



28564/H/07



RSS
690.582 7

Han

r-1

2007

TUGAS AKHIR - 1380

ROOF DESIGN OF MAIN STADIUM AT PALARAN SAMARINDA CITY WITH STEEL TRUSS

SARI HANDAYANTI
NRP 3102 100 047

Dosen Pembimbing :
Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	22-2-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	227186

PERENCANAAN ATAP STADION UTAMA PALARAN KOTA SAMARINDA DENGAN RANGKA BAJA

TUGAS AKHIR

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

Oleh :
SARI HANDAYANTI
NRP. 3102 100 047

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :


Ir. R. Soewardojo, MSc.
Dosen Pembimbing I


Ir. Isdarmanu, MSc.
Dosen Pembimbing II


SURABAYA
JANUARI, 2007

PERENCANAAN ATAP STADION UTAMA PALARAN KOTA SAMARINDA DENGAN RANGKA BAJA

Nama Mahasiswa	:	Sari Handayanti
NRP	:	3102 100 047
Jurusan	:	Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing	:	1. Ir. R. Soewardojo, MSc 2. Ir. Isdarmanu, MSc

Abstrak

PON XVII pada tahun 2008 mendatang akan dilaksanakan di Kalimantan Timur, salah satu fasilitas yang dipersiapkan adalah pembangunan stadion. Ada beberapa stadion yang dibangun, stadion utama dibangun di daerah Simpang Pasir, Palaran kota Samarinda.

Stadion merupakan bangunan besar yang akan digunakan untuk menampung banyak orang, maka stadion dikategorikan sebagai bangunan monumental dan juga bisa digunakan pada saat emergency. Dalam perencanaannya, stadion harus diperhitungkan dengan teliti dan harus memperhatikan beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, terutama beban angin.

Stadion diharapkan bebas hambatan kolom yang akan dapat mengganggu kegiatan di dalamnya, maka dari itu untuk struktur atapnya akan direncanakan berbentuk kanopi dengan bentang ± 40 meter. Material yang dipakai dari bahan baja berbentuk box dengan dimensi yang besar tepat di atas perletakan dan dimensi box mengecil pada ujung kanopi. Baja box kemudian digantung pada ujungnya menggunakan kabel wire rope yang kemudian akan ditumpu pada sebuah pylon. Dengan demikian arena stadion akan terhindar dari adanya kolom yang mungkin terjadi akibat bentang yang sangat panjang.

Struktur atap memiliki jumlah yang sangat banyak dan berbentuk yang seragam, maka dalam perencanaannya akan dikelompokkan menjadi beberapa macam saja agar lebih sederhana. Dalam perhitungan dimensi strukturnya, akan dipakai bentang yang paling optimum disetiap macamnya.

Penggunaan bahan baja dikarenakan baja mempunyai kekuatan tinggi, yaitu bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah keuatannya, tetap memiliki perbandingan kekuatan per-volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umumnya dipakai. Hal ini memungkinkan perencanaan konstruksi baja bisa mempunyai beban mati yang lebih kecil untuk bentang yang panjang.

Hasil dari perencanaan atap stadion ini diharapkan diperoleh hasil yang optimum dan dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk menampung banyak penonton tanpa adanya kolom penghalang.

Kata kunci : Stadion, Rangka Baja

ROOF DESIGN OF MAIN STADIUM AT PALARAN SAMARINDA CITY WITH STEEL TRUSS

Student : Sari Handayanti
NRP : 3102 100 047
Department : Civil Engineering
Faculty of Civil engineering and Planning
Promotor : 1. Ir. R. Soewardojo, MSc
2. Ir. Isdarmanu, MSc

Abstract

PON XVII will be held in East Kalimantan, in 2008. One of facilities which prepared is stadium construction. There are some stadiums have been built, the main stadium is built in Simpang Pasir Area, Palaran, Samarinda City.

The Stadium is a large building which will be used to accomodate many people, so that, the stadium categorized as monumental building which also can be used at the time of emergency. In the plan, the stadium must be analysed accurately and has to pay attention the loads at the structure, especially wind load.

This Stadium is expected free of resistance column which can disturb activities inside, so that, for the roof of structure will be planned in form of canopy which has span about 40 metres. The materials used from steel material in form of box with large dimension, precisely above of supported end, and the box dimension minimize at the end of canopy. The box steel then hung at the end of canopy by using wire rope cable which later will be layed on a pylon. With that way, the stadium arena will be protected from existence column which possible happened because of its span are very long.

The roof of structure have a lot of amount and different form, so that in its planning some of them would be grouped to be more simple. In the analyse of its structure dimension, it will use the optimal span in each kinds.

Usage the steel material because its high strength, although steel materials from the lowest strength, it still has strength comparison pervolume higher than other materials which majority used. So this problem enable steel construction planning could have dead load which is smaller to long span.

The result from planning of this stadium roof is expected to get the optimum result and could be exploited as maximum as possible to accomodate many audience without existence of barrier column.

Keyword : Stadium, Steel truss

KATA PENGANTAR

Syukur dan terimakasih ke hadirat Tuhan Yesus Kristus, atas segala berkat dan karunia yang telah dilimpahkan bagi saya sehingga dapat menyelesaikan tugas tkhir “Perencanaan Atap Stadion Utama Palaran Kota Samarinda Dengan Rangka Baja” dengan sebaik-baiknya, dan tarima kasih saya ucapan kepada:

- ♥ Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PHd selaku ketua jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.
- ♥ Bapak Ir. R. Soewardojo, MSc. dan Bapak Ir. Isdarmanu, MSc. atas bimbingan dan bantuannya selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
- ♥ Bapak Christiano utomo, ST. MT. selaku dosen wali.
- ♥ Bapak, Ibuk, Ade Eno' yang selalu memberikan semangat dan dukungan kapanpun aku butuhkan (maaf saya telah mengecewakan).
- ♥ My last choice “Chrestian Paska Hartono” yang selalu memberikan support, mendengarkan suka dukaku dan setia mendampingi kapanpun aku butuhkan.
- ♥ Pak Raka, Pak Pani, Pak Mudji, Pak Hidayat, Pak Heppy, dan semua dosen pengajar, karyawan, pegawai di Teknik Sipil ITS.
- ♥ Saudara-saudara (kel.Bandeng, kel.Ngawi, kel.Tamasa, P.Lorent, de Tia, de Kris, de Tian, de Wibi).
- ♥ Maya, Iput, Urly, Nia. Kalian telah memberikan warna indah dalam hidupku...
- ♥ Teman-teman S-45 yang OK! Bangetz...
- ♥ Senior-senior Sipil dan semua pihak yang membantu.

Saya berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan saya mohon maaf apabila yang tertuang dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan.

Surabaya, Januari 2007
Sari Handayanti,

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Lingkup Permasalahan.....	2
1.5. Metode Penyelesaian	3
1.6. Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Struktur Berongga	9
2.2.1 Profil CHS (Circular Hollow Section).....	9
2.2.2 Profil RHS (Rectangular Hollow Sections).....	10
2.2.3 Perencanaan Profil Hollow.....	12
2.3. Kabel Wire Rope.....	15
2.3.1 Pengertian Kabel.....	15
2.3.2 Sifat-sifat Wire Rope.....	16
2.3.3 Perencanaan Kabel.....	16
2.4. Sambungan.....	
BAB III KONSEP PERENCANAAN	19
3.1. Data Bangunan.....	19
3.2. Metode Perhitungan.....	19
3.3. Peraturan yang Dipakai.....	19
3.3.1 Acuan Utama.....	19
3.3.2 Acuan Tambahan.....	20
3.4. Mutu Bahan.....	20
3.5. Pembebatan Struktur.....	21

3.5.1 Jenis Pembebaan.....	21
3.5.2 Kombinasi Pembebaan.....	25
3.6. Analisa Struktur Atap.....	26
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER	27
4.1. Perencanaan Dimensi Gording.....	27
4.1.1. DataPerencanaan.....	28
4.1.2. Perhitungan Pembebaan.....	28
4.1.3. Kontrol Lendutan.....	33
4.1.4. Kontrol Dimensi Gording Terhadap Bentang yang Lain.....	33
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA	41
5.1. Perhitungan Pembeban	41
5.1.1. Perhitungan Beban Vertikal Akibat Beban Atap.....	41
5.1.2. Perhitungan Beban Vertikal Akibat Beban Gempa....	57
5.1.3. Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Angin.....	61
5.2. Perhitungan Dimensi Frame yang Dipakai Dalam Perhitungan Struktur.....	63
5.3. Kontrol Dimensi yang Dipakai.....	69
5.3.1. Frame 53-57 dan 22-18 dipakai frame 57-18.....	70
5.3.2. Frame 58-61 dan 17-14 dipakai frame 14-61.....	73
5.3.3. Frame 62-1 dan 13-10 dipakai frame 1-10.....	76
5.3.4. Frame 2-5 dan 9-6 dipakai frame 5-6.....	79
5.3.5. Kontrol Lendutan Struktur.....	82
5.4. Perencanaan Batang Tekan.....	83
5.5 Perencanaan Bresing.....	85
5.5.1. Bracing A adalah Bresing Depan.....	86
5.5.2. Bracing B adalah Bresing Tengah.....	87
5.5.2. Bracing B adalah Bresing Belakang.....	89
5.6. Perencanaan Kabel.....	91
5.7. Perencanaan Pylon	94
5.7.1. Pylon Pada Tengah Bentang.....	94
5.7.2. Pylon Pada Ujung (Dasar) Bentang.....	96
5.8. Perencanaan Ikatan Angin.....	98
BAB VI PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	101
6.1. Perencanaan Sambungan Gording ke Box Girder.....	101
6.1.1 Data Perencanaan.....	101

6.1.2 Sambungan Baut.....	102
6.1.3 Sambunga Las.....	104
6.2. Perencanaan Sambungan Antar Box Girder.....	105
6.2.1 Data Perencanaan.....	105
6.2.2 Sambungan Las.....	106
6.2.3 Sambungan Baut.....	106
6.2.4 Kontrol Kekuatan Pelat.....	108
6.3. Perencanaan Intermediate Stiffner pada Box.....	110
6.3.1. Perencanaan Jarak Stiffner.....	110
6.3.2. Perencanaan Ukuran Pengaku.....	102
6.3.3. Perencanaan Tebal Las.....	113
6.4. Perencanaan Sambungan Ujung Pylon dengan Pelat Perletakan Kabel	113
6.4.1. Perencanaan Baut.....	113
6.4.2. Perencanaan Pelat Tarik.....	114
6.4.3. Perencanaan Tebal Las.....	114
6.5. Perencanaan Sambungan Pylon dengan Base Plate.....	116
6.5.1. Data Perencanaan.....	116
6.5.2. Menentukan Dimensi Pelat.....	117
6.5.3. Perhitungan Angker.....	119
6.5.4. Sambungan Las Base Plate.....	120
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	121
Daftar Pustaka.....	123
Lampiran 1	
Permodelan Struktur	
Lampiran 2	
Gambar Struktur	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Profil Hollow Circular Sections.....	9
Gambar 2.2	Penampang Lintang Box Girder.....	10
Gambar 2.3	Beberapa Jenis Jalinan Kabel.....	15
Gambar 3.1	Permodelan Koefisien Tekanan Metode 1.....	22
Gambar 3.2	Permodelan Koefisien Tekanan Metode 2.....	22
Gambar 4.1	Potongan Gording.....	27
Gambar 4.2	Pembebaan Angin Tekan.....	30
Gambar 4.3	Pembebaan Angin Hisap.....	31
Gambar 5.1	Frame Atap.....	41
Gambar 5.2	Pembebaan pada Frame Box Girder.....	43
Gambar 5.3	Tipikal Beban yang Terjadi Akibat Beban Sendiri Box Girder.....	50
Gambar 5.4	Potongan Box Girder Awal untuk Perencanaan...	50
Gambar 5.5	Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 20 dan 25.....	52
Gambar 5.6	Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 14 dan 61.....	53
Gambar 5.7	Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 11 dan 64.....	54
Gambar 5.8	Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 9 dan 2.....	55
Gambar 5.9	Pembebana pada Frame 20 dan 25.....	63
Gambar 5.10	Beban Sendiri Dikonversi Menjadi Beban Merata.....	65
Gambar 6.1	Sambungan pada Gording.....	102
Gambar 6.2	Sambungan antar Box Girder.....	105
Gambar 6.3	Perencanaan Jarak Stiffner.....	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal untuk Elemen Tertekan.....	11
Tabel 2.2	Sifat-sifat Wire Rope.....	16
Tabel 3.1	Hubungan T dan C.....	23
Tabel 3.2	Hubungan T dan C setelah Dikali f.....	24
Tabel 5.1	Perhitungan Beban yang Terjadi Akibat Beban Hidup dan Beban Mati.....	49
Tabel 5.2	Hubungan T dan C.....	57
Tabel 5.3	Hubungan T dan C setelah Dikali f.....	58
Tabel 5.4	Perhitungan Beban Angin per Meter.....	62
Tabel 5.5	Gaya yang Terjadi pada Batang Tekan (SAP)....	83
Tabel 5.6	Diameter Wire Rope.....	91
Tabel 5.7	Tegangan Maksimum yang Terjadi pada Kabel (SAP).....	92
Tabel 5.8	Gaya yang Terjadi pada Tengah Bentang Pylon (SAP).....	94

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Semakin berkembangnya dunia olahraga di Indonesia, maka semakin banyak pula even-even olahraga yang diselenggarakan. Pada tahun 2008 mendatang, Indonesia akan menyelenggarakan PON (Pekan Olahraga Nasional) XVII. Pada pelaksanaan tersebut, Kalimantan Timur dipercaya sebagai tuan rumah penyelenggaraan. Salah satu fasilitas yang dipersiapkan untuk mendukung penyelenggaraan PON XVII adalah pembangunan stadion. Ada beberapa stadion yang dibangun, stadion utama dibangun di Palaran kota Samarinda. Stadion perlu didesain dengan bentuk yang beragam sesuai kebutuhan, sehingga dapat digunakan semaksimal mungkin untuk menampung banyak orang/penonton.

Desain atap stadion ini berbentuk kanopi dengan bentang ± 40 meter yang terdiri dari atap barat dan atap timur, tetapi dalam Tugas Akhir ini hanya akan difokuskan pada atap barat. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan elemen-elemen struktur, antara lain : kekuatan, ketebalan, ekonomis dan tahan lama. Selain itu juga harus dipertimbangkan proses pelaksanaan, karena semakin mudah proses pelaksanaan struktur maka semakin cepat pula waktu pelaksanaannya. Hal inilah yang mendasari dipilihnya material baja untuk struktur atap karena memiliki keuntungan dibandingkan dengan material yang lain. Keuntungan material baja antara lain :

1. Perbandingan antara berat dan kekuatan yang relatif tinggi sehingga elemen struktur lebih langsing dengan kekuatan yang mencukupi.
2. Elemen struktur dapat difabrikasi di luar lokasi konstruksi sehingga pemasangan yang relatif mudah dan cepat.

3. Sifat keseragaman baja sebagai bahan bangunan, elemen-elemen dari konstruksi bisa bertingkah laku sesuai dengan yang direncanakan.
4. Baja mempunyai daktilitas tinggi. Adanya sifat ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba, hal ini sangat menguntungakan ditinjau dari sudut keamanan.

Penggunaan rangka baja untuk struktur atap memang tidak jarang, khususnya untuk atap stadion hampir semua menggunakan material baja, yang pada umumnya berbentuk *hollow*. Dalam perencanaan atap stadion utama ini, akan digunakan material baja dengan bentuk box girder.

I.2. Permasalahan

Perencanaan struktur atap stadion utama Palaran Kota Samarinda dengan rangka baja box girder berbentuk kanopi yang mempunyai bentang ± 40 meter, yang harus dapat memenuhi syarat-syarat keamanan struktur berdasarkan AISC-LRFD.

I.3. Tujuan

Menghasilkan perencanaan struktur atap baja yang rasional dan memenuhi syarat keamanan struktur berdasarkan AISC-LRFD.

I.4. Lingkup Permasalahan

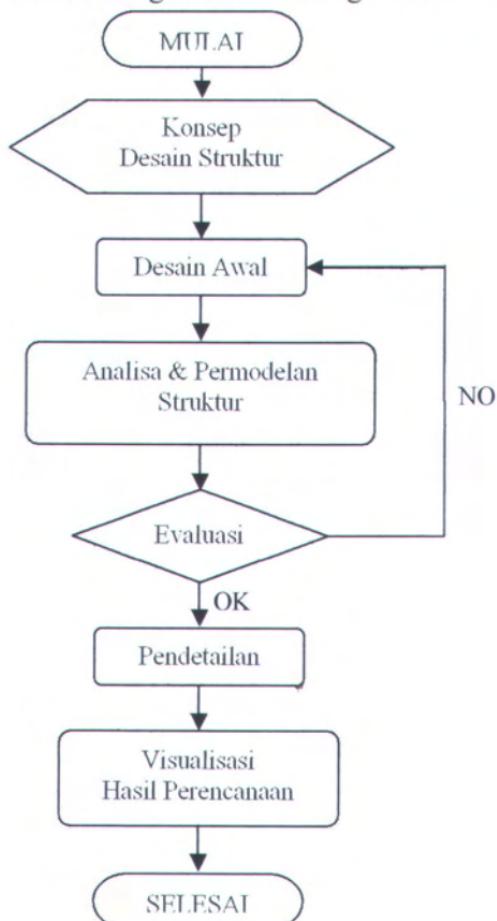
Lingkup penggerjaan dalam Tugas Akhir ini meliputi identifikasi hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan atap stadion utama dengan rangka baja :

1. Perencanaan struktur atap dengan rangka baja pada stadion utama Samarinda berdasar AISC-LRFD.
2. Pembebanan dan peraturan lain selain dalam SNI 03 – 1726 – 2002 dapat dihitung berdasarkan PPIUG dan UBC 1997.

3. Tidak menganalisa struktur secara keseluruhan tetapi analisa hanya pada struktur atapnya saja, khususnya atap barat.
4. Analisa struktur sesuai dengan bentang yang ada pada denah.
5. Tidak ditinjau aspek biaya dan proses pelaksanaan di lapangan..

I.4. Metodologi Penyelesaian

Tahapan dalam penulisan Tugas Akhir ini secara sederhana dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut :



I.5. Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun menjadi tujuh bab, yaitu :

- | | |
|------------|--|
| 1. BAB I | Pendahuluan
Pada bab ini berisi tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, lingkup permasalahan dan sistematika laporan tugas akhir. |
| 2. BAB II | Tinjauan Pustaka
Pada bab II akan dibahas tentang tinjauan pustaka yang berhubungan dengan tugas akhir ini yang berjudul "Perencanaan Atap Stadion Utama Palaran Kota Samarinda dengan Rangka Baja" |
| 3. BAB III | Dasar Perencanaan
Pada bab III akan dibahas tentang dasar-dasar perencanaan yang akan dipakai sebagai dasar untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Dasar-dasar perencanaan berisi tentang data bangunan, mutu dan jenis material, metode perhitungan, metodologi perencanaan, serta peraturan yang digunakan. |
| 4. BAB IV | Perencanaan Struktur Sekunder
Pada bab ini akan dibahas tentang perhitungan dan analisa struktur atap rangka baja, yaitu struktur sekunder atap meliputi perencanaan dimensi gording yang akan menjadi beban pada box. |
| 5. BAB V | Perencanaan Struktur Utama
Pada bab ini membahas beban-beban yang terjadi serta analisa struktur atap, dan penentuan dimensi yang dipakai pada struktur. |
| 6. BAB VI | Perencanaan Sambungan |

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perencanaan sambungan pada beberapa bagian dari struktur atap stadion.

7. BAB VII
8. LAMPIRAN

Kritik dan Saran

Pada bab ini merupakan ringkasan dari apa yang sudah dibahas.

Berisi tabel perhitungan, analisa struktur dan gambar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Sistem/bentuk bangunan struktur suatu bangunan sangat dipengaruhi oleh fungsi, karakter, lokasi serta ketersediaan anggaran pendukungnya. Bangunan stadion utama propinsi Kaltim ini sesuai namanya merupakan bangunan sarana olahraga. Bangunan sejenis ini umumnya mempunyai ciri bentang besar dengan penutup atap ringan. Dengan karakter bangunan seperti tersebut maka sistem struktur pemikul utama atap (bangunan atas) dipilih rangka baja. Sistem rangka baja yang dipakai berbentuk kantilever dengan bentang \pm 40 meter berbentuk box yang kemudian di tarik menggunakan kabel dan ditumpu pada sebuah pylon. Disamping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa banyak membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu bahan bangunan yang sangat umum dipakai dewasa ini. (Amon, Rene., Bruce Knoblock. dan Atanu Mazumder. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 1.*)

1. Kekuatan Tinggi
2. Kemudahan Pemasangan
3. Keseragaman
4. Daktilitas

Di samping itu masih ada keuntungan-keuntungan lain yang dapat kita peroleh dari struktur baja, seperti :

1. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
2. Dapat dilas.
3. Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.

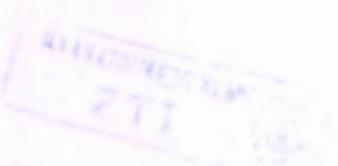


4. Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.
5. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

Di samping keuntungan-keuntungan tersebut bahan-bahan baja juga mempunyai kelemahan-kelemahan sebagai berikut :

1. Komponen-komponen struktur yang terbuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
2. Diperlukannya suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.

Rangka baja mungkin menjadi pilihan utama untuk struktur atap stadion yang dituntut sesuai kebutuhan, yaitu memenuhi bentang yang luas agar dapat menampung banyak orang dan tanpa ada halangan kolom di dalam stadion. Begitu juga dengan perencanaan atap stadion Tambaksari, struktur penutup dimodelkan sebagai sistem tenda dengan asumsi bahwa struktur tersebut tidak mengalami perubahan bentuk (tetap). Sistem struktur ini digunakan dengan kelebihan mampu mengakomodasi bentang yang luas dengan beban mati yang relatif kecil. Proses perhitungan strukturnya adalah beban diteruskan pada ujung-ujung membran dengan perletakan sebagai sendi. Reaksi yang ditimbulkan selanjutnya diteruskan sebagai beban yang bekerja pada rangka batang. Rangka batang dimodelkan sebagai struktur *space truss* (rangka batang ruang), yang membentuk kantilever dengan memakai profil pipa (*Circular Hollow Section*). Untuk memperoleh kestabilan struktur ditambah dengan elemen kabel yang akan menerima beban tarik menuju ke perletakan bawah. Perletakan di bawah dihubungkan dengan kolom baja sebagai kolom tarik yang selanjutnya menghubungkan ke bagian struktur bawah. (Nugroho, Ferry.



Perencanaan Sistem Struktur pada Stadion Tambaksari Surabaya (tugas akhir)).

2.2. Struktur Berongga

Struktur berongga atau yang disebut *Hollow Structural Section (HSS)* mempunyai beberapa macam bentuk sebagai berikut:

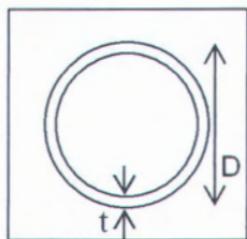
- *Round / Circular Hollow sections (CHS)*
- *Rectangular Hollow Sections (RHS)*
- *Square Hollow Sections (SHS)*

2.2.1 Profil CHS (*Circular Hollow Sections*)

Bentuk CHS dipilih sebagai gording karena profil tersebut memiliki keunggulan-keunggulan sebagai berikut :

- Kekuatan, pipa memiliki kemampuan yang tinggi dalam menahan gaya tekan karena memiliki jari-jari girasi yang lebih besar. Juga mampu menahan torsi.
- Penampakan, bentuknya yang bundar menjadi kelihatan menarik dan indah.
- Fabrikasi, pipa mudah dibentuk sesuai dengan permintaan.

Pelaksanaan, karena memiliki *section properties* yang sama dalam semua arah akan lebih menguntungkan dalam pemasangan dibanding struktur yang lain.

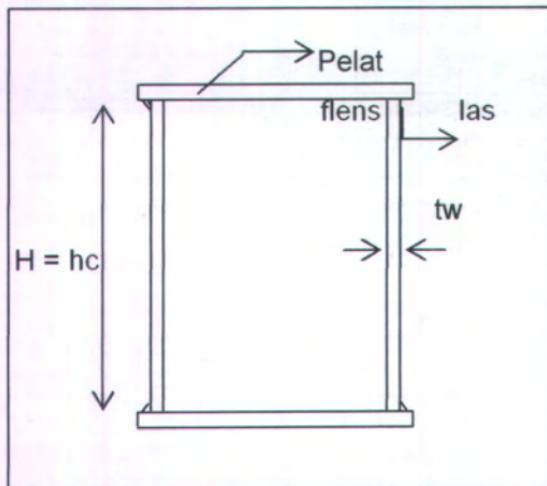


Gambar 2. 1 Profil *Hollow Circular Sections*

2.2.2 Profil RHS (*Rectangular Hollow Sections*)

Box girder adalah pelat girder berbentuk box (*rectangular*) yang merupakan suatu balok yang dibuat dari elemen-elemen pelat yang disatukan dengan alat penyambung untuk mendapatkan susunan bahan yang efisien dibanding yang diperoleh dengan balok tempa (*rolled beam*). Pelat girder cukup ekonomis bila bentangnya cukup panjang (± 24 s/d 46 meter) sehingga memungkinkan penghematan biaya dengan cara memproporsionalkan terhadap persyaratan tertentu. Pelat girder biasanya dipakai untuk balok yang mendapat beban yang berat, bentang besar ataupun pada balok pendukung *crane*. (*Plate Girder* (modul kuliah Struktur Baja II)).

Pelat girder adalah elemen yang disambung satu dengan yang lain, adapun alat penyambung untuk pelat girder dapat berupa baut, paku keling, ataupun las.



Gambar 2. 2 Penampang Lintang Box Girder

Tabel 2.1
Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal untuk
Elemen Tertekan
(f_y dinyatakan dalam MPa)

TABLE 2.2-1

Limiting Wall Slenderness for Compression Elements

Element	Wall Slenderness Ratio, λ	Limiting Wall Slenderness	
		λ_p (compact)	λ_r (noncompact)
Round HSS for axial compression for flexure for plastic analysis	D/t [a]	n.a. 0.0714 E/f_y 0.0448 E/f_y	0.114 E/f_y 0.309 E/f_y n.a.
Rectangular HSS wall for uniform compression for plastic analysis	b/t or h/t	1.12 $\sqrt{E/f_y}$ 0.939 $\sqrt{E/f_y}$	1.40 $\sqrt{E/f_y}$ n.a.
Rectangular HSS wall as a web in flexural compression	h/t	3.76 $\sqrt{E/f_y}$	5.70 $\sqrt{E/f_y}$
Rectangular HSS wall as a webb in combined flexure and axial compression	h/t	[b]	$5.70 \sqrt{E/f_y} \left(1 - \frac{0.74 P_u}{\phi b P_y} \right)$

[a] D/t must be less than or equal to 0.448 E/f_y

[b] For $P_u / \phi b P_y \leq 0.125$

$$3.76 \sqrt{E/f_y} \left(1 - \frac{2.75 P_u}{\phi b P_y} \right)$$

$$1.12 \sqrt{E/f_y} \left[2.23 - \frac{0.74 P_u}{\phi b P_y} \right] \geq 1.49 \sqrt{E/f_y}$$

Sumber : *Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Hollow Structural Section(2000)*

2.2.3 Perencanaan Profil Hollow

- Perencanaan akibat gaya tekan

$$P_u \leq \phi_c P_n \dots \dots \dots (2.1)$$

$$P_n = 0.85 \times F_{cr} \times A_g \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\lambda = \frac{Kl}{r} \leq 200 \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

(a) Untuk $\lambda_c \sqrt{Q} \leq 1.5$ maka

$$F_{cr} = Q(0.658\lambda_c^2)F_y \dots \dots \dots (2.5)$$

(b) Untuk $\lambda_c \sqrt{Q} > 1.5$ maka

$$F_{cr} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y \dots \dots \dots (2.6)$$

Nilai Q ditentukan oleh syarat sebagai berikut :

Bila $\lambda \leq \lambda_r$, maka $Q = 1 \dots \dots \dots (2.7)$

Bila $\lambda > \lambda_r$, maka:

Untuk CHS dengan $\lambda < \frac{0.448E}{F_y}$ maka

$$Q = \frac{0.0379E}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk RHS maka $Q = \frac{\text{effective area}}{A_g}$ dengan:

$$b_e = 1.91t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0.381}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad \text{dan}$$

$$f = P_u / A_g \dots \dots \dots (2.9)$$

Profil *hollow section* juga memiliki faktor panjang tekuk (K) untuk menentukan panjang efektif batang tekan. Besarnya (K) berdasarkan kondisi berikut ini :

- (a) Rangka batang dengan *branch member hollow sections* yang dilas penuh pada *chord member hollow sections*.
 $K = 0.75$, untuk *branch member*
 $K = 0.90$, untuk *chord member*
- (b) Rangka batang dengan *branch hollow sections* atau bukan yang tidak memerlukan syarat di atas, dan disambungkan pada *chord member hollow sections*.
 $K = 1.0$, untuk *branch member*
 $K = 0.9$, untuk *chord member*

2. Perencanaan akibat lentur

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad \text{dengan } \phi_b = 0.90 \quad \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

(a) Untuk CHS

$$(i) \lambda \leq \lambda_p \text{ maka,}$$

$$M_n = M_p = F_y Z \quad \dots \dots \dots \quad (2.11)$$

$$(ii) \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \text{ maka,}$$

$$M_n = \left(\frac{0.0207}{D/t} \frac{E}{F_y} + 1 \right) F_y S \quad \dots \dots \dots \quad (2.12)$$

$$(iii) \lambda_r < \lambda \leq 0.448 E / F_y \text{ maka,}$$

$$M_n = \frac{0.330 E}{D/t} S \quad \dots \dots \dots \quad (2.13)$$

(b) Untuk RHS

$$(i) \lambda \leq \lambda_p \quad \text{maka}$$

$$M_n = M_p = F_y Z \quad \dots \dots \dots \quad (2.14)$$

(ii) $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ maka

$$M_n = \left[M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \dots (2.15)$$

$$M_r = F_y S$$

(iii) $\lambda > \lambda_r$ maka

$$M_n = F_y S_{eff} \dots (2.16)$$

3. Perencanaan akibat aksial momen

(a) Untuk $P_u / \phi P_n \geq 0.2$,

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \dots (2.17)$$

(b) Untuk $P_u / \phi P_n < 0.2$,

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \dots (2.18)$$

4. Perencanaan akibat gaya geser

(a) Untuk CHS

$$V_u \leq \phi_c V_n \dots (2.19)$$

$$V_n = \frac{F_{cr} A_g}{2} \dots (2.20)$$

$$F_{cr} = \frac{1.60E}{\sqrt{a/D(D/t)^{5/4}}} \text{ dan } \frac{0.78E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0.6F_y \dots (2.21)$$

(b) Untuk RHS

$$V_n = F_{nx} A_w \dots (2.22)$$

$$A_w = 2Ht \dots (2.23)$$

- Gaya-gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan.
- Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan.
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

BAB III

KONSEP PERENCANAAN

3.1 Data Bangunan

Bangunan yang digunakan sebagai obyek pada tugas akhir ini adalah stadion dengan data-data sebagai berikut :

- Nama bangunan : Stadion Utama
- Lokasi : Palaran Samarinda – Kalimantan Timur
- Fungsi bangunan : Atap stadion
- Atap : Memakai box girder
- Struktur : Baja
- Atap barat : 34 frame
- Panjang atap : 263960 mm
- Lebar atap : 125741 mm
- Tipe tanah : Tanah lunak
- Zone gempa : 2

3.2 Metode Perhitungan

Metode perhitungan yang akan digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Atap Stadion Utama Kota Samarinda dengan Rangka Baja“ sebagai berikut :

- a. Menggunakan program Bantu SAP 2000 v.9.03
- b. Menggunakan program AutoCad 2004 untuk gambar rencana.

3.3 Peraturan yang Dipakai

Dalam hal ini peraturan yang dipakai dalam perhitungan adalah :

3.3.1 Acuan utama

- Peraturan Pembebaran Indonesia (PPIUG) 1983
- Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)

- Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI-03-1729-2002)
- AISC-LRFD *Specification for Steel Hollow Structural Sections 2000*

3.3.2 Acuan tambahan

Apabila ada hal-hal yang tidak termuat dalam SNI tetapi harus dikerjakan maka dapat dipakai Standard/Peraturan/Pedoman yang sebelum lahirnya SNI selama tidak bertentangan dengan SNI atau standard lain yang banyak digunakan masyarakat konstruksial tidak bertentangan dengan SNI tersebut di atas, misal seperti UBC 1997, dsb.

3.4 Mutu Bahan

- Baja profil
Seluruh keperluan baja profil menggunakan mutu baja BJ 52
- Pelat box girder
Digunakan pelat dengan mutu baja BJ 52
- Baut-baut
Baut yang dipakai pada gording A325-N bolts sedangkan baut pada penyambung box girder memakai A529 grade 50.
- Angker-angker
Angker baut dari A529 grade 50.
- Kawat las
Kawat las yang dipakai harus mempunyai mutu paling sedikit sama dengan baja yang dilas.
- Kabel
Untuk kabel penggantung digunakan *wire rope* dengan standar ASTM- A 603 – 70 Class C.
- Penutup atap
Untuk seluruh penutup atap digunakan metal sheet setara kalzip dengan ketebalan 0,9 mm.

3.5 Pembebanan Struktur

3.5.1 Jenis Pembebanan

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam analisa struktur Stadion Utama ini adalah :

- Beban mati

Beban mati adalah semua beban kerja akibat gravitasi yang tetap posisinya. Dalam hal ini semua beban mati dihitung sesuai dengan berat sendiri setiap bagian yang ditinjau, yaitu penutup atap dan berat profil baja. Diatur dalam UBC 1606.

- Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban gravitasi pada struktur yang besar dan lokasinya bervariasi, bisa ada atau tidak ada untuk suatu waktu yang diberikan. Diatur dalam UBC 1607.

- Beban angin

Beban angin bisa berupa tekanan dan hisapan pada struktur serta tekanan ke atas atau ke bawah pada atap. Diatur dalam UBC 1620.

$$P = C_e \times C_q \times q_s \times I_w$$

Dimana :

C_e = Koefisien yang merupakan gabungan tinggi + eksposure (letak) + hembusan. (UBC tabel 16-G)

C_q = Koefisien tekanan (UBC tabel 16-H)

q_s = Tekanan stagnasi angin pada ketinggian standar 33 ft (10 m) (UBC tabel 16-F)

I_w = Faktor keutamaan (UBC tabel 16-K)

P = Desain tekanan angin

Besaran-besaran koefisien :

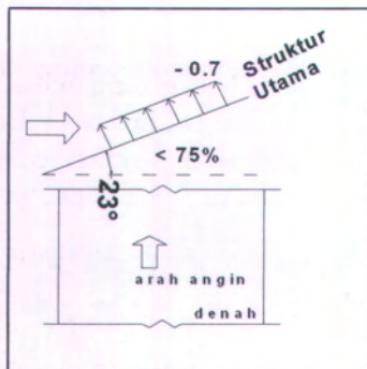
- C_e

Stadion dianggap terletak pada daerah C yang terbuka terhadap angin dengan kecapatan angin maksimum

91 km/jam dan $h_{rata-rata} = 41$ m. $C_e = 1,71$ (interpolasi).

- C_q

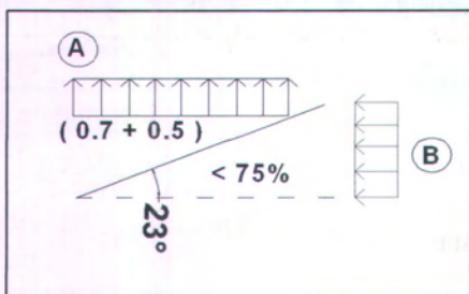
1. Metode 1 (metode gaya normal)



- a. - 1.2 (arah angin ⊥ nok)
- b. - 1.4 (arah angin ⊥ nok)
- + 0.3 (arah angin ⊥ nok)
- c. - 1.2 (arah angin // nok)

Gambar 3.1. Permodelan Koefisien Tekanan Metode 1

2. Metode 2 (metode luas proyeksi)



$$\begin{aligned} A &= -1.2 \\ B &= +1.4 \text{ atau } -1.4 \end{aligned}$$

Gambar 3.2. Permodelan Koefisien Tekanan Metode 2

- q_s

Berdasarkan data dari BMG wilayah III tahun 1988 s/d 1998 didapat kecepatan angin maksimum sebesar

22 knot = 39,6 km/jam setara dengan tekanan tiup angin $7,6 \text{ kg/m}^2$, tetapi tekanan tiup angin diasumsikan 40 kg/m^2 (Peraturan Pembebatan Indonesia) untuk bangunan di tepi laut sampai sejauh 5 km.

- I_w

Stadion dianggap sebagai fasilitas yang diperlukan untuk respon emergensi.

$I_w = 1,15$

- Beban gempa

Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa *static equivalent*. Untuk masing-masing wilayah gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana yang diatur dalam SNI 03-1726-2002.

- Stadion terletak pada wilayah gempa 2, tanah lunak :

Tabel 3.1. Hubungan T dan C

T	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
C	0.5	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.417

Masukkan $T > 1$, $C = \frac{0.50}{T}$ (SNI-1726 Pasal 4.7.6)

Nilai C di atas dikalikan dengan faktor = f (SNI-1726 Pasal 7.2.1)

$$f = \frac{I}{R} = \frac{1.6}{4.5} = 0.356$$

Tabel 3.2. Hubungan T dan C setalah dikali f

T	C
0	0.178
0.1	0.178
0.2	0.178
0.4	0.178
0.6	0.178
0.8	0.178
1.0	0.178
1.2	0.148
1.4	0.127
...	...

$= \frac{0.5}{T} \times 0.356$

- Gempa horisontal (SNI-1726 Pasal 5.8.3)

Arah pembebanan gempa

$$\Rightarrow 100\%X + 30\%Y$$

$$\Rightarrow 100\%Y + 30\%X$$

- Gempa vertikal (SNI-1726 Pasal 4.8.1)

Beban vertikal ke bawah atau ke atas :

$$V = C_v \times W$$

Dimana :

$$C_v = \psi A I$$

$$\Psi = 0.5 \text{ (Zone 2) (tabel 7)}$$

$$A = 0.20 \text{ (tanah lunak) (tabel 5)}$$

$$I = 1,6 \text{ (tabel 1)}$$

$$W = \text{massa bangunan}$$

Taksiran waktu getar alami T, secara empiris.

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

$$C_t = 0,0853 \text{ (UBC 1630.2.2)}$$

$$h_n = (60\text{m}) \text{ tinggi struktur}$$

Kontrol, $T > T_{\text{empiris}}$

- Beban dari $P - \Delta$

Pilon dan balok kantilever berada pada ketinggian >40 m, sehingga perlu dipertimbangkan terhadap $P - \Delta$ effect, yaitu suatu gejala yang terjadi pada struktur, di mana akibat beban gempa lateral akan melentur ke samping (Δ) yang akan menimbulkan momen sekunder oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping, dan dengan demikian terjadi beban momen tambahan pada komponen kolom. (*Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa – Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.Sc.*). Diatur dalam SNI-1726 Pasal 5.7.

- Beban Khusus

Disini ditinjau akibat adanya pengaruh temperatur : 10° Celcius dikenakan pada elemen rangka paling atas (bagian struktur yang kena sinar matahari langsung). Diatur dalam PPIUG 19836 – Pasal 6.2(1).

3.5.2 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan kali ini, stadion didesain pada zona gempa 2 sesuai SNI 03 – 1726 – 2002. Tetapi karena perencanaan atap stadion utama ini berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002, maka perencanaan kombinasi pembebanan diambil dari SNI 03 – 1729 – 2002. Sesuai ketentuan, agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat dan kekuatan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban sebagai berikut :

Adapun kombinasi pembebanan yang disyaratkan oleh SNI 03 – 1729 – 2002 adalah :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W)$
4. $1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
5. $1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L$
6. $0,9 D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$

Dimana :

- D = beban mati akibat berat konstruksi
L = beban hidup akibat penggunaan struktur
 L_a = beban hidup akibat pekerja dan peralatan
H = beban hujan
W = beban angin
E = beban gempa sesuai SNI 03 – 1726 - 2002

3.6 Analisa Struktur Atap

Analisa struktur atap meliputi analisa beban pada penutup atap sehingga menghasilkan beban-beban pada perletakan gording, selanjutnya beban tersebut dijadikan beban terpusat pada rangka atap, untuk memudahkan dalam analisa SAP, beban terpusat akan dikorelasi menjadi beban merata pada rangka atap yang akan menghasilkan gaya dalam pada batang-batang rangka atap.

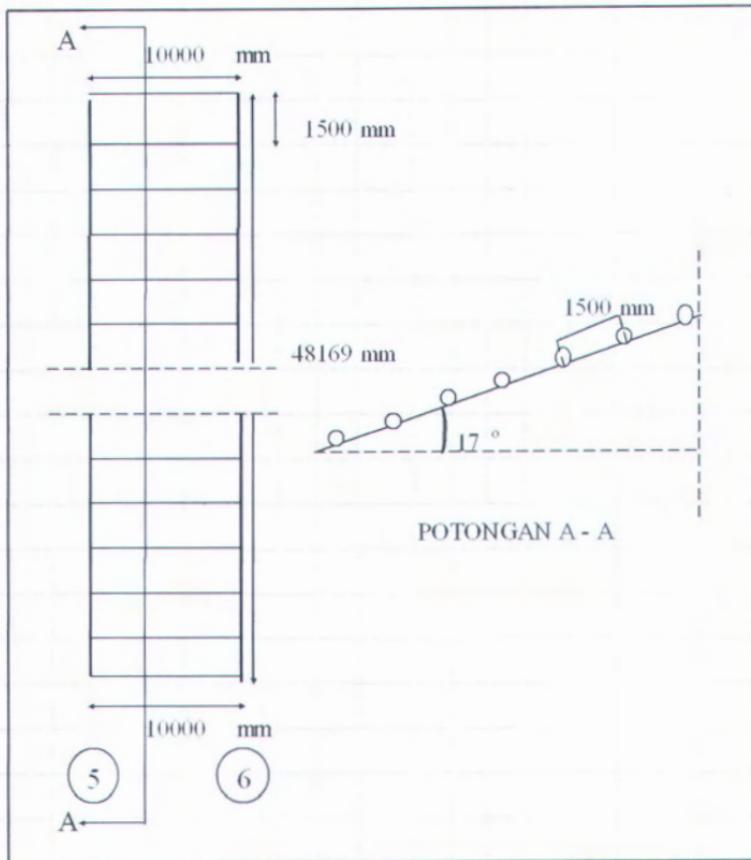
Untuk analisa struktur atap digunakan bantuan program SAP 2000 dengan permodelan sebagai berikut :

- Perletakan yang dipakai pada ujung-ujung kabel adalah sendi, ini dikarenakan kabel tidak mempunyai kekakuan.
- Perletakan pada pylon adalah jepit, hal ini untuk mencegah pergerakan yang mungkin terjadi pada pylon.
- Perletakan pada frame box girder adalah sendi bidang, hal ini dimaksudkan agar dapat bergerak naik turun, namun tidak dapat bergerak arah ke samping.

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1. Perencanaan Dimensi Gording



Gambar 4.1 Potongan Gording

4.1.1. Data Perencanaan

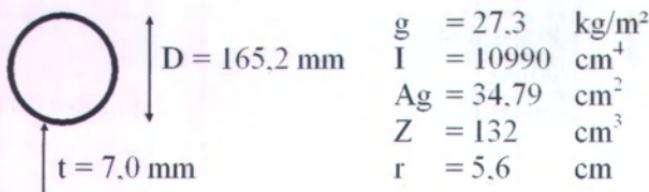
Perencanaan dimensi gording pada atap stadion utama ini tidak diperhatikan terhadap ketersediaan profil di pasaran, perencanaan hanya didasarkan pada profil yang tersedia didalam table profil.

Sebagai contoh perhitungan, akan diambil potongan atap bagian tengah yaitu pada frame nomor 5 dan 6.

Berikut data atap pada bentang 1000 mm.

- Jenis atap	:	kalzip
- Tebal	:	0,9 mm
- Berat	:	6 kg/m ²
- Jarak miring gording	:	1500 mm
- Jarak horizontal gording	:	1434,45 mm
- Sudut kemiringan	:	17°
- Bahan gording	:	baja profil CHS
- Mutu baja	:	BJ 52
fu	:	5200 kg/cm ²
fy	:	3600 kg/cm ²
E	:	2000000 kg/cm ²

Direncanakan gording dari profil CHS dengan dimensi:



4.1.2. Perhitungan Pembebatan

Beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gording antara lain adalah:

a. Beban Mati (D)

- Berat penutup atap $6 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m}$	= $9,00 \text{ kg/m}$
- Berat gording	= <u>$27,30 \text{ kg/m}$</u> +
	= $36,30 \text{ kg/m}$
- Berat sambungan dll (10%)	= <u>$3,63 \text{ kg/m}$</u> +
	= $39,93 \text{ kg/m}$
	$\approx 40,00 \text{ kg/m}$

Momen akibat beban mati (M_D)

$$M_D = \frac{1}{8} \times 40 \times 10,000^2 \\ = 500 \text{ kgm}$$

b. Beban Hidup (L)

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup terbagi rata berdasarkan PPIUG (pasal 3.2(2a)) diambil yang paling menentukan diantara beban yang berasal dari air hujan, dan ketentuan ini tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 serta beban terpusat yang berasal dari pekerja dan peralatannya.

- Beban terbagi rata per m^2 berasal dari beban air hujan

$$q = (40 - 0,8\alpha) \text{ kg/m}^2 \leq 20 \text{ kg/m}^2 \\ = 40 - 0,8 \times 17^\circ \\ = 26,40 \text{ kg/m}^2 > 20,00 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 20,00 \text{ kg/m}^2 \\ q = 20,00 \times 1,434 \\ = 28,689 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat berasal dari pekerja+peralatan $P=100 \text{ kg}$

Momen akibat beban hidup (M_L)

$$M_L = \frac{1}{8} \times 28,689 \times 10,000^2 = 358,61 \text{ kgm} \quad (\text{menentukan})$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times 100 \times 10,000 = 250 \text{ kgm}$$

c. Beban Angin (W)

$$P = C_e \times C_q \times q_s \times I_w$$

Dimana:

$$C_e = 1,71$$

C_q = Metode 2 (luas proyeksi)

a. 1,2

b. $\pm 1,4$

$$q_s = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$I_w = 1,15$$

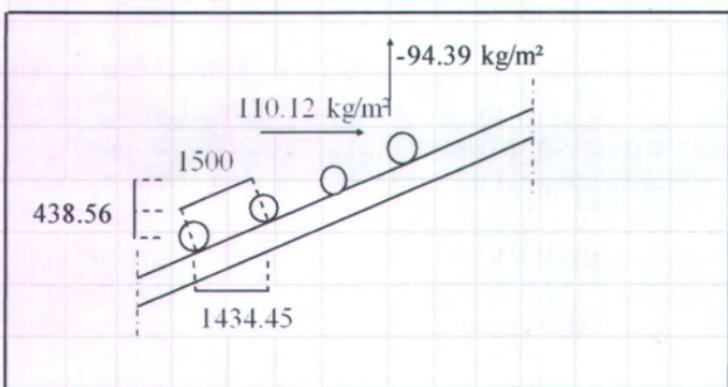
Maka:

Metode 2 (metode luas proyeksi)

$$P_1 = 1,71 \times 1,2 \times 40 \times 1,15 = 94,39 \text{ kg/m}^2$$

$$P_2 = 1,71 \times \pm 1,4 \times 40 \times 1,15 = \pm 110,12 \text{ kg/m}^2$$

- Akibat beban angin tekan



Gambar 4.2 Pembebanan Angin Tekan

Beban angin tekan atap:

$$Wh = 110,12 \times 0,43856 = 48,3 \text{ kg/m}$$

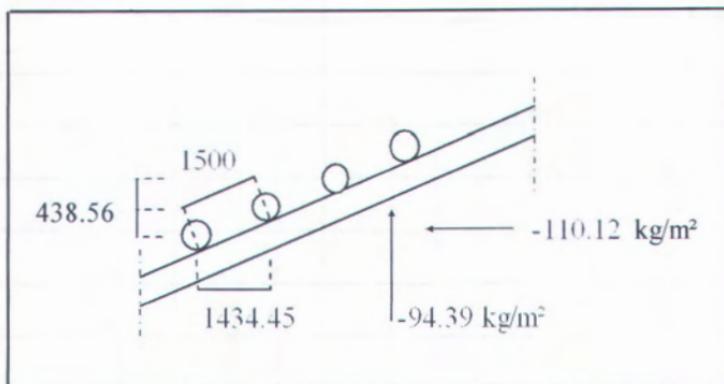
$$Wv = -94,39 \times 1,43445 = -135,4 \text{ kg/m}$$

Momen akibat angin tekan

$$Mh = \frac{1}{8} \times 48,294 \times 10,000^2 = 603,68 \text{ kNm}$$

$$M_V = \frac{1}{8}x - 135,4 \times 10,000^2 = -1692,51 \text{ kgm}$$

- Akibat beban angin hisap



Gambar 4.3 Pembebanan Angin Hisap

Beban angin hisap atap:

$$Wh = -110,12 \times 0,43856 = -48,3 \text{ kg/m}$$

$$Wv = -94,39 \times 1,43445 = -135,4 \text{ kg/m}$$

Momen akibat angina tekan

$$Mh = \frac{1}{8}x - 48,294 \times 10,000^2 = -603,68 \text{ kgm}$$

$$M_V = \frac{1}{8}x - 135,4 \times 10,000^2 = -1692,51 \text{ kgm}$$

Momen akibat beban mati $Mv_D = 500 \text{ kgm } (\downarrow)$

Momen akibat beban angin vertikal $Mv_W = -1692,51 \text{ kgm } (\uparrow)$

d. Kombinasi Pembebatan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas, maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebatan yang sesuai dengan SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2, tetapi dalam hal ini untuk beban L yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut tidak diperhitungkan. Untuk perhitungan beban

gempa langsung dimasukkan dalam perhitungan dengan menggunakan program SAP 2000.

$$\begin{aligned} Mu &\leq \phi Mn \rightarrow \phi = 0,9 \\ &\leq 0,9 \times Z \times f_y \\ &\leq 0,9 \times 132 \times 3600 \\ Mu &\leq 4276,80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

1. $Mu = 1,2D$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 500 \\ &= 700 \text{ OK} \end{aligned}$$

2. $Mu = 1,2D + 0,5(La \text{ atau } H)$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 500 + 0,5 \times 358,61 \\ &= 779,31 \text{ kgm OK} \end{aligned}$$

3. $Mu = 1,2D + 1,6(La \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8W)$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 500 + 1,6 \times 358,61 + 0,8 \times 1692,51 \\ &= 180,23 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mu_X = 180,2 \text{ kgm} \quad Mu_Y = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Mu_T &= \sqrt{180,23^2 + 603,68^2} \\ &= 630,01 \text{ kgm OK} \end{aligned}$$

4. $Mu = 1,2D + 1,3W + 1,6(La \text{ atau } H)$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 500 - 1,3 \times 1692,51 + 0,5 \times 358,61 \\ &= 1420,95 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Mu_X = 1420,95 \text{ kgm} \quad Mu_Y = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Mu_T &= \sqrt{1420,95^2 + 603,68^2} \\ &= 1543,87 \text{ kgm OK} \end{aligned}$$

5. $Mu = 0,9D \pm 1,3W$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 500 - 1,3 \times 1692,51 \\ &= 1750,3 \text{ kgm OK} \end{aligned}$$

$$Mu_X = 1750,3 \text{ kgm} \quad Mu_Y = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Mu_T &= \sqrt{1750,3^2 + 603,68^2} \\ &= 1851,44 \text{ kgm OK} \end{aligned}$$

Dari kommbinasi pembebanan di atas dapat disimpulkan bahwa nilai terbesar dari hasil kombinasi adalah pada nomor 5 yang diakibatkan oleh beban mati dan beban angin.

4.1.3. Kontrol Lendutan

$$f_{jin} = \frac{L}{180} = \frac{1000}{180} = 5,56\text{ cm}$$

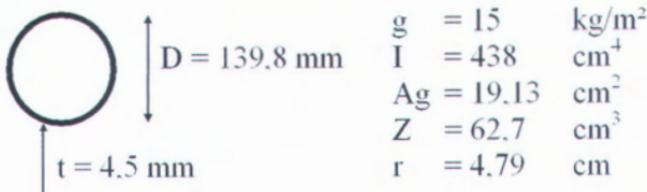
$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{0,687x1000^4}{2,1x10^6x1090} + \frac{1}{48} x \frac{100x1000^3}{2,1x10^6x1090}$$

$$= 4,82 \text{ cm} < 5,56 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

4.1.4. Kontrol Dimensi Gording

A. Direncanakan gording dengan profil CHS dengan ukuran:



Pembebanan

- Beban mati $9,0 + 15 + 2,4 = 26,40 \text{ kg/m}$
- Beban hidup $= 28,69 \text{ kg/m}$
- Beban angin $= 135,4 \text{ kg/m}$
- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} qu &= 0,9D \pm 1,3W \\ &= 0,9 \times 26,40 - 1,3 \times 135,4 \\ &= 152,26 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= \frac{1}{8} qL^2 & Mu \leq \phi Mn \\
 &= \frac{1}{8} x 152,26 x 7^2 & \leq 0,9 \times Z \times f_y \\
 &= 932,60 \text{ kgm} & \leq 0,9 \times 132 \times 3600 \\
 & & Mu \leq 4276,80 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{uy} &= 603,68 \text{ kgm} \\
 M_{u_T} &= \sqrt{932,60^2 + 603,68^2} \\
 &= 110,93 \text{ kgm } \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

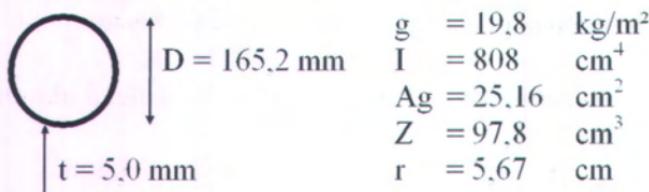
$$f_{jin} = \frac{L}{180} = \frac{700,0}{180} = 3,89 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5}{384} x \frac{0,551x700^4}{2,1x10^6 x 438} + \frac{1}{48} x \frac{100x700^3}{2,1x10^6 x 438} \\
 &= 2,65 \text{ cm} < 3,89 \text{ cm } \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

Dapat dipakai pada bentang 7000 mm sampai bentang 8000 mm.

B. Direncanakan gording dengan profil CHS dengan ukuran:



Pembebatan

- Beban mati $9,0 + 19,8 + 2,88 = 31,68 \text{ kg/m}$
- Beban hidup $= 28,69 \text{ kg/m}$
- Beban angin $= 135,4 \text{ kg/m}$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} \text{qu} &= 0,9D \pm 1,3W \\ &= 0,9 \times 31,68 - 1,3 \times 135,4 \\ &= 147,51 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \frac{1}{8} qL^2 & Mu &\leq \phi Mn \\ &= \frac{1}{8} \times 147,51 \times 8,5^2 & \leq 0,9 \times Z \times f_y \\ &= 1332,19 \text{ kgm} & \leq 0,9 \times 97,8 \times 3600 \\ & & Mu \leq 3168,72 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{uy} = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{u_T} &= \sqrt{1332,19^2 + 603,68^2} \\ &= 1462,58 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

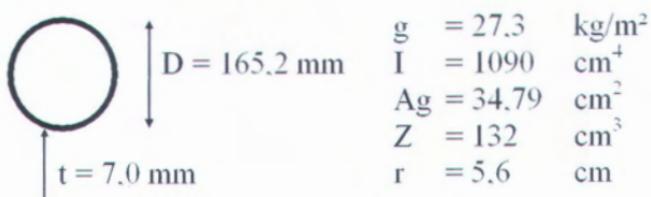
$$f_{ijn} = \frac{L}{180} = \frac{850,0}{180} = 4,72 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} x \frac{0,604 \times 850^4}{2,1 \times 10^6 \times 808} + \frac{1}{48} x \frac{100 \times 850^3}{2,1 \times 10^6 \times 808} \\ &= 3,17 \text{ cm} < 4,72 \text{ cm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Dapat dipakai pada bentang 8500 mm sampai bentang 9800 mm.

C. Direncanakan gording dengan profil CHS dengan ukuran:



Pembebatan

- Beban mati $9,0 + 27,3 + 3,63 = 39,93 \text{ kg/m}$
- Beban hidup $= 28,69 \text{ kg/m}$
- Beban angin $= 135,4 \text{ kg/m}$
- Kombinasi pembebatan

$$\begin{aligned} qu &= 0,9D \pm 1,3W \\ &= 0,9 \times 39,93 - 1,3 \times 135,4 \\ &= 140,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \frac{1}{8} qL^2 & Mu \leq \phi Mn \\ &= \frac{1}{8} \times 140,08 \times 10,0^2 & \leq 0,9 \times Z \times f_y \\ &= 1751,05 \text{ kgm} & \leq 0,9 \times 132 \times 3600 \\ && Mu \leq 4276,80 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{uy} = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{u_T} &= \sqrt{1751,05^2 + 603,68^2} \\ &= 1852,19 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{jin} = \frac{L}{180} = \frac{1000,0}{180} = 5,56 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} x \frac{0,686 \times 1000^4}{2,1 \times 10^6 \times 1090} + \frac{1}{48} x \frac{100 \times 1000^3}{2,1 \times 10^6 \times 1090} \\ &= 4,81 \text{ cm} < 5,56 \text{ cm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Dapat dipakai pada bentang 10000 mm sampai bentang 10500 mm.

D. Direncanakan gording dengan profil CHS dengan ukuran:



$D = 216,3 \text{ mm}$	$g = 23,5 \text{ kg/m}^2$
	$I = 1680 \text{ cm}^4$
	$A_g = 29,94 \text{ cm}^2$
	$Z = 155 \text{ cm}^3$
	$r = 7,49 \text{ cm}$

Pembebanan

- Beban mati $9,0 + 23,5 + 3,25 = 35,75 \text{ kg/m}$
- Beban hidup $= 28,69 \text{ kg/m}$
- Beban angin $= 135,4 \text{ kg/m}$
- Kombinasi pembebanan
 $qu = 0,9D \pm 1,3W$
 $= 0,9 \times 35,75 - 1,3 \times 135,4$
 $= 143,85 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \frac{1}{8} qL^2 & Mu &\leq \phi Mn \\ &= \frac{1}{8} \times 143,85 \times 11,0^2 & &\leq 0,9 \times Z \times f_y \\ &= 2175,67 \text{ kgm} & &\leq 0,9 \times 155 \times 3600 \\ & & Mu &\leq 5022,00 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{uy} = 603,68 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{ut} &= \sqrt{2175,67^2 + 603,68^2} \\ &= 2257,87 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{1100,0}{180} = 6,11 \text{ cm}$$

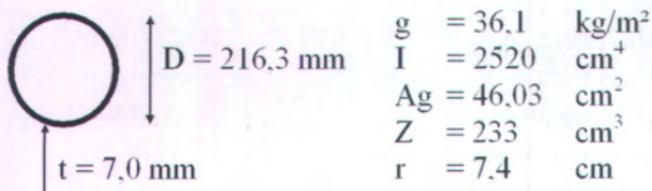
$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{0,644 \times 1100^4}{2,1 \times 10^6 \times 1680} + \frac{1}{48} x \frac{100 \times 1100^3}{2,1 \times 10^6 \times 1680}$$

$$= 4,27 \text{ cm} < 6,11 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Dapat dipakai pada bentang 1100 mm sampai bentang 12400 mm.

E. Dirancanakan gording dengan profil CHS dengan ukuran:



Pembebatan

- Beban mati $9,0 + 36,1 + 4,51 = 49,61 \text{ kg/m}$
- Beban hidup $= 28,69 \text{ kg/m}$
- Beban angin $= 135,4 \text{ kg/m}$
- Kombinasi pembebatan
 $qu = 0,9D \pm 1,3W$
 $= 0,9 \times 49,61 - 1,3 \times 135,4$
 $= 131,37 \text{ kg/m}$

$$M_{ux} = \frac{1}{8} q L^2 \quad Mu \leq \phi M_n$$

$$= \frac{1}{8} \times 131,37 \times 13,0^2 \quad \leq 0,9 \times Z \times f_y$$

$$= 2775,23 \text{ kgm} \quad \leq 0,9 \times 233 \times 3600$$

$$Mu \leq 7549,20 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 603,68 \text{ kgm}$$

$$M_{u_T} = \sqrt{2775,23^2 + 603,68^2}$$

$$= 2840,13 \text{ kgm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{1300}{180} = 7,22\text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{qL^4}{EI} + \frac{1}{48} x \frac{PL^3}{EI}$$

$$f = \frac{5}{384} x \frac{0,783 \times 1300^4}{2,1 \times 10^6 \times 2520} + \frac{1}{48} x \frac{100 \times 1300^3}{2,1 \times 10^6 \times 2520}$$

$$= 6,37 \text{ cm} < 7,22 \text{ cm } \mathbf{OK}$$

Dapat dipakai pada bentang 13000 mm sampai bentang 13500 mm.

Pemilihan dimensi gording didasarkan pada kemampuannya untuk menahan lendutan dan momen maksimum yang dapat dipikul. Agar persyaratan tersebut terpenuhi dan menghindari kesalahan pemasangan di lapangan yang disebabkan terlalu banyak ukuran profil, maka akan dipilih tiga macam dimensi gording yang paling maksimum, yaitu:

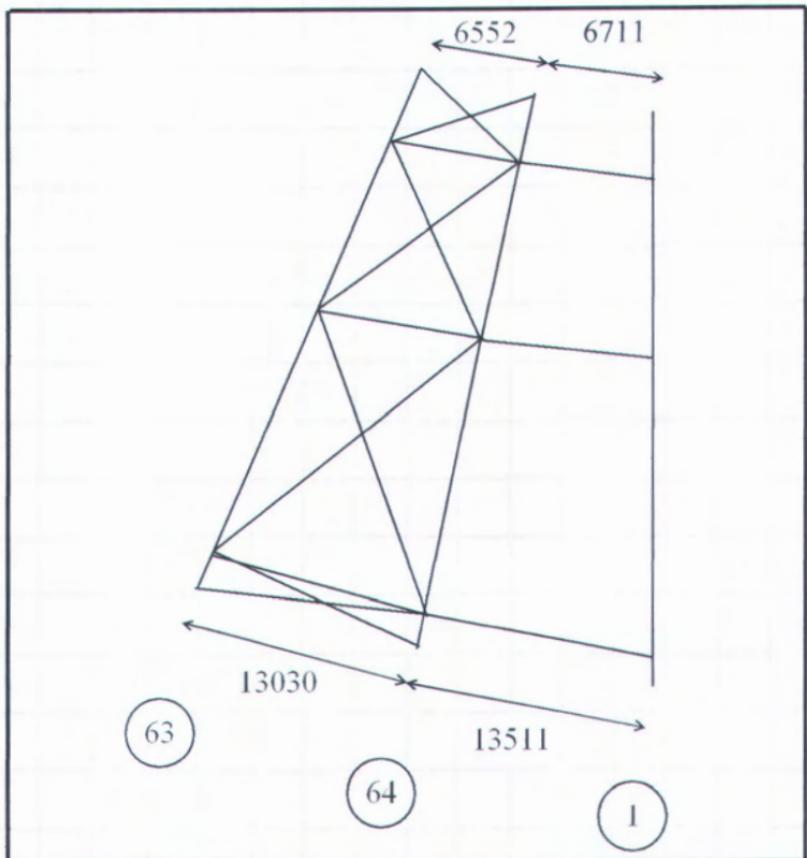
1. 165,2 – 7 untuk bentang dibawah 10500 mm
2. 216,3 – 4,5 untuk bentang 11000 mm – 12400 mm
3. 216,3 – 7 untuk bentang 13000 mm – 13500 mm

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

5.1. Perencanaan Pembebaan

5.1.1. Perhitungan Beban Vertikal Akibat Beban Atap



Bambar 5.1 Frame Atap

Pembebaan rangka atap akibat gordig dalam hal ini adalah beban-beban yang bekerja pada konstruksi rangka atap berupa

beban P (beban terpusat) yang bekerja di tiap titik simpul gording atap, karena jarak antar gording yang dekat, maka untuk memudahkan perhitungan, beban-beban diasumsikan beban merata, dan diperhitungkan disetiap segmen antara dua frame.

a. Data atap

- Jenis atap : kalzip
- Tebal : 0,9 mm
- Berat : 6 kg/m²
- Jarak miring gording : 1500 mm
- Jarak horizontal gording : 1434,45 mm
- Berat penutup atap : 6 x 1,5 = 9,00 kg/m
- Profil gording : baja profil CHS
 - 1. 165,2 – 7 untuk bentang kurang dari 10500 mm
g = 27,3 kg/m
 - 2. 216,3 – 4,5 untuk bentang 11000 – 12400 mm
g = 23,5 kg/m
 - 3. 216,3 – 7 untuk bentang 13000 – 13500 mm
g = 36,1 kg/m
- Mutu baja : BJ 52
 - fu : 5200 kg/cm²
 - fy : 3600 kg/cm²
 - E : 2 x 10⁶ kg/cm²

b. Perhitungan Beban yang Terjadi

1. Akibat beban mati dari gording dan penutup atap

Sebagai contoh perhitungan, akan dipakai frame no.64 yang memakai tiga macam profil gording.

Beban mati akibat profil 1

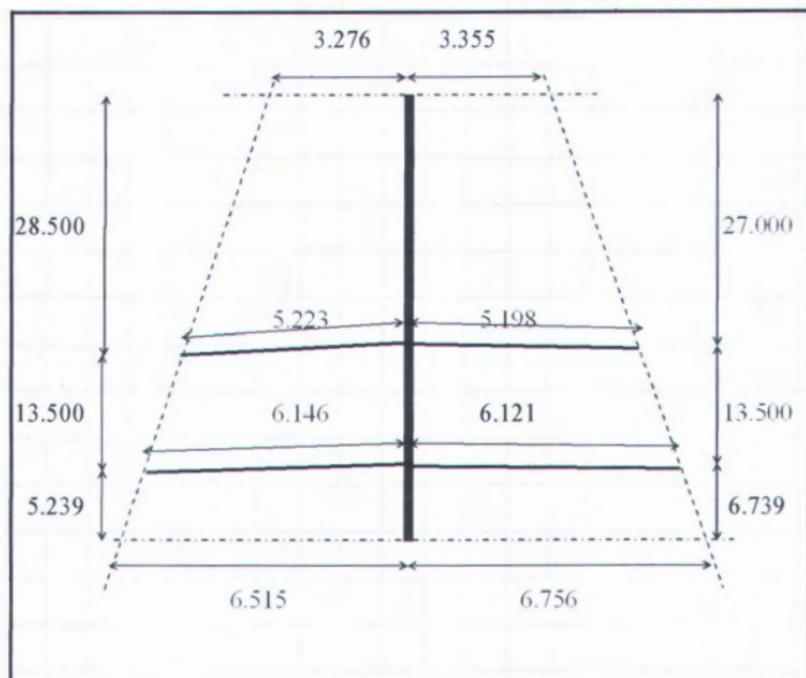
- Berat penutup atap 6 kg/m² x 1,5 m = 9,00 kg/m
- Berat gording = 27,30 kg/m
36,30 kg/m
- Berat sambungan dll (10%) = 3,63 kg/m
39,93 kg/m

Beban mati akibat profil 2

- Berat penutup atap $6 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 9,00 \text{ kg/m}$
- Berat gording $= \underline{23,50} \text{ kg/m}$
 $32,50 \text{ kg/m}$
- Berat sambungan dll (10%) $= \underline{3,25} \text{ kg/m}$
 $35,75 \text{ kg/m}$

Beban mati akibat profil 3

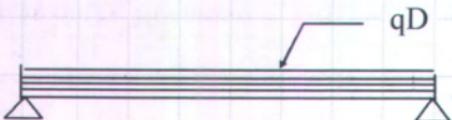
- Berat penutup atap $6 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 9,00 \text{ kg/m}$
- Berat gording $= \underline{36,10} \text{ kg/m}$
 $45,10 \text{ kg/m}$
- Berat sambungan dll (10%) $= \underline{4,51} \text{ kg/m}$
 $49,61 \text{ kg/m}$



Gambar 5.2 Pembebanan pada Frame Box Girder

- Langkah 1

Beban mati yang terjadi pada gording



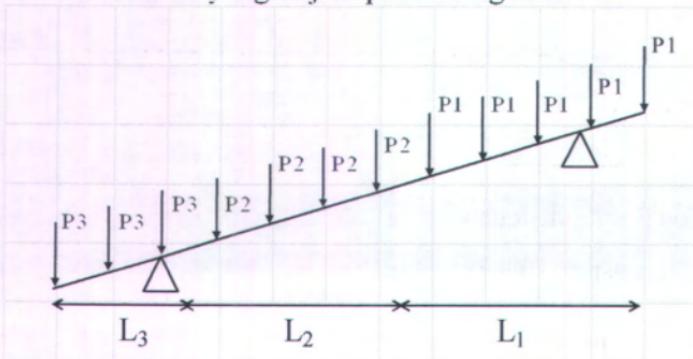
$$qD_1 = 39,93 \text{ kg/m}$$

$$qD_2 = 35,75 \text{ kg/m}$$

$$qD_3 = 49,61 \text{ kg/m}$$

- Langkah 2

Beban mati yang terjadi pada box girder



$$P = qD \times 0,5 \times S \text{ maks}$$

Antara frame 63 dan 64

$$P1 = 39,93 \times 0,5 \times 10,45 = 208,6 \text{ kg}$$

$$P2 = 35,75 \times 0,5 \times 12,291 = 219,7 \text{ kg}$$

$$P3 = 49,61 \times 0,5 \times 13,03 = 323,2 \text{ kg}$$

Antara frame 64 dan 65

$$P1 = 39,93 \times 0,5 \times 10,396 = 207,6 \text{ kg}$$

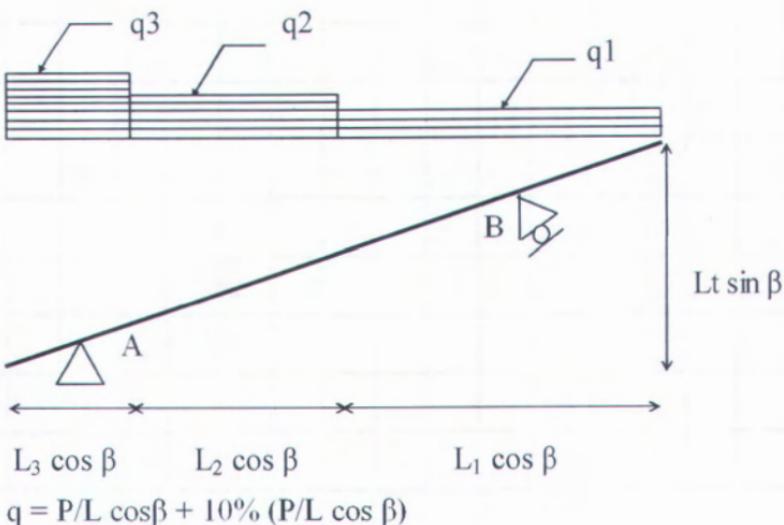
$$P2 = 35,75 \times 0,5 \times 12,242 = 218,8 \text{ kg}$$

$$P3 = 49,61 \times 0,5 \times 13,511 = 335,1 \text{ kg}$$

- Langkah 3

Beban mati yang terjadi pada frame box girder dikonversi menjadi beban merata.

Beban yang ada ditambah 10% dianggap sebagai beban bresing.



Antara frame 63 dan 64

$$q_1 = 208,6 / 1,43 = 159,9 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 219,7 / 1,43 = 168,5 \text{ kg/m}$$

$$q_3 = 323,2 / 1,43 = 247,9 \text{ kg/m}$$

Antara frame 64 dan 65

$$q_1 = 207,6 / 1,43 = 159,2 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 218,8 / 1,43 = 167,8 \text{ kg/m}$$

$$q_3 = 335,1 / 1,43 = 257 \text{ kg/m}$$

Untuk penjumlahan beban gording sebelah kiri dan kanan frame, pada frame no.64 diambil penjumlahan beban yang paling maksimum.

$$q_1 = 159,9 + 159,2 = 319,09 \text{ kg/m (27,000 m)}$$

$$q_2 = 168,5 + 167,8 = 336,28 \text{ kg/m (13,500 m)}$$

$$q_3 = 247,9 + 257,0 = 504,85 \text{ kg/m (6,739 m)}$$

2. Akibat beban hidup

beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup terbagi rata berdasarkan PPI (pasal 3.2 (2a)) diambil yang paling menentukan diantara beban yang berasal dari air hujan, dan ketentuan ini tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 serta beban terpusat dari pekerja dan peralatannya.

- a. Beban terbagi rata per m^2 berasal dari beban air hujan

$$q = (40 - 0,8\alpha) \text{ kg/m}^2 \leq 20 \text{ kg/m}^2$$

$$= 40 - 0,8 \times 17^\circ$$

$$= 26,40 \text{ kg/m}^2 > 20,00 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 20,00 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 20,00 \times 1,434$$

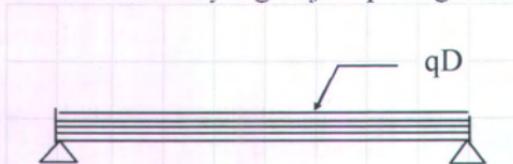
$$= 28,689 \text{ kg/m}$$

- b. Beban terpusat berasal dari pekerja+peralatan $P=100 \text{ kg}$

Dari perhitungan pada bab IV, beban yang paling menentukan adalah beban terbagi rata yang berasal dari air hujan.

- Langkah 1

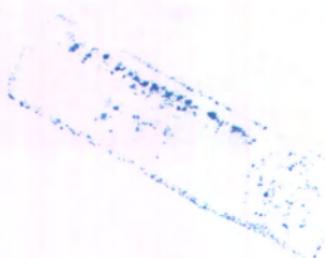
Beban mati yang terjadi pada gording

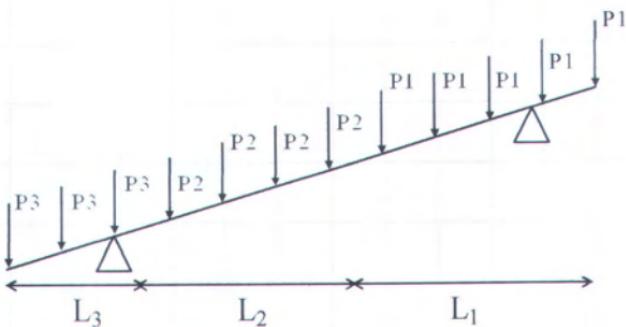


$$qL = 28,69 \text{ kg/m}$$

- Langkah 2

Beban mati yang terjadi pada box girder





$$P = qD \times 0.5 \times S \text{ maks}$$

Antara frame 63 dan 64

$$P1 = 28,69 \times 0.5 \times 10,446 = 149,8 \text{ kg}$$

$$P2 = 28,69 \times 0.5 \times 12,291 = 176,3 \text{ kg}$$

$$P3 = 28,69 \times 0.5 \times 13,03 = 186,9 \text{ kg}$$

Antara frame 64 dan 65

$$P1 = 28,69 \times 0.5 \times 10,396 = 149,1 \text{ kg}$$

$$P2 = 28,69 \times 0.5 \times 12,242 = 175,6 \text{ kg}$$

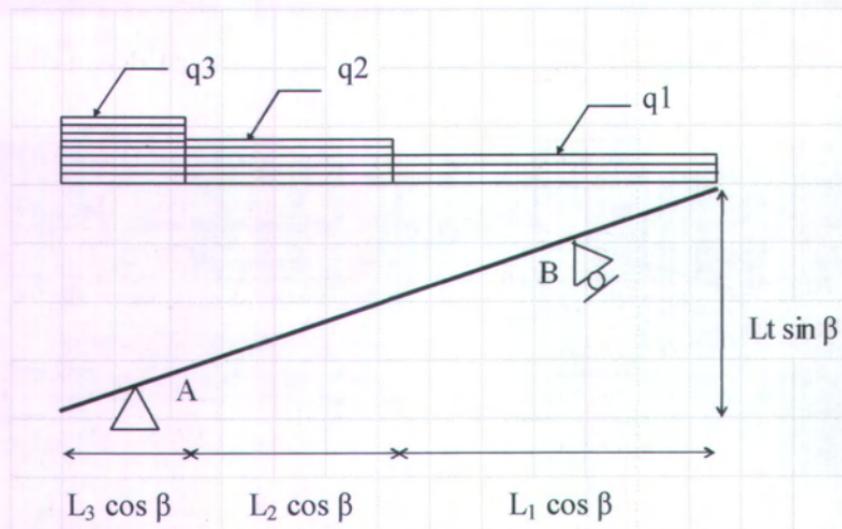
$$P3 = 28,69 \times 0.5 \times 13,511 = 193,8 \text{ kg}$$

- Langkah 3

Beban mati yang terjadi pada frame box girder dikonversi menjadi beban merata.

Beban yang ada ditambah 10%, dianggap sebagai beban bresing.





$$q = P/L \cos \beta + 10\% (P/L \cos \beta)$$

Antara frame 63 dan 64

$$q_1 = 149,8 / 1,43 = 104,5 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 176,3 / 1,43 = 122,4 \text{ kg/m}$$

$$q_3 = 186,9 / 1,43 = 130,3 \text{ kg/m}$$

Antara frame 64 dan 65

$$q_1 = 149,1 / 1,43 = 104 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 175,6 / 1,43 = 122,4 \text{ kg/m}$$

$$q_3 = 193,8 / 1,43 = 135,1 \text{ kg/m}$$

Untuk penjumlahan beban gording sebelah kiri dan kanan frame, pada frame no.64 diambil penjumlahan beban yang paling maksimum.

$$q_1 = 104,5 + 104,0 = 208,42 \text{ kg/m (27,000 m)}$$

$$q_2 = 122,9 + 122,4 = 245,33 \text{ kg/m (13,500 m)}$$

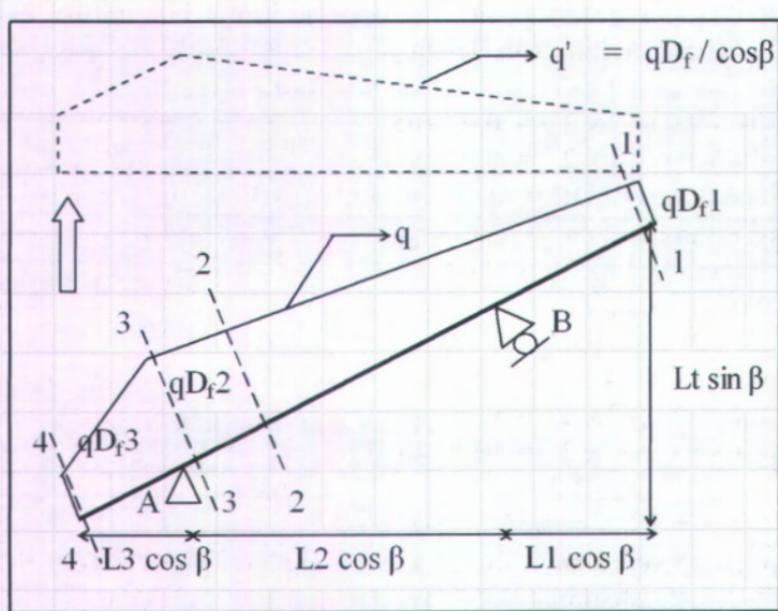
$$q_3 = 130,3 + 135,1 = 265,41 \text{ kg/m (6,739 m)}$$

Untuk perhitungan beban-beban frame yang lain, akan ditunjukkan dalam table 5.1

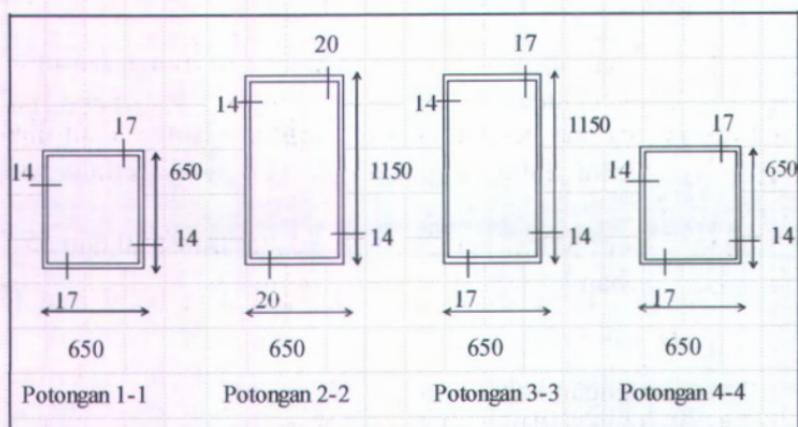
Tabel 5.1 Perhitungan Beban yang Terjadi Akibat Beban Hidup dan Beban Mati

No	Frame	Jarak Beban			qD (kg/m)			qL (kg/m)		
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃
22	53	10.390	-	-	161.62	-	-	117.91	-	-
21	54	6.000	10.344	-	331.59	397.49	-	241.91	241.91	-
20	55	6.000	15.188	-	323.49	478.57	-	236.00	251.60	-
19	56	10.500	16.653	-	311.22	403.07	-	215.00	244.59	-
18	57	15.000	16.344	-	317.36	327.68	-	207.29	239.06	-
17	58	19.500	13.871	-	318.33	334.94	-	207.92	244.35	-
16	59	24.000	12.182	-	319.06	335.94	-	208.40	245.08	-
15	60	13.500	26.642	-	318.10	330.66	-	207.77	241.23	-
14	61	22.500	17.868	-	313.86	340.42	-	205.00	248.35	-
13	62	25.500	18.264	-	315.33	352.23	-	205.96	256.97	-
12	63	28.500	13.500	3.474	319.09	342.63	422.00	208.42	249.96	257.35
11	64	27.000	13.500	6.739	319.09	336.28	504.85	208.42	245.33	265.41
10	1	27.000	13.500	8.556	322.74	331.39	420.58	210.81	229.27	241.96
9	2	49.630	-	-	309.94	-	-	202.44	-	-
8	3	49.892	-	-	299.98	-	-	195.94	-	-
7	4	50.101	-	-	306.87	-	-	200.44	-	-
6	5	50.258	-	-	306.35	-	-	200.10	-	-

Dimensi frame box girder direncanakan berukuran lebih kecil pada ujung frame, dan membesar pada pangkal (pada perlakuan kolom). Sehingga beban yang ada akan berbentuk trapezium. Dimensinya akan dicoba dengan ukuran berikut:



Gambar 5.3 Tipikal Beban yang Terjadi Akibat Beban Sendiri Box Girder



Gambar 5.4 Potongan Box Girder Awal untuk Perencanaan

Perhitungan beban yang terjadi pada frame box girder akibat beban sendiri:

Potongan 1 – 1 :

$$0,65 \times 0,017 \times 2 = 0,022 \text{ m}^2$$

$$0,65 \times 0,014 \times 2 = \underline{0,018} \text{ m}^2$$

$$qDf1 = 0,04 \times 7850 = 316,36 \text{ kg/m}$$

Potongan 2 – 2 dan 3 – 3 :

$$0,65 \times 0,02 \times 2 = 0,026 \text{ m}^2$$

$$1,15 \times 0,014 \times 2 = \underline{0,032} \text{ m}^2$$

$$qDf1 = 0,058 \times 7850 = 456,87 \text{ kg/m}$$

Potongan 4 – 4 :

$$0,65 \times 0,017 \times 2 = 0,022 \text{ m}^2$$

$$0,65 \times 0,014 \times 2 = \underline{0,018} \text{ m}^2$$

$$qDf1 = 0,04 \times 7850 = 316,36 \text{ kg/m}$$

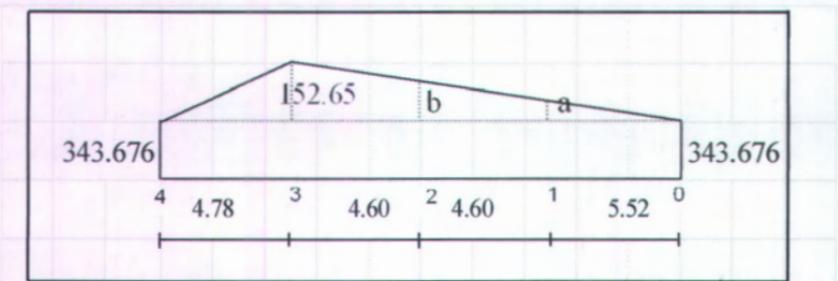
Untuk perencanaan dimensi box girder, frame akan dibagi menjadi 4 macam:

1. Frame nomor 53 – 57 dan 22 – 18
2. Frame nomor 58 – 61 dan 17 – 14
3. Frame nomor 62 – 1 dan 13 – 10
4. Frame nomor 2 – 5 dan 9 – 6

Dalam hal ini tidak diperhitungkan tiap frame, perhitungan hanya akan dilakukan pada empat frame saja yang paling maksimum, karena penggunaan di lapangan hanya akan dipakai beberapa macam dimensi frame saja agar tidak terlalu banyak macamnya.

1. Fame nomor 53 – 57 dan 22 – 18, dipakai frame 20 dan 55

- jarak beban $L_1 = 6,000 \text{ m}$
- $L_2 = 15,188 \text{ m}$
- Sudut $\beta = 23^\circ$
- Sudut dengan kabel $\alpha = 72^\circ$
- Jarak antar perletakan $S_1 = 6,000 \text{ m}$
- $S_2 = 9,994 \text{ m}$
- $S_3 = 5,194 \text{ m}$



Gambar 5.5 Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 20 dan 25

Melalui perbandingan segitiga, akan didapatkan nilai a dan b

$$a = 57,226 \text{ kg/m}$$

$$b = 104,958 \text{ kg/m}$$

Dari beban segitiga yang didapat, akan diubah dalam bentuk beban merata.

$$0 - 1 = 57,226 / 2 = 28,63 + 343,676 = 372,308 \text{ kg/m}$$

$$1 - 2 = 162,223 / 2 = 81,11 + 343,676 = 424,787 \text{ kg/m}$$

$$2 - 3 = 257,608 / 2 = 128,80 + 343,676 = 472,479 \text{ kg/m}$$

$$3 - 4 = 152,650 / 2 = 76,32 + 343,676 = 420,001 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban sendiri pada frame 20 dan 55} = \underline{\underline{1689,575 \text{ kg/m}}}$$

2. Fame nomor 58 – 61 dan 17 – 14, dipakai frame 14 dan 61

$$\text{- jarak beban} \quad L_1 = 22,500 \text{ m}$$

$$L_2 = 17,868 \text{ m}$$

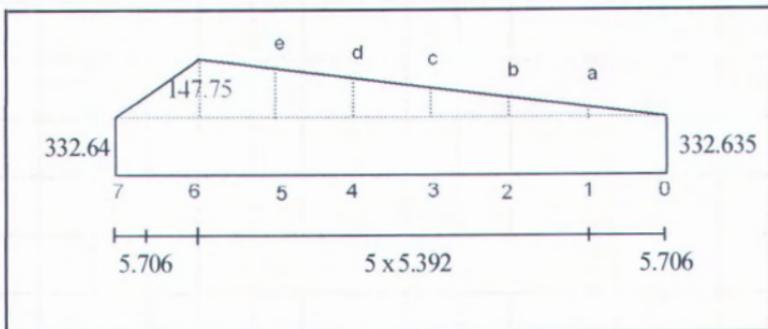
$$\text{- Sudut} \quad \beta = 18^\circ$$

$$\text{- Sudut dengan kabel} \quad \alpha = 42^\circ$$

$$\text{- Jarak antar perletakan} \quad S_1 = 6,000 \text{ m}$$

$$S_2 = 28,368 \text{ m}$$

$$S_3 = 6,000 \text{ m}$$



Gambar 5.6 Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 14 dan 61

Melalui perbandingan segitiga, akan didapatkan nilai a dan b

- a. 25.794 kg/m
- b. 50.184 kg/m
- c. 74.575 kg/m
- d. 98.965 kg/m
- e. 123.356 kg/m
- f. 147.747 kg/m

Dari beban segitiga yang didapat, akan diubah dalam bentuk beban merata.

$$0-1 = 25.794 / 2 = 12.90 + 332.635 = 345.532 \text{ kg/m}$$

$$1-2 = 75.978 / 2 = 37.99 + 332.635 = 370.624 \text{ kg/m}$$

$$2-3 = 124.759 / 2 = 62.38 + 332.635 = 395.015 \text{ kg/m}$$

$$3-4 = 173.540 / 2 = 86.77 + 332.635 = 419.405 \text{ kg/m}$$

$$4-5 = 222.321 / 2 = 111.16 + 332.635 = 443.796 \text{ kg/m}$$

$$5-6 = 271.102 / 2 = 135.55 + 332.635 = 468.186 \text{ kg/m}$$

$$6-7 = 147.746 / 2 = 73.87 + 332.635 = 406.508 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total beban sendiri pada frame 20 dan 55} = \underline{\underline{2849,067 \text{ kg/m}}}$$

3. Fame nomor 62 – 1 dan 13 – 10, dipakai frame 11 dan 64

- jarak beban $L_1 = 27,000 \text{ m}$

$$L_2 = 13,500 \text{ m}$$

$$L_3 = 6,739 \text{ m}$$

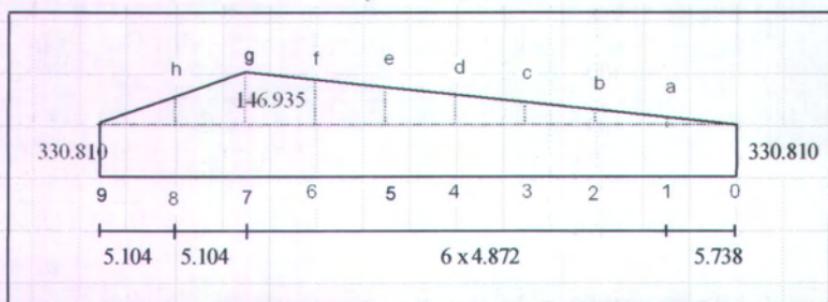
- Sudut $\beta = 17^\circ$

- Sudut dengan kabel $\alpha = 40^\circ$

- Jarak antar perletakan $S_1 = 6,000 \text{ m}$

$$S_2 = 30,565 \text{ m}$$

$$S_3 = 10,674 \text{ m}$$



Gambar 5.7 Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 11 dan 64

Melalui perbandingan segitiga, akan didapatkan nilai a dan b.

a = 24.111 kg/m

b = 44.582 kg/m

c = 65.052 kg/m

d = 85.523 kg/m

e = 105.994 kg/m

f = 126.465 kg/m

g = 146.935 kg/m

h = 73.468 kg/m

Dari beban yang didapat, akan diubah dalam bentuk beban merata

$$0-1 = 24.111 / 2 = 12.06 + 330.810 = 342.865 \text{ kg/m}$$

$$1-2 = 68.692 / 2 = 34.35 + 330.810 = 365.156 \text{ kg/m}$$

$$2-3 = 109.634 / 2 = 54.82 + 330.810 = 385.627 \text{ kg/m}$$

$$3-4 = 150.575 / 2 = 75.29 + 330.810 = 406.098 \text{ kg/m}$$

$$4-5 = 191.517 / 2 = 95.76 + 330.810 = 426.568 \text{ kg/m}$$

$$5-6 = 232.458 / 2 = 116.23 + 330.810 = 447.039 \text{ kg/m}$$

$$6-7 = 273.400 / 2 = 136.70 + 330.810 = 467.510 \text{ kg/m}$$

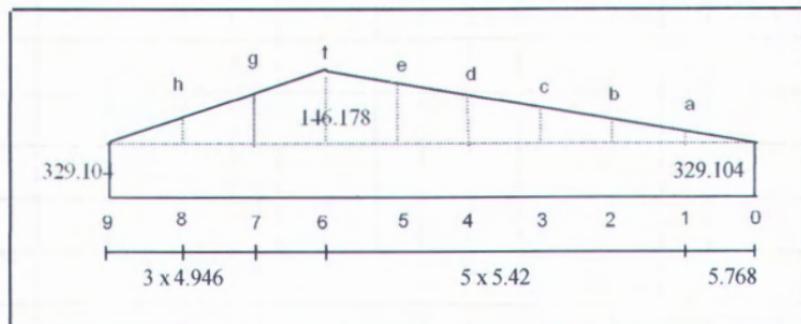
$$7-8 = 220.403 / 2 = 110.20 + 330.810 = 441.011 \text{ kg/m}$$

$$8-9 = 73.468 / 2 = 36.73 + 330.810 = \underline{\underline{367.544 \text{ kg/m}}}$$

Total beban sendiri pada frame 20 dan 55 = 3649,418 kg/m

4. Fame nomor 2 – 5 dan 9 – 6, dipakai frame 9 dan 2

- jarak beban $L_1 = 49,630 \text{ m}$
- Sudut $\beta = 16^\circ$
- Sudut dengan kabel $\alpha = 38^\circ$
- Jarak antar perletakan $S_1 = 6,000 \text{ m}$
 $S_2 = 28,194 \text{ m}$
 $S_3 = 15,436 \text{ m}$



Gambar 5.8 Bentuk Beban Akibat Berat Sendiri Box Frame 9 dan

Melalui perbandingan segitiga, akan didapatkan nilai a dan b.

a =	25.650	kg/m
b =	49.755	kg/m
c =	73.861	kg/m
d =	97.966	kg/m
e =	122.072	kg/m
f =	146.178	kg/m
g =	97.452	kg/m
h =	48.726	kg/m

Dari perbandingan segitiga yang didapat, akan diubah dalam bentuk beban merata.

0-1 =	25.650	/	2	=	12.82	+	329.104	=	341.929	kg/m
1-2 =	75.405	/	2	=	37.70	+	329.104	=	366.806	kg/m
2-3 =	123.616	/	2	=	61.81	+	329.104	=	390.912	kg/m
3-4 =	171.827	/	2	=	85.91	+	329.104	=	415.018	kg/m
4-5 =	220.038	/	2	=	110.02	+	329.104	=	439.123	kg/m
5-6 =	268.250	/	2	=	134.12	+	329.104	=	463.229	kg/m
6-7 =	243.629	/	2	=	121.81	+	329.104	=	450.919	kg/m
7-8 =	146.178	/	2	=	73.09	+	329.104	=	402.193	kg/m
8-9 =	48.726	/	2	=	24.36	+	329.104	=	353.467	kg/m

Total beban sendiri pada frame 9 dan 2 = 3623,595 kg/m

5.1.2. Perhitungan Beban Akibat Beban Gempa

Pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa static equivalen. Respons spektrum gempa rencana diatur dalam SNI-03-1726-2002.

C = Faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi

I = 1,6 (faktor keutamaan, tabel 1)

T = waktu getar alami struktur dinyatakan dalam detik

R = 4,5 (Sistem Rangka Pemikul Beban Biasa untuk baja, tabel 3)

Tc = 1 detik (untuk wilayah gempa 2 dan jenis tanah lunak)

Am = Ar = 0,5 (tabel 6)

Tabel 5.2. Hubungan T dan C

T	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
C	0.5	0.50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.417

Masukkan $T > T_c \rightarrow C = \frac{Ar}{T} = \frac{0.50}{T}$ (SNI-1726 Pasal 4.7.6)

Nilai C di atas dikalikan dengan faktor = f (SNI-1726 Pasal 7.2.1)

$$f = \frac{I}{R} = \frac{1.6}{4.5} = 0.356$$

Tabel 5.3. Hubungan T dan C setalah dikali f

T	C
0	0.178
0.1	0.178
0.2	0.178
0.4	0.178
0.6	0.178
0.8	0.178
1.0	0.178
1.2	0.148
1.4	0.127
...	...

$$= \frac{0.5}{T} \times 0.356$$

Arah Pembebanan Gempa

Arah utama pengaruh gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap sistem struktur, sesuai SNI-1726-2002.

- Gempa vertikal (SNI-1726 Pasal 4.8.1)

Beban vertikal ke bawah atau ke atas :

$$\mathbf{V} = C_v \times \mathbf{W}$$

Dimana :

$$C_v = \psi A.I$$

$$\Psi = 0.5 \text{ (Zone 2) (tabel 7)}$$

$$A = 0.20 \text{ (tanah lunak) (tabel 5)}$$

$$I = 1,6 \text{ (tabel 1)}$$

$$W = \text{massa bangunan}$$

Perhitungan Pembebanan Vertikal Atap

1. Frame nomor 53 – 57 dan 22 – 18., yang dipakai frame 5 dan 20.
 - Beban mati akibat gording dan penutup atap
 $qD1 = 323,49 \text{ kg/m} \times 5,52 \text{ m} = 1786,663 \text{ kg}$
 $qD2 = 478,57 \text{ kg/m} \times 13,98 \text{ m} = 6690,756 \text{ kg}$
 - Beban hidup akibat air hujan

$$qL1 = 236,00 \text{ kg/m} \times 5,52 \text{ m} = 1303,435 \text{ kg}$$

$$qL2 = 251,60 \text{ kg/m} \times 13,98 \text{ m} = 3517,456 \text{ kg}$$

- Beban mati akibat berat sendiri

$$qD_f1 = 372,31 \text{ kg/m} \times 5,52 \text{ m} = 2056,270 \text{ kg}$$

$$qD_f2 = 424,79 \text{ kg/m} \times 4,60 \text{ m} = 1953,901 \text{ kg}$$

$$qD_f3 = 472,48 \text{ kg/m} \times 4,60 \text{ m} = 2173,271 \text{ kg}$$

$$qD_f4 = 420,00 \text{ kg/m} \times 4,78 \text{ m} = \underline{\underline{2008,104}} \text{ kg}$$

$$\text{Berat total untuk satu frame} \quad 21489,855 \text{ kg}$$

Maka berat total untuk frame 53 – 57 dan 22 – 18

adalah: $21489,855 \times 5 \times 2 = \underline{\underline{214898,554}}$ kg

2. Frame nomor 58 – 61 dan 17 – 14., yang dipakai frame 61 dan 14.

- Beban mati akibat gording dan penutup atap

$$qD1 = 313,86 \text{ kg/m} \times 21,40 \text{ m} = 6716,133 \text{ kg}$$

$$qD2 = 340,42 \text{ kg/m} \times 16,99 \text{ m} = 5784,952 \text{ kg}$$

- Beban hidup akibat air hujan

$$qL1 = 205,00 \text{ kg/m} \times 21,40 \text{ m} = 4386,748 \text{ kg}$$

$$qL2 = 248,35 \text{ kg/m} \times 16,99 \text{ m} = 4220,330 \text{ kg}$$

- Beban mati akibat berat sendiri

$$qD_f1 = 345,53 \text{ kg/m} \times 5,71 \text{ m} = 1971,742 \text{ kg}$$

$$qD_f2 = 370,62 \text{ kg/m} \times 5,40 \text{ m} = 1999,857 \text{ kg}$$

$$qD_f3 = 395,01 \text{ kg/m} \times 5,40 \text{ m} = 2131,466 \text{ kg}$$

$$qD_f4 = 419,41 \text{ kg/m} \times 5,40 \text{ m} = 2263,075 \text{ kg}$$

$$qD_f5 = 443,80 \text{ kg/m} \times 5,40 \text{ m} = 2394,684 \text{ kg}$$

$$qD_f6 = 468,19 \text{ kg/m} \times 5,40 \text{ m} = 2526,293 \text{ kg}$$

$$qD_f7 = 406,51 \text{ kg/m} \times 5,71 \text{ m} = \underline{\underline{2319,675}} \text{ kg}$$

$$\text{Berat total untuk satu frame} \quad 36714,937 \text{ kg}$$

Maka berat total untuk frame 58 – 61 dan 17 – 14 adalah: $36714,937 \times 4 \times 2 = \underline{\underline{293719,494}}$ kg

3. Frame nomor 62 – 1 dan 13 – 10., yang dipakai frame 64 dan 11.

- Beban mati akibat gording dan penutup atap

$$qD1 = 319,09 \text{ kg/m} \times 25,82 \text{ m} = 8239,029 \text{ kg}$$

$$qD2 = 336,28 \text{ kg/m} \times 12,91 \text{ m} = 4341,443 \text{ kg}$$

$$qD3 = 504,85 \text{ kg/m} \times 6,44 \text{ m} = 3253,536 \text{ kg}$$

- Beban hidup akibat air hujan

$$qL1 = 208,42 \text{ kg/m} \times 25,82 \text{ m} = 5381,452 \text{ kg}$$

$$qL2 = 245,33 \text{ kg/m} \times 12,91 \text{ m} = 3167,238 \text{ kg}$$

$$qL3 = 265,41 \text{ kg/m} \times 6,44 \text{ m} = 1710,445 \text{ kg}$$

- Beban mati akibat berat sendiri

$$qD_f1 = 342,87 \text{ kg/m} \times 5,74 \text{ m} = 1967,302 \text{ kg}$$

$$qD_f2 = 365,16 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 1778,885 \text{ kg}$$

$$qD_f3 = 385,63 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 1878,610 \text{ kg}$$

$$qD_f4 = 406,10 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 1978,335 \text{ kg}$$

$$qD_f5 = 426,57 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 2078,060 \text{ kg}$$

$$qD_f6 = 447,04 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 2177,785 \text{ kg}$$

$$qD_f7 = 467,51 \text{ kg/m} \times 4,87 \text{ m} = 2277,509 \text{ kg}$$

$$qD_f8 = 441,01 \text{ kg/m} \times 5,10 \text{ m} = 2250,833 \text{ kg}$$

$$qD_f9 = 367,54 \text{ kg/m} \times 5,10 \text{ m} = \underline{\underline{1875,869}} \text{ kg}$$

Berat total untuk satu frame 42645,886 kg

Maka berat total untuk frame 62 – 1 dan 13 – 10 adalah: $42645,886 \times 4 \times 2 = \underline{\underline{341167,087}}$ kg

4. Frame nomor 2 – 5 dan 9 – 6., yang dipakai frame 2 dan 9.

- Beban mati akibat gording dan penutup atap

$$qD1 = 309,94 \text{ kg/m} \times 47,707 \text{ m} = 14786,277 \text{ kg}$$

- Beban hidup akibat air hujan

$$qL1 = 202,44 \text{ kg/m} \times 47,707 \text{ m} = 9657,890 \text{ kg}$$

- Beban mati akibat berat sendiri

$$qD_f1 = 341,93 \text{ kg/m} \times 5,77 \text{ m} = 1972,098 \text{ kg}$$

$$qD_f2 = 366,81 \text{ kg/m} \times 5,42 \text{ m} = 1988,237 \text{ kg}$$

$$qD_f3 = 390,91 \text{ kg/m} \times 5,42 \text{ m} = 2118,899 \text{ kg}$$

$$qD_f4 = 415,02 \text{ kg/m} \times 5,42 \text{ m} = 2249,561 \text{ kg}$$

$$qD_f5 = 439,12 \text{ kg/m} \times 5,42 \text{ m} = 2380,224 \text{ kg}$$

$$qD_f6 = 463,23 \text{ kg/m} \times 5,42 \text{ m} = 2510,886 \text{ kg}$$

$$qD_f7 = 450,92 \text{ kg/m} \times 4,95 \text{ m} = 2230,220 \text{ kg}$$

$$qD_f8 = 402,19 \text{ kg/m} \times 4,95 \text{ m} = 1989,224 \text{ kg}$$

$qDg = 353,47 \text{ kg/m} \times 4,95 \text{ m} = 1748,229 \text{ kg}$
 Berat total untuk satu frame $43631,745 \text{ kg}$
 Maka berat total untuk frame 2 – 5 dan 9 – 6
 adalah: $43631,745 \times 4 \times 2 = 349053,957 \text{ kg}$

Berat total seluruh atap (W) adalah:

1. 214898,554 kg
 2. 293719,494 kg
 3. 341167,0866 kg
 4. 349053,9572 kg
- 1198839,092 kg

Sehingga :

$$\begin{aligned} C_v &= \psi A.I \\ &= 0,5 \times 0,20 \times 1,6 \\ &= 0,16 \\ V &= C_v \times W \\ &= 0,16 \times 1198839,092 \\ &= 191814,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Taksiran waktu getar alami T, secara empiris.

$$\begin{aligned} T &= C_t (h_n)^{3/4} \\ &= 0,0853 (60)^{3/4} \\ &= 1,84 \text{ detik} \end{aligned}$$

Kontrol $T = 9 \text{ detik}$ (dari SAP) $> T_{\text{empiris}} \rightarrow \text{ok}$

- Gempa horisontal (SNI–1726 Pasal 5.8.3)

Arah pembebangan gempa

$$\Rightarrow 100\%X + 30\%Y$$

$$\Rightarrow 100\%Y + 30\%X$$

5.1.3. Perhitungan Beban Lateral Akibat Beban Angin

Beban angin dihitung berdasarkan UBC 1997

$$P = C_e \times C_q \times q_s \times I_w$$

Dimana:

$$C_e = 1,71$$

$$C_q = \text{Metode 2 (luas proyeksi)}$$

$$\text{a. } 1,2$$

$$b. \pm 1,4$$

$$qs = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$Iw = 1,15$$

Maka:

$$P1 = 1,71 \times 1,2 \times 40 \times 1,15 = 94,39 \text{ kg/m}^2 (V)$$

$$P2 = 1,71 \times \pm 1,4 \times 40 \times 1,15 = \pm 110,12 \text{ kg/m}^2 (H)$$

Tabel 5.4 Perhitungan Beban Angin per Meter

No	L horizontal	L vertikal	qW (kg/m)				
			Tekan		Hisap		
			H	V	H	V	
22	53	5,52	5,04	554,69	521,04	554,69	521,04
21	54	11,73	6,91	760,63	1106,7	760,63	1106,7
20	55	12,31	8,28	911,66	1162	911,66	1162
19	56	11,73	10,17	1120,1	1107,2	1120,1	1107,2
18	57	11,53	11,23	1236,9	1087,9	1236,9	1087,9
17	58	11,80	11,41	1256,9	1113,8	1256,9	1113,8
16	59	11,84	11,78	1297,2	1117,1	1297,2	1117,1
15	60	11,64	12,40	1366	1098,3	1366	1098,3
14	61	12,00	12,47	1373,7	1132,7	1373,7	1132,7
13	62	12,45	13,52	1489,2	1175,2	1489,2	1175,2
12	63	12,45	13,30	1464,1	1175,2	1464,1	1175,2
11	64	12,85	13,81	1520,9	1212,9	1520,9	1212,9
10	1	11,90	13,52	1489	1123,3	1489	1123,3
9	2	10,13	13,68	1506,4	956,19	1506,4	956,19
8	3	9,80	14,59	1606,3	924,57	1606,3	924,57
7	4	10,02	14,65	1613,1	945,81	1613,1	945,81
6	5	10,01	14,69	1618,1	944,39	1618,1	944,39

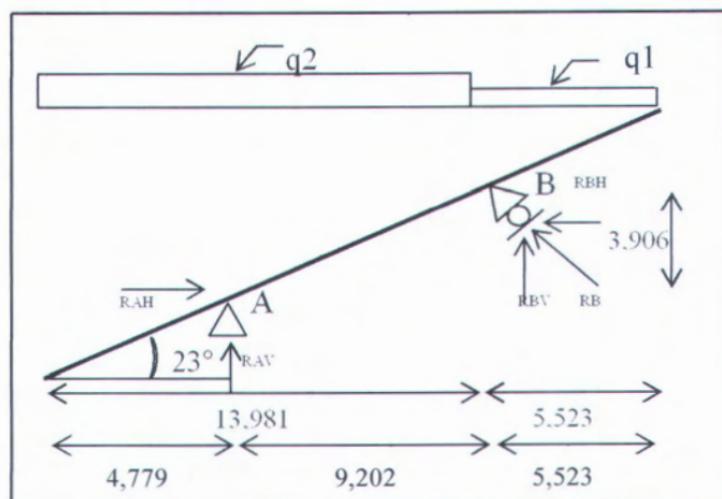
5.2. Perhitungan Dimensi Frame yang Dipakai Dalam Perhitungan Struktur

Contoh Perhitungan:

Perencanaan dimensi frame, dipakai frame nomor 20 dan 55

Perhitungan momen maksimum yang terjadi:

- Jarak beban L1 : 6,000 m
 L2 : 15,188 m
- Sudut : 23°
- Sudut dengan kabel : 72°
- Beban mati (qD) qD1 : 323,49 kg/m
 qD2 : 478,57 kg/m
- Beban hidup (qL) qL1 : 236,00 kg/m
 qL2 : 251,60 kg/m
- Jarak antar perletakan S1 : 6,000 m
 S2 : 9,997 m
 S3 : 5,191 m



Gambar 5.9 Pembebatan pada frame 20 dan 55

- Akibat beban mati

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ &= (R_B \times 9,507) - (q_1 \times 5,523 \times 11,96) - (q_2 \times 9,20 \times 4,601) + (q_2 \times 4,779 \times 2,389)\end{aligned}$$

$$R_B = \frac{36171,933}{9,507} = 3804,636 \text{ kg} \quad (\text{arah } R_B \text{ searah kabel})$$

$$R_{BV} = R_B \cos 41^\circ = 2871,395 \text{ kg}$$

$$R_{BH} = R_B \sin 41^\circ = 2496,066 \text{ kg}$$

Untuk mencari R_{AV} dicari dulu R_{AH} dengan syarat keseimbangan horizontal.

$$\Sigma H = 0$$

$$R_{AH} = 2496,066 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$= (R_{AV} \times 9,20) - (R_{AH} \times 3,906) + (q_1 \times 5,523 \times 2,762) - (q_2 \times 13,981 \times 6,99)$$

$$R_{AV} = \frac{51586,176}{9,202} = 5606,024 \text{ kg}$$

$$R_{AV}' = R_{AV} \times \cos\beta = 5606,024 \times \cos 23^\circ = 5160,372 \text{ kg}$$

$$R_{AH}' = R_{AH} \times \sin\beta = 2496,066 \times \sin 23^\circ = 975,291 \text{ kg}$$

Gaya Lintang (D) = 0

Dari hasil perhitungan, didapatkan momen maksimum terjadi pada titik A. Momen maksimum (M_{uD})

$$M_{uD} = -5464,365 \text{ kgm}$$

- Akibat beban hidup

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ &= (R_B \times 9,507) - (q_1 \times 5,523 \times 11,96) - (q_2 \times 9,20 \times 4,601) + (q_2 \times 4,779 \times 2,389)\end{aligned}$$

$$R_B = \frac{23372,779}{9,507} = 2458,395 \text{ kg} \quad (\text{arah } R_B \text{ searah kabel})$$

$$R_{BV} = R_B \cos 41^\circ = 1855,375 \text{ kg}$$

$$R_{BH} = R_B \sin 41^\circ = 1612,852 \text{ kg}$$

Untuk mencari R_{AV} dicari dulu R_{AH} dengan syarat keseimbangan horizontal.

$$\Sigma H = 0$$

$$R_{AH} = 1612,852 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$= (R_{AV} \times 9,20) - (R_{AH} \times 3,906) + (q_1 \times 5,523 \times 2,762) - (q_2 \times 13,981 \times 6,99)$$

$$R_{AV} = \frac{27288,441}{9,202} = 2965,516 \text{ kg}$$

$$R_{AV}' = R_{AV} \times \cos\beta = 2965,516 \times \cos 23^\circ = 2729,772 \text{ kg}$$

$$R_{AH}' = R_{AH} \times \sin\beta = 1612,852 \times \sin 23^\circ = 630,192 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya Lintang (D)} = 0$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan momen maksimum terjadi pada titik A. Momen maksimum (M_{uD})

$$M_{uD} = -3599,454 \text{ kgm}$$

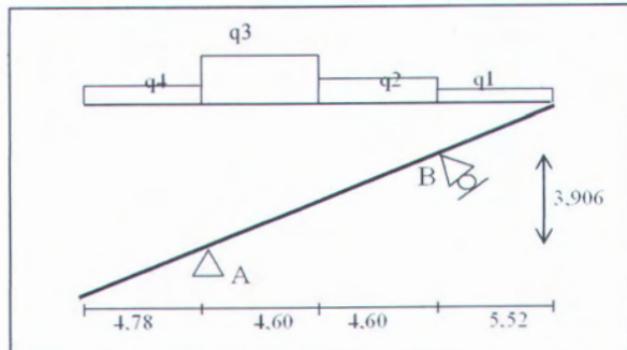
- Akibat beban sendiri

$$qD_f1 = 372,31 \text{ kg/m}$$

$$qD_f2 = 424,79 \text{ kg/m}$$

$$qD_f3 = 472,48 \text{ kg/m}$$

$$qD_f4 = 420,00 \text{ kg/m}$$



Gambar 5.10 Beban Sendiri Dikonversi Menjadi Beban Merata

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0 \\ &= (R_B \times 9,507) - (q_1 \times 5,523 \times 11,96) - (q_2 \times 4,60 \times 6,90) \\ &\quad - (q_3 \times 4,60 \times 2,3) + (q_4 \times 4,78 \times 2,391)\end{aligned}$$

$$R_B = \frac{38273,668}{9,507} = 4025,700 \text{ kg} \quad (\text{arah } R_B \text{ searah kabel})$$

$$R_{BV} = R_B \cos 41^\circ = 3038,235 \text{ kg}$$

$$R_{BH} = R_B \sin 41^\circ = 2641,097 \text{ kg}$$

Untuk mencari R_{AV} dicari dulu R_{AH} dengan syarat keseimbangan horizontal.

$$\Sigma H = 0$$

$$R_{AH} = 2641,097 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$= (R_{AV} \times 9,20) - (R_{AH} \times 3,906) + (q_1 \times 5,523 \times 2,762) - (q_2 \times 4,60 \times 2,3) - (q_3 \times 4,60 \times 6,90) - (q_4 \times 4,78 \times 11,59)$$

$$R_{AV} = \frac{47399,991}{9,202} = 5152,490 \text{ kg}$$

$$R_{AV}' = R_{AV} \times \cos\beta = 5152,490 \times \cos 23^\circ = 4742,892 \text{ kg}$$

$$R_{AH}' = R_{AH} \times \sin\beta = 2641,097 \times \sin 23^\circ = 1031,959 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya Lintang (D)} = 0$$

$$(R_{AV}' - R_{AH}') - (q_4 \times \cos 23 \times L4) - (q_3 \times \cos 23 \times X) = 0$$

$$3710,933 - (386,61 \times 4,78) - (434,920 \times X) = 0$$

$$X = 4,28 \text{ m (mendatar)}$$

$$Y = 1,82 \text{ m (vertikal)}$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan momen maksimum terjadi pada titik B. Momen maksimum (M_{Df})

$$M_{Df} = -5678,419 \text{ kgm}$$

Maka, momen maksimum yang terjadi pada box adalah:

$$Mu = 1,2(D+Df) + 1,6L$$

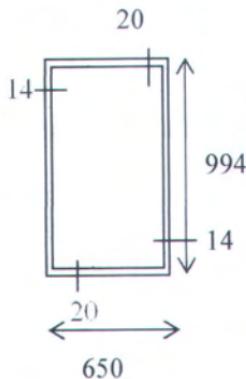
$$= 1,2(-11142,783) + 1,6(-3599,454)$$

$$= -19130,467 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Pu &= 1,2(2007,249) + 1,6(630,192) \\ &= 3417,006 \text{ kg} \end{aligned}$$

• Kontrol Penampang

Melalui perbandingan segitiga, didapat dimensi momen maksimum adalah:



$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} [650^3 - 622^3] = 993,87 \text{ mm}^3 \\ &\quad \frac{1}{12} [622^3 - 600^3] = 953,87 \text{ mm}^3 \\ &= 8,191 \times 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= [650 \times 993,87] - [622 \times 953,87] \\ &= 52708 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_y = \frac{1}{12} x 993,9 x 650^3 - \frac{1}{12} x 953,9 x 622^3 = 3,617 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{361669691181}{52708}} = 261,949 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{3 \times 10^7}{52708} = 496,9 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6} (b x h_o^2 - b_o x h_b^2)$$

$$S = \frac{1}{6} (650 x 994^2 - 622 x 954^2) = 12686182 \text{ mm}^3$$

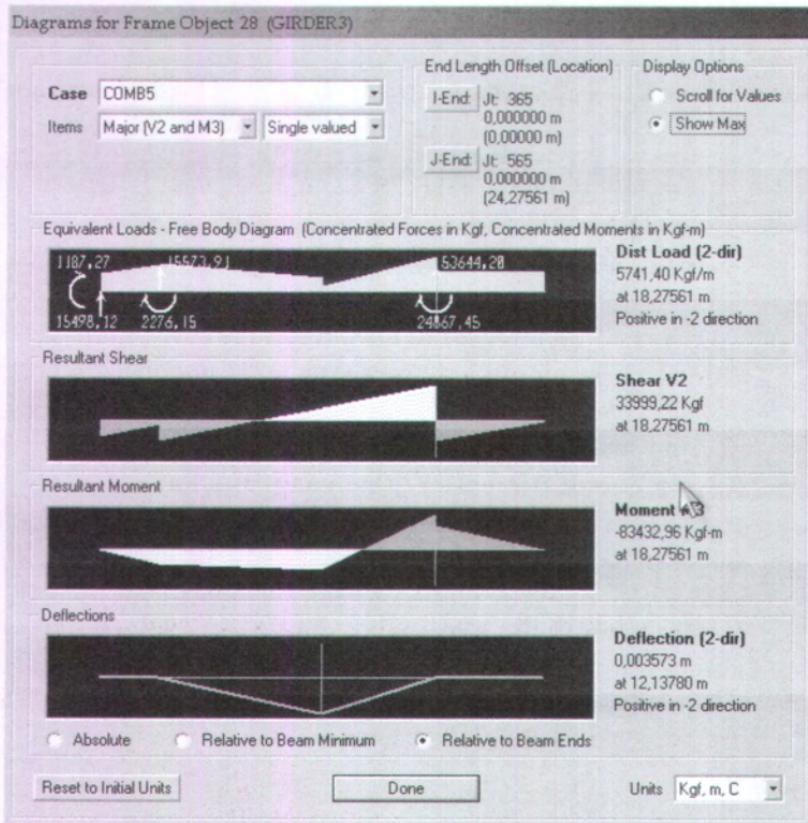
$$Z = \frac{1}{4} (b h^2 - b_o x h_o^2)$$

$$Z = \frac{1}{4} (650 x 994^2 - 622 x 954^2) = 19029272 \text{ mm}^3$$

3. $1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + 0,8W(\text{hisap})$
4. $1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + 0,8W(\text{tekan})$
5. $1,2 D + 1,3 W(\text{hisap}) + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
6. $1,2 D + 1,3 W(\text{tekan}) + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
7. $1,2 D + 1,0 (\text{RSx})$
8. $1,2 D + 1,0 (\text{RSy})$
9. $1,2 D + 1,0 (\text{RSz})$
10. $0,9 D + 1,3W(\text{hisap})$
11. $0,9 D + 1,3W(\text{tekan})$

Frame dikelompokkan menjadi empat macam untuk penyederhanaan, dari penyederhanaan tersebut diambil momen yang paling maksimum diantara masing-masing frame.

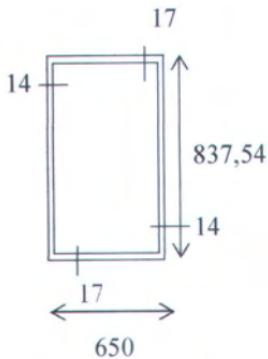
5.3.1. Frame nomor 53 – 57 dan 22 – 18, dipakai frame 57 dan 18.



$$\text{Frame 55 Mu} = -83432,96 \text{kgm} \quad \text{Frame 20 Mu} = -82869,62 \text{kgm}$$

$$\text{Vu} = 33999,22 \text{ kg} \quad \text{Vu} = 33975,56 \text{ kg}$$

Momen maksimum terjadi di titik B, dengan perbandingan segitiga didapatkan dimensi frame pada titik tersebut adalah:



$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{1}{12} [650 \times 837,54^3] - \frac{1}{12} [622 \times 803,54^3] \\
 &= 4,931\text{E}+09 \text{ mm}^4 \\
 A &= [650 \times 837,54] - [622 \times 803,54] \\
 &= 44599 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$I_y = \frac{1}{12} x 837,54 x 650^3 - \frac{1}{12} x 803,54 x 622^3 = 3,05 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{305367224467}{44599}} = 261,666 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{3 \times 10^7}{44599} = 609,3 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6} (bxh_o^2 - b_o x h_o^2)$$

$$S = \frac{1}{6} (650 \times 838^2 - 622 \times 804^2) = 9057799,6 \text{ mm}^3$$

$$Z = \frac{1}{4} (bh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$Z = \frac{1}{4} (650 \times 838^2 - 622 \times 804^2) = 13586699 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{360}} \left(1 - \frac{2,75 \times 160506,55}{0,9 \times 160556,17} \right) = 61,55$$

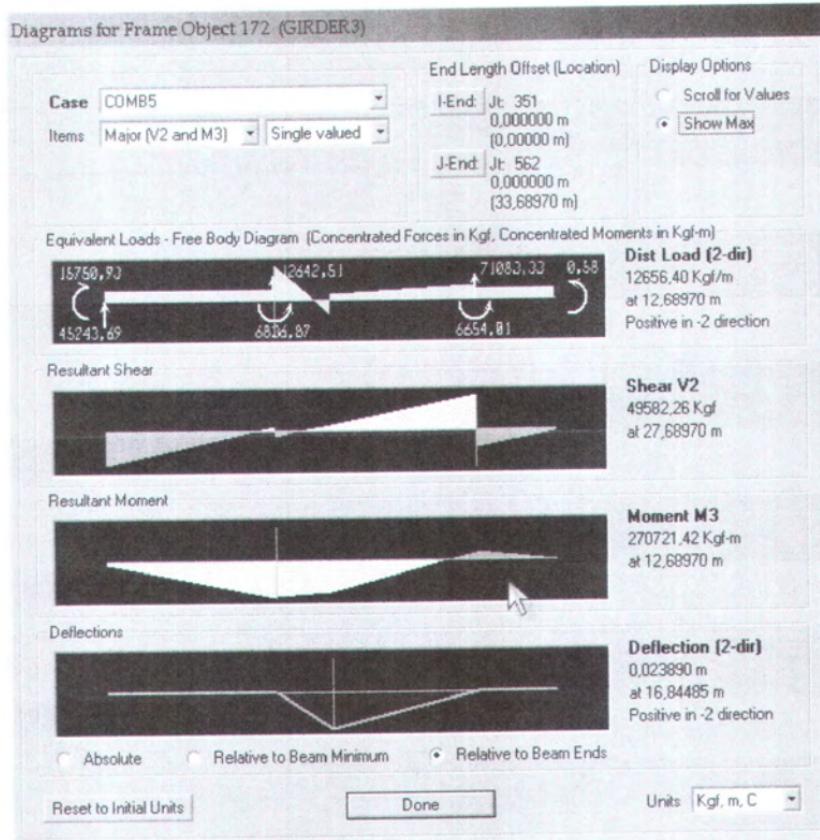
$\lambda \leq \lambda_p$, maka:

$$\begin{aligned} Mn &= Mp = F_y \times Z \\ &= 300 \times 13586,70 \\ &= 48912117,93 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$M_u \leq \phi M_n$

$$-83432,960 \leq 440209,061 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok}$$

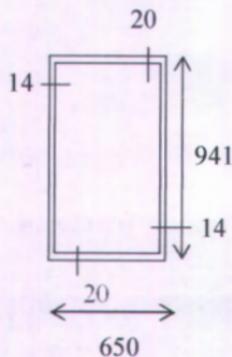
5.3.2. Frame nomor 58 – 61 dan 17 – 14, dipakai frame 14 dan 61.



$$\text{Frame 61 } Mu = 270721,4 \text{ kgm} \quad Vu = 49582,26 \text{ kg}$$

$$\text{Frame 14 } Mu = 270782,44 \text{ kgm} \quad Vu = 49587,970 \text{ kg}$$

Momen maksimum terjadi di titik B, dengan perbandingan segitiga didapatkan dimensi frame pada titik tersebut adalah:



$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} [650 \times 941^3] \\ &= \frac{1}{12} [622 \times 901^3] \\ &= 7,22E+09 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= [650 \quad 941] - [622 \quad 901] \\ &= 51226 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$I_y = \frac{1}{12} x 941 x 650^3 - \frac{1}{12} x 901 x 622^3 = 3,46 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3466813149,91}{51226}} = 260,147 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{4 \times 10^7}{51226} = 689,3 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6} (bxh_o^2 - b_o x h_o^2)$$

$$S = \frac{1}{6} (650 \times 941^2 - 622 \times 901^2) = 11769368 \text{ nm}^3$$

$$Z = \frac{1}{4} (bh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$Z = \frac{1}{4} (650 \times 941^2 - 622 \times 901^2) = 17654053 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(1 - \frac{2,75xP_u}{\phi b x P_y} \right)}$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{2x10^5}{360} \left(1 - \frac{2,75x81665,48}{0,9x1844146,83} \right)} = 76,63$$

$\lambda \leq \lambda_p$, maka:

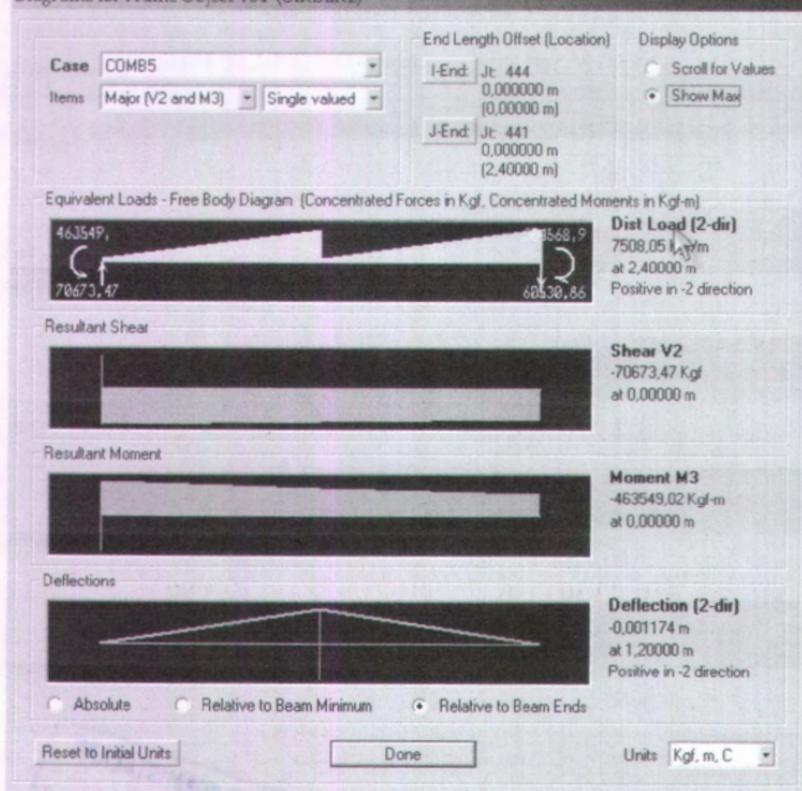
$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y x Z \\ &= 300 \times 17654,05 \\ &= 63554589,82 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$270782,440 \leq 571991,308 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok}$$

5.3.3. Frame nomor 62 – 1 dan 13 – 10, dipakai frame 1 dan 10

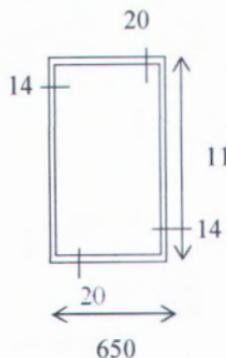
Diagrams for Frame Object 164 (GIRDER.2)



$$\text{Frame 1 } Mu = -463549 \text{ kgm} \\ Vu = -70673,47 \text{ kg}$$

$$\text{Frame 10 } Mu = -463121,5 \text{ kgm} \\ Vu = -70660,54 \text{ kg}$$

Momen maksimum terjadi di titik A, dengan perbandingan segitiga didapatkan dimensi frame pada titik tersebut adalah:



$$I_x = \frac{1}{12} 650 1150^3 \\ = \frac{1}{12} 622 1110^3 \\ = 1,149E+10 \text{ mm}^4$$

$$A = [650 \quad 1150] - [622 \quad 1110] \\ = 57080 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} x 1150 x 650^3 - \frac{1}{12} x 1110 x 622^3 = 4,05x10^9 \text{ mm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{40588522667}{57080}} = 266,661 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{5x10^7}{57080} = 816,9 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6} (bxh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$S = \frac{1}{6} (650x110^2 - 622x1110^2) = 15543133 \text{ mm}^3$$

$$Z = \frac{1}{4} (bh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$Z = \frac{1}{4} (650x1150^2 - 622x1110^2) = 23314700 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{2,75xP_u}{\phi b x P_y} \right)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{2x10^5}{360}} \left(1 - \frac{2,75x100319,45}{0,9x2054880,00} \right) = 75,4$$

$\lambda \leq \lambda_p$, maka:(2.11)

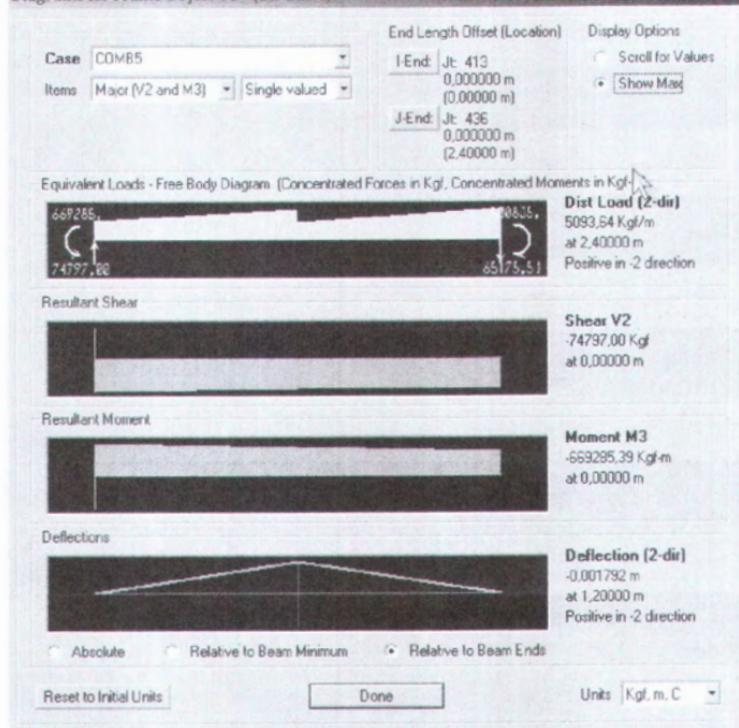
$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y \times Z \\ &= 300 \times 23314,70 \\ &= 83932920,00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$-463549,020 \leq 75539620,00 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok}$$

5.34. Frame nomor 2 – 5 dan 9 – 6, dipakai frame 5 dan 6

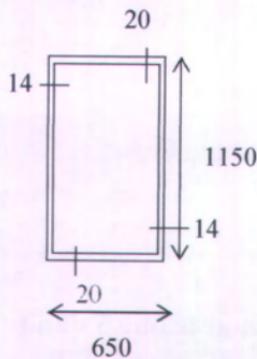
Diagrams for Frame Object 147 (GIRDER 2)



$$\text{Frame 5 } Mu = -669285,4 \text{ kgm} \quad \text{Frame 10 } Mu = -668939,5 \text{ kgm}$$

$$Vu = -74797 \text{ kg} \quad Vu = -74777,11 \text{ kg}$$

Momen maksimum terjadi di titik A, dengan perbandingan segitiga didapatkan dimensi frame pada titik tersebut adalah:



$$I_x = \frac{1}{12} [650 \cdot 1150^3 - 622 \cdot 1110^3]$$

$$= 1,149E+10 \text{ mm}^4$$

$$A = [650 \cdot 1150] - [622 \cdot 1110]$$

$$= 57080 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} x 1150 x 650^3 - \frac{1}{12} x 1110 x 622^3 = 4,05x10^9 \text{ mm}^4$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{40588522667}{57080}} = 266,661 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{\sum A_y}{\sum A} = \frac{5x10^7}{57080} = 816,9 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1}{6} (bxh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$S = \frac{1}{6} (650x110^2 - 622x1110^2) = 15543133 \text{ mm}^3$$

$$Z = \frac{1}{4} (bh^2 - b_o x h_o^2)$$

$$Z = \frac{1}{4} (650x1150^2 - 622x1110^2) = 23314700 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{2,75xP_u}{\phi b x P_y} \right)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{360}} \left(1 - \frac{2,75x64605,59}{0,9x2054880,00} \right) = 80,11$$

$\lambda \leq \lambda_p$, maka:(2.11)

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = F_y \times Z \\ &= 300 \times 23314,70 \\ &= 83932920,00 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$M_u \leq \phi M_n$

-669285,390 \leq 75539620,00 kgm \rightarrow ok

5.3.5. Kontrol Lendutan Struktur

Struktur satu dengan yang lain akan saling berhubungan dan saling mendukung, maka akan dikontrol lendutan maksimum yang terjadi pada struktur atap stadion secara keseluruhan. Dari hasil analisa SAP, lendutan maksimum terjadi pada frame 63 dan 12.

Joint Displacements			
Joint ID 560			
	1	2	3
Trans	0,02912	0,04911	-0,18119
Rotn	-0,00297	5,928E-04	-1,899E-04

Sesuai SNI 03-2847-2002, akibat beban hidup:

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{43,487}{180} = 0,242m$$

$$f^o = 0,18 \text{ m}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,18 < 0,24 \text{ ok!}$$

Pemilihan dimensi frame box girder didasarkan pada kemampuannya untuk menahan lendutan dan momen maksimum yang dapat dipikul. Agar persyaratan tersebut terpenuhi dan menghindari kesalahan pemasangan di lapangan yang disebabkan terlalu banyak ukuran profil, maka dari kontrol yang dilakukan di atas disimpulkan bahwa profil yang ditentukan memenuhi untuk semua bentang.

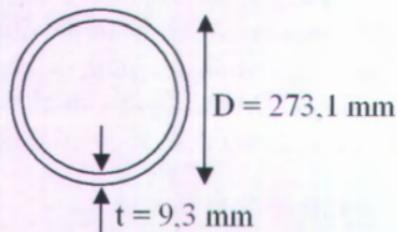
5.4. Perencanaan Batang Tekan

Dari hasil perhitungan SAP di bawah, diambil nilai yang paling maksimum untuk contoh perhitungan. Sehingga profil yang dipakai hanya satu macam saja.

Tabel 5.5 Gaya yang Terjadi pada Batang Tekan (SAP)

Kode	Mx	My	N	Kuat
Batang	(kgm)	(kgm)	(kg)	Profil
B 56	2529,63	15722,73	-32453,26	OK
B 19	2531,22	-15725,57	-32466,35	OK
B 59	2407,1	304,36	-69233,31	OK
B 16	2406,84	-301,41	-69369,68	OK
B 62	2301,78	188,71	-84031,35	OK
B 13	2382,57	-180,11	-84032,84	OK
B 1	2370,66	350,00	-85854,06	OK
B 10	2369,73	-393,50	-86079,89	OK
B 4	2352,52	-97,47	-94839,95	OK
B 7	2352,93	89,23	-94651,55	OK

Profil batang tekan yang dipakai:



D	=	273,1 mm
t	=	9,3 mm
D ₀	=	254,5 mm
A	=	7703,49 mm ²
I	=	67094420,78 mm ⁴
Z	=	491354,23 mm ³
S	=	647459,21 mm ⁴
r	=	93,325 mm

Kontrol Kekuatan Batang Akibat Interaksi Aksial Mmomenn

- Kontrol Kelangsungan Elemen Penampang

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{273,1}{9,3} = 29,37 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_r = \frac{0,114 \times E}{f_y} = \frac{0,114 \times 2 \times 105}{360} = 63,33$$

$$\lambda \leq \lambda_r$$

$$\text{Untuk } \lambda \leq \lambda_r, \text{ maka } Q = 1 \dots \dots \dots \text{(2.7)}$$

- Kontrol Kelangsungan Komponen Struktur Tekan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{KL}{r} \leq 200 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.3)} \\ &= \frac{8000}{93,325} = 85,72 \leq 200 \text{ ok! } \rightarrow L_k = K \times L = 1 \times 8000 \\ &\quad = 8000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda_c = \frac{K}{r} \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots \dots \dots \text{(2.4)}$$

$$= \frac{1,00}{93,33} \frac{8000}{\pi} \sqrt{\frac{360}{200000}} = 1,158$$

akan dihitung salah satu pada setiap jenis bresing yang dipakai. Sesuai gambar, ada tiga jenis bresing yang dipakai.

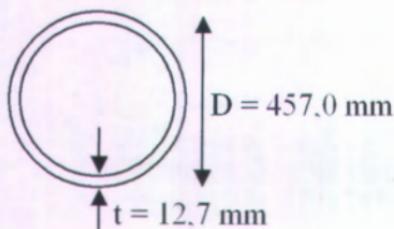
5.5.1. Bresing A (Bresing Depan)

Sebagai contoh perhitungan akan dipakai bresing A 55-56

Panjang = 11,695 m Geser = -7192,8 kg

Momen = -54958,4 kgm Lendutan = 0,000397 m

Direncanakan bresing dari profil pipa, sesuai dengan tabel 1.2-2(2) AISC *design section capacity tables for structural steel hollow section*.



$$\begin{aligned}
 D &= 457,0 \text{ mm} \\
 t &= 12,7 \text{ mm} \\
 D_0 &= 431,6 \text{ mm} \\
 A &= 17717,80 \text{ mm}^2 \\
 I &= 437549329,1 \text{ mm}^4 \\
 Z &= 1914876,7 \text{ mm}^3 \\
 S &= 2507694,4 \text{ mm}^4 \\
 r &= 157,14793 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser*

$$Vu = -7192,820 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_v Vn$$

$$Vn = F_{cr} A g / 2$$

$$F_{cr} = \frac{1,6E}{\sqrt{a/D(D/t)^{5/4}}} \text{ dan } \frac{0,78E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0,6 f_y \dots \dots \dots (2.21)$$

$$= \frac{1,6 \times 2 \times 10^6}{\sqrt{1169,5 / 40,64 \times 88,13}} \text{ dan } \frac{0,78 \times 2 \times 10^6}{215,858} \leq 2160$$

$$= 6768,402 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 7226,964 \text{ kg/cm}^2 < 2160$$

$$Vn = 2160 \times 177,2$$

$$= 191352,19 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_v Vn$$

$$-7192,820 \text{ kg} \leq 172216,97 \text{ kg} \rightarrow \text{ok}$$

• Kontrol Lentur

$$\text{Mu} = -54958,40 \text{ kgm}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{457,0}{12,7} = 35,98 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_p = \frac{0,0714xE}{fy} = \frac{0,0714x2x105}{360} = 39,67$$

$$\lambda_r = \frac{0,309xE}{fy} = \frac{0,309x2x105}{360} = 171,7$$

$$\lambda \leq \lambda_p, \text{ maka: } \dots \dots \dots \text{(2.11)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Fy \times Z \\ &= 3600 \times 1914,8767 \\ &= 68935,562 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\text{Mu} \leq \phi M_n$$

$$-54958,400 \text{ kgm} \leq 62042,006 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok}$$

• Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{11,695}{180} = 0,065m$$

$$f^o = 0,000397 \text{ m}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,000397 \text{ m} < 0,065m \text{ ok!}$$

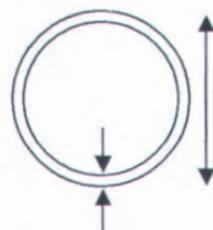
5.5.2. Bresing B (Bresing Tengah)

Sebagai contoh perhitungan akan dipakai bresing B 55-56

$$\text{Panjang} = 11,207 \text{ m} \quad \text{Geser} = 3441,5 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} = -10237,9 \text{ kgm} \quad \text{Lendutan} = 0,000327 \text{ m}$$

Direncanakan bresing dari profil pipa, sesuai dengan tabel 1.2-2(2) AISC design section capacity tables for structural steel hollow section.



$$D = 273,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} D &= 273,1 \text{ mm} \\ t &= 9,5 \text{ mm} \\ D_0 &= 254,1 \text{ mm} \\ A &= 7863,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 9,5 \text{ mm} & I &= 68385369,55 \text{ mm}^4 \\ & & Z &= 500808,27 \text{ mm}^3 \\ & & S &= 660392,91 \text{ mm}^4 \\ & & r &= 93,257178 \text{ mm} \end{aligned}$$

• *Kontrol Geser*

$$Vu = 3441,450 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_v Vn$$

$$Vn = F_{cr} Ag / 2$$

$$F_{cr} = \frac{1,6E}{\sqrt{a/D(D/t)^{5/4}}} \text{ dan } \frac{0,78E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0,6 f_y \dots \dots \dots (2.21)$$

$$= \frac{1,6 \times 2 \times 10^6}{\sqrt{766,4 / 21,9 \times 66,57}} \text{ dan } \frac{0,78 \times 2 \times 10^6}{154,134} \leq 2160$$

$$= 8961,467 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 10121,094 \text{ kg/cm}^2 < 2160$$

$$Vn = 2160 \times 78,63$$

$$= 84922,43 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_v Vn$$

$$3441,50 \text{ kg} \leq 76430,187 \text{ kg} \rightarrow \text{ok}$$

• *Kontrol Lentur*

$$Mu = -10237,91 \text{ kgm}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{273,1}{9,5} = 28,75 \dots \dots \dots (\text{Tabel 2.1})$$

$$\lambda_p = \frac{0,0714xE}{f_y} = \frac{0,0714x2x105}{360} = 39,67$$

$$\lambda_r = \frac{0,309xE}{f_y} = \frac{0,309x2x105}{360} = 171,7$$

$$\lambda \leq \lambda_p, \text{ maka: } \dots \dots \dots \dots \dots (2.11)$$

$$M_n = M_p = F_y \times Z$$

$$= 3600 \times 500,80827$$

$$= 18029,098 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} Mu &\leq \phi Mn \\ -10237,910 \text{ kgm} &\leq 16226,188 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok} \end{aligned}$$

- *Kontrol Lendutan*

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{11,207}{180} = 0,062 \text{ m}$$

$$f^o = 0,000327 \text{ m}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,000327 \text{ m} < 0,062 \text{ m ok!}$$

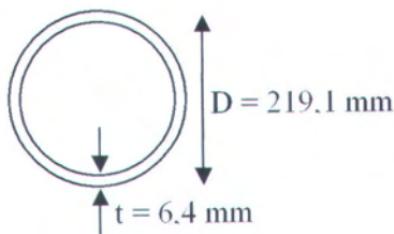
5.5.3. Bresing C (Bresing Belakang)

Sebagai contoh perhitungan akan dipakai bresing B 55-56

$$\text{Panjang} = 11,695 \text{ m} \quad \text{Geser} = -3854,8 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} = -5128,8 \text{ kgm} \quad \text{Lendutan} = 0,001937 \text{ m}$$

Direncanakan bresing dari profil pipa, sesuai dengan tabel 1.2-2(2) AISC design section capacity tables for structural steel hollow section.



$$\begin{aligned} D &= 219,1 \text{ mm} \\ t &= 6,4 \text{ mm} \\ D_0 &= 206,3 \text{ mm} \\ A &= 4274,42 \text{ mm}^2 \\ I &= 24194414,85 \text{ mm}^4 \\ Z &= 220852,71 \text{ mm}^3 \\ S &= 289631,64 \text{ mm}^4 \\ r &= 75,234841 \text{ mm} \end{aligned}$$

- *Kontrol Geser*

$$Vu = -3854,750 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_r Vn$$

$$Vn = F_{cr} Ag \quad 2$$

$$F_{cr} = \frac{1,6E}{\sqrt{a/D(D/t)^{5/4}}} \text{ dan } \frac{0,78E}{(D/t)^{3/2}} \leq 0,6 f_y \dots \dots \dots \quad (2.21)$$

$$= \frac{1,6 \times 2 \times 10^6}{\sqrt{766,4 / 21,9} \times 82,81} \text{ dan } \frac{0,78 \times 2 \times 10^6}{200,306} \leq 2160$$

$$= 7203,585 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 7788,091 \text{ kg/cm}^2 < 2160$$

$$Vn = 2160 \times 42,74$$

$$= 46163,727 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi_v Vn$$

$$-3854,750 \text{ kg} \leq 41547,355 \text{ kg} \rightarrow \text{ok}$$

- *Kontrol Lentur*

$$Mu = -5128,83 \text{ kgm}$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{219,1}{6,4} = 34,23 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_p = \frac{0,0714xE}{fy} = \frac{0,0714x2 \times 105}{360} = 39,67$$

$$\lambda_r = \frac{0,309xE}{fy} = \frac{0,309x2 \times 105}{360} = 171,7$$

$$\lambda \leq \lambda_p, \text{ maka: } \dots \dots \dots \text{(2.11)}$$

$$M_n = M_p = Fy \times Z$$

$$= 3600 \times 220,85271$$

$$= 7950,6977 \text{ kgcm}$$

$$Mu \leq \phi Mn$$

$$-5128,830 \text{ kgm} \leq 7155,628 \text{ kgm} \rightarrow \text{ok}$$

- *Kontrol Lendutan*

$$f_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{11,695}{180} = 0,065m$$

$$f^\circ = 0,001937 \text{ m}$$

$$f^\circ < f_{ijin} \rightarrow 0,001937 \text{ m} < 0,065 \text{ m ok!}$$

5.6. Perencanaan Kabel

Berdasarkan tabel 7.3 pada Krishna, Prem. *Suspended Roofs*, dengan faktor reduksi 0,75 untuk keadaan kekuatan batas, maka kabel wire rope yang akan dipakai adalah:

Tabel 5.6 Diameter Wire Rope

\emptyset (in)	N (m)	$0,75 \times N$ (ton)	$0,9 \times N$ (ton)
1	0,0254	37,60	28,197697
1,5	0,0381	85,70	64,272699
2	0,0508	152,96	114,71805
2,5	0,0635	238,00	178,50129
3	0,0762	339,97	254,97999
3,5	0,0889	457,95	343,46584
4	0,1016	601,94	451,45377

Selain tegangan tarik putus dan tegangan tarik lelah memenuhi, kabel harus memenuhi syarat kelangsungan yaitu:

$$\phi \geq \frac{L}{500} \dots \dots \dots \quad (2.20)$$

Tabel 5.7 Tegangan maksimum yang terjadi pada Kabel (SAP)

NAMA KABEL	KODE KABEL	GAYA	PANJANG	ϕ	ϕ
		(kg)	(m)	(m)	(in)
KABEL UJUNG	C-53 & C-22	12355,66	18,460	0,0369	2
KABEL DEPAN	CA-55 & CA-20	6715,75	19,367	0,0387	2
	CA-56 & CA-19	16050,88	18,725	0,0375	2
	CA-57 & CA-18	50937,72	24,049	0,0481	2
	CA-58 & CA-17	28589,11	28,883	0,0578	3
	CA-59 & CA-16	59299,49	29,110	0,0582	3
	CA-60 & CA-15	93612,28	32,099	0,0642	3
	CA-61 & CA-14	56496,69	34,182	0,0684	3
	CA-62 & CA-13	107235,89	33,113	0,0662	3
	CA-63 & CA-12	81504,83	34,430	0,0689	3
	CA-64 & CA-11	95038,05	34,142	0,0683	3
	CA-1 & CA-10	80846,16	31,861	0,0637	3
	CA-2 & CA-9	75986,76	32,194	0,0644	3
	CA-3 & CA-8	93677,93	30,865	0,0617	3
	CA-4 & CA-7	73893,93	28,542	0,0571	3
	CA-5 & CA-6	76322,92	29,952	0,0599	3
KABEL SAMPING	CB-55 & CB-20	13139,45	18,832	0,0377	2
	CB-57 & CB-18	4596,81	16,811	0,0336	2
	CB-58 & CB-17	19374,84	22,042	0,0441	2
	CB-60 & CB-15	5187,39	20,595	0,0412	2
	CB-61 & CB-14	3825,28	22,742	0,0455	2
	CB-63 & CB-12	4185,93	21,384	0,0428	2
	CB-64 & CB-11	11000,7	21,536	0,0431	2
	CB-2 & CB-9	2647,96	19,116	0,0382	2
	CB-3 & CB-8	2573,55	18,632	0,0373	2
	CB-5 & CB-6	8380,96	18,073	0,0361	2

NAMA KABEL	KODE KABEL	GAYA	PANJANG	ϕ	ϕ
		(kg)	(m)	(m)	(in)
KABEL BELAKANG	CC-56 & CC-19	93186,49	18,416	0,0368	2
	CC-59 & CC-16	316666,81	21,364	0,0427	3,5
	CC-62 & CC-13	450777,06	21,711	0,0434	4
	CC-1 & CC-10	417315,41	20,198	0,0404	4
	CC-4 & CC-7	353082,58	18,131	0,0363	4
	CD-56 & CD-19	78387,88	12,497	0,025	2
	CD-59 & CD-16	292992,65	15,208	0,0304	3,5
	CD-62 & CD-13	419992,15	17,643	0,0353	4
	CD-1 & CD-10	383777,62	20,282	0,0406	4
	CD-4 & CD-7	316828,3	22,164	0,0443	3,5
KABEL BAWAH	CE-56 & CE-19	57949,82	5,663	0,0113	2
	CE-57 & CE-18	40636,32	8,749	0,0175	2
	CE-58 & CE-17	32932,74	12,329	0,0247	1,5
	CE-59 & CE-16	28168,3	15,319	0,0306	2
	CE-60 & CE-15	21835,65	17,579	0,0352	2
	CE-61 & CE-14	20227,13	19,277	0,0386	2
	CE-62 & CE-13	15068,01	20,428	0,0409	2
	CE-63 & CE-12	11844,98	21,055	0,0421	2
	CE-64 & CE-11	9643,47	21,208	0,0424	2
	CE-1 & CE-10	2525,14	20,899	0,0418	2
	CE-2 & CE-9	2433,09	20,209	0,0404	2
	CE-3 & CE-8	2466,94	19,730	0,0395	2
	CE-4 & CE-7	2490,73	19,443	0,0389	2
	CE-5 & CE-6	2503,25	19,320	0,0386	2

5.7. Perencanaan Pylon

Dari hasil perhitungan SAP, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada pylon adalah sebagai berikut:

Tabel 5.8 Gaya yang Terjadi pada Tengah Bentang Pylon (SAP)

KODE	MOMEN	AKSIAL	KODE	MOMEN	AKSIAL
PYLON	(kgm)	(kg)	PYLON	(kgm)	(kg)
P 56	98125,61	-148434,97	P 19	98079,3	-148335,42
	-10548,4			10481,61	
P 59	244963,09	-403758,82	P 16	245233,27	-403730,39
	-29549,78			29316,54	
P 62	345840,22	-538132,46	P 13	345855,68	-538071,79
	-25102,22			24916,23	
P 1	357071,87	-504250,44	P 10	357773,56	-504828,47
	-13147,92			15752,1	
P 4	328448,41	-430237,28	P 7	328689,51	-430299,08
	10743,52			-10641,22	

Direncanakan Pylon dari profil hollow

5.7.1. Pylon pada Tengah Bentang

Dimensi pylon yang dipakai adalah pylon non prismatis, maka dalam pengontrolan dimensinya dipakai diameter rata-rata pylon bagian atas dan pylon bagian bawah.

Pylon atas $D = 600 \text{ mm}$ $t = 19 \text{ mm}$

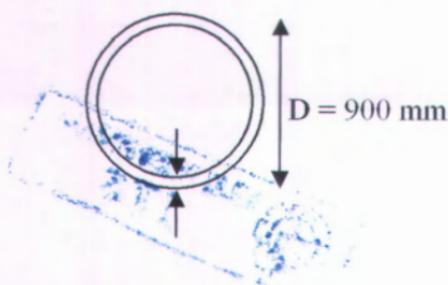
Pylon bawah $D = 1200 \text{ mm}$ $t = 19 \text{ mm}$

Momen yang terjadi di tengah bentang adalah:

$$M_{ux} = 357773,56 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 15752,1 \text{ kgm}$$

$$N_u = -504828,5 \text{ kg}$$



$$D = 900 \text{ mm}$$

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

$$D_o = 862 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 52560 \text{ mm}^2 \\
 I &= 5101794190 \text{ mm}^4 \\
 Z &= 14749345 \text{ mm}^3 \\
 S &= 11337320,42 \text{ mm}^4 \\
 r &= 311,553 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$t = 19 \text{ mm}$

Kontrol Kekuatan Batang Akibat Interaksi Aksial Mmomem

- *Kontrol Kelangsungan Elemen Penampang*

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{900}{19} = 47,37 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_r = \frac{0,114 \times E}{f_y} = \frac{0,114 \times 2 \times 105}{360} = 63,33$$

$$\lambda \leq \lambda_r$$

Untuk $\lambda \leq \lambda_r$, maka $Q = 1 \dots \dots \dots \text{(2.7)}$

- *Kontrol Kelangsungan Komponen Struktur Tekan*

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{KL}{r} \leq 200 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.3)} \\
 &= \frac{36720}{311,553} = 117,9 \leq 200 \text{ ok! } \rightarrow L_k = K \times L = 2 \times 18360 \\
 &\quad = 36720 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \frac{K}{r} \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots \dots \dots \text{(2.4)} \\
 &= \frac{2,00}{311,55} \frac{18360}{\pi} \sqrt{\frac{360}{200000}} = 1,592
 \end{aligned}$$

$\lambda_c \sqrt{Q} = 1,592 \sqrt{1} = 1,592 \leq 1,5$, maka:

$$F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) f_y = \left(\frac{0,877}{2,536} \right) 3600 = 1245 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{(2.6)}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \times F_{cr} \times A_g$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 1244,937 \times 525,6 \\
 &= 556192,85 \text{ kg} \\
 504828,47 &\leq 556192,85 \rightarrow \text{ok}
 \end{aligned}$$

- *Kontrol Akibat Aksial Momen*

$$\frac{Pu}{\phi c Pn} = \frac{504828,5}{556192,85} = 0,908 \geq 0,2$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{900}{19} = 47,37 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_p = \frac{0,0714xE}{fy} = \frac{0,0714x2x105}{360} = 39,67$$

$$\lambda_r = \frac{0,1140xE}{fy} = \frac{0,1140x2x105}{360} = 63,33$$

$$\lambda \leq \lambda \leq \lambda_p, \text{ maka:} \dots \dots \dots \text{(2.12)}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \left(\frac{0,0207}{(D/t)} \frac{E}{fy} + 1 \right) F_y x S \\
 &= \left(\frac{0,0207}{47,368} \frac{200000}{360} + 1 \right) 360 x 11337 \\
 &= 5072317,157 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{Pu}{\phi n Pn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi b Mn} + \frac{Muy}{\phi b Mn} \right) \leq 1,0 \dots \dots \dots \text{(2.17)}$$

$$\frac{504828,5}{556192,85} + \frac{8}{9} \left(\frac{357773,560}{4565095,441} + \frac{15752,100}{4565085,441} \right) \leq 1,0$$

$$0,9076501 + 0,0727309 \leq 1,0$$

$$0,98 \leq 1,0 \rightarrow \text{ok}$$

5.7.2. Pylon pada Ujung (Dasar) Bentang

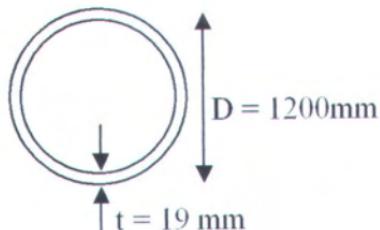
Pylon bawah $D = 1200 \text{ mm}$ $t = 19 \text{ mm}$

Momen yang terjadi di dasar pylon adalah pada P1 dan P10:

$M_{ux} = 672609,65 \text{ kgm}$

$M_{uy} = 31011,75 \text{ kgm}$

$$Nu = -520448,00 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}
 D &= 1200 \text{ mm} \\
 t &= 19 \text{ mm} \\
 D_0 &= 1162 \text{ mm} \\
 A &= 70458 \text{ mm}^2 \\
 I &= 12287268454 \text{ mm}^4 \\
 Z &= 26502745 \text{ mm}^3 \\
 S &= 20478780,757 \text{ mm}^4 \\
 r &= 417,601 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Batang Akibat Interaksi Mmomem

- Kontrol Kelangsungan Elemen Penampang

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{1200}{19} = 63,16 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_r = \frac{0,114x E}{f_y} = \frac{0,114x 2x 105}{360} = 63,33$$

$$\lambda \leq \lambda_r$$

Untuk $\lambda \leq \lambda_r$, maka $Q = 1 \dots \dots \dots \text{(2.7)}$

- Kontrol Kelangsungan Komponen Struktur Tekan

$$\lambda = \frac{KL}{r} \leq 200 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.3)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{36720}{417,601} = 87,93 \leq 200 \text{ ok!} \rightarrow L_k = K \times L = 2 \times 18360 \\
 &\quad = 36720 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\lambda_c = \frac{K}{r} \frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots \dots \dots \text{(2.4)}$$

$$= \frac{2,00}{417,601} \frac{18360}{\pi} \sqrt{\frac{360}{200000}} = 1,188$$

$$\lambda_c \sqrt{Q} = 1,188\sqrt{1} = 1,188 \leq 1,5, \text{ maka:}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= Q(0,658^{\lambda_c 2})F_y \dots \dots \dots (2.5) \\ &= 1 \times 0,554 \times 360 \\ &= 1993,973 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_c P_n &= 0,85 \times F_{cr} \times A_g \\ &= 0,85 \times 1993,973 \times 704,6 \\ &= 1194184,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$-520448,0 \leq 1194184,092 \rightarrow \text{ok}$$

• Kontrol Akibat Aksial Momen

$$\frac{P_u}{\phi c P_n} = \frac{520448,0}{1194184,1} = 0,436 \geq 0,2$$

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{1200}{19} = 63,16 \dots \dots \dots \text{(Tabel 2.1)}$$

$$\lambda_p = \frac{0,0714xE}{f_y} = \frac{0,0714x2x105}{360} = 39,67$$

$$\lambda_r = \frac{0,1140xE}{f_y} = \frac{0,1140x2x105}{360} = 63,33$$

$$\lambda \leq \lambda \leq \lambda_p, \text{ maka:} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\begin{aligned} Mn &= \left(\frac{0,0207}{(D/t)} \frac{E}{f_y} + 1 \right) F_y x S \\ &= \left(\frac{0,0207}{63,158} \frac{200000}{360} + 1 \right) 360 x 20479 \\ &= 8714745,151 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi n P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi b Mn} + \frac{M_{uy}}{\phi b Mn} \right) \leq 1,0 \dots \dots \dots (2.17)$$

$$\frac{520448,0}{1194184,1} + \frac{8}{9} \left(\frac{672609,650}{7843270,636} + \frac{31011,750}{7843270,636} \right) \leq 1,0$$

the first time in the history of the world, the people of the United States have been compelled to go to war with their own government. The people of the United States have been compelled to go to war with their own government.

BAB VI

PERENCANAAN SAMBUNGAN

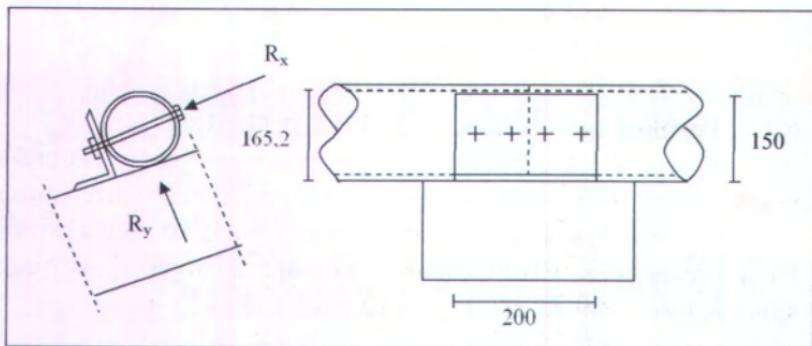
6.1. Perencanaan Sambungan ke Box Girder

Perencanaan sambungan gording kebox girder diasumsikan gording berdiri pada dua perletakan, maka akan direncanakan gording dibaut pada sebuah profil siku, kemudian siku akan dilas pada box girder. Perencanaan sambungan hanya akan diambil satu contoh perhitungan saja, yaitu pada frame 5 – 6.

6.1.1. Data Perencanaan

- Panjang bentang : 10000 mm
- Profil gording D : 165,2 mm
 - t : 7 mm
 - A_g : 34,79 cm²
 - α : 17°
- Beban
 - D_L : 27,3 kg/m (gording)
 - D_L : 9,00 kg/m (penutup atap)
 - L_L : 28,69 kg/m
 - $W_{hisap}(V)$: -135,4 kg/m
 - $W_{tekan}(V)$: -48,29 kg/m
- Mutu baja : BJ 52
 - f_u : 5200 kg/cm²
 - f_y : 3600 kg/cm²
 - E : 2×10^6 kg/cm²
- Perencanaan ϕ baut : 16 mm (A325-N bolts)
 - f_u : 65 ksi = 4482 kg/cm²
 - f_y : 50 ksi = 3448 kg/cm²
- Mutu las : F70xx

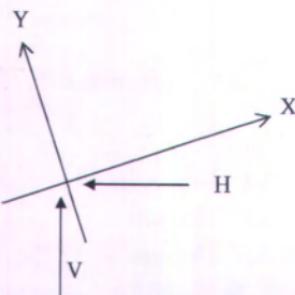
6.1.2 Sambungan Baut



Gambar 6.1 Sambungan pada Gording

Berdasarkan perhitungan pada bab IV, didapatkan beban maksimum pada kombinasi 5:

$$\begin{aligned}
 q_{\max} &= 0,9D \pm 1,3W \\
 &= 0,9 \times 39,93 - 1,3 \times 135,40 \\
 &= 140,084 \text{ kg/m} \\
 V &= 140,084 \text{ kg/m} \\
 H &= 48,29 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 q_x &= -H \cos \alpha + V \sin \alpha \\
 &= -48,29 \cos 17^\circ + 140,08 \sin 17^\circ \\
 &= -5,227 \text{ kg/m} \\
 q_y &= H \sin \alpha + V \cos \alpha \\
 &= 48,294 \sin 17^\circ + 140,08 \cos 17^\circ \\
 &= 148,08 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{1}{2} \times q_x \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times -5,227 \times 10 \\
 &= -26,14 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_y &= \frac{1}{2} \times q_y \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 148,08 \times 10 \\
 &= 740,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut

Direncanakan baut dengan diameter 16 mm dengan tanpa ulir pada bidang geser.

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser } \phi Vn &= 0,75 \times 0,4 \times fu \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 4482 \times 2,01 \\ &= 2701,96 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tumpu } \phi Vn &= 0,75 \times 2,4 \times d \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4482 \\ &= 9035,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{740,413}{2701,96} = 0,274 \approx 2 \text{ buah baut.}$$

Jarak Baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar as} &= 3d \text{ s/d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 4,8 \text{ s/d } 10,5 \text{ cm} \rightarrow \text{dipasang } 5 \text{ cm} \\ \text{Jarak tepi} &= 1,5d \text{ s/d } (4tp + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 2,4 \text{ s/d } 12,8 \text{ cm} \rightarrow \text{dipasang } 2,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kekuatan Pelat Siku L 100 x 150 x 10

Diameter pelemahan (dengan bor) $16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} An_v &= 15 \times 1,0 - (2 \times 1,75 \times 1,0) \\ &= 11,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vn &= 0,75 \times 0,6 \times fu \times An_v \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5200 \times 11,5 \\ &= 26910 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Vu < \phi Vn \rightarrow 740,41 \text{ kg} < 26910 \text{ kg ok}$$

Jadi profil **100 x 150 x 10** bisa dipakai.

6.1.3. Sambungan Las

Kekuatan Las

$$\begin{aligned} R_u &= \phi \times 0,6 \times F70xx \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \\ &= 2214 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

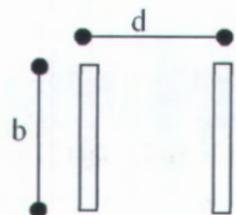
Tebal las yang dibutuhkan

$$a_{eff\ maksprofil} = 1,41 \frac{5200}{70 \times 70,3} 1,0 = 1,49 \text{ cm}$$

$$t_e = 0,707 \times 1,4899 = 1,1 \text{ cm}$$

$$A_{las} = 2 \times 1,1 \times 10 = 21,07 \text{ cm}^2$$

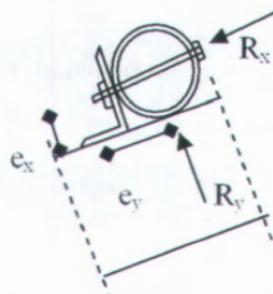
$$\begin{aligned} S &= b \times d \\ &= 10 \times (10 + 1,1 + 1,1) \\ &= 121,1 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Gaya yang bekerja pada profil siku

$$e_x = 0,5 \times 16,25 = 8,26 \text{ cm}$$

$$e_y = 8,26 + (0,5 + 10) = 13,26 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned} M &= (R_y + e_y) + (R_x + e_x) \\ &= (740,4 \times 13,26) + (26,14 \times 8,26) \\ &= 10033,774 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$f_h = \frac{Rx}{A} = \frac{26,14}{21,07} = 1,241 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{Ry}{A} = \frac{740,4}{21,07} = 35,144 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{v_m} = \frac{M}{S} = \frac{10033,774}{121,068} = 82,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_{v_m}^2 + f_h^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{118,02^2 + 1,241^2} = 11,03 \text{ kg/cm}^2 \leq 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{ok}$$

6.2. Perencanaan Sambungan antar Box Girder

Perencanaan sambungan antar box girder direncanakan dengan sambungan seperti pada *end plate*, yaitu dengan memakai las ujung box pada pelat kemudian masing-masing pelat disambung dengan baut.

6.2.1. Data Bangunan

- Dimensi box girder :

$$b : 650 \text{ mm}$$

$$h : 1150 \text{ mm}$$

$$tw : 14 \text{ mm}$$

$$tf : 20 \text{ mm}$$

- Mutu baja : BJ 52

$$fu : 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy : 3600 \text{ kg/cm}^2$$

$$E : 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

- Perencanaan t plat : 20 mm

$$\phi \text{ baut} : 50 \text{ mm (A 529 grade 50)}$$

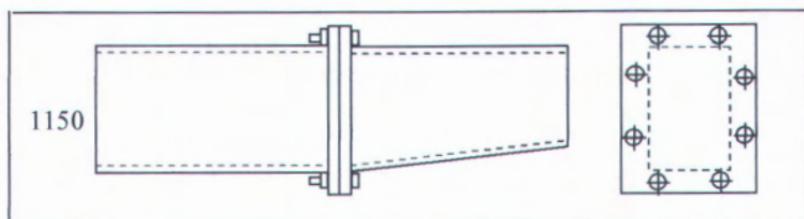
$$fu : 70 \text{ ksi} = 4827 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy : 50 \text{ ksi} = 3448 \text{ kg/cm}^2$$

- Dari hasil SAP :

$$Mu_x : -500538,1 \text{ kgm} \quad Vu : -65155,61 \text{ kg}$$

$$Mu_y : -10178,2 \text{ kgm} \quad Vu : -64423,48 \text{ kg}$$



Gambar 6.2 Sambungan Antar Box Girder

6.2.2 Sambungan Las

Box girder akan dilas ujung-ujungnya ke permukaan pelat kemudian pelat tersebut akan disambung dengan menggunakan baut ke pelat yang lain, ini dilakukan untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan. Bahan las yang dipergunakan untuk konstruksi setidak-tidaknya mempunyai kekuatan yang sama dengan bahan baja yang disambungkan. Oleh karena itu, kekuatan las tumpul diambil sama dengan kekuatan profil box girder.

6.2.3 Sambungan Baut

Direncanakan baut dengan diameter 50 mm dengan tanpa ulir pada bidang geser.

$$\begin{aligned} Ab &= \frac{1}{4} \times \pi \times 50^2 \\ &= 19,63 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jarak baut yang diperlukan

Jarak antar as : $3d$ s/d $15 tp$ atau 200 mm

$$\begin{aligned} : 15 \text{ s/d } 30 \text{ cm} \rightarrow \text{Badan} &: 16,25 \text{ cm} \\ &\text{Sayap} : 16,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi} &: 1,5 \text{ d s/d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &: 7,5 \text{ s/d } 18 \text{ cm} \rightarrow \text{Dipasang} : 7,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Rencana jumlah baut yang dipakai:

$$\begin{aligned} \text{Sayap} &: 6 \text{ buah} \\ \text{Badan} &: 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

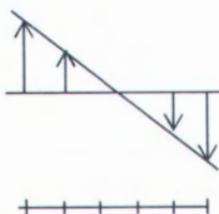
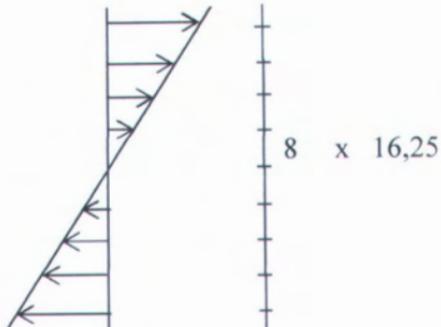
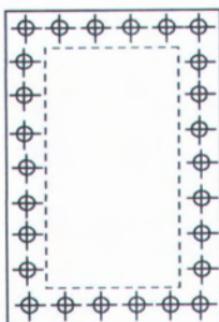
Dimensi pelat

$$b = 950 \text{ mm}$$

$$h = 1450 \text{ mm}$$

Akibat momen, menimbulkan

- Bagian atas : Geser dan tarik
- Bagian bawah : Geser dan tekan



5 x 16,00

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= 12 \times 65,0^2 + 4 \times (48,75^2 + 32,50^2 + 16,25^2) \\ &= 65487,5 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma X^2 &= 18 \times 40,0^2 + 2 \times (24,00^2 + 8,00^2) \\ &= 30080 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$Tu = \frac{Mu_x x \bar{Y}_y}{\sum Y^2} + \frac{Mu_y x \bar{Y}_x}{\sum X^2}$$

$$Tu = \frac{50053811 \times 65,00}{65487,50} + \frac{-1017820 \times 40,00}{30080,00}$$

$$= 48327,718 \text{ kg}$$

$$P_{\text{baut}} = \frac{64423,48}{26} = 2477,826 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}T_{\max} &= Tu + P_{\text{baut}} \\ &= 48327,718 + 2477,826 \\ &= 50805,544 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$V_u \text{ tiap baut} = \frac{V_u}{n} = \frac{65155,6}{26} = 2505,985 \text{ kg}$$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{mxA_b} = \frac{2505,985}{1x19,625} = 127,694 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} ft &= 1,3 fu - r_2 f_{uv} \leq fu \\ &= 1,3 \times 4826,5 - 1,5 \times 127,694 \leq 4826,5 \\ &= 6083 \text{ kg/cm}^2 \leq 4826,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai $ft = 4826,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi T_n = \phi \times ft \times A_b \\ &= 0,75 \times 4826,5 \times 19,63 \\ &= 71040,047 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_{\max} = T_u \leq T_d \rightarrow 50805,544 \text{ kg} \leq 71040,047 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \phi T_n = \phi \times 0,75 \times fu \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 4826,5 \times 19,63 \\ &= 53280,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_{\max} = T_u \leq T_d \rightarrow 50805,544 \text{ kg} \leq 53280,04 \text{ kg} \quad \text{ok}$$

6.2.4. Kontrol Kekuatan Pelat 950 x 1450 x 20

Kontrol terhadap kombinasi Aksial – Momen.
Sesuai dengan SNI 03-1729-2002 pasal 7.4.3.3.

Terhadap sumbu X

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{1450}{950} = 1,53$$

$$A_g = 1450 \times 20 = 29000 \text{ mm}^2$$

$$P_y = A \times f_y = 290 \times 3600 = 1044000 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi b P_y} = \frac{64423,480}{0,9 \times 1044000} = 0,07 \leq 0,125$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_j}} \left[1 - \frac{2,75 P_u}{\phi b P_y} \right]$$

$$= \frac{1680}{\sqrt{3600}} [1 - 0,19] = 0,757$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{0,74Pu}{\phi b Py} \right]$$

$$= \frac{2550}{\sqrt{3600}} [1 - 0,05] = 1,345$$

Dari persamaan di atas, maka:

$$\lambda_r \leq \lambda, \text{ maka: } M_{nx} = Mr (\lambda_r/\lambda)^2$$

$$S = \frac{I}{Y_{\max}} = \frac{2,413 \times 10^{11}}{725} = 332895833,3 \text{ mm}^3$$

$$f_r = 115 \text{ MPa} \text{ (untuk penampang dilas)}$$

$$Mr = S (f_y - f_r)$$

$$= 332895,833 (3600 - 1150)$$

$$= 815594791,7 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = Mr (\lambda_r/\lambda)^2$$

$$= 815594791,7 (1,3448/1,53)^2$$

$$= 633130507,7 \text{ kgcm}$$

Terhadap sumbu Y

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{950}{1450} = 0,66$$

$$Ag = 950 \times 20 = 19000 \text{ mm}^2$$

$$Py = A \times f_y = 190 \times 3600 = 684000 \text{ kg}$$

$$\frac{Pu}{\phi b Py} = \frac{64423,480}{0,9 \times 684000} = 0,1 \leq 0,125$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left[1 - \frac{2,75Pu}{\phi b Py} \right]$$

$$= \frac{1680}{\sqrt{3600}} [1 - 0,29] = 0,66$$

Dari persamaan di atas, maka:

$$\lambda \leq \lambda p, \text{ maka: } M_{ny} = M_p$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_p = f_y \times Z_y \\ &= 3600 \times 218104,17 \\ &= 785175000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times f_y \\ &= 290 \times 3600 \\ &= 1044000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi b P_n} = \frac{64423,480}{0,9 \times 1044000} = 0,069 < 0,2, \text{ maka:}$$

$$\frac{P_u}{2\phi b P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

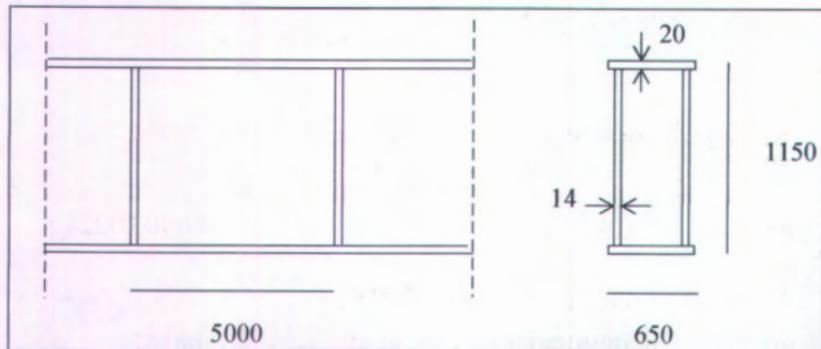
$$\frac{64423,480}{2 \times 0,85 \times 1044000} + \left(\frac{50053811}{0,9 \times 633130508} + \frac{-1017820}{0,9 \times 785175000} \right) \leq 1,0$$

$$0,128 \leq 1,0 \rightarrow \text{ok}$$

Jadi pelat dengan dimensi **950 x 1450 x 20** bisa dipakai.

6.3. Perencanaan Intermediate Stiffner pada Box

6.3.1. Perencanaan Jarak Stiffner



Gambar 6.3 Perencanaan Jarak Stiffner

Pada perencanaan box girder ini direncanakan stiffner dengan jarak 5000 mm. Sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 8.8 untuk kuat geser pelat badan.

$$\frac{h}{tw} = \frac{1110}{14} = 79,29$$

$$kn = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(5000/1110)^2} = 5,25$$

$$1,37 \sqrt{\frac{knE}{fy}} = 1,37 \sqrt{\frac{5,25 \times 2000000}{3600}} = 73,96$$

$$1,37 \sqrt{\frac{knE}{fy}} \leq \frac{h}{tw} \Rightarrow 73,96 \leq 79,29$$

$$Aw = 2 \times 111 \times 1,4 = 310,8 \text{ cm}^2$$

$$Cv = 1,5 \frac{knE}{fy} \frac{1}{(h/tw)^2}$$

$$= 1,5 \frac{5,25 \times 2000000}{3600} \frac{1}{(111/1,4)^2} = 0,695$$

$$Vn = \frac{0,9 \times Aw \times kn \times E}{(h/tw)^2}$$

$$= \frac{0,9 \times 310,8 \times 5,25 \times 2000000}{(111/1,4)^2} = 466903,021 \text{ kg}$$

$$Vn = 0,6 \times fy \times Aw \times Cv + \frac{(1 - Cv)}{115 \sqrt{1 + (a/h)^2}}$$

$$= 0,6 \times 3600 \times 310,8 \times 0,695 + \frac{(1 - 0,695)}{115 \sqrt{1 + 20,29}} = 466903,022 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0,9 \times 466903,022 = 420212,719 \text{ kg}$$

Agar tidak menggunakan intermediate stiffner, maka:

$$Vn \leq 420212,719 \text{ kg}$$

6.3.2. Perencanaan Ukuran Stiffner

Sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 8.12 untuk perencanaan pengaku vertikal.

$$\begin{aligned} As &\geq 0,5 \times D \times A_w (1 - Cv) \left\{ \frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right\} \\ &\geq 0,5 \times 1,0 \times 310,8 (1 - 0,695) \left\{ 4,505 - \frac{4,505^2}{\sqrt{1 + 4,505^2}} \right\} \\ &\geq 5,066 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai pelat dengan ukuran **100 x 10**

$$\begin{aligned} As &= 10 \times 1 \\ &= 10 \text{ cm}^2 \geq 5,066 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ok} \end{aligned}$$

Kekakuan stiffner minimum

Sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 8.12.3 untuk perencanaan kekakuan minimum.

$$\frac{a}{h} > \sqrt{2}$$

$$\frac{5000}{1110} = 4,505 > 1,414$$

$$\begin{aligned} Is &= \frac{1}{12} \times 1,0 \times 10^3 + 1,0 \times 10 \times 5^2 \\ &= 333,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Is &\geq \frac{1,5h^3tw^3}{a^2} \\ &\geq \frac{1,5 \times 136763 \times 2,744}{250000} \end{aligned}$$

$$333,3 \geq 22,517 \rightarrow \text{ok}$$

6.3.3. Perencanaan Tebal Las

Kekuatan las

$$\begin{aligned} Ru &= \phi \times 0,6 \times F70xx \rightarrow 0,75 \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \\ &= 2214 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Tebal las yang dibutuhkan

$$a_{eff\ maksprofil} = 1,41 \frac{5200}{70 \times 70,3} 1,0 = 1,49 \text{ cm}$$

$$te = 0,707 \times 1,48994 = 1,1 \text{ cm}$$

$$a = \frac{1,1}{0,707} = 1,49 \text{ cm}$$

6.4. Perencanaan Sambungan Ujung Pylon dengan Pelat Perletakan Kabel

Sebagai contoh perhitungan akan dipakai pylon P4 pada kabel CA-3.

$$Nu = 93677,93 \text{ kg}$$

6.4.1. Perencanaan Baut

Baut dari A 529 grade 50

$$fu = 4850 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 3450 \text{ kg/cm}^2$$

Dipakai baut dengan $\phi = 3$ in

$$Ag = 4558 \text{ mm}^2$$

$$Nu \leq \phi Nn$$

- Leleh

$$\begin{aligned} \phi Nn &= \phi Ag fy \\ &= 0,9 \times 45,5806 \times 3450 \\ &= 141527,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Putus

$$\begin{aligned} \phi Nn &= \phi Ae fu \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 4558 \times 4850 \\ &= 12434945 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Nu \leq \phi Nn$$

Digunakan 1 baut = 12434945 kg > 93677,93 kg → ok

6.4.2. Perencanaan Pelat Tarik

Akan dicari penampang yang paling kritis menahan gaya tarik kabel, sesuai dengan SNI 03-1729-2002 pasal 10.4.

Dipakai pelat dengan mutu : BJ 52

$$f_u : 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y : 3600 \text{ kg/cm}^2$$

$$Nu \leq \phi Nn$$

$$Nu \leq \phi A_g f_y$$

$$\leq 0,9 \times A_g \times 3600$$

$$A_g \geq \frac{93677,93}{0,9 \times 3600}$$

$$A_g \geq 28,91 \text{ cm}^2$$

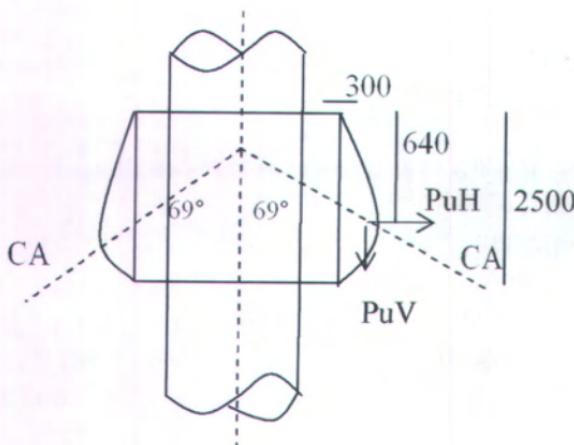
Misal Ag yang dipakai:

$$\begin{aligned} A_g &= A_{bb} \times t \\ &= 100 \times 30 \\ &= 30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Maka akan dipakai pelat dengan tebal 30 mm

6.4.3. Perencanaan Tebal Las

Digunakan mutu las F70xx



Tebal las yang diperlukan

$$Pu \text{ kabel} : 93677,93 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut} : 69^\circ$$

$$Pu H : 87455,8818 \text{ kg}$$

$$Pu V : 33571,1677 \text{ kg}$$

Misal tebal las:

$$te = 1 \text{ mm}$$

$$A_{\text{las}} = 2 \times 250 \times 1 = 500 \text{ cm}^2$$

$$S = b \times d = 250 \times 5,0 = 1250 \text{ cm}^3$$

$$Mv = 33571,1677 \times 20 = 671423,35 \text{ kgcm}$$

$$M_H = 87455,8818 \times (0,5 \times 250 - 64) = 5334808,8 \text{ kgcm}$$

$$fp_v = \frac{Pu_v}{A} = \frac{33571,1677}{500} = 67,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$fp_H = \frac{Pu_H}{A} = \frac{87455,8818}{500} = 174,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$fMv = \frac{Mv}{S} = \frac{671423,354}{1250} = 537,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$fM_H = \frac{M_H}{S} = \frac{5334808,79}{1250} = 4268 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(fp_V + fp_H)^2 + (fM_V + fM_H)^2}$$

$$= \sqrt{(67,1423 + 174,9)^2 + (537,1 + 4268)^2}$$

$$= 4811,079 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal las per cm

$$\phi fn = \phi \times 0,6 \times F70_{xx} \times 1,0 \rightarrow \phi = 0,75$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 \times 1,0$$

$$= 2214 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal las:

$$t_e = \frac{4811,079}{2214,45} 1,0 = 2,173 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{2,173}{0,707} = 3,07296 \text{ cm}$$

Maka tebal las yang diperlukan adalah **30,73 mm**.

6.5. Perencanaan Sambungan Pylon dengan Base Plate

6.5.1. Data Perencanaan

Pylon dari pelat berbentuk *Circular Hollow Sections* (CHS)

$$D = 1200 \text{ mm}$$

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

$$Do = 1162 \text{ mm}$$

$$A = 70458,46 \text{ mm}^2$$

$$I = 12287268454 \text{ mm}^4$$

$$r = 417,60059 \text{ mm}$$

$$S = 20478780,76 \text{ mm}^3$$

$$Z = 26502745 \text{ mm}^3$$

Diameter angker = 6 cm (A 529 grade 50)

$$fu = 4850 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 3450 \text{ kg/cm}^2$$

Dari hasil analisa SAP

$$M_{ux} = 672609,65 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 31011,75 \text{ kgm}$$

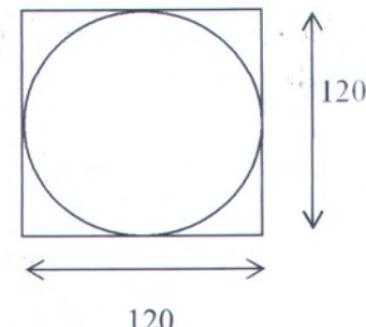
$$P_u = -520448 \text{ kg}$$

$$V_u = 35343,44 \text{ kg}$$

$$f_{c'} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 520 \text{ MPa} = 5200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 360 \text{ MPa} = 3600 \text{ kg/cm}^2$$



6.5.2. Menentukan Dimensi Pelat

$$1. \quad A_1 = \frac{R_u}{\phi c x 0,85 x f'_c}$$

$$A_1 = \frac{520448}{\phi c x 0,85 x 400} = 2551,2157 \text{ cm}^2$$

$$2. \quad A_1 = 120 \times 120 \\ = 14400 \text{ cm}^2$$

Jarak dari muka kolom ke baut dianggap 2d

$$m = n = 2 \times 2d = 24 \text{ cm}$$

$$B = N = 120 + 2m \text{ atau } n = 168 \text{ cm}$$

$$\text{Maka } A = B \times N$$

$$= 168 \times 168 \\ = 28224 \text{ cm}^2$$

$$\phi c P_p = 0,6(0,85 x f'_c x A_1) \\ = 0,6(0,85 x 400 x 28224) \\ = 5757696 \text{ kg}$$

$$X = \left(\frac{4x d x b f}{(d + b f)^2} \right) \frac{P_u}{\phi c P_p} \\ = \left(\frac{4 \times 120 \times 120}{(120 + 120)^2} \right) \frac{520448}{5757696} = 0,090 \text{ cm}$$

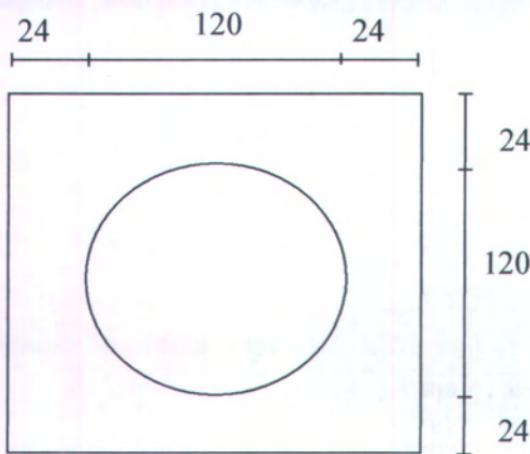
$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{2\sqrt{X}}{1 + \sqrt{1 - X}} \leq 1 \\ &= \frac{2\sqrt{0,090}}{1 + \sqrt{1 - 0,090}} \leq 1 \\ &= \frac{0,601}{1,954} \leq 1 \\ &= 0,308 \leq 1\end{aligned}$$

$$\lambda n' = \frac{\lambda \sqrt{dbf}}{14} = \frac{0,3078 \sqrt{14400}}{4} = 9,233 \text{ cm}$$

l = maks (m, n, $\lambda n'$) = 24 cm

$$\begin{aligned}t_{req} &= l \sqrt{\frac{2Pu}{0,9fyBN}} \\ &= 24 \sqrt{\frac{2x520448}{0,9x3600x168x168}} = 2,561 \text{ cm}\end{aligned}$$

Maka dipakai pelat **1680 x 1680 x 30**

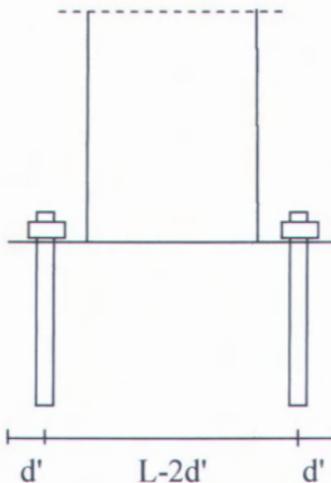


Kontrol Tegangan Maksimum

$$\begin{aligned} A \text{ dasar kolom} &= B \times N = 168 \times 168 = 28224 \text{ cm}^2 \\ W \text{ dasar kolom} &= 1/6 \times B \times N^2 = 1/6 \times 168 \times 28224 \\ &= 790272 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} \\ &= \frac{520448}{28224} + \frac{67260965}{790272} + \frac{-3101175}{790272} \\ &= 99,63 \text{ kg/cm}^2 \leq 0,85 f_c' \\ &= 99,63 \text{ kg/cm}^2 \leq 340 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

6.5.3. Perhitungan Angker



$$Ab = 28,26 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} T = Cc &= \frac{Mu}{L - 2d'} \\ &= \frac{67260965}{168 - 24} = 467090,035 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat leleh angker

$$Ag_{perlu} = \frac{T}{\phi fy} = \frac{467090,03}{0,9x3448} = 150,54 \text{ cm}^2$$

Kontrol kuat putus angker

$$Ag_{perlu} = \frac{T}{0,75x\phi fu} = \frac{467090,03}{0,75x0,75x4826,5} = 172 \text{ cm}^2$$

Jumlah angker tiap sisi:

$$n = \frac{Ag}{Ab} = \frac{172,046}{28,26} = 6 \text{ buah}$$

Panjang angker yang dibutuhkan:

$$fc' \text{ lekatan} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \frac{T}{nx\pi x dx fc' \text{ lekatan}} \\ = \frac{467090,035}{6x\pi x 6x 40} = 101,8 \text{ cm}$$

Dipakai pelat dengan L = 102 cm

6.5.4. Sambungan Las Base Plate

Dasar pylon akan dilas ujungnya ke permukaan pelat dasar pylon menggunakan las tumpul yang mempunyai kekuatan sama dengan bahan baja yang disambungkan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

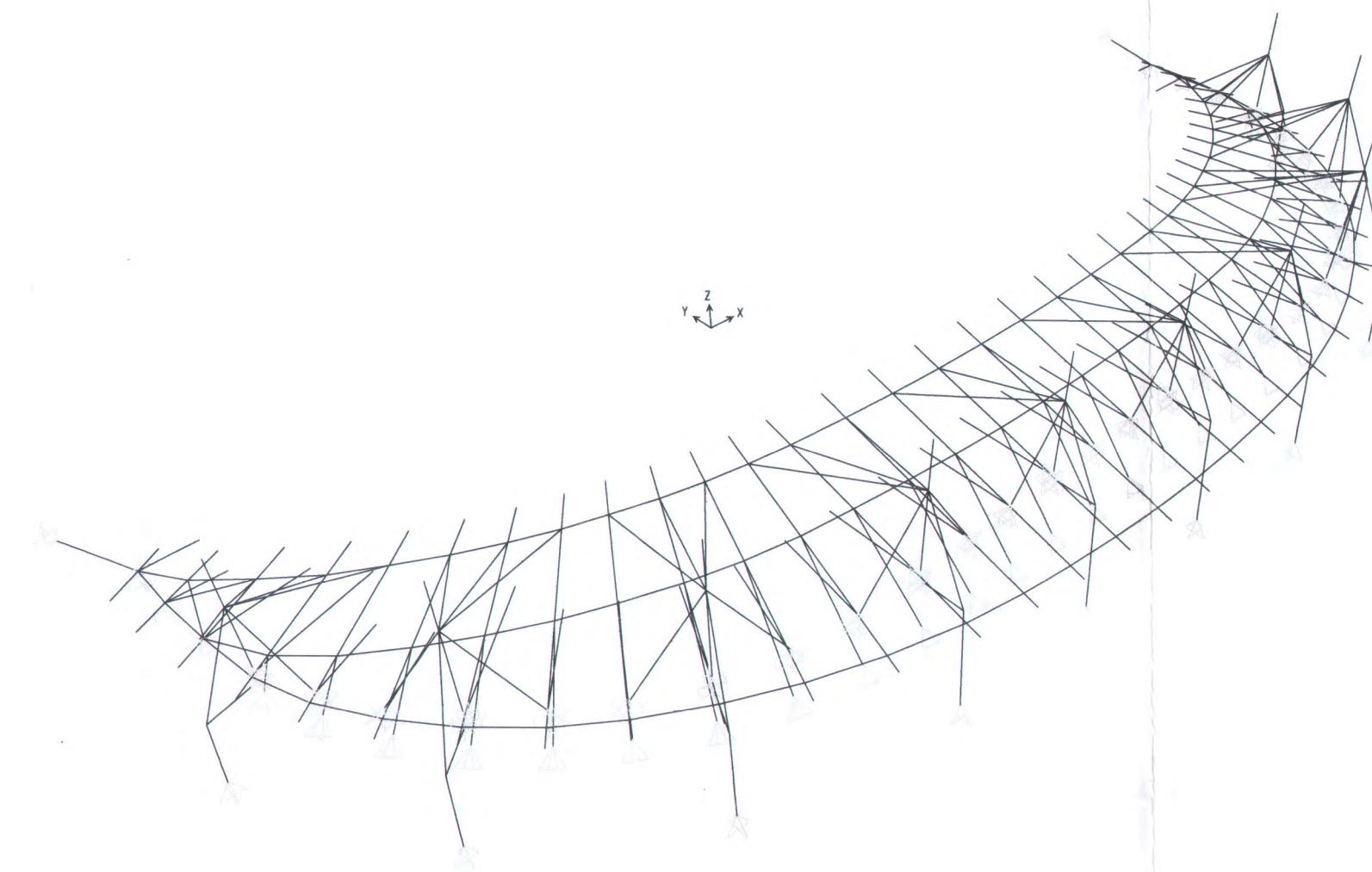
Perencanaan Atap Stadion Utama Palaran Kota Samarinda dengan rangka baja merupakan alternatif yang tepat untuk sebuah bangunan yang besar dan luas jika dibanding dengan bahan yang lain. Dari perencanaan ini dapat diberikan beberapa kesimpulan dan saran:

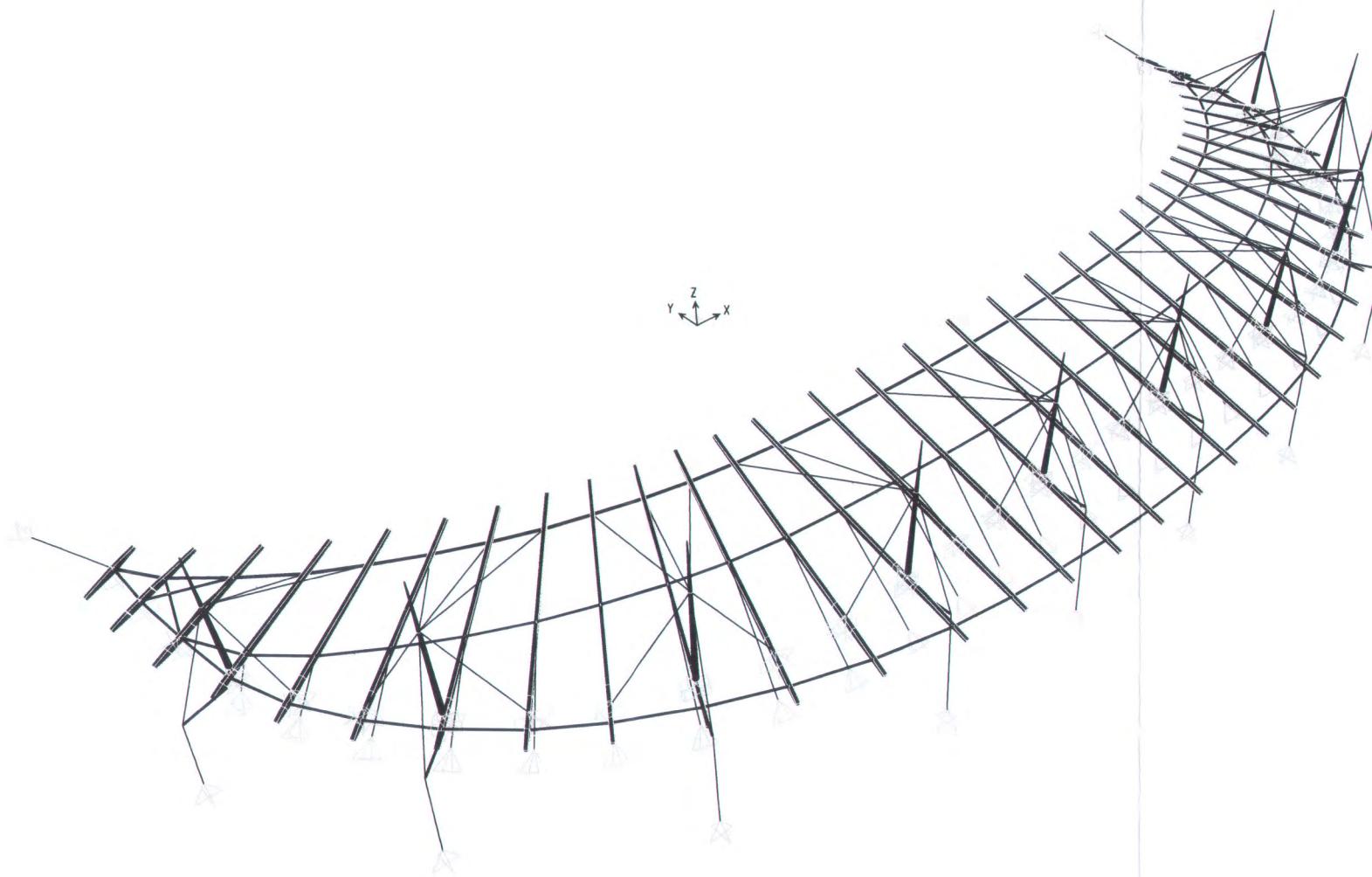
1. Bentuk struktur box yang sama dan memiliki jumlah yang sangat banyak sangat memungkinkan untuk digunakan dimensi yang sama dengan memakai perhitungan yang paling optimum.
2. Penggunaan struktur baja box mampu menaungi stadion yang memerlukan arena yang luas tanpa hambatan kolom di dalamnya.
3. Perencanaan sambungan yang harus benar-benar diperhatikan karena dimensi yang sangat besar.

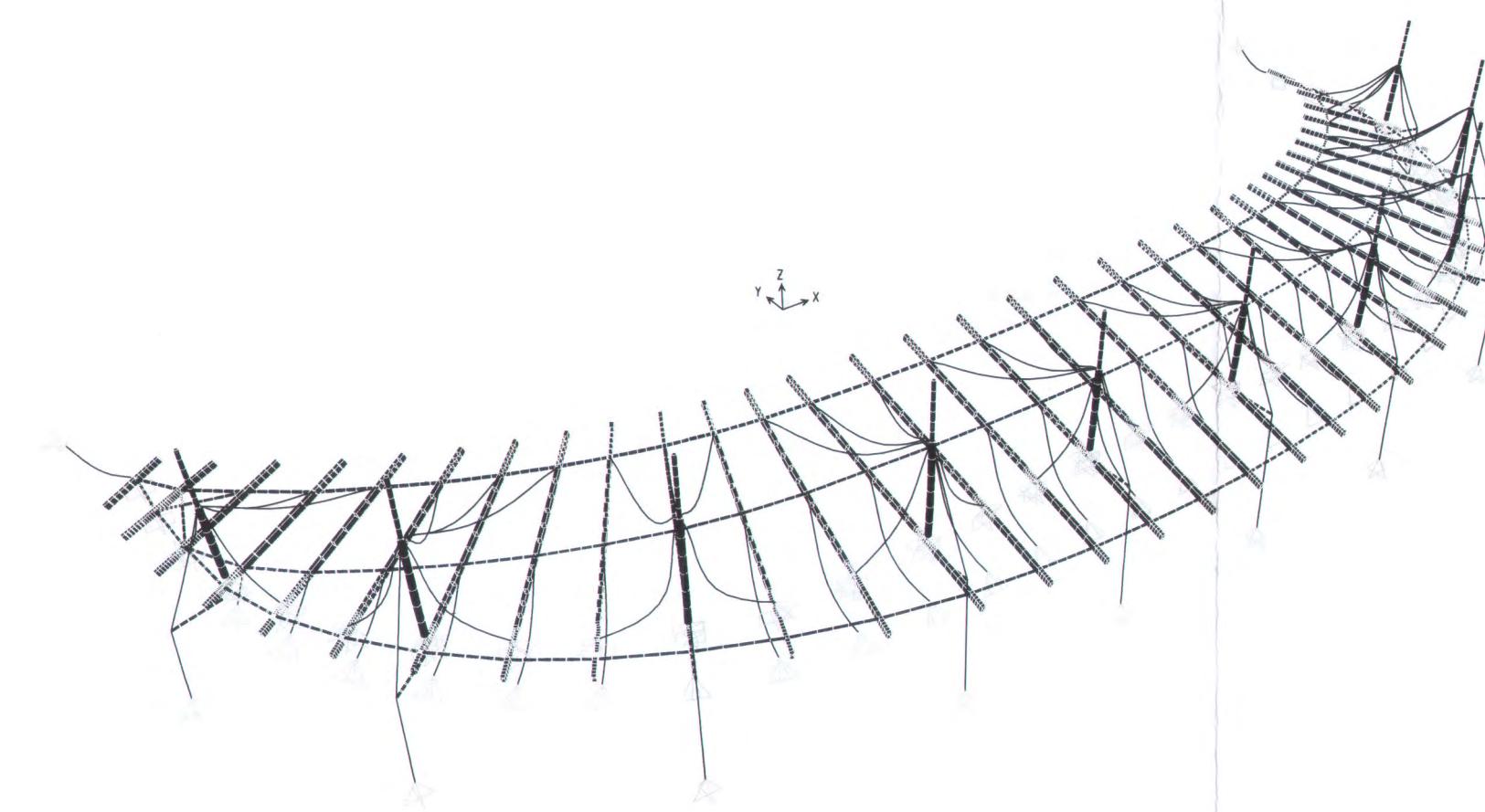
DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, Inc. 1997. **Load and Resistance Factor Design Specification**, Chicago: Illionis.
- American Institute of Steel Construction, Inc. 2001. **Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Hollow Structural Sections**, Chicago: Illionis.
- Amon, Rene, Bruce Knobloch dan Atanu Mazumder. 1996. **Perencanaan Konstruksi Baja untuk Insinyur dan Arsitek 1**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dayaratnam, P. 2003. **Design of Steel Structures**. Ram Nagar, New Delhi-110 055: S. Chand & Company LTD.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebaan Indonesia untuk Gedung**. Bandung: Direktorat Jendral Cipta Karya.
- International Conference of Building Officials. 1997. **Uniform Building Code**.
- Purwono, Rachmat. 2005. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya: ITS Press.

LAMPIRAN







DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN ATAP STADION

NO.	NO. GAMBAR	JUDUL GAMBAR	SKALA
01	01	PLAN RANGKA ATAP	1:1000
02	02	ISOMETRI RANGKA ATAP	NO SCALE
03	03	ELEVASI RANGKA ATAP	NO SCALE
04	04	DENAH KABEL DEPAN(CA), SAMPING(CB), UJUNG(C)	
05	05	DENAH KABEL BELAKANG(CC & CD), BAWAH(CE)	
06	06	FRAME RANGKA ATAP 53–57	1:400
07	07	FRAME RANGKA ATAP 58–61	1:400
08	08	FRAME RANGKA ATAP 62–1	1:400
09	09	FRAME RANGKA ATAP 2–5	1:400
10	10	PYLON	1:200
11	11	BRACING A	1:200
12	12	BRACING B	1:200
13	13	BRACING C	1:200
14	14	DENAH GORDING ATAP	1:200
15	15	SAMBUNGAN GORDING, POTONGAN A–A	1:20
16	16	SAMBUNGAN ANTAR BOX GIRDER	1:20
17	17	TIPIKAL SAMBUNGAN PYLON–PELAT KABEL	NO SCALE
18	18	SAMBUNGAN BASE PLATE POTONGAN A–A	1:20



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA**

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

DAFTAR GAMBAR
PERENCANAAN ATAP
STADION

NO. GAMBAR

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

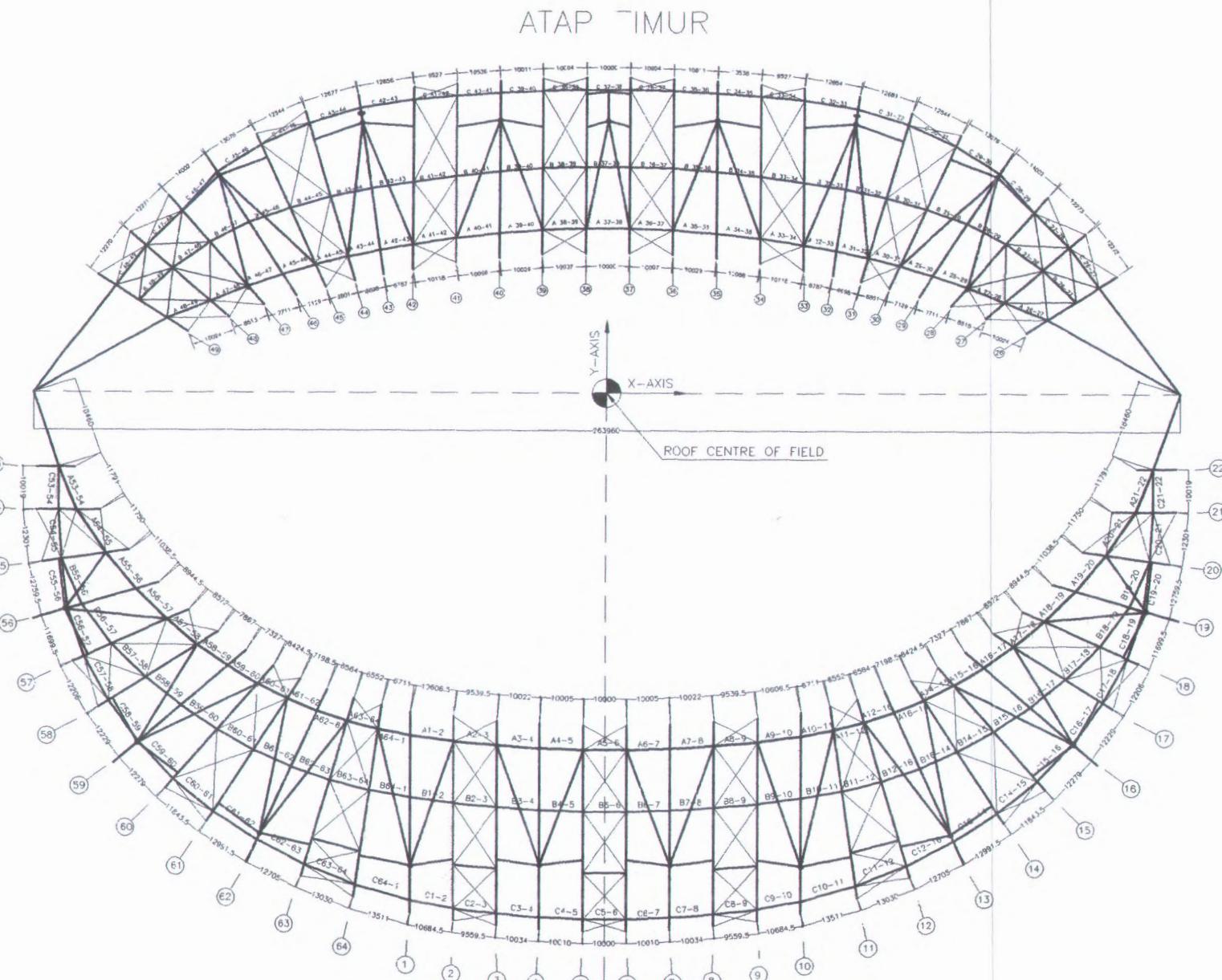
PLAN RANGKA ATAP
SKALA 1:1000

NO. GAMBAR

01 18

DISETUJUI

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

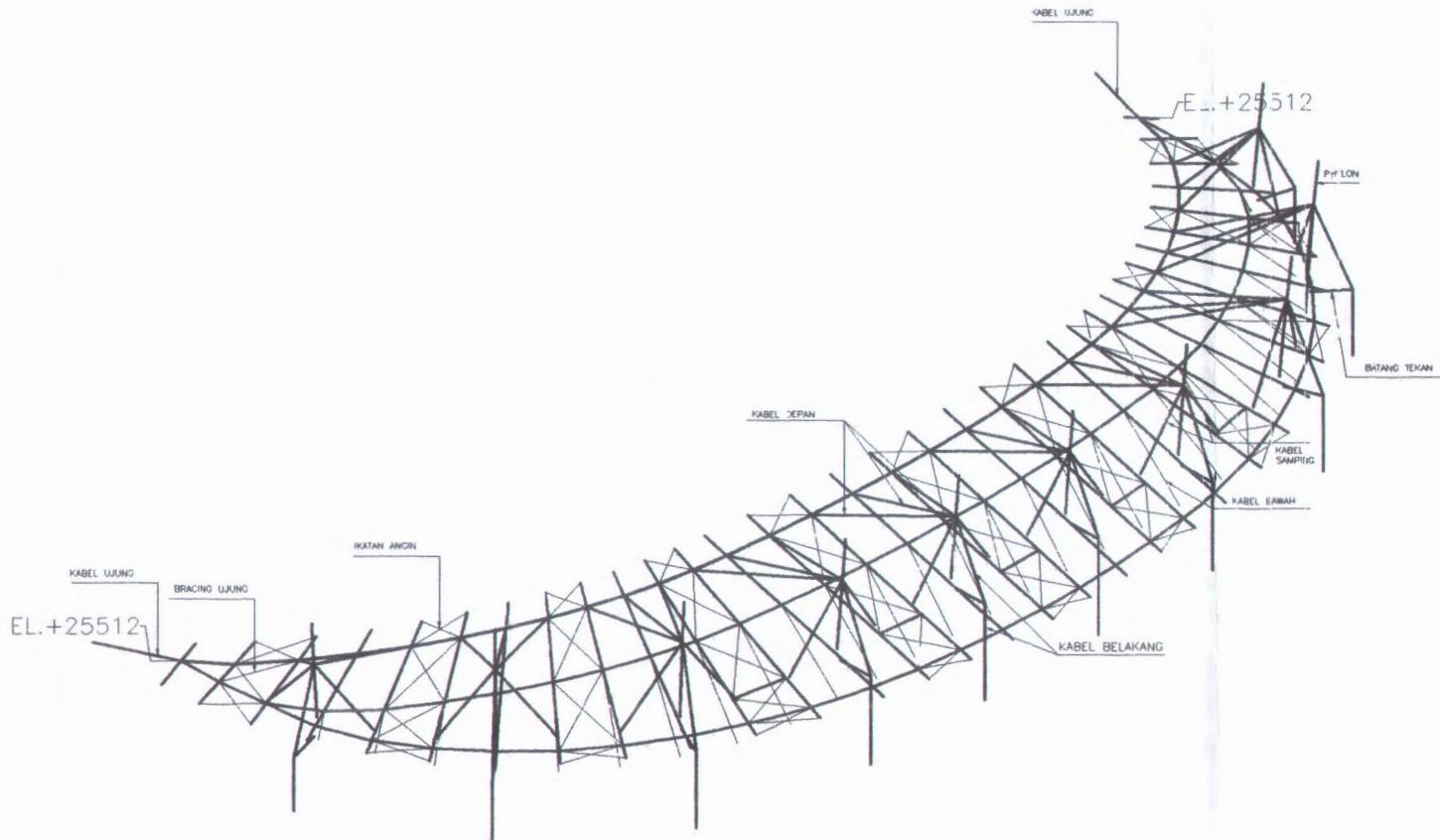
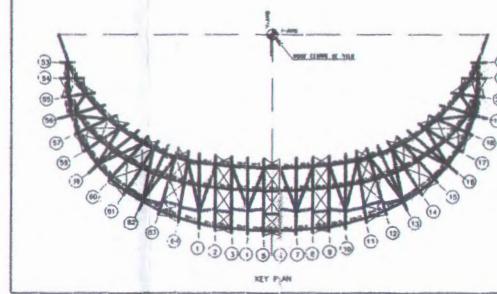
ISOMETRI RANGKA
ATAP
NO SCALE

NO. GAMBAR

02 18

DISETUJUI

CATATAN



ISOMETRI RANGKA ATAP
NO SCALE



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

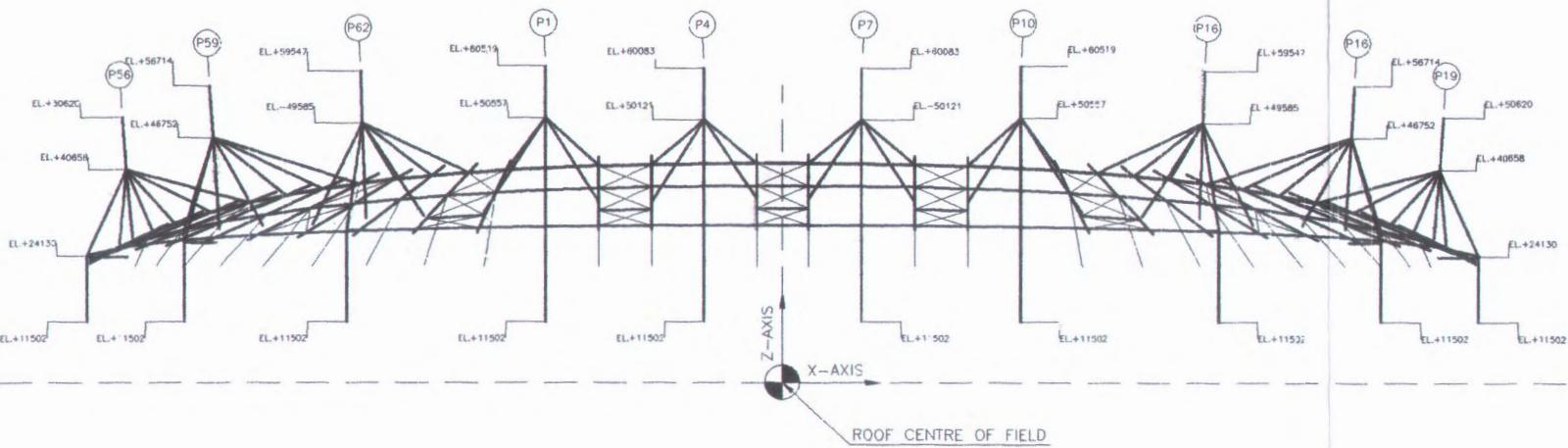
ELEVASI RANGKA
ATAP BARAT
NO SCALE

NO. GAMBAR

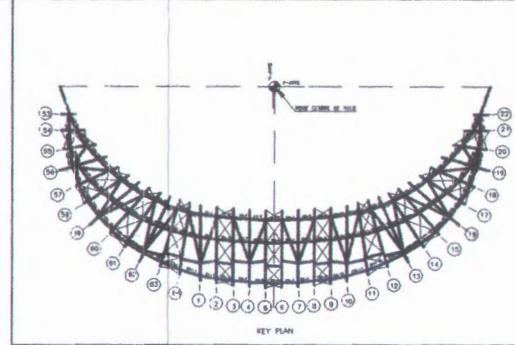
03 18

DISETJUJUI

CATATAN



ELEVASI RANGKA ATAP
NO SCALE





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

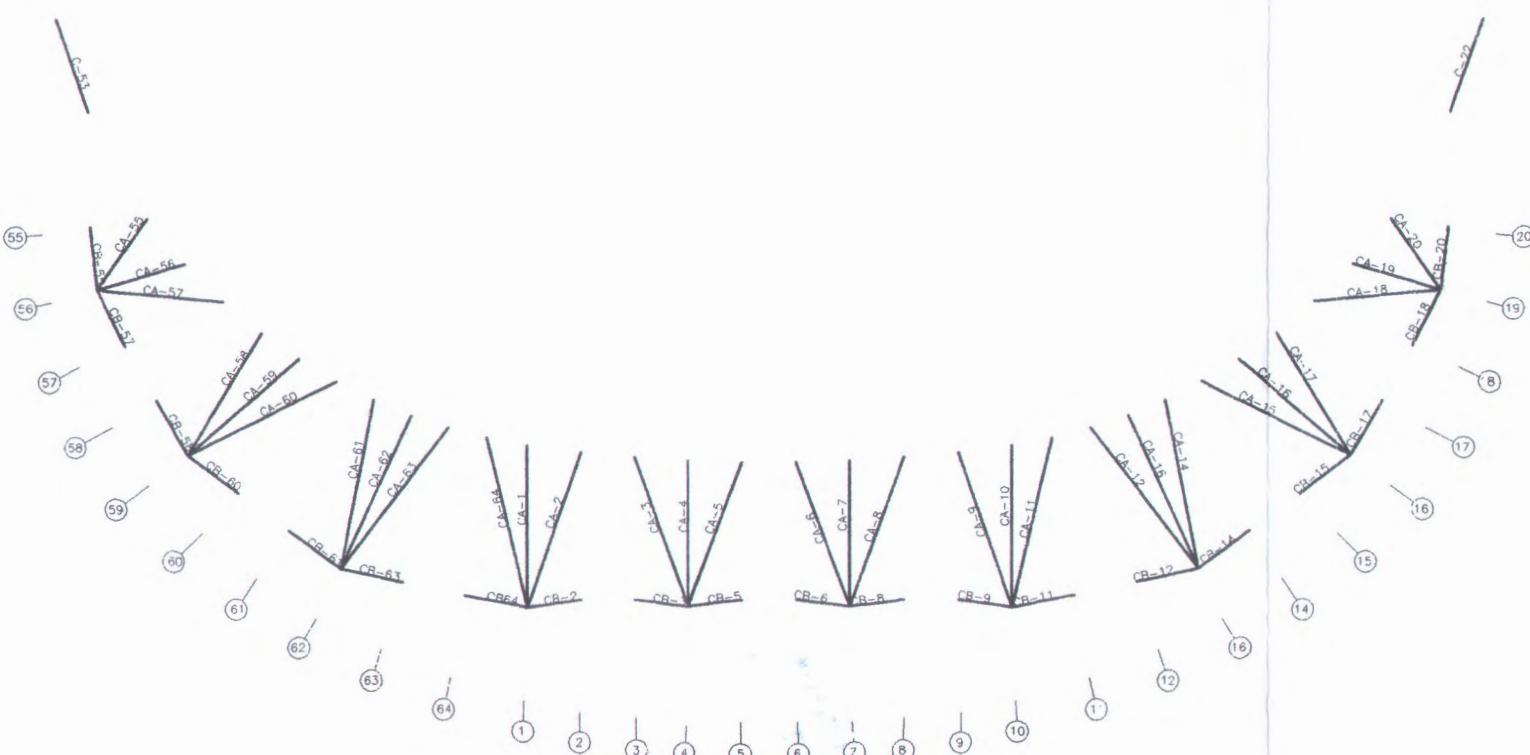
DENAH KABEL
DEPAN(CA),
SAMPING(CB), UJUNG(C)

NO. GAMBAR

04 18

DISETUJUI

CATATAN



DENAH KABEL DEPAN (CA), SAMPING (CB), UJUNG (C)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

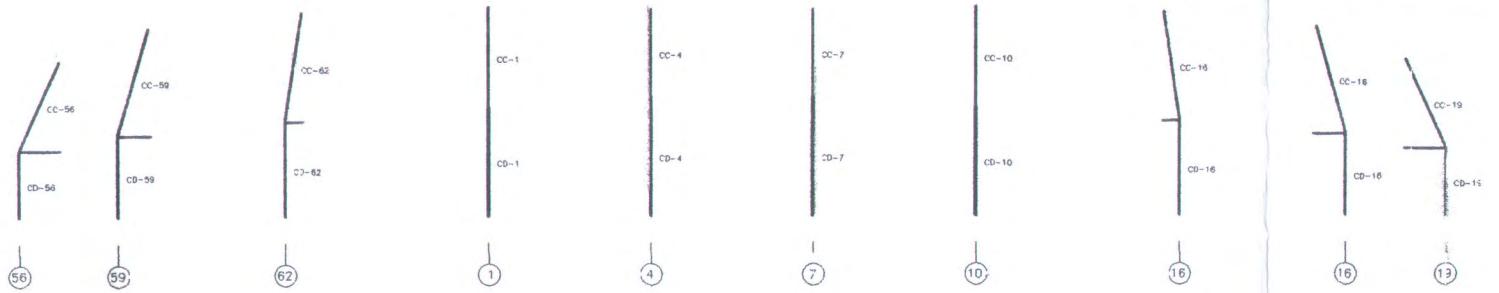
DENAH KABEL
BELAKANG(CC)&
(CD), BAWAH(CE)

NO. GAMBAR

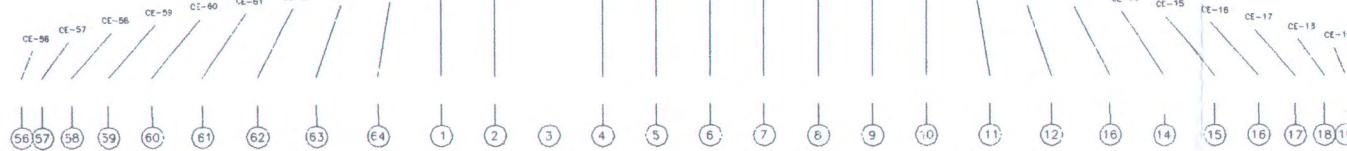
05 18

DISETUJUI

CATATAN



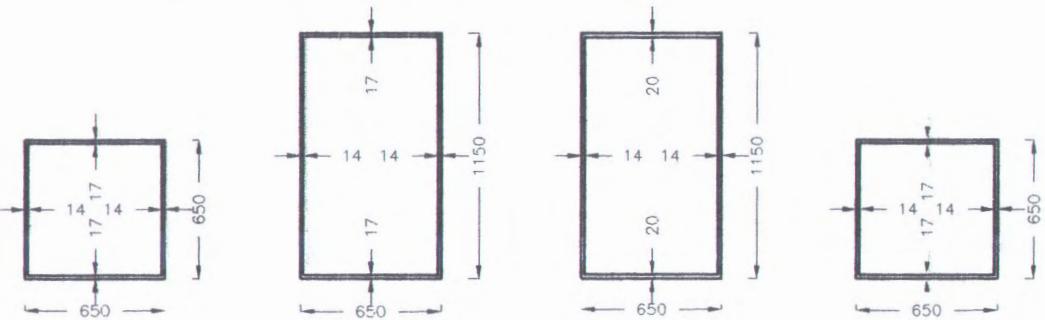
DENAH KABEL BELAKANG (CC & CD)



DENAH KABEL BAWAH (CE)



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA



POTONGAN 1-1

SKALA 1:25

POTONGAN 2-2

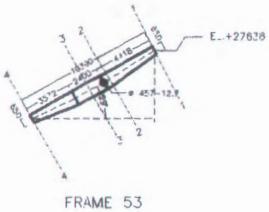
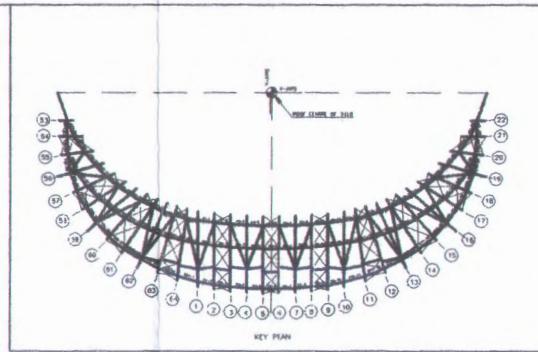
SKALA 1:25

POTONGAN 3-3

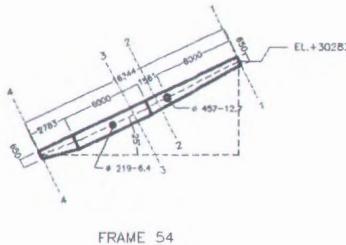
SKALA 1:25

POTONGAN 4-4

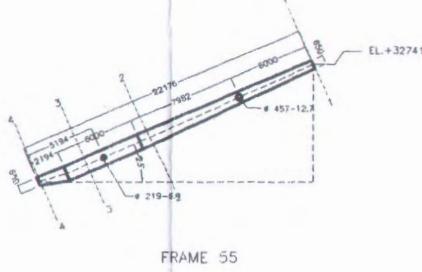
SKALA 1:25



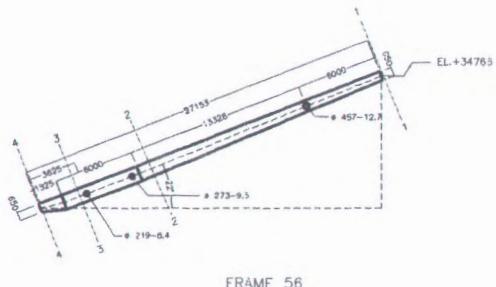
FRAME 53



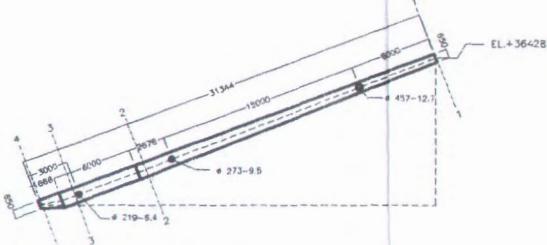
FRAME 54



FRAME 55



FRAME 56



FRAME 57

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

FRAME RANGKA ATAP
53-57
SKALA 1:400

NO. GAMBAR

06	18
----	----

DISETUJUI

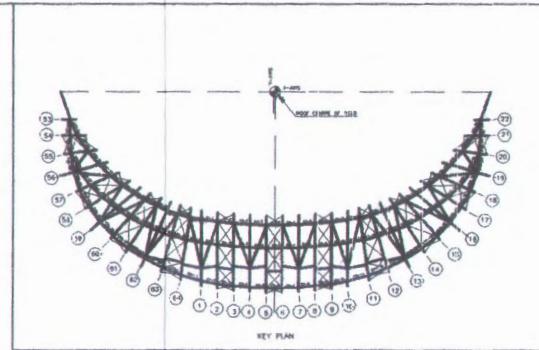
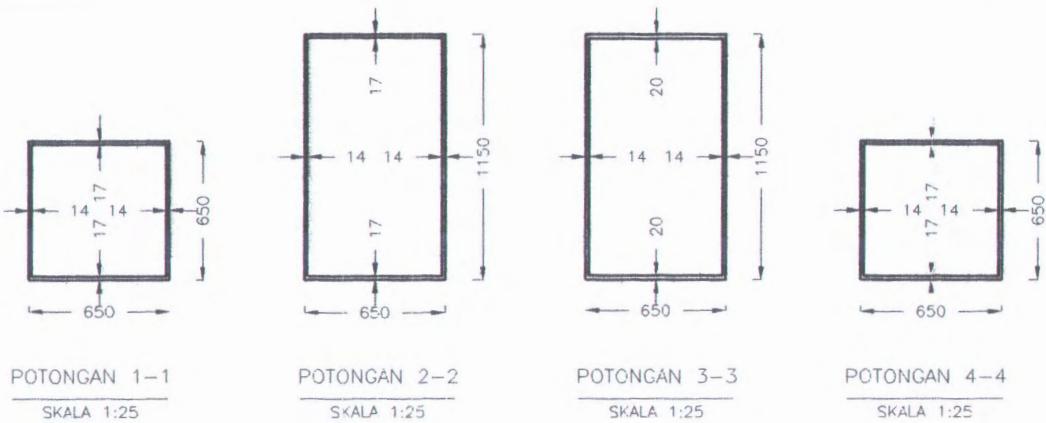
CATATAN

FRAME RANGKA ATAP 53-57

SKALA 1:400



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

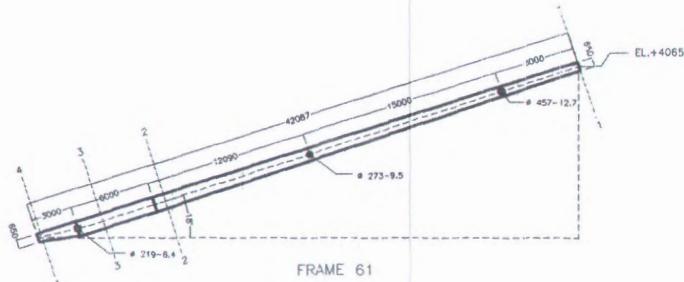
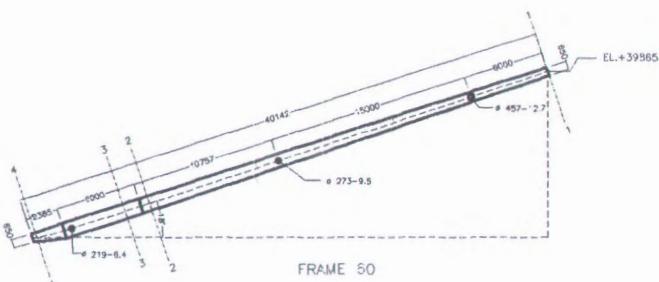
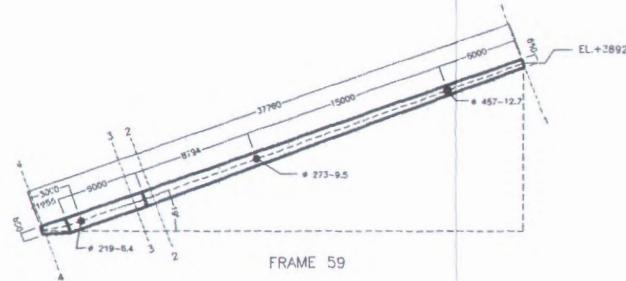
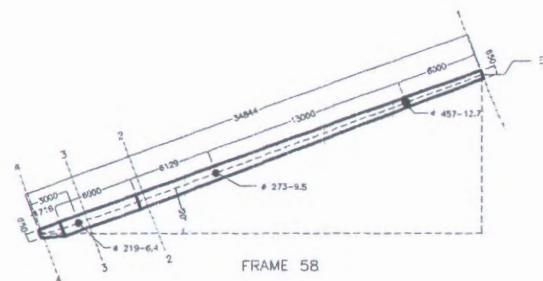
FRAME RANGKA ATAP
58-61
SKALA 1:400

NO. GAMBAR

07 18

DISETUJUI

CATATAN



FRAME RANGKA ATAP 58-61
SKALA 1:400



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

FRAME RANGKA ATAP
62-1

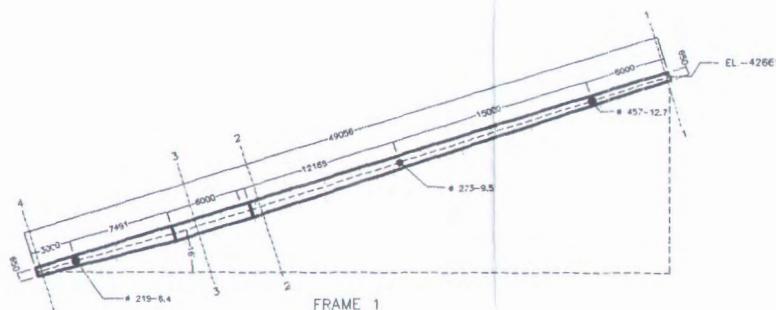
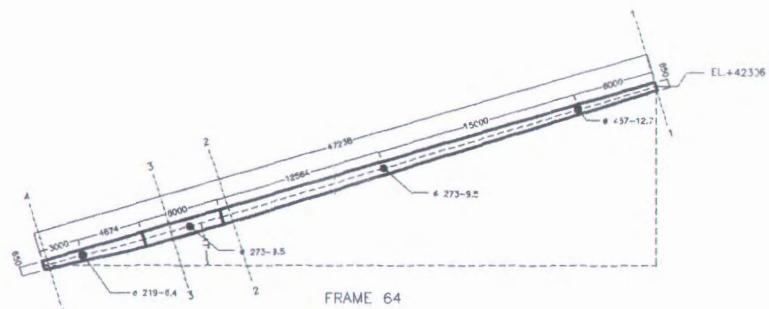
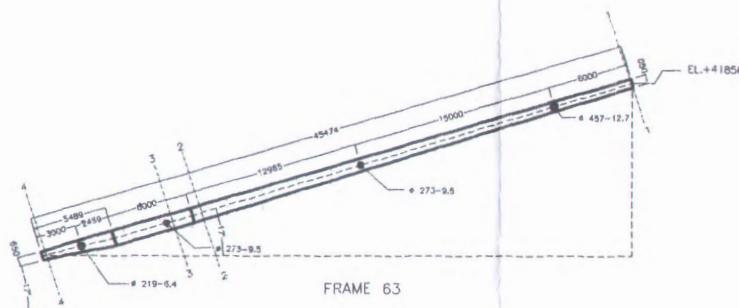
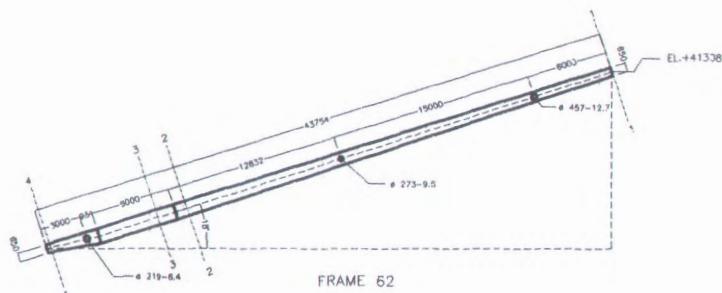
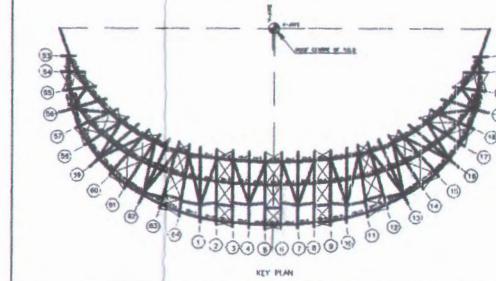
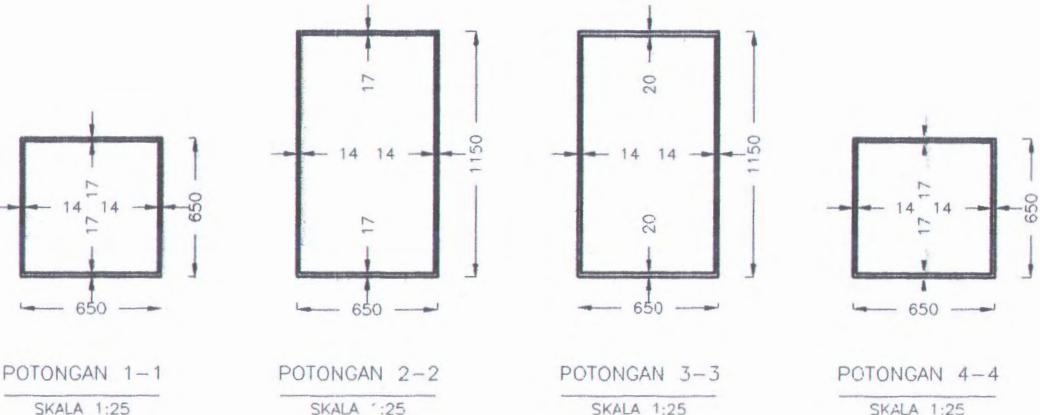
SKALA 1:400

NO. GAMBAR

08	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN



FRAME RANGKA ATAP 62-1
SKALA 1:400



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA**

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

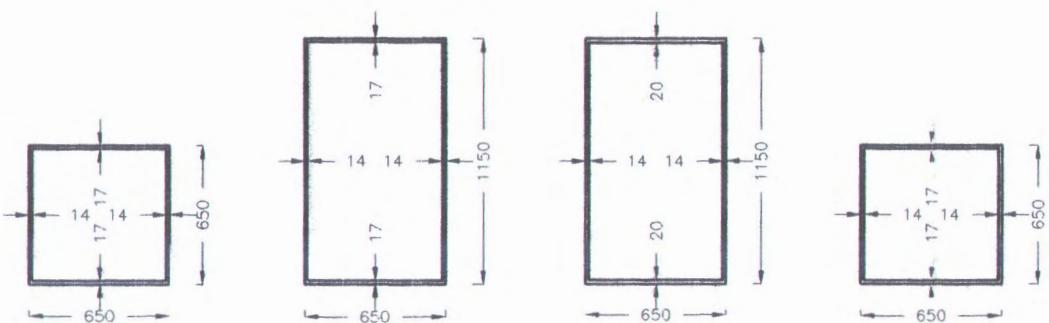
FRAME RANGKA ATAP
2-5
SKALA 1:400

NO. GAMBAR

09	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN



POTONGAN 1-1

SKALA 1:25

POTONGAN 2-2

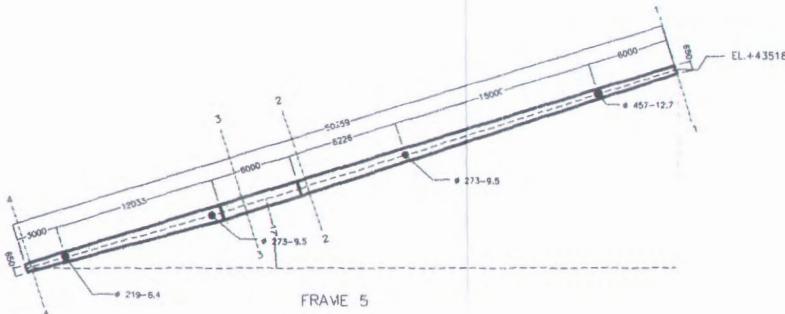
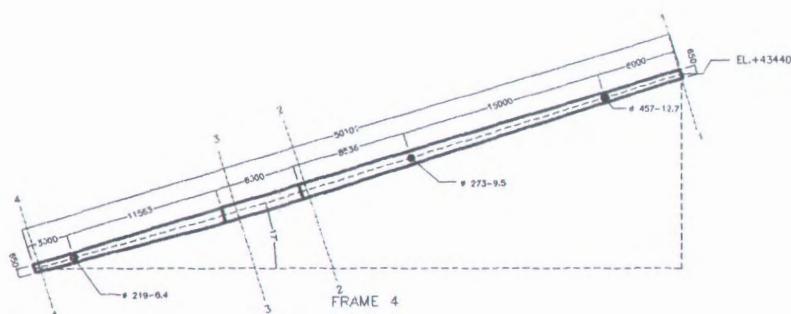
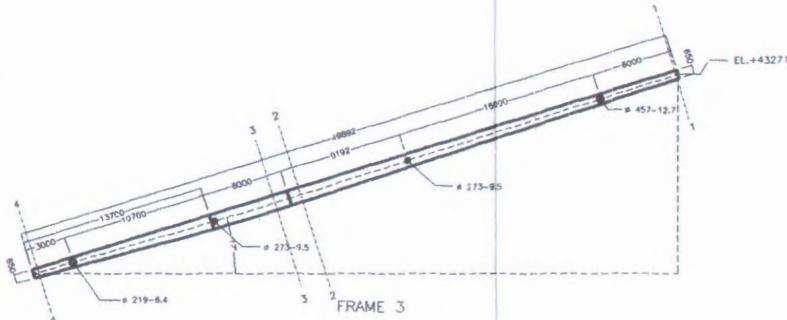
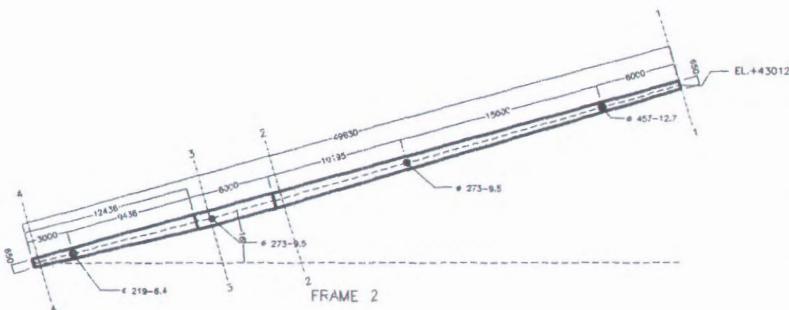
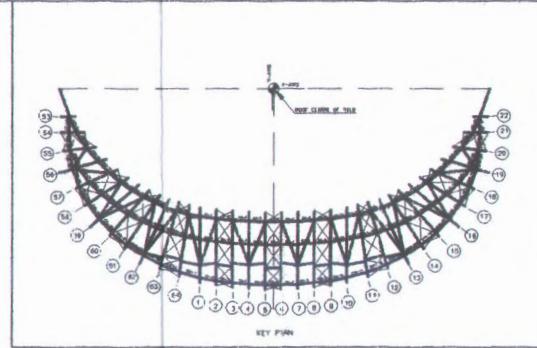
SKALA 1:25

POTONGAN 3-3

SKALA 1:25

POTONGAN 4-4

SKALA 1:25



FRAME RANGKA ATAP 2-5

SKALA 1:400



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

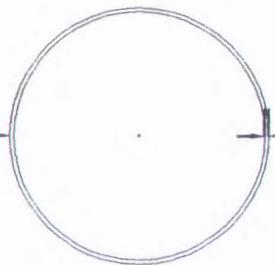
PYLON
SKALA 1:200

NO. GAMBAR

10	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN



POTONGAN 1-1

SKALA 1:25

POTONGAN 2-2

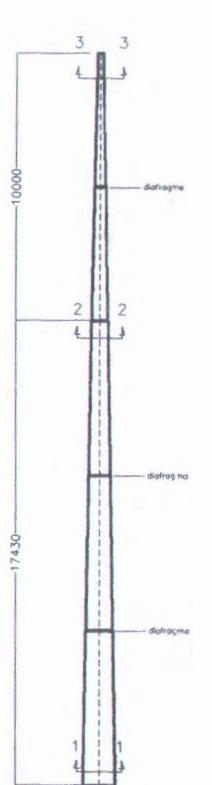
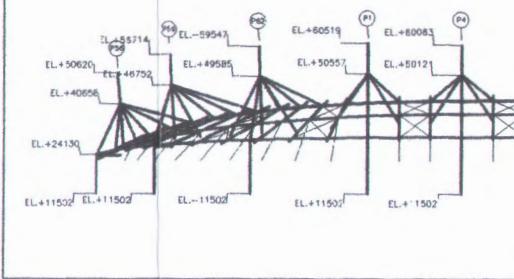
SKALA 1:25

POTONGAN 3-3

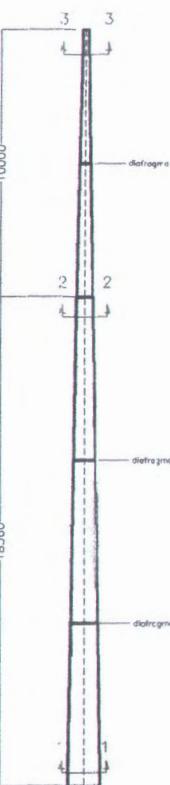
SKALA 1:25

DIAFRAGMA

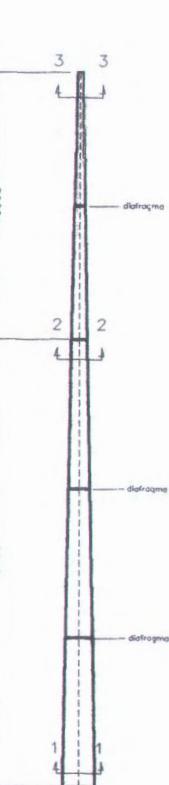
SKALA 1:25



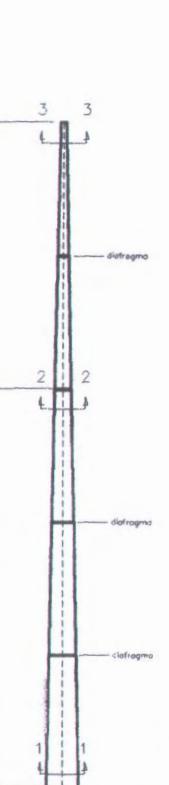
PYLON1 (P56)



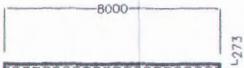
PYLON2 (P59)



PYLON3 (P62)



PYTHON4 (P')



BATANG TEKAN

PYLON
SKALA 1:200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

BRESING A
SKALA 1:200

NO. GAMBAR

11	18
----	----

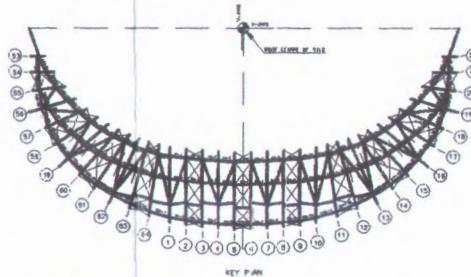
DISETUJUI

CATATAN



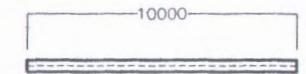
PENAMPANG ME_LINTANG

SKALA 1:20



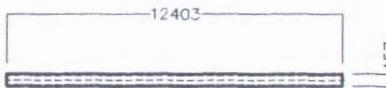
A5-6

457



A53-54

457



A54-55

457



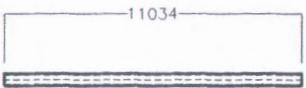
A55-56

457



A56-57

457



A57-58

457



A58-59

457



A59-60

457



A60-61

457



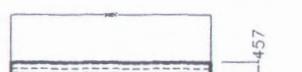
A61-62

457



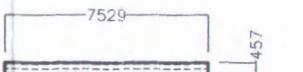
A62-63

457



A63-64

457

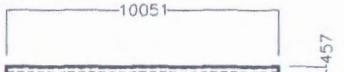


A64-1

457

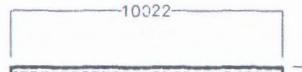
A1-2

457



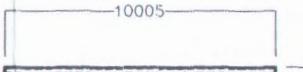
A2-3

457



A3-4

457



A4-5

457



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

BRESING B
SKALA 1:200

NO. GAMBAR

12	18
----	----

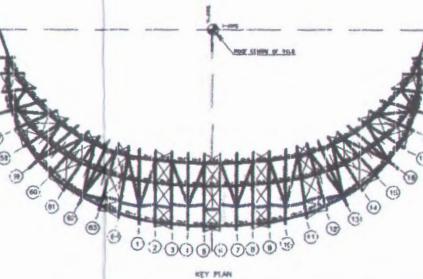
DISETUJUI

CATATAN



PENAMPANG ME_LINTANG

SKALA 1:20



11695
B55-56
JL273

11562
B56-57
JL273

11190
B57-58
JL273

10558
B58-59
JL273

10080
B59-60
JL273

9738
B60-61
JL273

9522
B61-62
JL273

9423
B62-63
JL273

9576
B63-64
JL273

9576
B64-1
JL273

1C092
B1-2
JL273

1C049
B2-3
JL273

10021
B3-4
JL273

10005
B4-5
JL273

10000
B5-6
JL273



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

BRESING C
SKALA 1:200

NO. GAMBAR

13 18

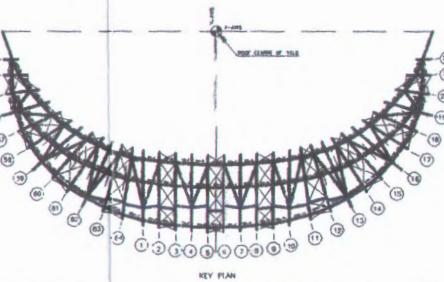
DISETUJUI

CATATAN

6.4 → ø219.1

PENAMPANG ME_LINTANG

SKALA 1:20



10000
||
C5-6

||
219

10003
||
C53-54

||
219

11562
||
C54-55

||
219

11695
||
C55-56

||
219

11767
||
C56-57

||
219

11503
||
C57-58

||
219

11824
||
C58-59

||
219

11874
||
C59-60

||
219

11950
||
C60-61

||
219

12072
||
C61-62

||
219

12299
||
C62-63

||
219

12624
||
C63-64

||
219

13107
||
C64-1

||
219

10172
||
C1-2

||
219

10073
||
C2-3

||
219

10034
||
C3-4

||
219

10010
||
C4-5

||
219



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANI, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

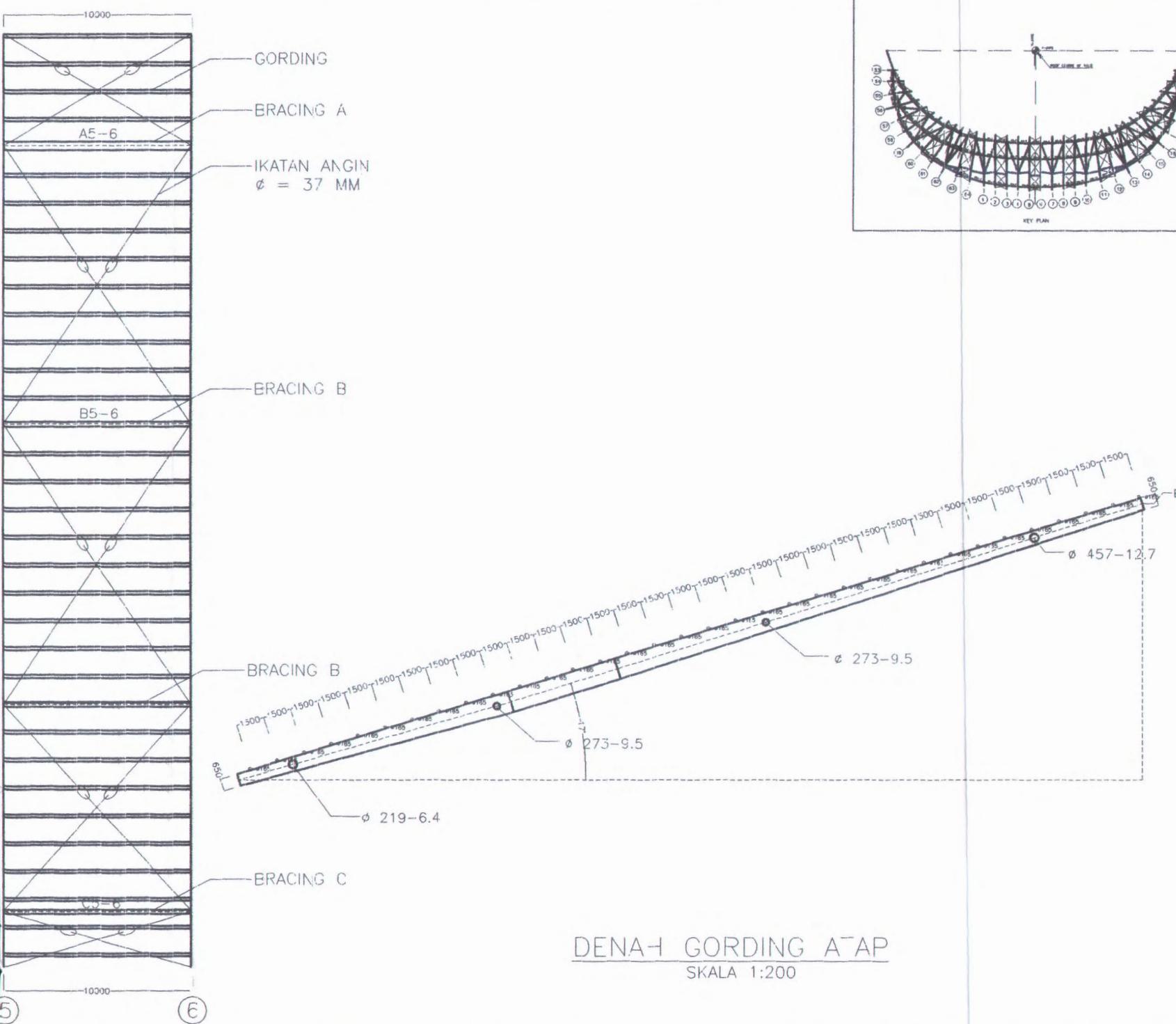
DENAH GORDING ATAP
SKALA 1:200

NO. GAMBAR

14	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

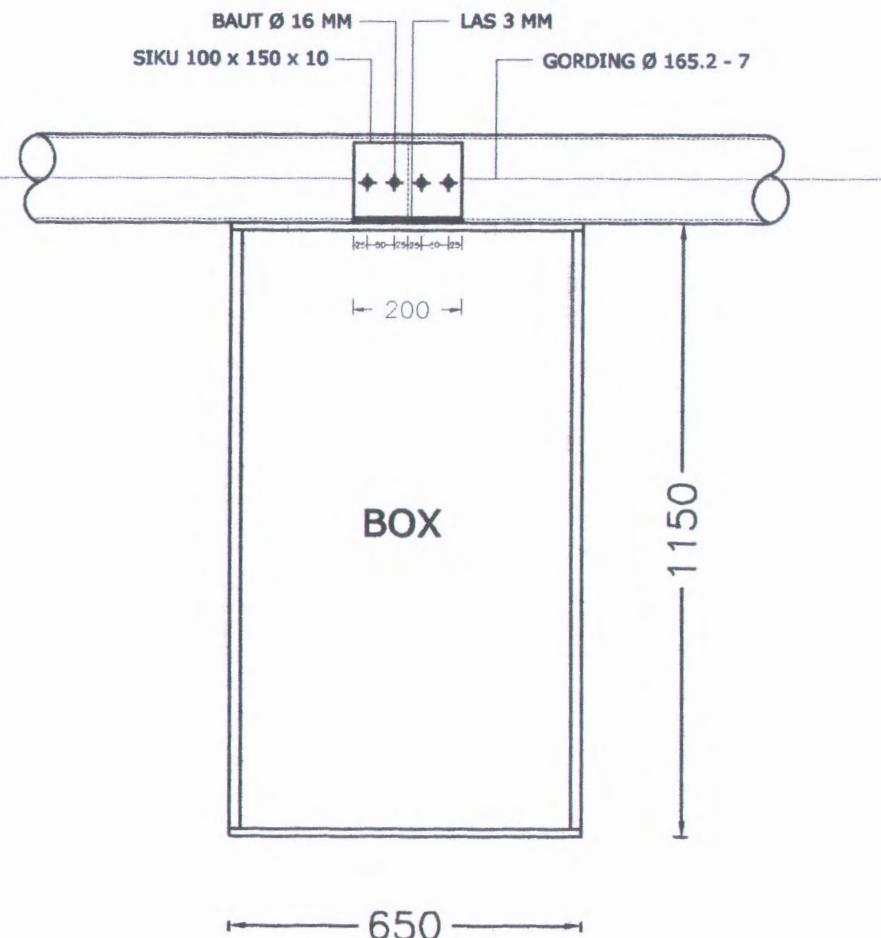
SAMBUNGAN GORDING
SKALA 1:20
POTONGAN A-A
SKALA 1:10

NO. GAMBAR

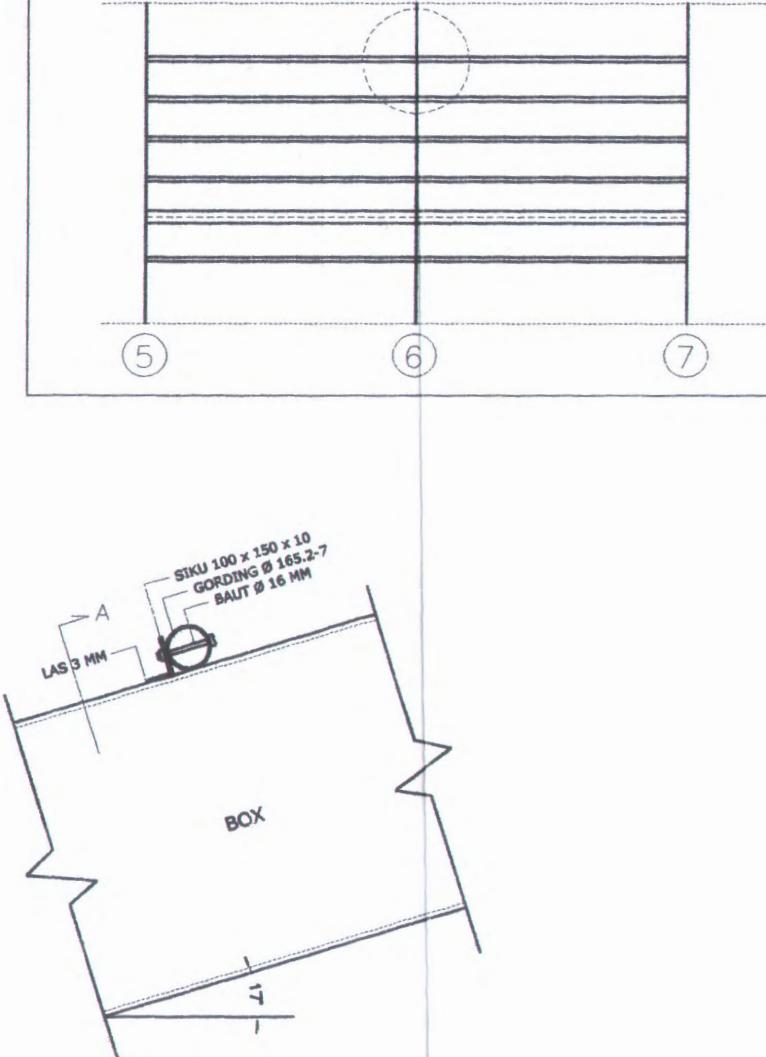
15 18

DISETUJUI

CATATAN



POTONGAN A-A
SKALA 1:10



SAMBUNGAN GORDING
SKALA 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

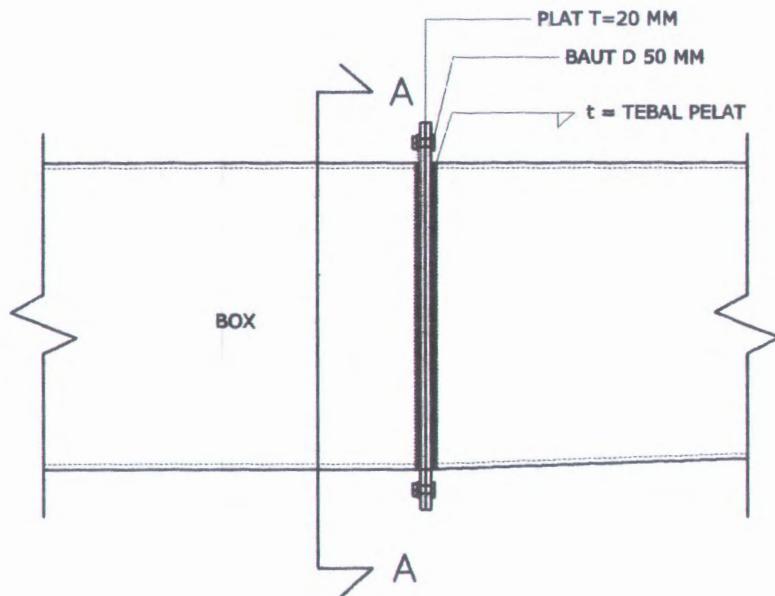
SAMBUNGAN ANTAR
BOX GIRDER
SKALA 1:20

NO. GAMBAR

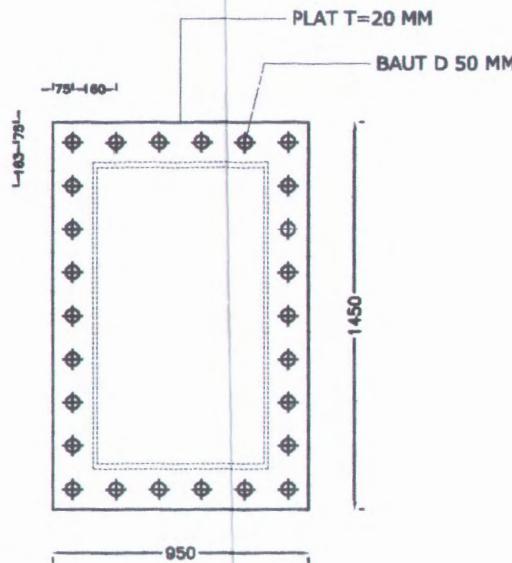
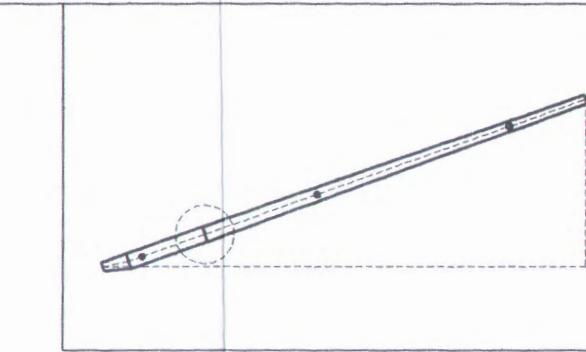
16	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN



SAMBUNGAN ANTAR BOX GIRDER
SKALA 1:20



POTONGAN A-A
SKALA 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

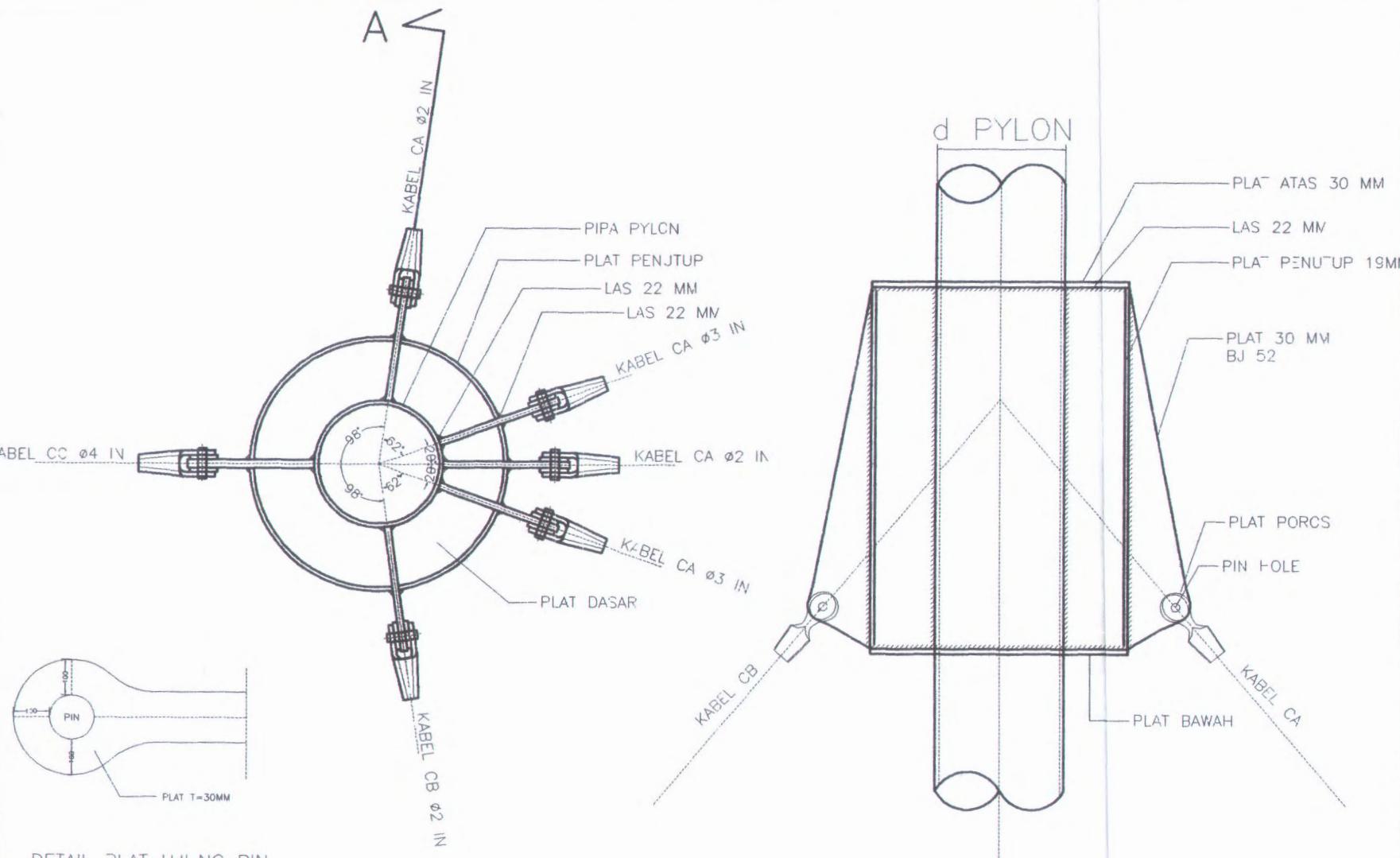
TIPIKAL SAMBUNGAN
PYLON-KABEL
NO SCALE

NO. GAMBAR

17 18

DISETUJUI

CATATAN



TIPIKAL SAMBUNGAN PYLON-KABEL
NO SCALE

POTONGAN A-A
NO SCALE



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ATAP
STADION UTAMA PALARAN
KOTA SAMARINDA
DENGAN RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Ir. R. SOEWARDOJO, MSc
Ir. ISDARMANU, MSc

MAHASISWA

SARI HANDAYANTI
3102 100 047

GAMBAR

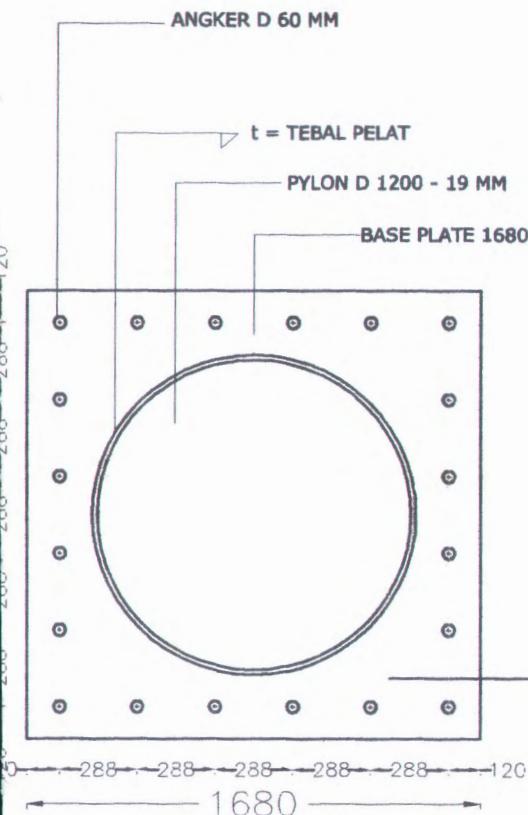
SAMBUNGAN BASE
PLATE
SKALA 1:20

NO. GAMBAR

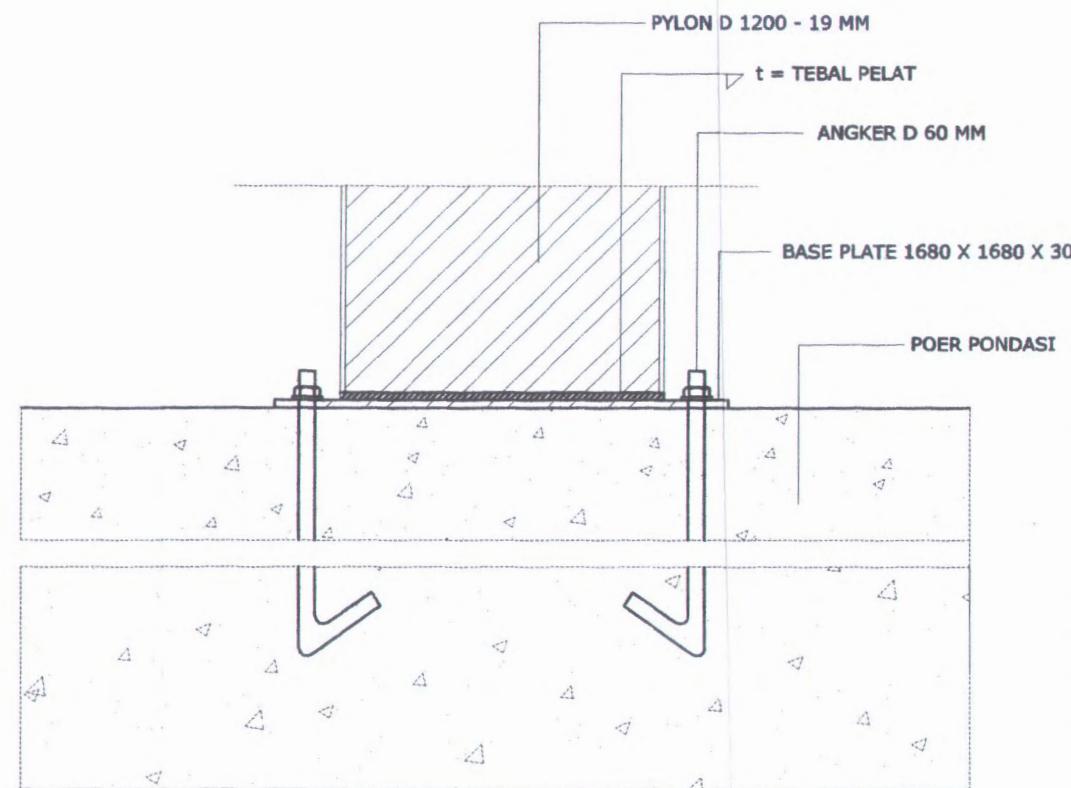
18	18
----	----

DISETUJUI

CATATAN



DENAH SAMBUNGAN BASE PLATE
SKALA 1:20



POTONGAN A-A
SKALA 1:20

BIODATA PENULIS



Sari Handayanti. Penulis dilahirkan di Ngawi pada tanggal 6 September 1984, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Pertiwi Ngrendeng, SDN 1 Ngrendeng, SLTP Negeri 1 Ngawi, dan SMUN 2 Ngawi. Setelah lulus dari SMU tahun 2002, Penulis mengikuti SPMB dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya dan terdaftar dengan NRP 31021100047. Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Struktur. Penulis sempat aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HMS), pernah mengikuti beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan, HMS dan pernah aktif sebagai Grader mata kuliah Mekanika Bahan.