related problems that arise must not be corrected on the job site. Please contact our Engineering Department.**

BEDDING

Bearings must be on flat, rigid bedding. Whether it is cement mortar, epoxy, regular concrete or non-shrink grout, it is **extremely important** that the final bedding be free of protrusions, hard spots, shrinkage, air voids, etc. Unless otherwise specified, the bearings **must** be installed on a **horizontal plane** (Figure 17).

Bearings must not be disassembled on the job site, except with the prior approval of Goodco Z-Tech and the design engineer.

Proper installation of the bearings is critical to obtaining excellent performance and avoiding costly repairs.

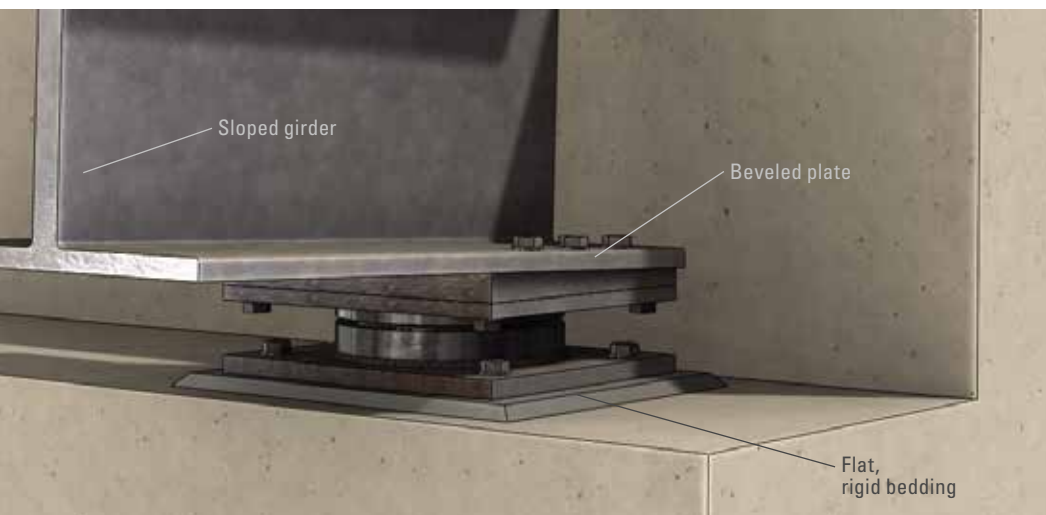
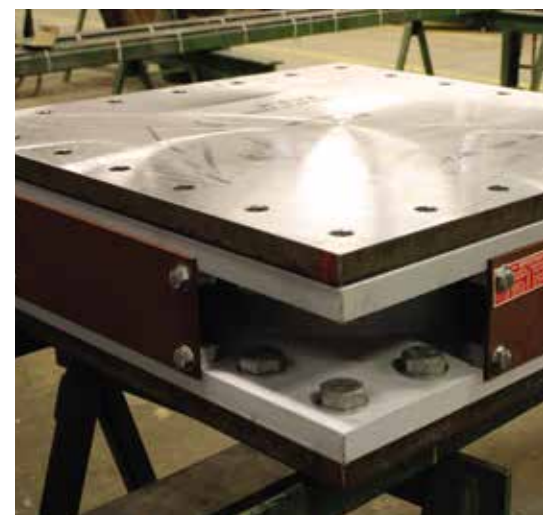


Figure 17. Installation of a pot bearing under a sloped girder



Bearing with temporary transportation plates

INSTALLATION, **HANDLING AND STORAGE**

CAST-IN-PLACE CONCRETES

Proper measures must be taken to ensure that the bearings are not damaged by the formwork or contaminated by the concrete. The interface between the sole plate and the formwork must be protected and sealed.

Given the loading effect of a wet concrete mass, the upper sub-assembly should be supported to prevent the rotation and distortion of the plate. Upper sub-assemblies with stainless steel sliding on PTFE are especially vulnerable in this regard.

PRESETTING

If presetting of the bearings is needed due to certain field operations that can cause large movements, it should be specified as a requirement and should only be carried out in our manufacturing plant prior to shipping.

FIELD WELD

If the bearings must be subjected to field welding operations, particular care must be taken to protect them against sparks and burrs. Welding should also be controlled in order to prevent excessive heat transfer to the elastomeric pad and PTFE components. Only welding procedures approved by the competent authorities must be performed.

BEARING REMOVABILITY

Where possible, bearings must be designed to be removable. Standard Goodco Z-Tech pot bearings are removable. However, this feature should be included in the contract specifications.

BEARING IDENTIFICATION

Black markings are used to identify each bearing. The arrow painted on the sole plate indicates the longitudinal direction of the bearing.

If necessary, a typical layout plan can be included with the shop drawings to enable the contractor to identify the exact location of each bearing.



It is important for bridge designers to allow enough clearance for jacking the structure; otherwise this operation could prove to be very costly.

Bearing for the Duplessis Bridge
Trois Rivières, QC

INSTALLATION, **HANDLING AND STORAGE**

HANDLING AND STORAGE

Under normal working conditions, Goodco Z-Tech pot bearings are protected from contamination by an effective sealing system. For shipping purposes, they are securely strapped to a wood pallet, wrapped and carefully loaded onto a truck. It is very important to unload and handle the bearings with great care and to store them securely in order to avoid contaminating or damaging any of the bearing components.

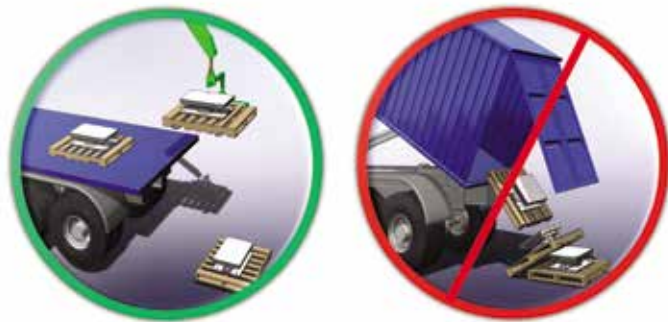


Figure 19



Figure 20

PROTECTION

Pot bearings are composed of materials and coated with finishes that are sensitive to contaminants. It is important to protect the bearings against the effects of operations causing projections. The effects of such operations as welding, grinding, sandblasting, spray painting, shotcreting, sawing, flame cutting, compressed air cleaning, pressure washing and high pressure water blasting could damage or contaminate the bearings and undermine their performance and durability.

CHECKLIST FOR INSTALLING BEARINGS

DO'S:

1. Handle the bearings with care and, where required, use the proper type of crane.
2. Store the bearings in a clean, dry area.
3. Ensure that the bearings are installed at the exact location and in the correct orientation.
4. Ensure that the bearings are installed on flat, rigid bedding before the design loads are applied.
5. Ensure that the bolts and anchors are uniformly tightened.
6. Repair any area of the protective coating that was damaged during transportation, handling or installation.
7. Protect the sliding surfaces during *in situ* concreting.
8. Keep the bearings and the surrounding areas clean.
9. Remove any temporary transportation plates before the bearings are put into service.
10. Ensure that the upper sub-assemblies are supported during *in situ* concreting.

DON'TS:

1. Disassemble the bearings on the job site.
2. Leave the bearings uncovered.
3. Install any bearing that shows signs of damage.
4. Attempt to make repairs without the approval of Goodco Z-Tech.
5. Use the temporary transportation plates for lifting.

QUALITY COMMITMENT

QUALIFICATIONS



W59: Welded Steel Construction (Metal Arc Welding)

W47.1, Division 1: Certification of Companies for Fusion Welding of Steel Structures

W186: Welding of Reinforcing Bars in Reinforced Concrete Construction

Our team of engineering and technical drafting professionals master tools such as AutoCAD and SolidWorks.

We are equipped to perform the most complex and commonly requested tests to guarantee the conformity of our products.



CAD Drafting, Engineering



In-House and Laboratory Testing

We maintain a rigorous quality control program to meet the most exacting requirements of our customers.

Our products are designed and manufactured by an experienced and qualified team with state-of-the-art equipment.



Quality Control



Fabrication



BETTER BUILDING BRIDGES

With more than 60 years of experience, Goodco Z-Tech is the leading Canadian fabricator of structural bearings and expansion joints. Relying on the knowhow of our highly skilled team and state-of-the-art equipment, Goodco Z-Tech designs and fabricates a broad range of products for highway and railway bridges, and other structures. Goodco Z-Tech works in close collaboration with Canam-Bridges, a North American leader in the design, fabrication and construction of steel bridges.



450-786-1300
1-800-361-3510
canambridges.com

Quebec

807, rue Marshall, Suite 100
Laval, Quebec H7S 1J9

Canam-Bridges is a division of Canam Group Inc.

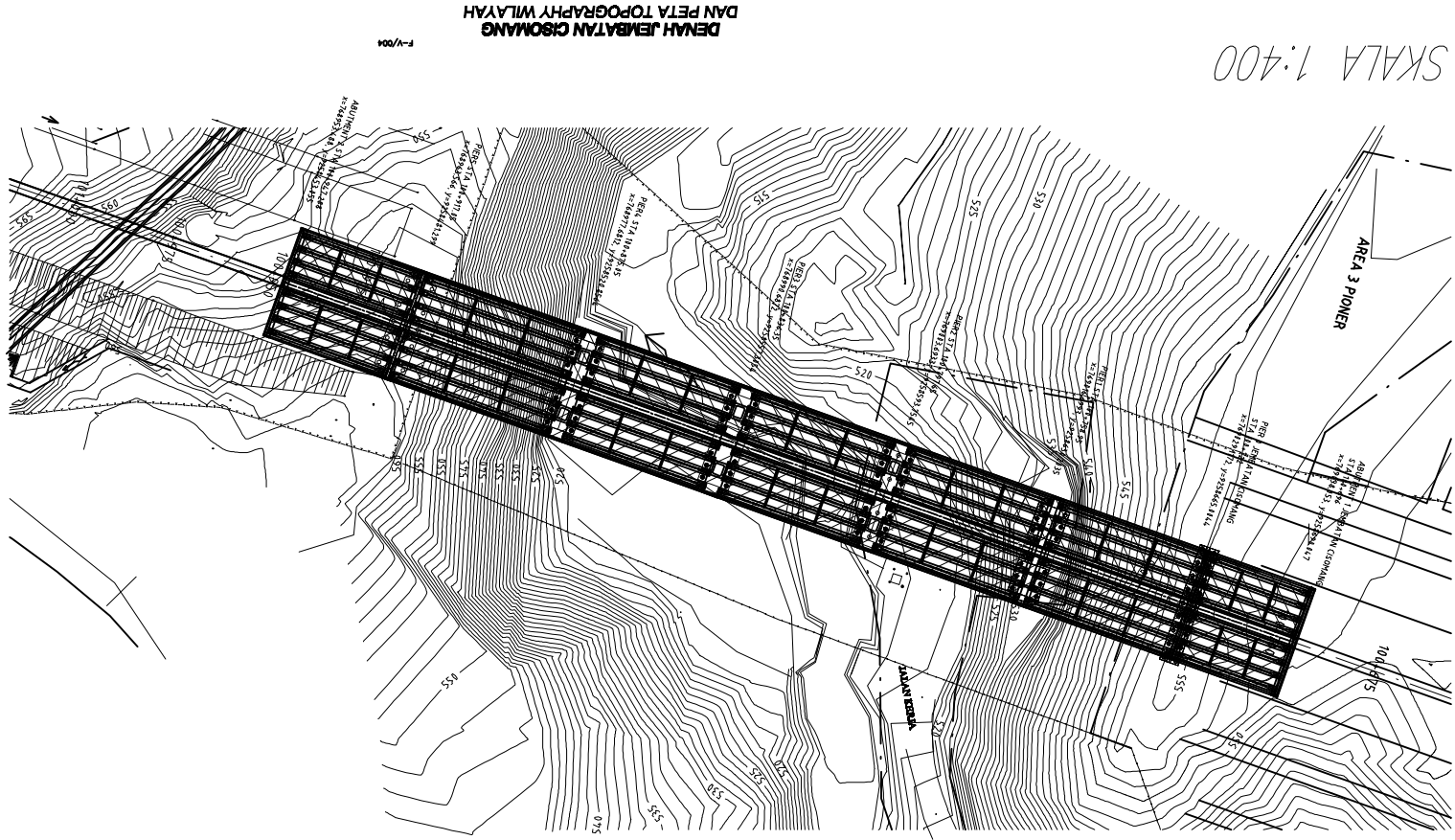
Ontario

1739 Drew Road
Mississauga, Ontario L5S 1J5

© Canam Group Inc., 2016
Last modified on 12/2016
Printed in Canada

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

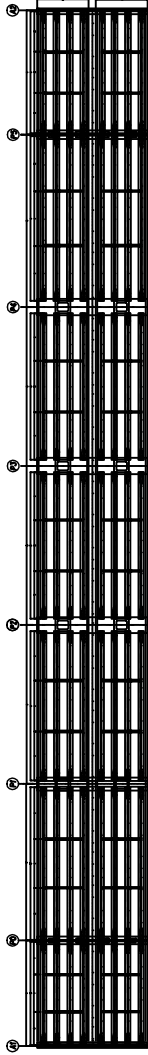
NAMA MAHASISWA DIMAS PERMANA S.P 3115103019	DOSEN KONSULTASI PROF. TAWO, PH.D	NAMA GAMBAR PETA KONTUR JEMBATAN CISOMANG	NOMOR GAMBAR 1
---	--------------------------------------	---	-------------------



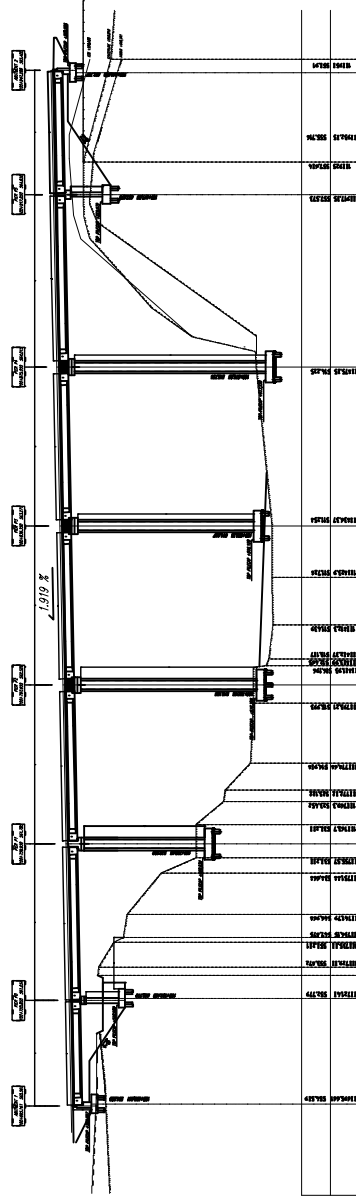
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
 NAMA GAMBAR : POTONGAN MEMANJANG



PLAN OF JEMBATAN CISMANG

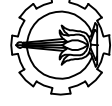


SKALA 1 : 500

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	311800219
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGBARDJO M,MS Prof. TANDI ST, MT, PhD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
2	27

F-4/008

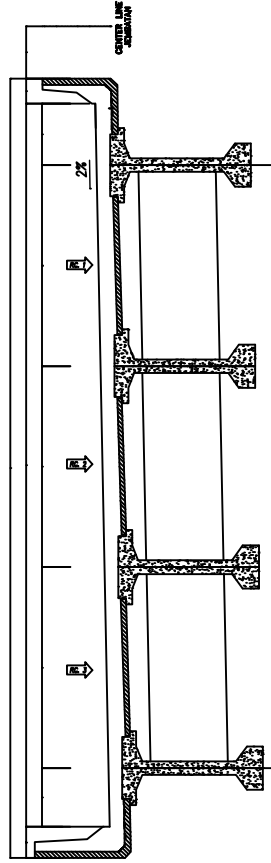
TAMPAK MEMANJANG
 SKALA 1:500



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : POTONGAN MELINTANG JERBATAN

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



POTONGAN MELINTANG EXISTING
SKALA 1:100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3115102519
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soeghardjo M.,MS Prof. Tawo.,ST.,MT.,Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
3	27

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

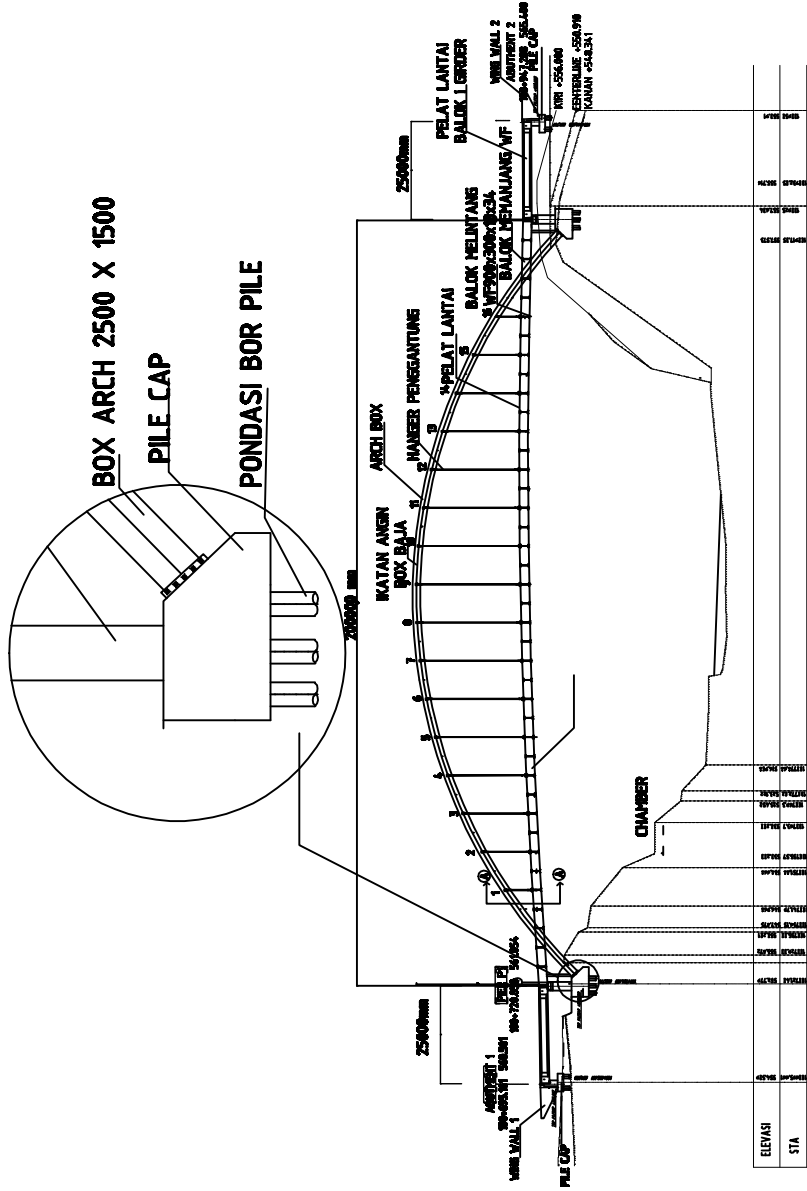


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

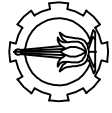
NAMA GAMBAR : POTONGAN MEMANJANG MODIFIKASI

SKALA 1 : 500

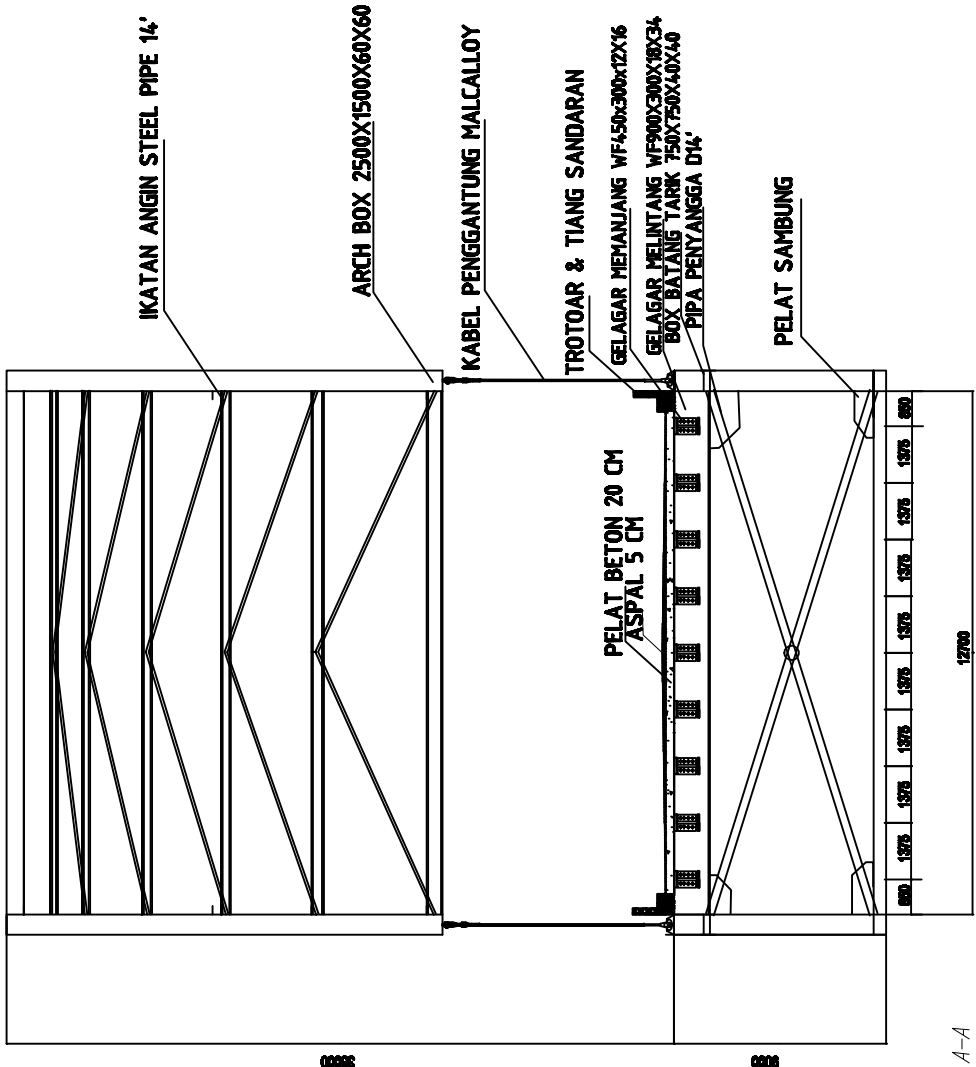
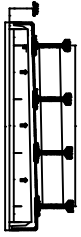
NAMA MAHASISWA	NRP
CINAS PERMANA EP	3116100019
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGHARDJO M.JMS Prof. TAMOD, ST., JTT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
4	27



TAMPAK MEMANJANG MODIFIKASI
SKALA 1:500



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
 NAMA GAMBAR : POTONGAN MELINTANG MODIFIKASI



POT.MELINTANG MODIFIKASI A-A
 SKALA V 1:200
 SKALA H 1:100

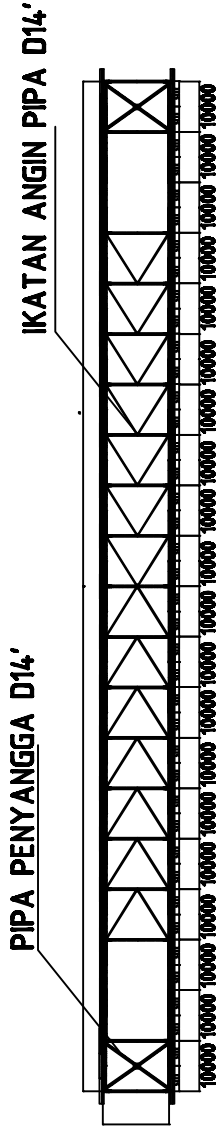
SKALA V 1 : 200 dan H 1:100

NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERUMAH S/P	3115100019
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDRY SOEGHARDO ILJUS Prof. TAMO, ST., MT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
5	27

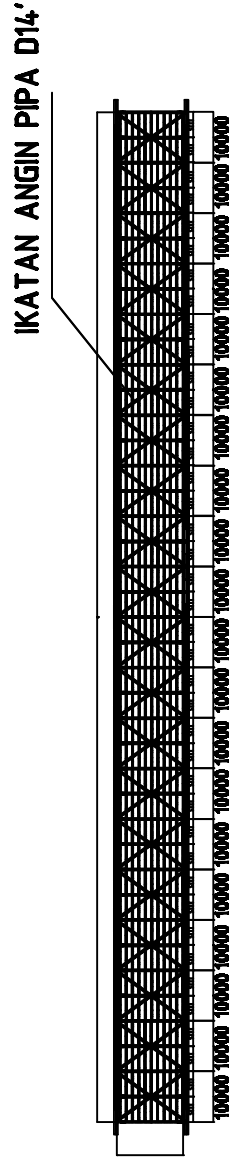


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR: TAMPAK ATAS IKATAN ANGIN ATAS
TAMPAK ATAS IKATAN ANGIN BAWAH



IKATAN ANGIN ATAS
SKALA 1: 100



IKATAN ANGIN BAWAH
SKALA 1: 100

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERMANA SP	3115100219
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDAT SOEGHARDJO M,MS Prol. TANDU_ST_MIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
6	27

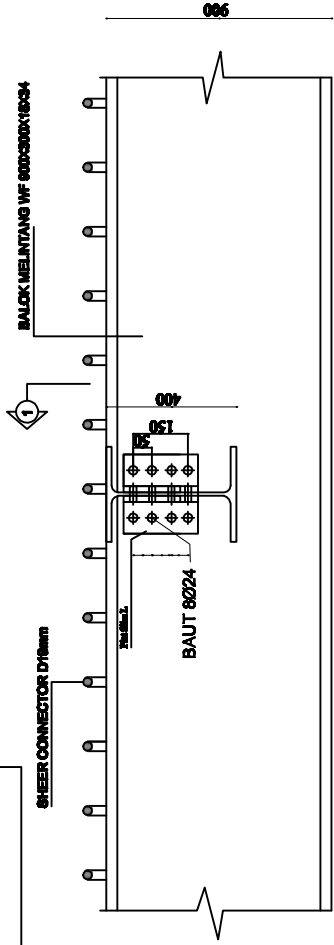
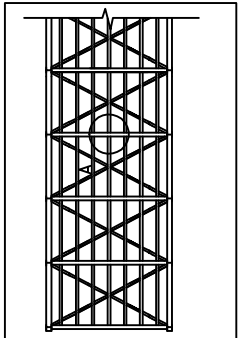


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

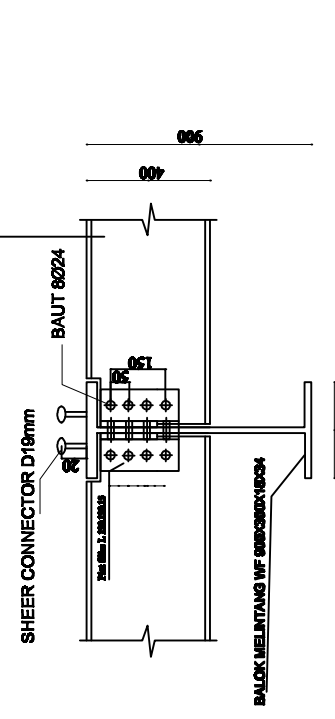
NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DENGAN BALOK
MELINTANG

SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3116160016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M. MS Prof. YANDI ST. MT. P. AD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
7	27



SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG
DAN BALOK MELINTANG



POTONGAN 1-1

SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG



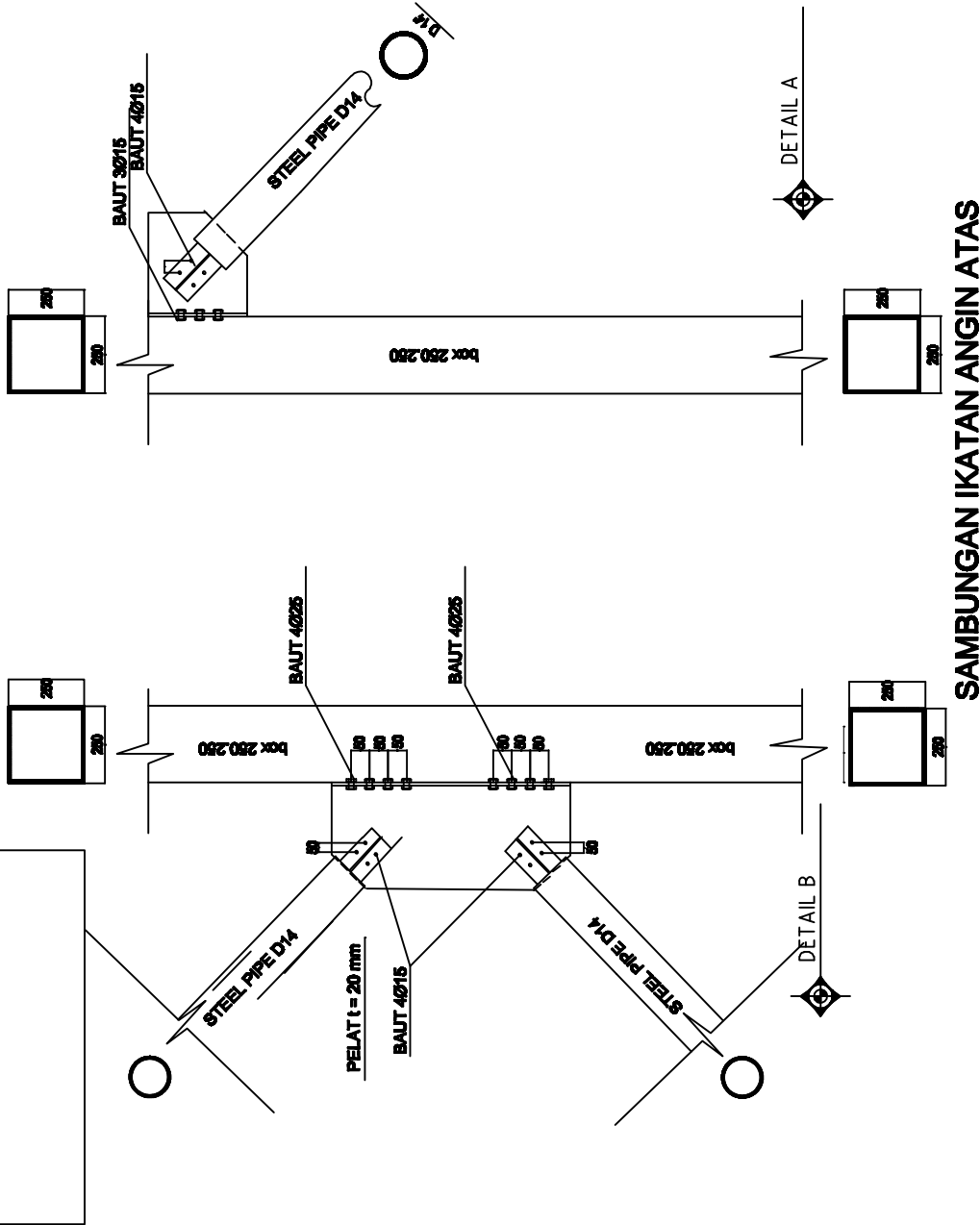
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

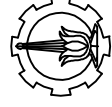
NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN KATAN ANGIN ATAS

KETERANGAN :

SKALA 1 : 20

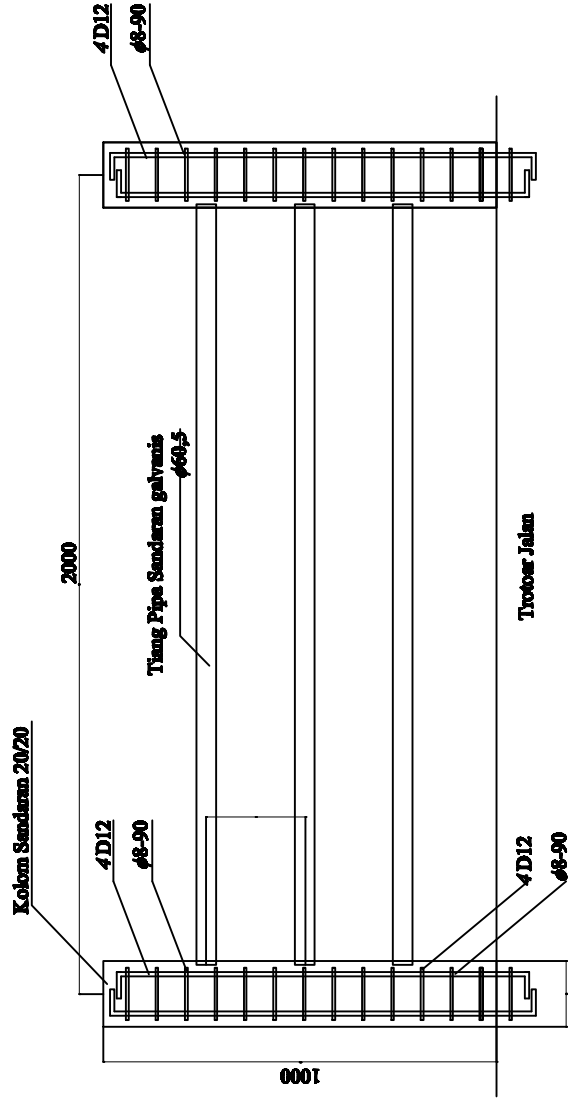
NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M. Jus Ptd. TAWO_ST_JIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
8	27





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
NAMA GAMBAR : PEMANJANG TANG SANDARAN DAN PELAT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



DETAIL POTONGAN PEMANJANG TIANG DAN KOLOM SANDARAN
SKALA 1 : 20

SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NIP
DINAS PERMANA SP	3116100010
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehardjo M. MS Pir. TAMU_ST_IT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
9	27

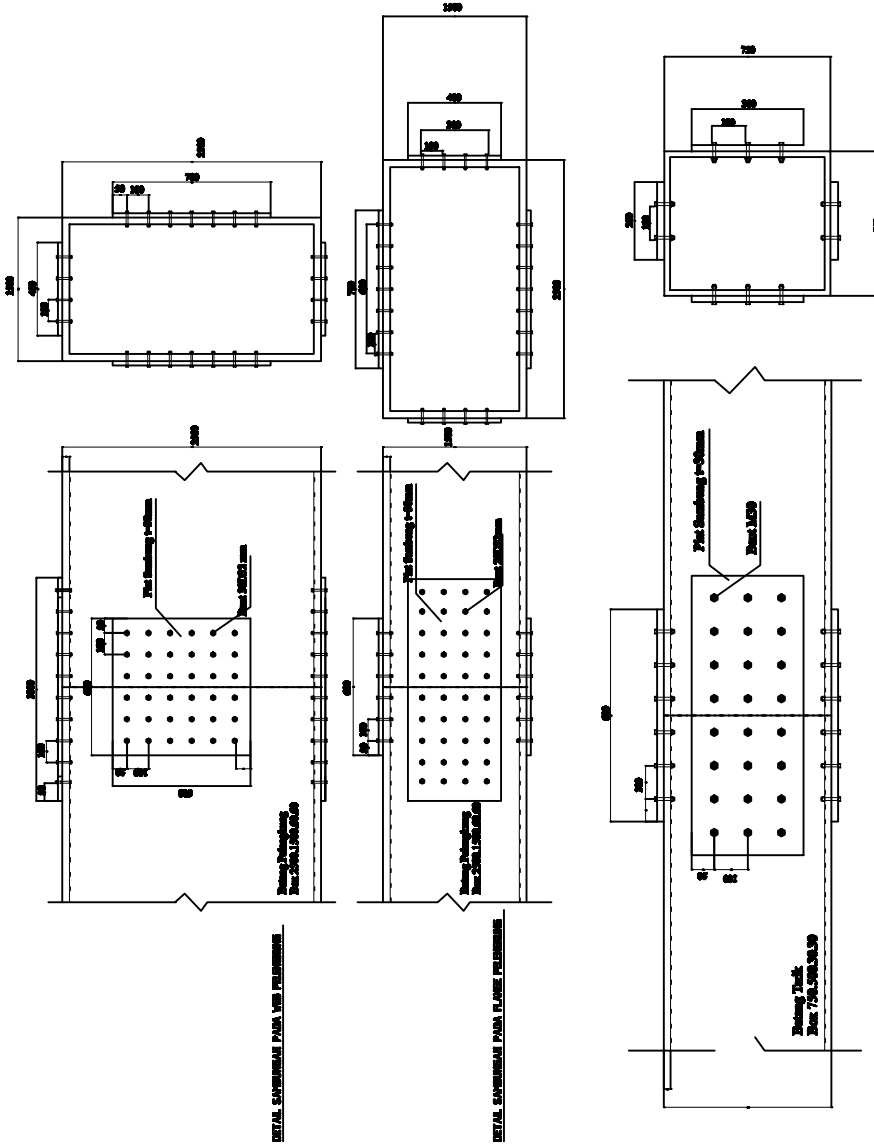


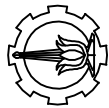
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : SAMBUNGAN BOX BUSUR
SAMBUNGAN BOX TARRK

SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA RP 3116100079	3116100079
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. H. Hidayat Soehardjo M.Li.S Prof. Tawid, ST., MT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
10	27



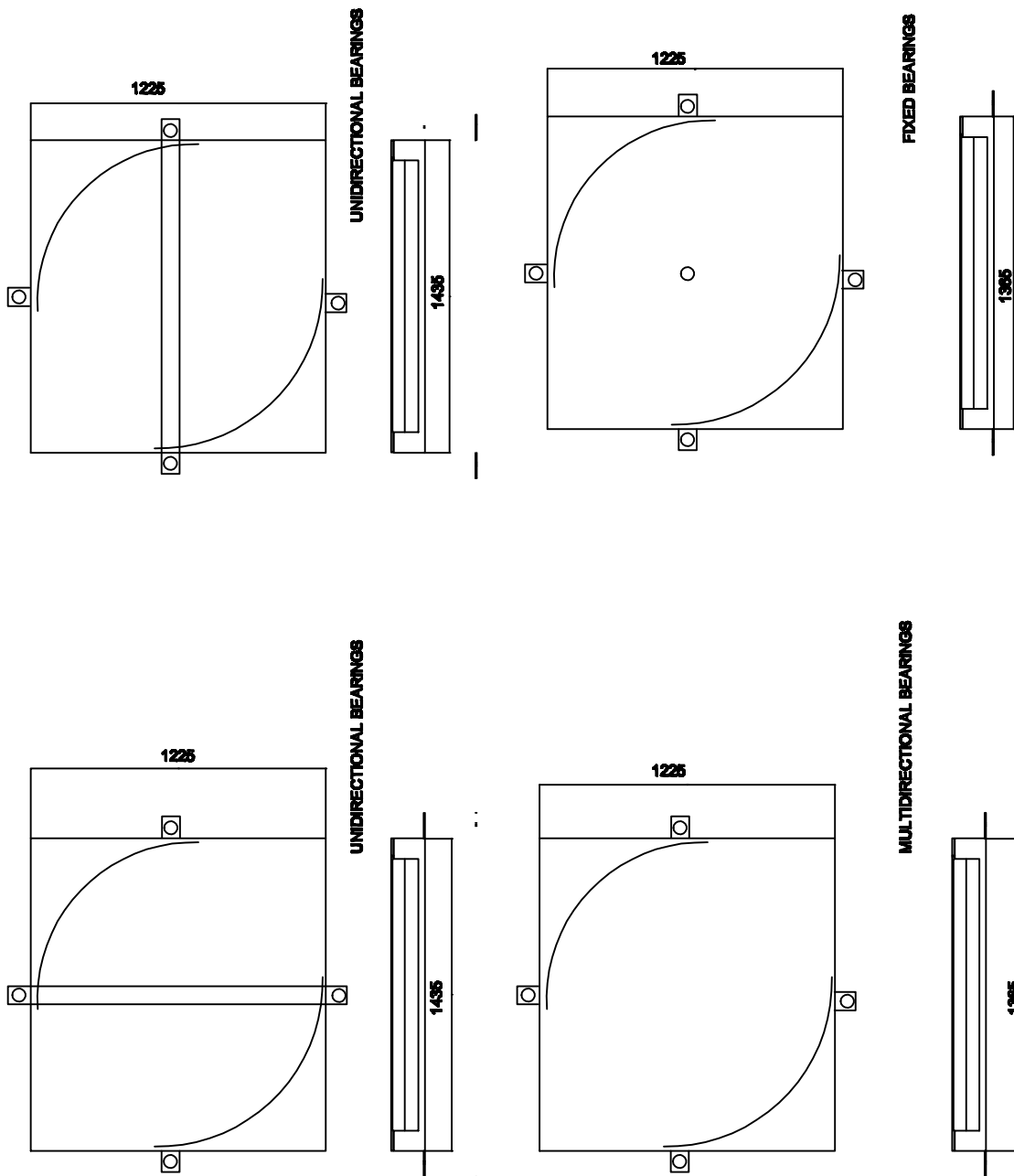


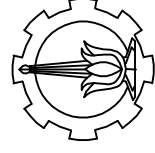
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : POT BEARING

SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NIP
DINAS PERMANA SP	3115100019
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDAYAT SOEGHARDO M, MS Prof. TAMO, ST., MT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
11	27



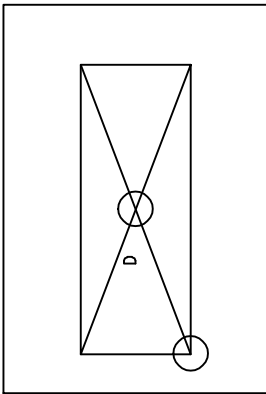


PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

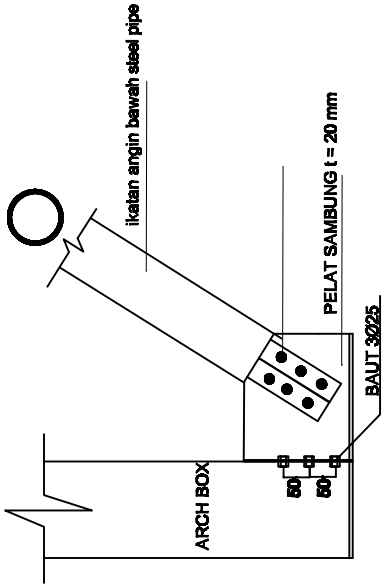
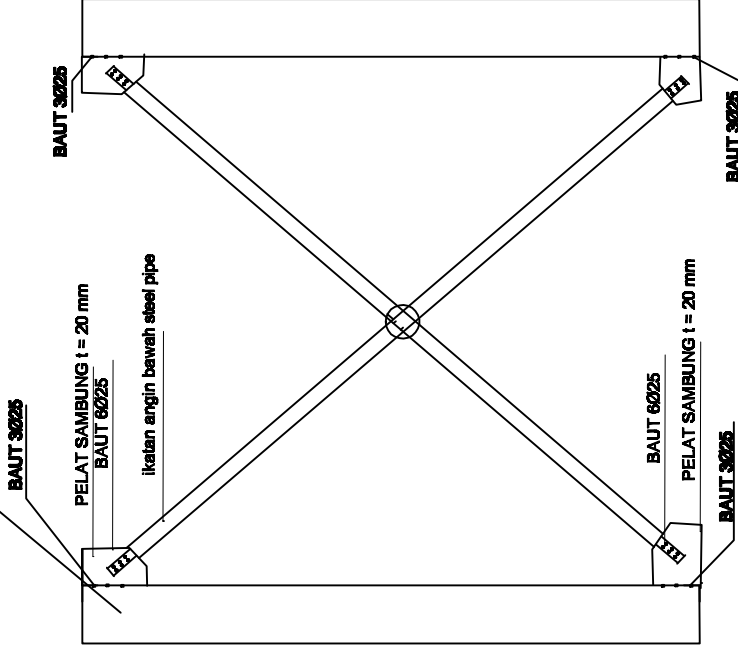
NAMA GAMBAR:
 DETAIL SAMBUNGAN KATAN SILANG

KETERANGAN:

SKALA 1 : 50	
NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERMANA SP	3116100019
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehardjo M.,MS Prof. Tando, ST.,JT.,P.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
12	27



ARCH BOX 2500 X 1500 X 60 X 60



DETAIL C

SAMBUNGAN IKATAN SILANG POETAL AKHIR

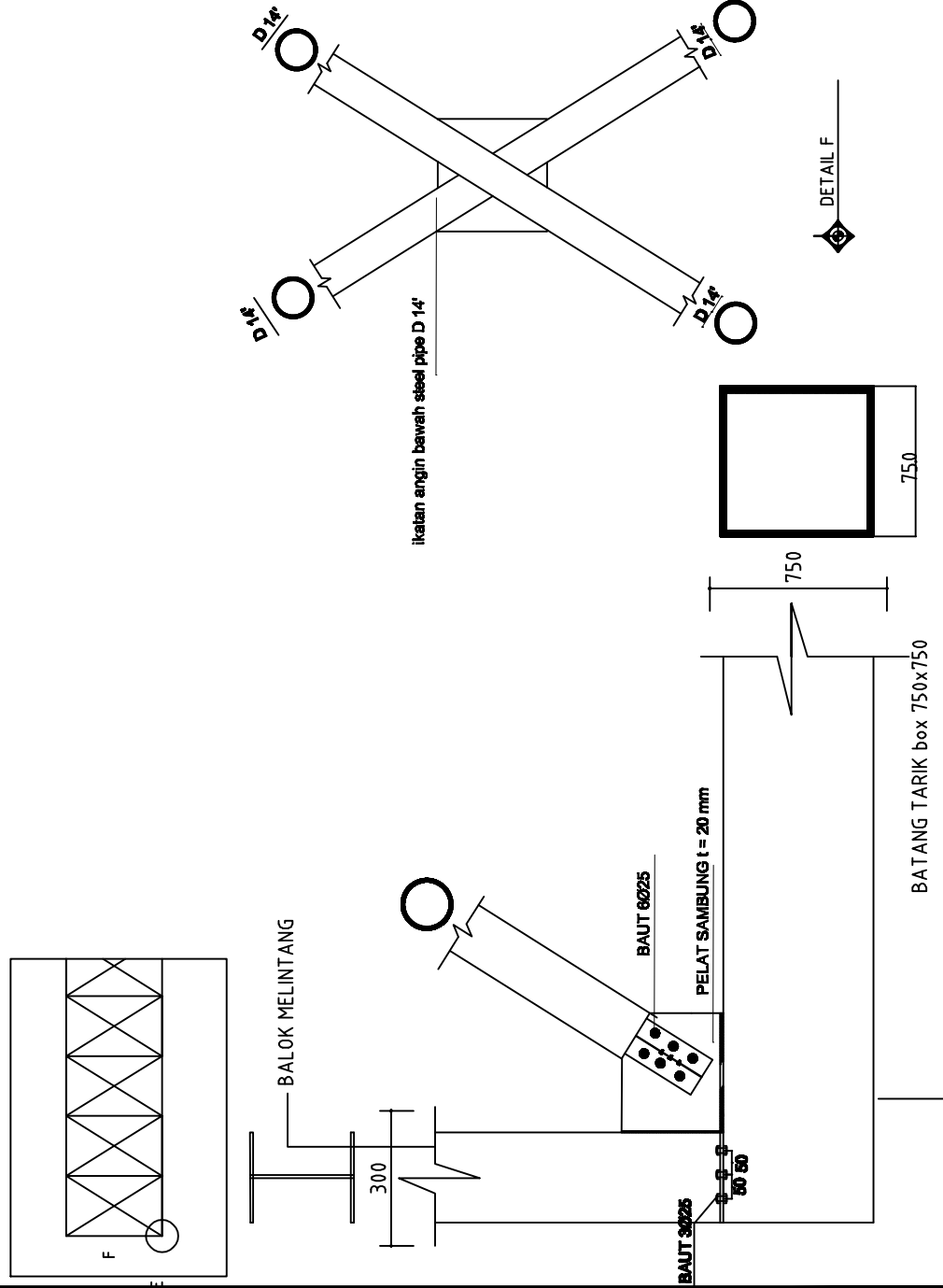
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR:
DETAIL SAMBUNGAN KATAN ANGIN BAWAG LANTAI
KENDARAAN

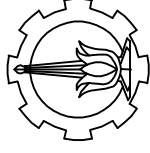
KETERANGAN:

SKALA 1 : 50

NAMA MAHASISWA	NRP
	311000019
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HIDAYAT SUDEHARDO M.L.S Prof. TAMO, ST., MT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
13	27



SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

MAHASISWA SAMPUNGAN BATANG TARIK DENGAN
BALOK MEMANJANG

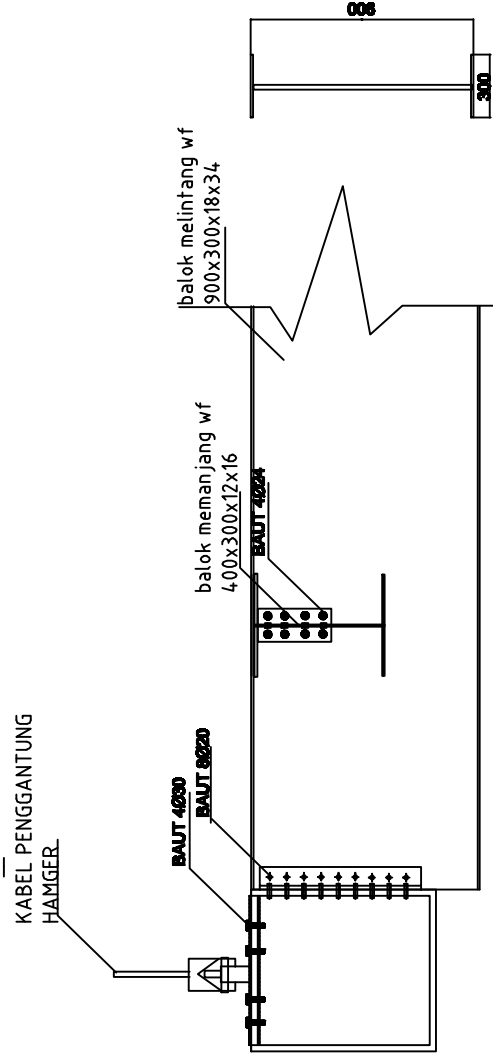
KETERANGAN :

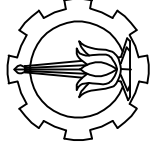
PROFIL BATANG TARIK BOX 780x780x40

PROFIL BALOK MELINTANG WF 900x300x18x34

SKALA 1:20

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3115100219
DOKEN PEMBIMBING	NP
DR. H. HADAYAT SOEGHWALDO ULUS PwL TAWO_ST_MT_PLD	
No. GER	JMLH GER
14	27





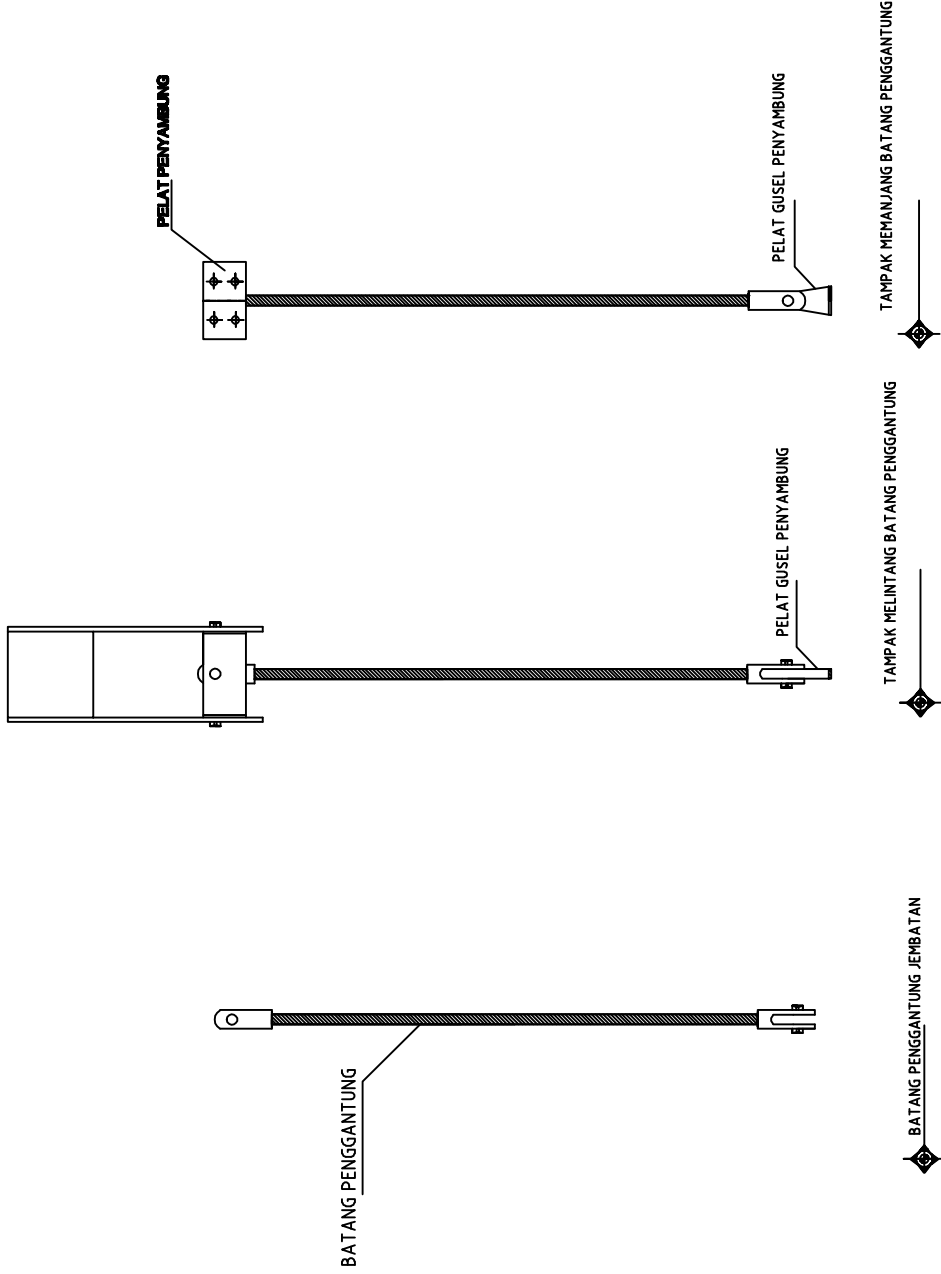
PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

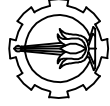
NAMA GAMBAR:
 DETAIL BATANG PENGGANTUNG

KETERANGAN:
 BATANG PENGGANTUNG DIAMETER 47 mm

SKALA 1:20

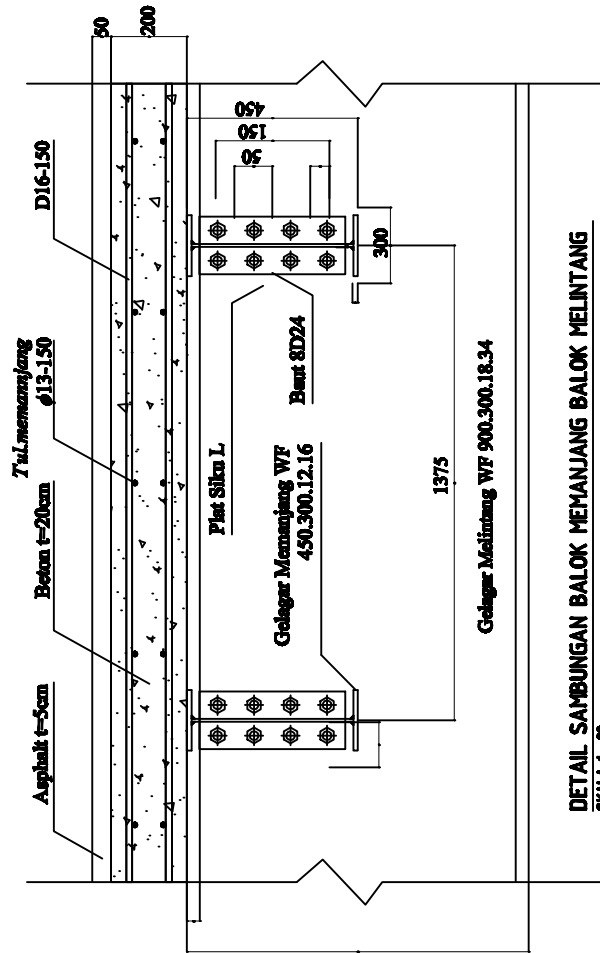
NAMA MAHASISWA	NPP
	3115100719
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENRY SOEGHARDJO LLIS Prof. TANDU, ST., JIT., Ph.D	
No. GER	JMLH GER
15	27





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
 NAMA GAMBAR : PENJLANGAN PELAT LANTAI DAN SAMBUNGAN
 BALOK

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEYANJANG BALOK MELINTANG
 SKALA 1 : 20

SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NIP
DINAS PERMANA SP	3116160016
DOSEN PEMBIMBING	NIP
Dr. Ir. HENDAYAT SOEGIHARDJO M.MS Pir. YAND_ST_MIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
16	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGING BAGIAN AWAL

KETERANGAN :

SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA GP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehardjo M. Jus Pw. TAWO_ST_MIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
17	27



GAYA KABEL PENJAJUK JEMBATAN

Frame	Pu (kN)	Asa. Gaya (mm ²)	n. Iabel (strand)	Asa. Actual (mm ²)	Pu (kN)	Status
Beant. 1. Segmen	2131.124	1633.296	12	1667.149	2175.256	OK
Beant. 2. Segmen	4362.249	3266.592	24	3334.398	4350.512	OK
Beant. 3. Segmen	6543.374	4899.888	36	5001.441	6523.868	OK
Beant. 4. Segmen	8724.5	6533.184	48	6668.596	8707.184	OK
Beant. 5. Segmen	10905.624	8166.48	59	8196.816	10892.21	OK
Beant. 6. Segmen	13086.748	9799.776	71	9863.861	12870.5	OK
Beant. 7. Segmen	14917.872	11433.072	83	11531.114	15043.8	OK
Beant. 8. Segmen	17049	13066.376	95	13198.261	17221.09	OK



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR: STAGE 1

KETERANGAN:



GAYA KABEL PENJAJAK JEMBATAN

Frame	Pu (kN)	Asa. Gaya (mm ²)	n. Iabel (strand)	Asa. Actual (mm ²)	Pn (kN)	Status
Beam 1 Segmen	2131.123	1633.296	12	1667.149	2173.236	OK
Beam 2 Segmen	4362.245	3266.592	24	3334.298	4350.492	OK
Beam 3 Segmen	6593.367	4899.888	36	5001.441	6572.833	OK
Beam 4 Segmen	8824.489	6533.183	48	6668.296	8701.184	OK
Beam 5 Segmen	10655.623	8166.481	59	8196.816	10695.21	OK
Beam 6 Segmen	12786.757	9799.778	71	9865.865	12870.5	OK
Beam 7 Segmen	14917.873	11433.074	83	11531.114	15043.8	OK
Beam 8 Segmen	17049	13066.370	95	13198.263	17221.09	OK

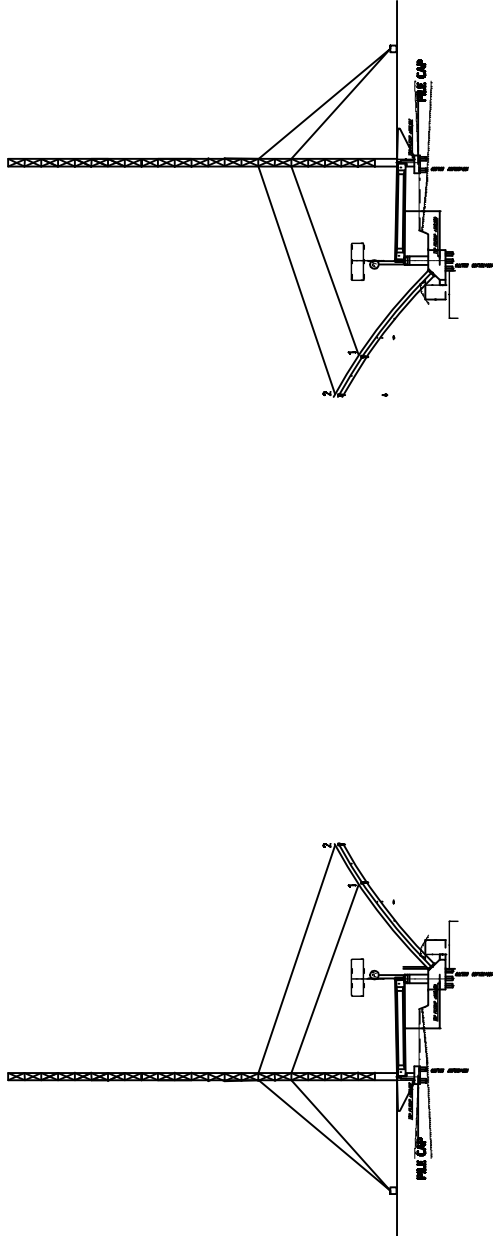
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA GP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehardjo M. Jus Pw. TAWO_ST_JIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
18	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
 NAMA GAMBAR : SPACE 2

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

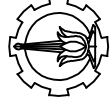


GAYA KABEL PENARUK JERIBATAN

Frame	Po (kN)	Ave. Gaya (mm2)	n. Kabel (strand)	Ave. Actual (mm2)	Pn (kN)	Status
Brant 1 Segmen	2131.125	1633.296	12	1667.149	2175.296	OK
Brant 2 Segmen	4262.25	3266.591	24	3334.398	4350.591	OK
Brant 3 Segmen	6393.375	4899.886	36	5001.447	6523.888	OK
Brant 4 Segmen	8524.5	6533.181	48	6668.596	8701.184	OK
Brant 5 Segmen	10655.625	8166.471	59	8196.816	10692.21	OK
Brant 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9865.965	12870.5	OK
Brant 7 Segmen	14917.875	11433.074	83	11531.114	15045.8	OK
Brant 8 Segmen	17049	13066.370	95	13199.265	17221.08	OK

SKALA 1 : 100

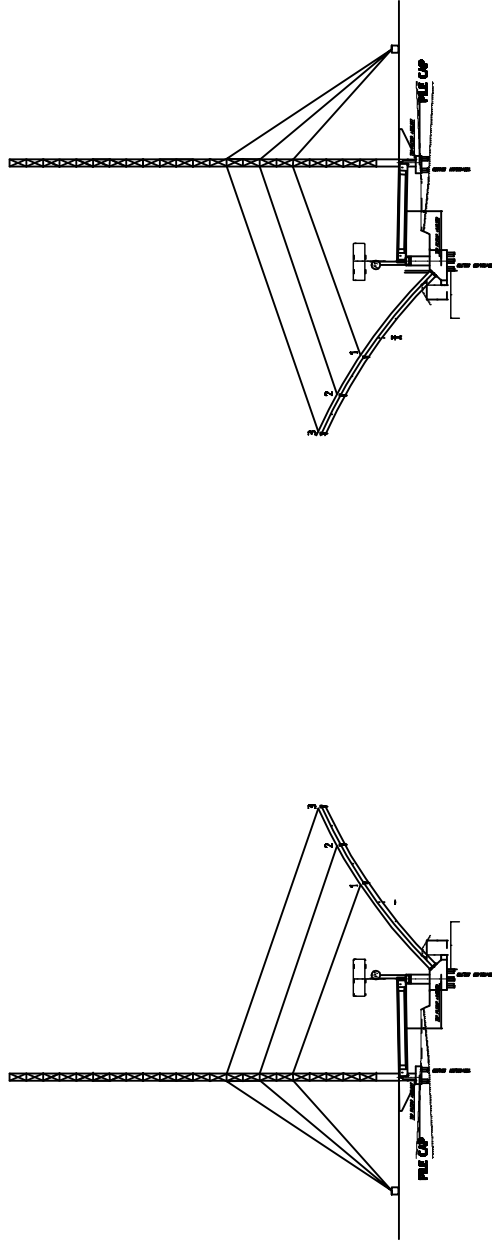
NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERMANA SP	3115100219
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HIDAYAT SOEGIHARDO ILMAS Prof. TAMO, ST., MT., Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
10	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 3

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

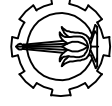


GAYA KABEL PENYANGG JEMBATAN

Frame	Pn (kN)	Ave Gaya (mm2)	n	Label (strand)	Ave-Aktual (mm2)	Pr	Status
Berat 1 Segmen	2131.125	1653.266	12	1667.149	2175.264	OK	
Berat 2 Segmen	4362.25	3266.533	24	3334.298	4350.500	OK	
Berat 3 Segmen	6543.375	4899.799	36	5001.447	6525.833	OK	
Berat 4 Segmen	8724.5	6533.115	48	6668.596	8701.184	OK	
Berat 5 Segmen	10905.625	8166.481	71	8196.816	10692.21	OK	
Berat 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9863.965	12870.5	OK	
Berat 7 Segmen	14917.875	11433.074	83	11331.114	15045.8	OK	
Berat 8 Segmen	17049	13066.370	95	13198.265	17221.09	OK	

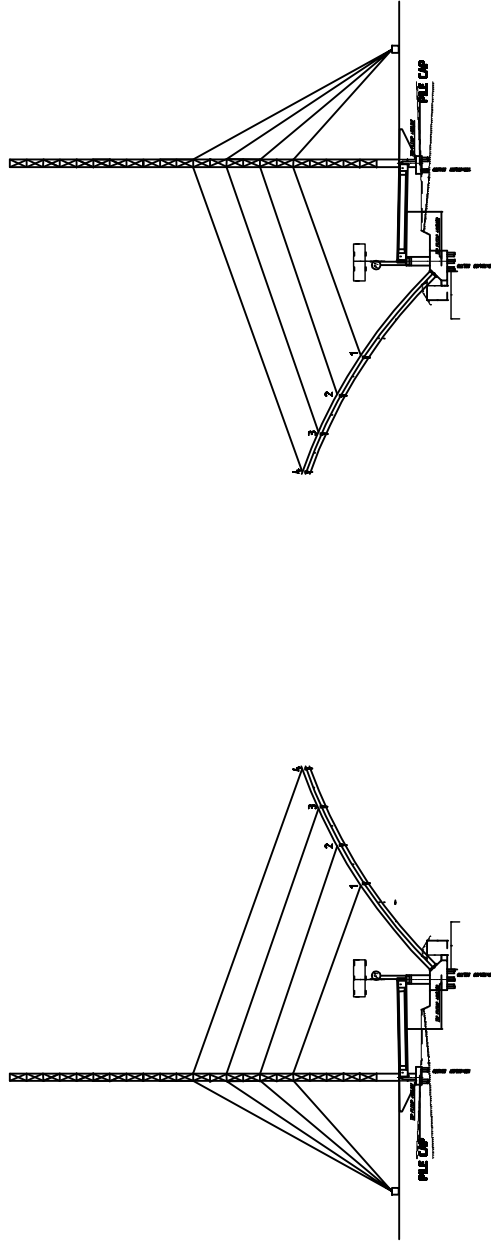
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERMANA SP	311800819
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehawidjo Iljas PnG. TMOO_ST_JIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
26	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 4



GAYA KABEL PENYOKET JEMBATAN

Frame	Pa (kN)	Asa Gaya (mm ²)	n Kabel (strand)	Asa Aktual (mm ²)	Pa (kN)	Pa (kN)	Status
Beant 1 Segmen	2131.125	1653.296	12	1667.149	2175.296	2175.296	OK
Beant 2 Segmen	4362.25	3266.593	24	3334.298	4350.593	4350.593	OK
Beant 3 Segmen	6543.375	4899.889	36	5001.447	6525.888	6525.888	OK
Beant 4 Segmen	8724.5	6533.185	48	6668.596	8701.184	8701.184	OK
Beant 5 Segmen	10905.625	8166.481	59	8196.816	10697.21	10697.21	OK
Beant 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9863.963	12870.5	12870.5	OK
Beant 7 Segmen	14977.875	11433.074	83	11531.114	15045.8	15045.8	OK
Beant 8 Segmen	17049	13066.370	95	13198.263	17221.09	17221.09	OK

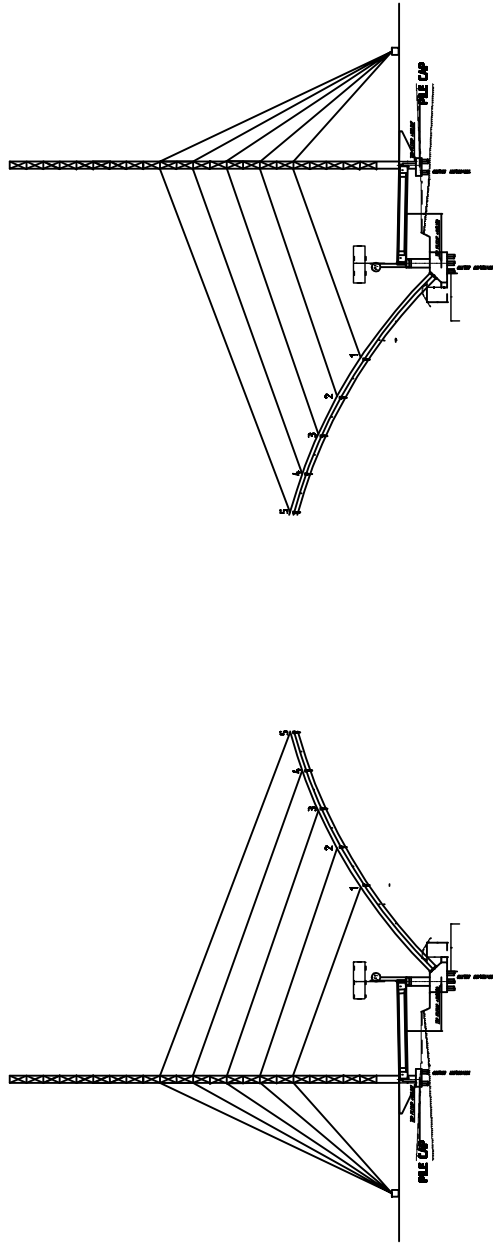
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DINAS PERMANA SP	311510039
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDRYAT SOEGENAWO M, MS Prof. TAMO, ST, MT, PhD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
21	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 5



GAYA KABEL PENARUK JERIBATAN

Frame	Pu (kN)	Ave. Gaya (mm ²)	n Kabel (estimated)	Ave. Actual (mm ²)	Pn (kN)	Status
Bent 1 Segmen	2131.125	1633.296	12	1667.149	2175.296	OK
Bent 2 Segmen	4263.25	3266.593	24	3334.298	4350.593	OK
Bent 3 Segmen	6395.375	4899.889	36	5001.447	6523.888	OK
Bent 4 Segmen	8527.5	6533.185	48	6668.596	8701.184	OK
Bent 5 Segmen	10659.625	8166.481	59	8196.816	10692.21	OK
Bent 6 Segmen	12791.75	9799.778	71	9865.965	12870.5	OK
Bent 7 Segmen	14923.875	11433.074	83	11531.114	15045.8	OK
Bent 8 Segmen	17046	13066.370	95	13199.265	17221.08	OK

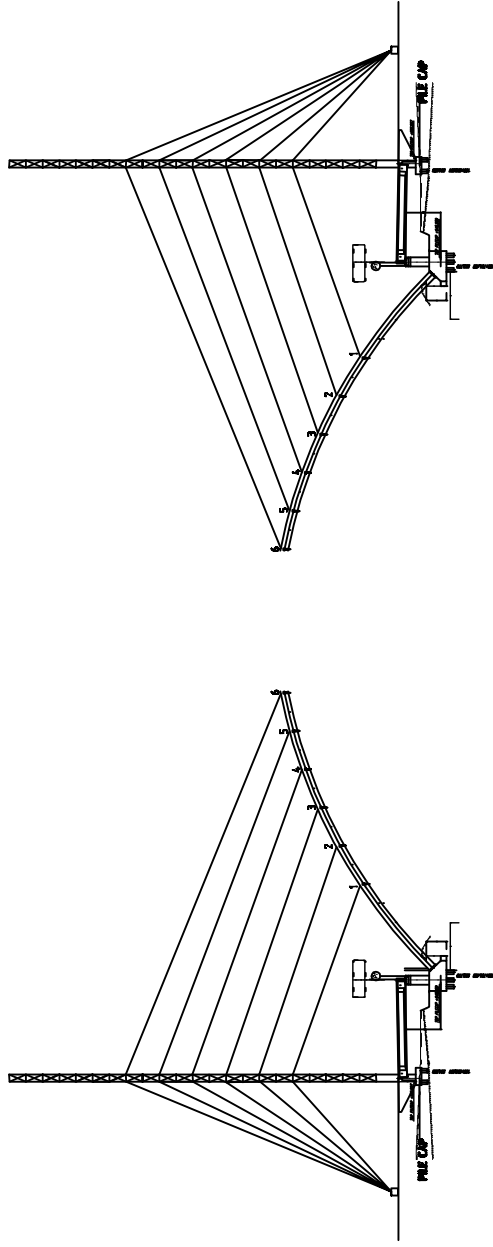
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDAYAT SOEGIHARDJO M.L.S PILZ_TANDU_ST_MIT_PALD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
22	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 6



GAYA KABEL PENYANGG JEMBATAN

Frame	Pu (kN)	Abs Gaya (mm2)	n	Label (mm2)	Abs Actual (mm2)	Pu (kN)	Status
Brent 1 Segmen	2131.125	1633.296	12	1667.149	2175.296	OK	
Brent 2 Segmen	4262.25	3266.593	24	3334.298	4350.593	OK	
Brent 3 Segmen	6393.375	4899.889	36	5001.441	6225.889	OK	
Brent 4 Segmen	8524.5	6533.185	48	6668.584	8701.184	OK	
Brent 5 Segmen	10655.625	8166.481	59	8196.816	10692.21	OK	
Brent 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9862.965	12870.21	OK	
Brent 7 Segmen	14917.875	11431.074	83	11331.114	15045.8	OK	
Brent 8 Segmen	17049	13066.370	95	13198.265	17221.09	OK	

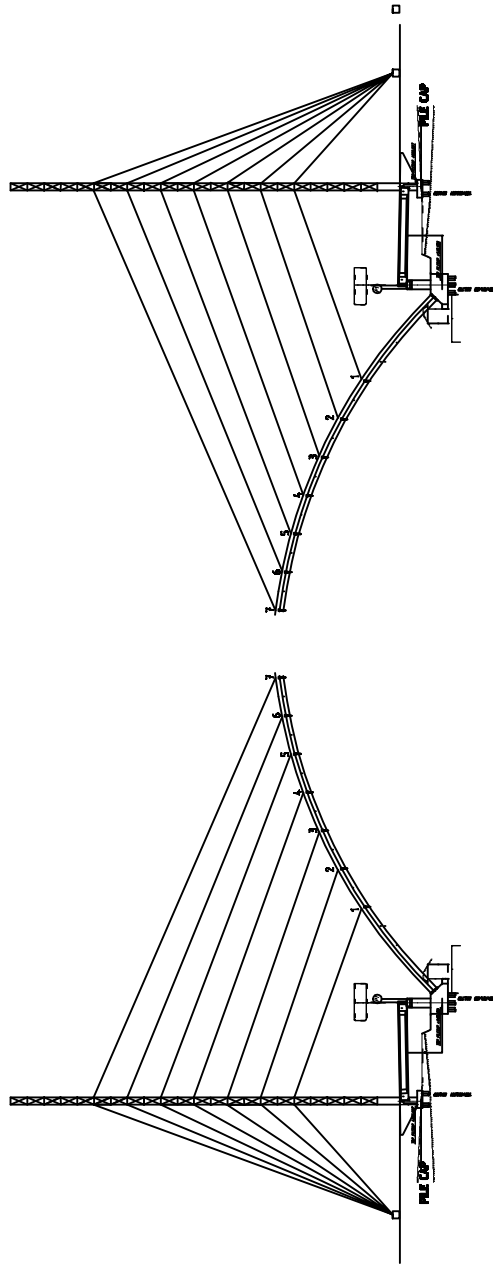
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
CHMAS PERMANA SP	3115160290
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDRYAT SOEGENHENDJO M.J.S Prof. TAMO, ST, JTT, P.H.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
28	27



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 7



GAYA KABEL PENYOKONG JEMBATAN

Frame	Pu (kN)	Asc Gaya (mm2)	n	Label (strand)	Asc Actual (mm2)	Pu	Status
Brent 1 Segmen	2131.125	1633.296	12	16T7.149	2175.296	OK	OK
Brent 2 Segmen	4262.25	3266.593	24	3334.298	4350.593	OK	OK
Brent 3 Segmen	6393.375	4899.889	36	5001.441	6225.888	OK	OK
Brent 4 Segmen	8524.5	6533.185	48	6668.584	8701.184	OK	OK
Brent 5 Segmen	10655.625	8166.481	59	8196.816	10692.21	OK	OK
Brent 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9865.965	12870.5	OK	OK
Brent 7 Segmen	14917.875	11433.074	83	11531.114	15045.8	OK	OK
Brent 8 Segmen	17049	13066.370	95	13193.265	17221.09	OK	OK

SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIANAS PERMANA SP	3115200090
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HENDRY SOESANWALU M.J.S Prof. TRANDI ST. JIT. Ph.D	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
24	27

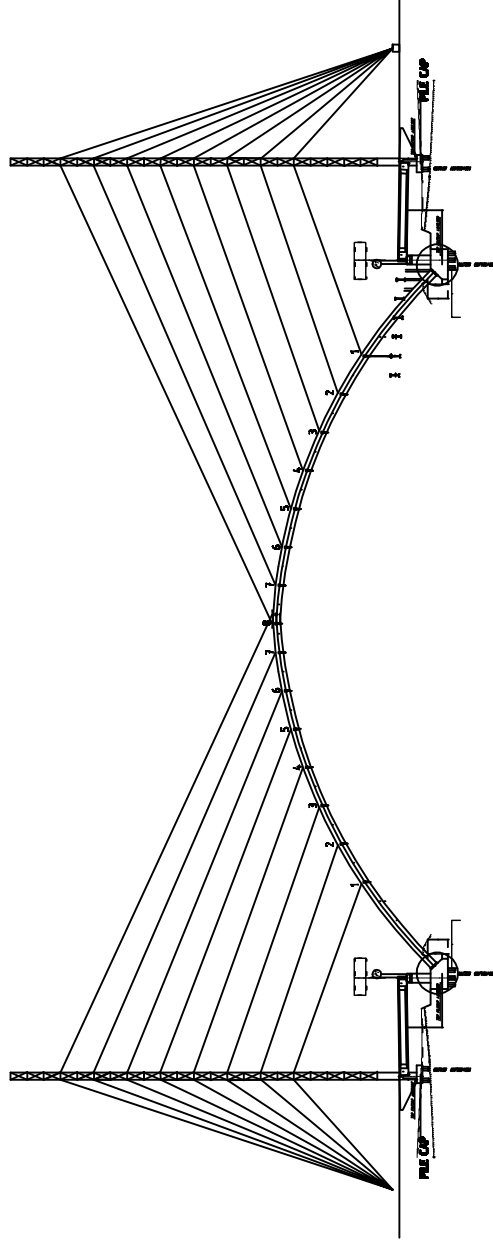


JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : STAGE 3

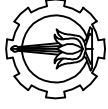
SKALA 1 : 100

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA SP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soehardjo M. Jus Pdt. Tawo. St. Jit. Pld	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
25	27



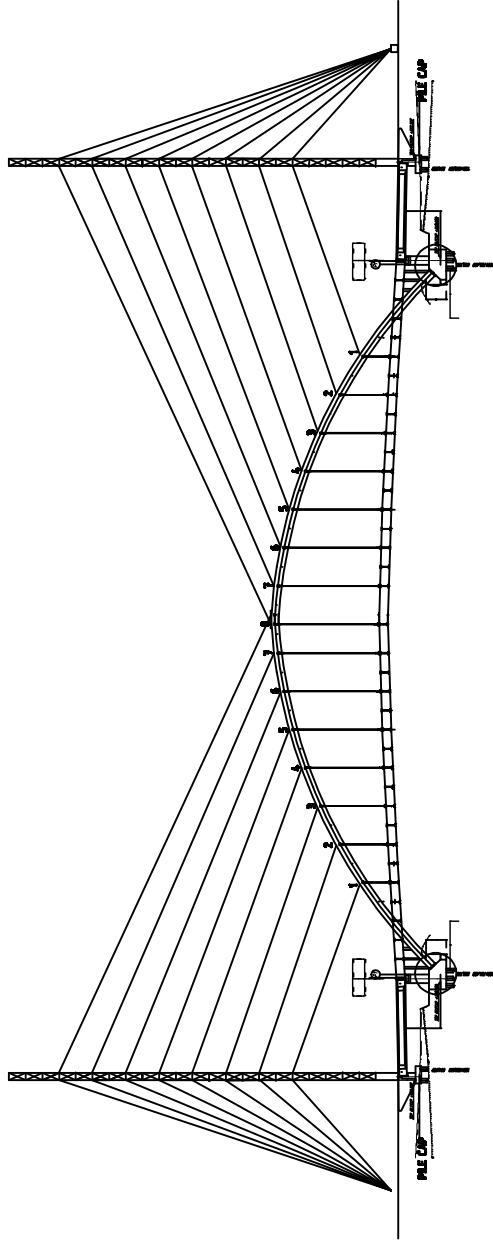
GAYA KABEL PENDEK JEMBATAN

Frame	Pa (kN)	Act Gaya (mm2)	n label (strand)	Act Actual (mm2)	Pa (kN)	Status
Berat 1 Segmen	2131.125	1653.296	12	1667.149	2175.296	OK
Berat 2 Segmen	4882.235	3366.593	24	3334.298	4550.593	OK
Berat 3 Segmen	6593.375	4899.889	36	5001.417	6525.888	OK
Berat 4 Segmen	8324.5	6553.185	48	6668.598	8701.184	OK
Berat 5 Segmen	10657.625	8166.481	59	8196.816	10997.21	OK
Berat 6 Segmen	12786.75	9799.778	71	9863.965	12870.5	OK
Berat 7 Segmen	14917.875	11453.074	83	11531.114	15045.8	OK
Berat 8 Segmen	17049	13066.370	95	13193.265	17221.09	OK



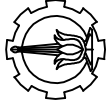
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR:



SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISWA	NRP
DILIAS PERMANA SP	3115100219
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. HEDAYAT SOEGBI HARDO M, M, MS Pir.2. TAWO. ST. MT. P, LD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
26	27



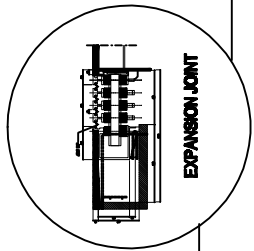
JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR : EXPANSION JOINT

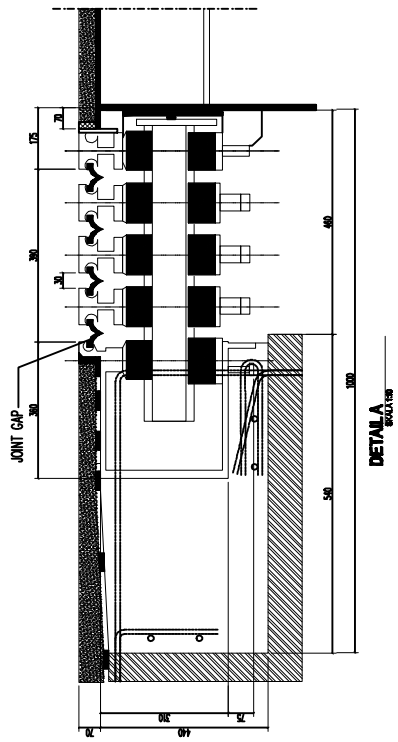
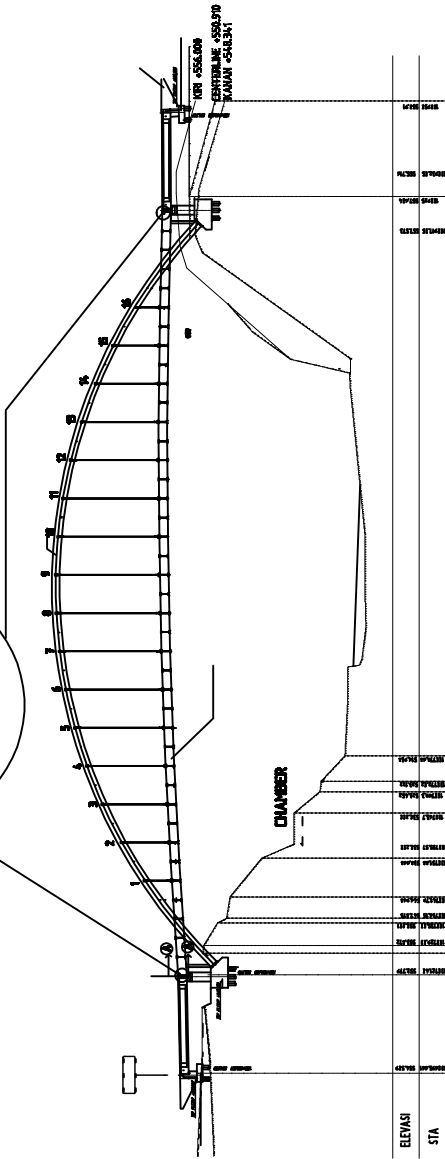
KETERANGAN :

SKALA 1 : 10

NAMA MAHASISWA	NRP
DIMAS PERMANA GP	3116100016
DOSEN PEMBIMBING	NP
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M. Jus Pir. TAWO_ST_JIT_PLD	
NO GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
27	27



EXPANSION JOINT



BIODATA PENULIS



Dimas Permana Satriya Putra

Penulis dilahirkan di Mojokerto 16 Januari 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Tunggal Pager 2, SMP Negeri 2 Bangsal Mojokerto, SMA Negeri 1 Bangsal Mojokerto, dan D-III Teknik Sipil ITS dalam bidang keahlian Bangunan Transportasi. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikannya sebagai mahasiswa Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 dan mengembangkan kemampuannya dalam bidang keahlian Struktur.

Selain pendidikan formal, penulis juga sempat aktif sebagai anggota organisasi mahasiswa di Unit Kegiatan Mahasiswa bidang seni music(UKM MUSIK) ITS sebagai anggota aktif dan kepala pelaksana event kepala departemen eksternal. Berbagai pelatihan keterampilan manajemen juga pernah diikuti diantaranya Pra LKMM TD FTSP ITS, LKMM TD D-III Teknik Sipil ITS,. Jika pembaca membutuhkan korespondensi terkait bahasan dalam tugas akhir ini dapat menghubungi penulis lewat email dimaspermana90@gmail.com