

**TUGAS AKHIR**

**TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR  
POST & BEAM PADA GARDU INDUK 150 KV DENGAN  
PROGRAM ETABS**



**OLEH :**

**RAHMAT TIRTA  
45 16 041 169**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA  
MAKASSAR  
2018**

**TUGAS AKHIR**

**TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR  
POST & BEAM PADA GARDU INDUK 150 KV DENGAN PROGRAM  
ETABS**



**SKRIPSI**

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Universitas Bosowa Makassar*

**OLEH :**

**RAHMAT TIRTA  
45 16 041 169**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR  
2018**



# UNIVERSITAS BOSOWA

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452 901/ 452 789  
Fax. (0411) 424 568 Website : [www.universitaspbosowa.ac.id](http://www.universitaspbosowa.ac.id)  
Makassar - Sulawesi Selatan - Indonesia

## LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR TUGAS AKHIR

JUDUL :

**“Tinjauan Perancangan Struktur Post dan Beam pada  
Gardu Induk 150kV dengan Program Etabs “**

Disusun dan diajukan oleh :

**Nama Mahasiswa : Rahmat Tirta**

**Stambuk : 45 16 041 169**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil  
/ Jurusan Sipil Fakultas Universitas Bosowa Makassar.

**Telah Disetujui Komisi Pembimbing**

**1. Pembimbing I : Ir. Syahrul Sariman, MT.** (.....)

**2. Pembimbing II : Arman Setiawan, ST., MT** (.....)

Mengetahui :

Dekan, Fakultas Teknik  
Universitas Bosowa Makassar

PLT. Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Universitas Bosowa Makassar



**(DR. Hamsina, ST, M.Si)**  
NIDN. 09 24 067 01



**(Hijriah, ST, MT)**  
NIDN. 09-051086-04



**LEMBAR PENGESAHAN**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.B.418/SK/FT/UNIBOS/IX/2018, Tanggal 24 September 2018, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / tanggal : Rabu / 26 September 2018  
Nama : Rahmat Tirta  
Nomor Stambuk : 45 16 041 169  
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : **“Tinjauan perancangan struktur Post & Beam pada Gardu Induk 150 kv dengan Program Etabs”**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

**TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Ketua (Ex Officio) : Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)  
Sekretaris (Ex Officio) : Arman Setiawan, ST. MT (.....)  
Anggota : Hj. Savtiri Prasandi M, ST. MT (.....)  
Hijriah, ST. MT (.....)  
Fauzy Lebang, ST. MT (.....)

Makassar, November 2018

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik  
Univ. Bosowa Makassar



**Dr. Ridwan, ST. MSi.**  
NIDN. 09 101071 01

Ketua Jurusan Sipil  
Univ. Bosowa Makassar



**Nurhidayah Yunianti, ST.MT.**  
NIDN. 09 160682 01

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Tinjauan Perancangan Struktur Post dan Beam Pada Gardu Induk 150kV”** yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat juga terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua kami yang tercinta dan seluruh keluarga yang tiada hentinya memberikan doa dan semangat serta dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ridwan, ST. M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
3. Ibu Nur Hadijah Yuniarti, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT, selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya tugas akhir ini.

5. Bapak Arman Setiawan, ST. MT, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan di Universitas Bosowa.
7. Teman-teman seluruh mahasiswa Jurusan Teknik Sipil serta semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan motivasi serta masukan yang berarti selama penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu, kami mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberikan sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan taufik-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Makassar, September 2018

Penulis

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rahmat Tirta  
Nomor Stambuk : 45 16 041 169  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Tinjauan Perancangan Struktur Post dan Beam  
Pada Gardu Induk 150kV

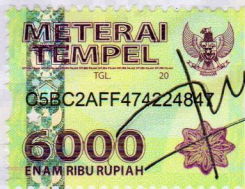
Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak jurusan sipil fakultas teknik universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, September 2018

Yang menyatakan



(Rahmat Tirta)

**TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR  
POST & BEAM PADA GARDU INDUK 150 KV DENGAN PROGRAM  
ETABS**

**ABSTRAK**

Peninjauan ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas dan beban-beban yang bekerja pada struktur. Serta memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS dan menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk shopdrawing. Pada penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk mendesain struktur, kemudian beban-beban di hitung selanjutnya analisis struktur dilakukan menggunakan ETABS. Output dari ETABS berupa penampang-penampang yang digunakan dilanjutkan dengan menghitung sambungan dan plat dasar struktur. Hasil penelitian ini didapatkan penampang/elemen untuk struktur post leg bawah HL130x130x12, leg tengah HL120x120x12, leg atas L70x70x7, brace bawah, tengah dan atas menggunakan L50x50x5. Struktur beam Leg HL 80x80x8, dan brace L 60x6x6. Ukuran angkur di dapatkan diameter 32 mm didapatkan sebanyak 4 buah dengan kedalaman 125 cm.

**Kata kunci:** Tinjauan struktur baja, Post & Beam, Gardu Induk, ETABS.



## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Halaman Pengajuan .....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	vi
Abstrak.....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Notasi .....	xvii
Daftar Lampiran .....	xix
<b>Bab I   Pendahuluan</b>	
1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Rumusan Masalah .....	I-2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan.....	I-3
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah.....	I-4
1.5. Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>Bab II   Kajian Pustaka</b>	
2.1. Gardu Induk.....	II-1
2.1.1. Pengertian Gardu Induk.....	II-1

2.1.2. Fungsi Gardu Induk.....	II-1
2.1.3. Klasifikasi Gardu Induk .....	II-2
2.2. Struktur Baja .....	II-4
2.2.1. Pengertian Struktur Baja.....	II-4
2.2.2. Sifat Mekanis Baja .....	II-6
2.2.3. Dasar-dasar Perencanaan Struktur Baja .....	II-7
2.2.4. Faktor & Kombinasi Beban .....	II-10
2.3. Sagging dan <i>Short Circuit</i> .....	II-17
2.3.1. Sagging/Andongan .....	II-17
2.3.2. <i>Short Circuit</i> .....	II-18
2.4. Analisis Gempa .....	II-19
2.4.1. Analisis Beban Statik Ekuivalen .....	II-19
2.4.2. Analisis Dinamik .....	II-19
2.5. Perencanaan Sambungan Baut .....	II-21
2.6. Perencanaan Angkur .....	II-30
<b>Bab III Metode Perencanaan</b>	
3.1. Langkah-langkah Tinjauan Perancangan Struktur <i>Post &amp; Beam</i> Gardu Induk 150kv .....	III-1
3.2. Studi Literatur .....	III-2
3.3. Data Struktur .....	III-3
3.3.1. Data Umum .....	III-3
3.3.2. Data Material .....	III-3
3.3.3. Satuan dan Notasi .....	III-3

3.4. Penetapan Geometri Struktur .....	III-4
3.5. Perhitungan Beban Struktur .....	III-4
3.5.1. Pembebanan .....	III-4
3.5.2. Kombinasi Beban .....	III-5
3.6. Pemodelan Struktur dengan ETABS .....	III-6
3.7. Perbandingan Hasil Tinjauan .....	III-7
3.8. Penggambaran Hasil Tinjauan .....	III-7
<b>Bab IV Tinjauan Perencanaan</b>	
<b>I. Perhitungan Sebelumnya</b>	
4.1. Peraturan dan Standar Perencanaan .....	IV-1
4.2. Material .....	IV-1
4.3. Aplikasi & Resume Perhitungan Sebelumnya .....	IV-1
<b>II. Perhitungan Sebelumnya</b>	
4.4. Penentuan Jarak Span .....	IV-3
4.4.1. Jarak Span ke Tower <i>Transmisson Line</i> .....	IV-3
4.4.2. Jarak Span antar Kolom Gantry .....	IV-3
4.5. Perhitungan Beban .....	IV-4
4.5.1. Beban <i>Steel Support</i> .....	IV-4
4.5.2. Perhitungan Pembebanan Konduktor ke Transmisi .....	IV-5
4.5.3. Perhitungan Pembebanan Antar Kolom .....	IV-6
4.5.4. Perhitungan Pembebanan Antar Kolom (Busbar) .....	IV-7
4.5.5. Pemodelan Beban Normal .....	IV-8
4.5.6. Pemodelan Beban Broken .....	IV-10

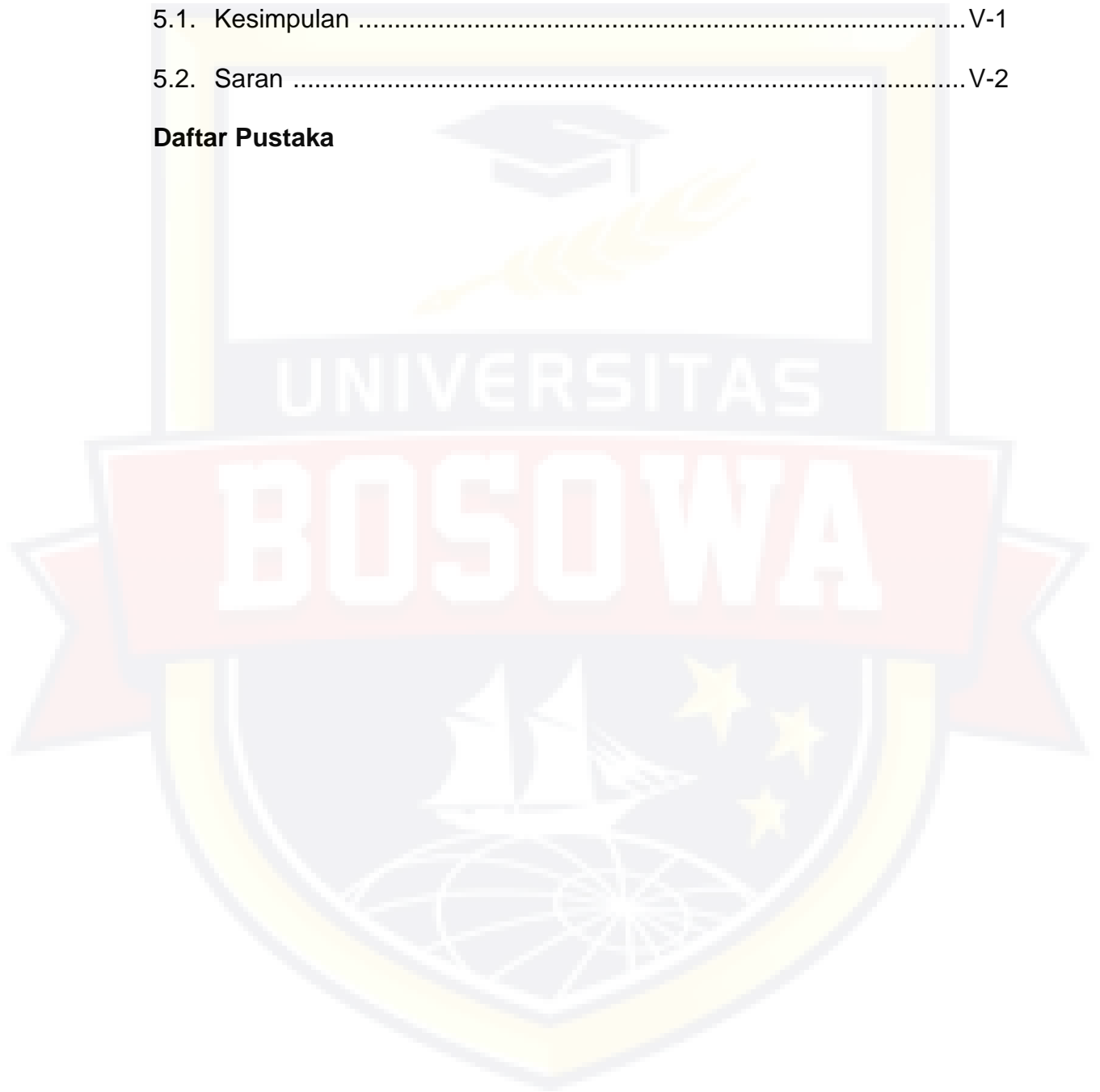
4.5.7. Pemodelan Beban <i>Long One Side</i> .....	IV-13
4.5.8. Perhitungan Sagging.....	IV-13
4.5.9. Perhitungan Beban <i>Short Circuit</i> .....	IV-15
4.5.10. Perhitungan Beban Angin .....	IV-17
4.5.11. Perhitungan Beban Gempa .....	IV-18
4.5.12. Perhitungan Beban Gempa .....	IV-19
4.6. Pemodelan Struktur dengan Etabs .....	IV-20
4.6.1. Penentuan Grid .....	IV-21
4.6.2. Pendefinisian Material.....	IV-23
4.6.3. Membuat Penampang .....	IV-25
4.6.4. Menggambar Geometri Struktur .....	IV-27
4.6.5. Mengedintifikasikan Perletakan Struktur .....	IV-29
4.6.6. Mendefinisikan Beban .....	IV-30
4.6.7. Mendefinisikan Kombinasi Beban .....	IV-35
4.6.8. Menginput Beban .....	IV-36
4.6.9. Menentukan Metode Analisis .....	IV-40
4.6.10. Analisis Struktur .....	IV-42
4.6.11. Desain Struktur .....	IV-44
4.7. Perbandingan Hasil Tinjauan .....	IV-46
4.8. Perhitungan Sambungan .....	IV-47
4.8.1. Sambungan pada <i>Post</i> .....	IV-47
4.8.2. Sambungan pada <i>Beam</i> .....	IV-68
4.8.3. Sambungan Angkur.....	IV-78

**Bab V Penutup**

5.1. Kesimpulan ..... V-1

5.2. Saran ..... V-2

**Daftar Pustaka**



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat mekanis baja (SNI 02-1729-2002) .....	II-6
Tabel 2.2 Data teknis berdasarkan tipe-tipe baut .....	II-7
Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa .	II-11
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung .....	II-14
Tabel 2.5 Minimum dari Faktor Beban & Faktor Beban Lebih .....	II-15
Tabel 2.6 Sistem Penahan Gaya Seismik Sistem Rangka .....	II-15
Tabel 4.1 Resume Profil Penampang Struktur.....	IV-2
Tabel 4.2 Beban Normal pada <i>Crossbar</i> .....	IV-8
Tabel 4.3 Beban Normal pada <i>Busbar</i> .....	IV-9
Tabel 4.4 Beban Normal pada <i>Earthwire</i> .....	IV-10
Tabel 4.5 Beban <i>Short Circuit</i> pada <i>Crossbar &amp; Busbar</i> .....	IV-17
Tabel 4.6 Beban Angin pada Struktur berdasarkan Ukuran Profil ...	IV-18
Tabel 4.7 Resume Beban yang digunakan .....	IV-20
Tabel 4.8 Data Profil-profil yang di Input .....	IV-26
Tabel 4.9 Profil yang digunakan pada Struktur <i>Post &amp; Beam</i> .....	IV-28
Tabel 4.10 Kombinasi Beban .....	IV-35
Tabel 4.11 Rekap Profil Eksisting & Desain Struktur <i>Post &amp; Beam</i> ....	IV-46
Tabel 4.12 Rekap Sambungan Baut pada <i>Post</i> dan <i>Beam</i> .....	IV-77

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Struktur baja pada switchyard gardu induk .....	II-1
Gambar 2.2. Struktur baja <i>Post &amp; Beam</i> .....	II-4
Gambar 2.3. Macam-macam profil baja.....	II-5
Gambar 2.4. Bentuk Andongan Jaringan .....	II-17
Gambar 2.5 Portal Online – <i>Puskim.pu.go.id</i> .....	II-21
Gambar 2.6 Sambungan sejajar (sebidang) .....	II-25
Gambar 2.7. Sambungan tegak lurus (tak sebidang) .....	II-25
Gambar 2.8. Sambungan bidang kombinasi geser dan tarik .....	II-26
Gambar 2.9. Tipe baut angkur.....	II-31
Gambar 3.1. Alur Tinjauan perancangan Struktur Baja .....	III-2
Gambar 3.2. Perspektif Geometri Struktur <i>Post &amp; Beam</i> .....	III-4
Gambar 4.1. Geometri Struktur pada Aplikasi SAP2000 .....	IV-2
Gambar 4.2. Ilustrasi Jarak Span ke Tower <i>Trasmission Line</i> .....	IV-3
Gambar 4.3. Ilustrasi Jarak Span ke Kolom Gantry .....	IV-4
Gambar 4.4. Beban Normal pada <i>Crossbar</i> .....	IV-9
Gambar 4.5. Beban Normal pada <i>Busbar</i> .....	IV-9
Gambar 4.6. Beban Normal pada <i>Earthwire</i> .....	IV-10
Gambar 4.7. Pemodelan Beban <i>Broken</i> .....	IV-11
Gambar 4.8. Pemodelan Perspektif Beban <i>Broken 1</i> .....	IV-11
Gambar 4.9. Pemodelan Perspektif Beban <i>Broken 2</i> .....	IV-12
Gambar 4.10. Pemodelan Perspektif Beban <i>Broken 3</i> .....	IV-12
Gambar 4.11. Pemodelan Perspektif Beban <i>Long One Side</i> .....	IV-13
Gambar 4.12. Pemodelan Perspektif Beban <i>Long One Side</i> .....	IV-17

Gambar 4.13. Desain Spektra Indonesia, Lokasi Jeneponto .....	IV-18
Gambar 4.14. Parameter Gempa Desain Spektra Indonesia, Lok. Jeneponto .....	IV-19
Gambar 4.15. Tampilan <i>Model Initialization</i> .....	IV-21
Gambar 4.16. Tampilan <i>New Model Quick Tamplate</i> .....	IV-21
Gambar 4.17. Tampilan Tampilan <i>Grid System Data X – Y</i> .....	IV-22
Gambar 4.18. Tampilan <i>Grid System Data Y</i> .....	IV-22
Gambar 4.19. Tampilan Grid yang digunakan .....	IV-23
Gambar 4.20. Tampilan Kotak Dialog <i>Define Materials</i> .....	IV-24
Gambar 4.21. Tampilan Kotak Dialog <i>Material Property Data</i> .....	IV-24
Gambar 4.22. Tampilan Kotak Dialog <i>Frame Properties</i> .....	IV-25
Gambar 4.23. Data Profil HL 80 x 80 x 8 .....	IV-26
Gambar 4.24. Profil - profil yang telah di Input .....	IV-27
Gambar 4.25. Kotak Dialog <i>Properties of Object</i> .....	IV-28
Gambar 4.26. Hasil Penggambaran Struktur <i>Post &amp; Beam</i> .....	IV-29
Gambar 4.27. Perletakan Sendi pada Struktur <i>Post</i> .....	IV-30
Gambar 4.28. Tampilan Pendefinisian Beban .....	IV-30
Gambar 4.29. Beban-beban telah Didefinisikan .....	IV-31
Gambar 4.30. Kotak dialog <i>Define Response Spectrum Functions</i> .....	IV-31
Gambar 4.31. Input Parameter-parameter Gempa .....	IV-32
Gambar 4.32. Kotak dialog <i>Load Cases</i> .....	IV-32
Gambar 4.33. Input beban Earthquake X dan Y .....	IV-33
Gambar 4.34. Kotak dialog <i>Load Cases</i> yang telah di Input beban .....	IV-33
Gambar 4.35. Kotak dialog <i>Mass Source</i> .....	IV-34
Gambar 4.36. Kotak dialog <i>Mass Source Data</i> .....	IV-34



Gambar 4.37. Kotak dialog <i>Load Combinations</i> .....	IV-35
Gambar 4.38. <i>Load Combinations</i> telah terinput .....	IV-36
Gambar 4.39. Beban <i>Normal Condition</i> telah terinput .....	IV-37
Gambar 4.40. Beban <i>Broken Condition 1</i> telah terinput .....	IV-37
Gambar 4.41. Beban <i>Broken Condition 2</i> telah terinput .....	IV-38
Gambar 4.42. Beban <i>Broken Condition 3</i> telah terinput .....	IV-38
Gambar 4.43. Beban <i>Long One Side</i> telah terinput .....	IV-39
Gambar 4.44. Beban <i>Short Circuit</i> telah terinput .....	IV-39
Gambar 4.45. Beban Angin Arah X dan Y telah terinput .....	IV-40
Gambar 4.46. Kotak dialog <i>Check Model &amp; Hasil Check Model</i> .....	IV-41
Gambar 4.47. Kotak dialog <i>Active Degrees of Freedom</i> .....	IV-41
Gambar 4.48. Hasil <i>Run Analysis</i> pada <i>Post</i> dan <i>Beam</i> .....	IV-42
Gambar 4.49. Output Data <i>Column Forces, Beam Forces,</i> <i>Brace Forces</i> .....	IV-43
Gambar 4.50. Output Tabel Data <i>Column Forces</i> .....	IV-43
Gambar 4.51. Output Tabel Data <i>Beam Forces</i> .....	IV-43
Gambar 4.52. Output Tabel Data <i>Brace Forces</i> .....	IV-44
Gambar 4.53. Dialog <i>Steel Frame Design Preferences for</i> <i>AISC LRFD 93</i> .....	IV-44
Gambar 4.54. Kombinasi untuk Desain Struktur .....	IV-45
Gambar 4.55. Hasil <i>Design/Check of Structure</i> .....	IV-45
Gambar 4.56. Output Struktur berdasarkan Rasio Penampang Terbesar .....	IV-46
Gambar 4.57. Letak Rencana Sambungan Struktur Post .....	IV-47
Gambar 4.58. Letak Rencana Sambungan Struktur Beam .....	IV-68

## DAFTAR NOTASI

$P_u, V_u, R_u, T_u$  = Gaya-gaya akibat beban terfaktor (kN)

$P_n, V_n, R_n, T_n$  = Gaya-gaya nominal hasil perhitungan daya dukung (kN)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$f_u$  = Tegangan putus minimum (MPa)

$f_y$  = Tegangan leleh minimum (MPa)

$E$  = Modulus elastisitas (MPa)

$G$  = Modulus geser (MPa)

$\mu$  = Angka poisson

$\phi$  = Faktor tahanan

$\alpha$  = Koefisien pemuaian ( $^{\circ}\text{C}$ )

DL = Beban Mati, beban yang bersifat tetap selama masa layan (kg)

NC = Beban Normal, beban yang bersifat tidak tetap (kg)

BC = Beban broken (kg)

W = Beban Angin, ekanan yang berasal dari gerakan angin (kg)

LOS = *Long One Side*, beban satu arah (kg)

SC = *Short Circuit*, beban kejut (kg)

EQ = Beban gempa (kg.m)

$I_e$  = Faktor keutamaan

$R$  = *Respon Modification*

$C_d$  = *System Overstrenght*

$\Omega_0$  = *Deflection Amplification*

$W$  = Berat konduktor (kg/m)

L	= Panjang span (m)
E	= Modulus Elastisitas Konduktor (kg/mm <sup>2</sup> )
F	= Luas Penampang Konduktor (mm <sup>2</sup> )
$\alpha$	= Koefisien muai Panjang Konduktor (per°C)
t <sub>1</sub> -t <sub>2</sub>	= Selisih suhu, antara suhu dihitung dengan rata-rata (°C)
T <sub>m</sub>	= Gaya tarik aktual (kg)
F <sub>m</sub>	= Gaya <i>Short Circuit</i> (kg/m)
b	= <i>Asymmetric Factor</i>
I <sub>sc</sub>	= <i>Short Circuit</i> (kA)
D	= Jarak <i>phase to phase</i> (m)
f	= Sagging (m)
W <sub>sc</sub>	= Berat akibat <i>Short Circuit</i> (kg)
$\phi$	= Hasil bagi antara T <sub>15</sub> dengan T <sub>m</sub>
T <sub>horizontal</sub>	= Gaya tarik aktual horizontal (kg)
T <sub>vertikal</sub>	= Gaya tarik aktual vertikal (kg)
m	= jumlah bidang geser
r <sub>1</sub>	= 0,5 (tanpa ulir) dan 0,4 (dengan ulir) pada bidang geser
f <sub>ub</sub>	= kuat tarik baut (MPa)
A <sub>b</sub>	= luas bruto penampang baut (mm <sup>2</sup> )
d <sub>b</sub>	= diameter baut (mm)
t <sub>p</sub>	= tebal pelat (mm)
n <sub>b</sub>	= jumlah baut (bh)
A <sub>s</sub>	= luasan angkur (mm <sup>2</sup> )
L <sub>min</sub>	= panjang minimum (mm)

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan & Gambar Kerja Sebelumnya

Lampiran 2 Output Aplikasi ETABS

Lampiran 3 Gambar kerja



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Dalam dunia industri saat ini, baja merupakan material yang banyak digunakan dalam bidang teknik. Baja adalah logam besi yang banyak digunakan pada berbagai industri.

Secara umum baja merupakan salah satu material yang memenuhi persyaratan teknis, ekonomis, dan mudah dalam pelaksanaannya. Baja memiliki sifat yang tidak dapat dibandingkan dengan material lain seperti kekerasan, kekuatan, ketangguhan, dan keuletan yang baik.

Salah satu pemanfaatan konstruksi baja yang sering dijumpai yaitu tower transmisi dan juga konstruksi tower pada bangunan gardu induk untuk jaringan listrik. Umumnya struktur tower gardu induk di desain menggunakan program Aplikasi SAP2000.

Negara Indonesia adalah salah satu daerah negara rawan gempa, banyak kejadian gempa sering terjadi di beberapa daerah di Indonesia. Oleh karena itu, perencanaan suatu struktur bangunan tahan gempa merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Perencanaan gedung tahan gempa ini pun juga di desain sesuai dengan peraturan yang ada.

Pada umumnya apabila peraturan terbaru telah diterbitkan, direkomendasikan untuk meninjau ulang kekuatan struktur-struktur bangunan yang sudah ada berdasarkan aturan terbaru.

Saat ini pada struktur *Post* dan *Beam* pada Gardu Induk 150 kV Punagaya menggunakan aturan Gempa SNI 03-1726-2002, hal ini mendorong penulis mengangkat suatu ide untuk menggunakan peraturan SNI 2012 dengan perpaduan aplikasi ETABS. Dengan judul tugas akhir “Tinjauan Perancangan Struktur *Post* dan *Beam* Pada Garduk Induk 150kV dengan Program ETABS”. Melalui tugas akhir ini penulis mencoba meninjau desain suatu struktur *post* dan *beam* menggunakan aturan Gempa SNI 03 - 1726-2012 dengan gambar dan data-data yang sudah ada sehingga dapat di jadikan referensi/bahan untuk tindakan selanjutnya pada struktur yang sudah ada.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang sebelumnya, maka permasalahan yang ditinjau adalah bagaimana merencanakan struktur baja *post* dan *beam* yang efisien dan kuat sesuai dengan peraturan yang berlaku yang terdiri dari :

1. Bagaimana menganalisa kapasitas dan beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut?
2. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS?
3. Bagaimana menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk *shopdrawing*?

### 1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan

#### 1.3.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui dan menganalisa kapasitas dan beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut.
2. Dapat memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS.
3. Dapat menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk *shopdrawing*.

#### 1.3.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari tinjauan perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan perbandingan desain struktur *post & beam* pada gardu induk 150kV.
2. Mengembangkan pengetahuan mengenai penggunaan *software* ETABS.
3. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur bisa diminalisasi.
4. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan terhadap dunia Teknik sipil dalam perencanaan struktur baja.

## 1.4. Pokok Bahasan & Batasan Masalah

### 1.4.1 Pokok Bahasan

Adapun pokok bahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data-data yang mendukung tinjauan perancangan.
2. Membuat perhitungan beban-beban berdasarkan data yang ada.
3. Pembuatan model struktur menggunakan aplikasi ETABS.
4. Menginput data-data beban pada aplikasi ETABS.
5. Melakukan analisa dan perbandingan dari hasil output.

### 1.4.2 Batasan Masalah

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

1. Tinjauan perancangan struktur ini hanya meninjau perhitungan struktur baja, tidak meninjau analisis biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Analisis struktur *Post & Beam* dilakukan dengan pmodelan 3 dimensi menggunakan bantuan *software* Etabs Versi 2015.
3. Model struktur *Post & Beam* mengikuti model yang sudah ada.
4. Elemen lain yang mendukung struktur seperti pondasi dianggap aman.
5. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.
6. Untuk perhitungan sambungan baut, gaya yang digunakan adalah gaya kapasitas penampang.



## **1.5. Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran mengenai keseluruhan tulisan ini, maka diuraikan secara singkat mengenai bab – bab yang ada didalamnya sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Merupakan gambaran singkat tentang pola umum penyajian tugas akhir yang berisi uraian latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, pokok bahasan dan batasan masalah, gambaran umum penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini menjelaskan teori–teori tentang gardu induk, pengertian baja, dasar-dasar perencanaan baja, serta faktor-faktor yang mempengaruhi desain struktur.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang langkah-langkah tinjauan perancangan: pengumpulan data, penetapan geometri struktur, perhitungan beban, pemodelan pada aplikasi, perbandingan & penggambaran hasil tinjauan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini merupakan inti dari keseluruhan materi pembahasan, dimana dikemukakan hasil-hasil tinjauan perencanaan meliputi data-data beban, langkah-langkah pengerjaan pada aplikasi, hasil tinjauan dan perbandingan dengan data sebelumnya.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini menyajikan kesimpulan akhir yang diperoleh dari hasil peninjauan yang telah dibahas serta saran perbaikan dan pengembangan hasil perencanaan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Gardu Induk**

##### **2.1.1 Pengertian Gardu Induk**

Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan.



Gambar 2.1. Struktur baja pada switchyard gardu induk

##### **2.1.2 Fungsi Gardu Induk**

Gardu induk memiliki fungsi mentransformasikan daya listrik dengan berbagai macam tegangan antara lain,

1. Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
2. Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).

3. Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/20 KV).
4. Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).

Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik. Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (feeder-feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.

### **2.1.3 Klasifikasi Gardu Induk**

Pengaturan daya ke gardu-gardu induk lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu induk distribusi melalui feeder tegangan menengah. Gardu induk dapat dibedakan atas tiga hal, yaitu :

1. Menurut tegangan
  - a. Gardu induk transmisi yaitu gardu induk yang mendapat daya dari saluran transmisi untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota, dan sebagainya). Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan tegangan tinggi 20 KV.
  - b. Gardu induk distribusi yaitu gardu induk yang menerima tenaga dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangannya melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah (20 KV, 12 KV atau 6 KV) untuk kemudian tegangan tersebut

diturunkan kembali menjadi tegangan rendah (127/220 V atau 220/380 V) sesuai dengan kebutuhan.

## 2. Menurut penempatan peralatan

Menurut penempatan peralatannya, gardu listrik dapat dikelompokkan atas beberapa jenis antara lain:

### a. Gardu induk pasangan dalam (indoor substation)

Gardu induk yang semua peralatannya dipasang didalam gedung atau ruang tertutup. Jenis pasangan dalam ini dipakai untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya dan untuk menghindari bahaya kebakaran dan gangguan suara.

### b. Gardu induk pasangan luar (out door substation)

Gardu induk yang semua peralatannya berada diluar gedung atau ruang terbuka. Alat control serta alat ukur berada dalam ruangan atau gedung, ini memerlukan tanah yang begitu luas namun biaya konstruksinya lebih murah dan pendinginannya murah.

Gardu induk dilengkapi komponen utama sebagai fasilitas yang diperlukan sesuai dengan tujuannya serta mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan, komponen tersebut antara lain: Transformator Daya, Pemisah, Pemutus Tenaga, Transformator Tegangan, Transformator Arus, Arrester, Panel control, Baterai, Busbar & Sistem pentanahan titik netral.

## 2.2. Struktur Baja

### 2.2.1 Pengertian Struktur Baja

Struktur adalah suatu material baja yang tersusun dari batang-batang yang dibuat secara fabrikasi di pabrik maupun di bengkel dengan panjang tertentu. Pelaksanaan konstruksi struktur baja berupa perakitan batang-batang baja yang sudah ditentukan dimensinya, dan struktur yang dapat dipergunakan sesuai tujuan pembangunan secara aman, nyaman, serta ekonomis baik dalam pembuatan maupun perawatan.

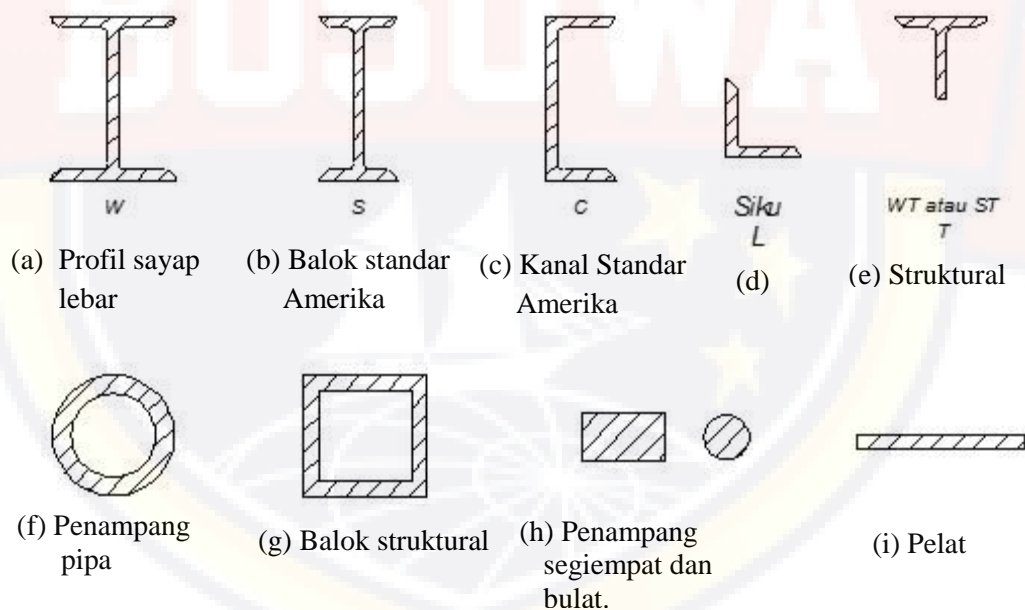
Perencanaan tradisional lebih didasarkan pada empiris, sangat dipengaruhi pengalaman-pengalaman sebelumnya. Apabila pengalaman sebelumnya menunjukkan bahwa ukuran-ukuran suatu struktur terlalu kecil sehingga bangunan roboh, maka pada perencanaan berikutnya ukuran komponen struktur diperbesar. Sebaliknya apabila penggunaan ukuran batang struktur dapat menghasilkan bangunan yang kokoh, maka perencanaan berikutnya cenderung dicoba ukuran yang lebih kecil agar diperoleh bangunan yang lebih ekonomis. Adapun struktur baja yang digunakan pada gardu induk 150kV ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2.2. Struktur Baja Post & Beam

Baja adalah suatu material dengan unsur penyusun utama Fe (*Ferrum*/besi). Karena mudah getas, maka dimasukkan unsur C (*Carbon*/karbon) agar baja bersifat liat atau mudah dibentuk. Dengan adanya unsur C, maka baja mempunyai titik cair sehingga mudah dicetak/dibentuk.

Baja profil merupakan material yang banyak digunakan dalam konstruksi untuk struktur rangka atap, jembatan rangka, dan tiang transmisi. Bahan baja yang digunakan umumnya berupa bahan batangan dan pelat. Macam-macam profil yang terdapat dipasaran yaitu profil sayap lebar (W), profil siku (L), profil kanal (C), dan lain-lain. Beberapa bentuk profil ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2.3. Macam-macam profil (Agus Setiawan, 2008)

Baja bukan bahan alami tetapi dibuat di pabrik dan memiliki dimensi. Akan tetapi ada keterbatasan dimensi (panjang) baja sehingga harus ada sambungan.

Struktur baja merupakan gabungan dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan. Penyambungan struktur baja dapat dilakukan dengan alat penyambung, antara lain, paku keling, baut, atau dengan las (Salmon dan Johnson, 1991).

### 2.2.2 Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis baja ditentukan oleh jenis baja atau mutu baja. Dalam perencanaan struktur baja, sifat mekanis sangat menentukan. Adapun sifat mekanis berdasarkan jenis baja ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sifat mekanis baja struktural

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

Sumber : SNI 03-1729-2002

Adapun sifat-sifat mekanis lain pada baja struktural untuk perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Modulus elastis (E) = 200.000 MPa
2. Modulus geser (G) = 80.000 Mpa
3. Angka poisson ( $\mu$ ) = 0,3
4. Koefisien pemuaian ( $\alpha$ ) =  $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

Untuk penggunaan sambungan baut pada struktur baja lazinya menggunakan baut mutu tinggi (*High Tension Bolt*), dengan dua jenis



utama yaitu A325 dan A490. Adapun data teknis dari beberapa tipe baut diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Sambungan baut mutu tinggi dapat didesain sebagai sambungan tipe friksi (jika dikehendaki tak ada *slip*) atau juga sebagai sambungan tipe tumpu.

Tabel 2.2. Data teknis berdasarkan tipe-tipe baut (Agus Setiawan, 2008)

Tipe Baut	Diameter (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik Min. (MPa)
A307	6,35 – 10,4	-	60
A325	12,7 – 25,4	585	825
	28,6 – 38,1	510	725
A490	12,7 – 38,1	825	1035

Sumber : Buku Perencanaan Struktur Baja, Setiawan, Agus (2008)

### 2.2.3 Dasar-Dasar Perencanaan Struktur Baja

Perencanaan struktur adalah kombinasi seni dan ilmu pengetahuan yang menggabungkan intuisi para ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan pengetahuan pada prinsip-prinsip statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, untuk menghasilkan struktur yang ekonomis dan aman.

Secara umum, suatu struktur atau komponen struktur dikatakan aman apabila bila kekuatan struktur lebih besar atau sama dengan besarnya beban yang bekerja pada struktur.

(*Allowable Stress Design* (ASD) AISC-USA) merupakan konsep perancangan baja awal yang hingga sekarang masih banyak diaplikasikan. Konsep *Allowable Strength Design* (ASD) adalah kekuatan

nominal dibagi dengan faktor keamanan dan kekuatan yang diharapkan melebihi kekuatan yang diperlukan dan ditentukan dengan analisis struktural untuk kombinasi beban yang sesuai ASD ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku.

Dalam metode ASD, beban diperhitungkan adalah beban kerja (*working load*). Gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen dihitung dan dibandingkan dengan tegangan izin bahan (*allowable stress*). Konsep ASD lama mengacu pada perencanaan elastis, yaitu memastikan semua tegangan yang terjadi ( $\sigma$ ) di bawah tegangan ijin ( $\sigma$ ). Adapun yang dimaksud dengan tegangan izin adalah tegangan leleh dibagi dengan *safety factor*. AISC-ASD peraturan terakhir di terbitkan pada tahun 1989, setelah itu tidak ada publikasi peraturan terbaru.

Peraturan yang dikeluarkan berikutnya pada tahun 2005 adalah AISC-LRFD singkatan dari *Load and Resistance Factor Design*. Konsep LRFD adalah kekuatan nominal dikalikan dengan faktor resistensi, dan kekuatan desain yang dihasilkan kemudian diharapkan untuk sama atau melebihi kekuatan yang diperlukan dan juga ditentukan dengan analisis struktural untuk kombinasi beban LRFD tepat ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku. Syarat kekuatan struktur adalah:

$$P_u \leq P_n$$

$$M_u \leq M_n$$

$$V_u \leq V_n$$

$P_u$ ,  $M_u$  dan  $V_u$  adalah gaya-gaya akibat beban terfaktor pada kombinasi pembebanan, dan  $P_n$ ,  $M_n$  dan  $V_n$  adalah gaya-gaya nominal hasil perhitungan daya dukung dari profil baja terpilih.

ASD dan LRFD sebenarnya memakai konsep perencanaan yang sama menggunakan nominal *stress* perbedaannya hanya pada *resistance factor*, *safety factor* dan juga *load combination* yang dipakai. Meskipun ketiga faktor tersebut berbeda, tetapi keduanya telah dikalibrasi agar mempunyai tingkat keamanan yang sama terhadap suatu kondisi pembebanan yang tertentu.

Dengan memperhitungkan kondisi *inelastis* maka perilaku keruntuhan struktur dapat dideteksi terlebih dahulu, apakah perilakunya daktail atau tidak. Kondisi tersebut sangat penting untuk mengantisipasi adanya beban tak terduga yang mungkin saja bisa terjadi. Contoh yang umum adalah beban gempa.

Tujuan adanya metode LRFD bukanlah mendapatkan penghematan melainkan untuk memberikan reliabilitas yang seragam untuk semua struktur baja. Pada ASD faktor keamanan sama diberikan pada beban mati dan beban hidup, sedangkan pada LRFD faktor keamanan atau faktor beban yang lebih kecil diberikan untuk beban mati karena beban mati dapat ditentukan dengan lebih pasti dibandingkan beban hidup. Akibatnya, perbandingan berat yang dihasilkan dari ASD dan LRFD akan tergantung pada rasio beban hidup terhadap beban mati.

## 2.2.4 Faktor & Kombinasi Beban

Dalam perencanaan, kekuatan struktur direduksi dengan menggunakan faktor tahanan ( $\phi$ ), sedangkan beban yang bekerja diberi faktor beban yang diaplikasikan.

### 1. Faktor beban

Beban yang bekerja pada struktur atau komponen struktur ditetapkan sedikit berbeda dengan peraturan pembebanan yang berlaku. Beban-beban yang digunakan berupa beban mati, hidup, angin, dan gempa tetapi dengan pemodelan faktor yang sedikit dimodifikasi. Adapun faktor beban yang digunakan, yaitu:

- a. Beban Mati (DL) adalah beban-beban yang bersifat tetap selama masa layan, antara lain berat struktur.
- b. Beban Normal (NC) adalah beban-beban yang bersifat tidak tetap, antara lain berat konduktor, berat insulator, berat *earth wire*.
- c. Beban *Broken* (BC) adalah beban-beban yang digunakan sama dengan beban normal tetapi pada beban broken, beban yang masukkan tidak sepenuhnya dan memiliki variasi pembebanan.
- d. Beban Angin (W) adalah tekanan-tekanan yang berasal dari gerakan-gerakan angin. Umumnya perlu diperhitungkan pada luas bidang tangkap angin yang relatif luas pada bangunan dengan beban-beban yang relatif ringan

- e. Beban *Long One Side* (LOS) adalah beban-beban yang digunakan sama dengan beban normal tetapi pada *Long One Side* model pembebanan yang dimasukkan adalah beban-beban satu arah.
- f. Beban *Short Circuit* (SC) adalah beban kejut yang dihasilkan oleh beban *sagging* pada isolator.
- g. Beban gempa (E) adalah semua beban statik/dinamik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah oleh gempa bumi, baik pergerakan arah vertikal maupun horizontal.

## 2. Faktor tahanan

Faktor tahanan merepresentasikan koefisien reduksi material baja sesuai dengan sifat elemen struktur yang ditinjau. Faktor tahanan yang digunakan dalam perencanaan dibahas pada penjelasan selanjutnya.

## 3. Faktor Keutamaan

Untuk berbagai kategori gedung bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung yang diharapkan. Pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I).

Tabel 2.3. Kategori Resiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas Pertanian</li> <li>- Fasilitas sementara tertentu</li> <li>- Fasilitas gedung yang kecil</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk	II

dalam kategori resiko I,II,IV	
<p>Gedung dan struktur lainnyan yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gedung dan stuktur lainnyanya dimana terdapat lebih dari 300 orang yang menghuninya.</li> <li>- Gedung dan stuktur lainnyanya <i>day care</i> berkapasitas lebih dari 150 orang.</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnyanya dengan fasilitas sekolah dasar atau sekolah menengah berkapasitas lebih besar dari 250 orang, Gedung dan struktur lainnyanya dengan kapasitas lebih 500 orang untuk gedung perguruan tinggi atau fasilitas pendidikan untuk orang dewasa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas kesehatan dengan kapasitas 50 atau lebih pasien inap, tetapi tidak memiliki fasilitas badah dan unit gawat darurat.</li> <li>- Penjara atau rumah tahanan.</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnyan, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan /atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat Pembangkit Energi.</li> <li>- Fasilitas Pengolahan Air Bersih.</li> <li>- Fasilitas Pengolahan Air Kotor dan Limbah.</li> <li>- Pusat Telekomunikasi.</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnyan, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, (termasuk tetapi tidak dibatasi untuk fsilitas manufaktur, proses penanganan penyimpsnsn, Penggunaan atau tempat penyimpanan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak), yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya</p>	III

<p>bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan struktur lain yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulance dan kantor polisi serta kendaraan darurat.</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk tidak dibatasi untuk, tower telekomunikasi, tangki penyimpan bahan bakar, tower pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) diisyaratkan dalam kategori resiko IV untuk operasi pada saat keadaan darurat</li> <li>- Tower.</li> <li>- Fasilitas penampung air dan struktur pompa yang dibutuhkan untuk meningkatkan tekanan air pada saat memadamkan kebakaran</li> <li>- Gedung dan struktur lainnya yang memiliki fungsi yang penting terhadap sistem pertahanan nasional.</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat penyimpanan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya) yang mengandung bahan yang sangat beracun dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat bila terjadi kebocoran. Gedung dan struktur lainnya yang mengandung bahan yang beracun, sangat beracun atau mudah meledak dapat dimasukkan dalam kategori resiko yang lebih rendah bilamana dapat dibuktikan dengan memuaskan dan berkekuatan hukum melalui kajian bahaya bahwa</p>	<p style="text-align: center;">IV</p>

<p>kebocoran bahan beracun dan mudah meledak tersebut tidak akan mengancam kehidupan masyarakat. Penurunan kategori resiko ini tidak diijinkan jika gedung atau struktur lainnya tersebut juga merupakan fasilitas yang penting. Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV</p>	
--	--

Sumber : SNI 03-1726-2012

Tabel 2.4. Faktor Keutamaan untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori Resiko Bangunan	$I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012

#### 4. Kombinasi Beban

Untuk menjamin keandalan dan keamanan dari suatu konstruksi karena adanya pengaruh dari berbagai faktor terhadap kekuatan bahan dan konstruksi, maka diperlukan cadangan kekuatan material dan toleransi dalam ketelitian perhitungan, kesalahan pada pengujian dan sebagainya, yang besarnya disebut faktor beban dan faktor beban lebih.

Besaran minimum untuk faktor beban dan faktor beban lebih yang digunakan dalam analisis struktur tower rangka baja adalah sebagai berikut:



Tabel 2.5. Minimum dari Faktor Beban dan Faktor Beban Lebih

No.	Tower	Faktor Beban		Faktor Beban Lebih
		Normal	Abnormal	
1	66 kV	1,5	1,1	1,0
2	150 kV	1,5	1,1	1,0
3	275 kV	1,5	1,1	1,2

Sumber : Standar PLN T5.004:2010

5. Kombinasi Sistem Perangkai dalam arah yang berbeda

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa dimasing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila system yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Sistem penahan gaya seismik untuk Sistem Rangka

Sistem penahan gaya seismic untuk Sistem Rangka Bangunan	Koefisien modifikasi respons, $R$	Faktor kuat-lebih system, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4
2. Rangka baja dengan bresing konsetris khusus	6	2	5
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	$3\frac{1}{4}$	2	$3\frac{1}{4}$
4. Dinding geser beton bertulang khusus	6	$2\frac{1}{2}$	5
5. Dinding geser beton bertulang biasa	5	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
6. Dinding geser beton polos detail	2	$2\frac{1}{2}$	2
7. Dinding geser beton polos biasa	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$
8. Dinding geser pracetak menengah	5	$2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$
9. Dinding geser pracetak biasa	4	$2\frac{1}{2}$	4
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4

Tabel 2.6. Lanjutan

Sistem penahan gaya seismic untuk Sistem Rangka Bangunan	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih system, $\Omega_0$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d$
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris biasa	3	2	3
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½
23. Dinding rangka ringan (baja dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser atau dengan lembaran baja.	7	2½	4½
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½
25. Dinding baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6

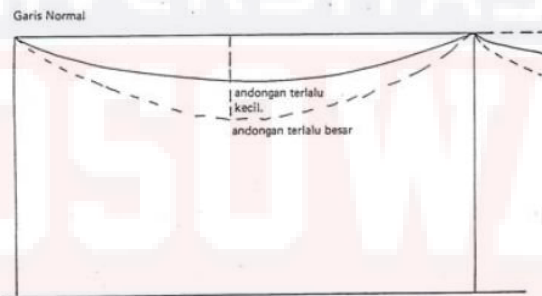
Sumber : SNI 03-1726-2012

## 2.3. Sagging dan *Short Circuit*

### 2.3.1 Sagging / Andongan

Andongan (sagging) merupakan jarak lenturan dari suatu bentangan kawat penghantar antara dua tiang penyangga jaringan atau lebih, yang diperhitungkan berdasarkan garis lurus (horizontal) kedua tiang tersebut. Besarnya lenturan kawat penghantar tersebut tergantung pada berat dan panjang kawat penghantar atau panjang gawang (span).

Berat kawat akan menimbulkan tegangan tarik pada kawat penghantar, yang akan mempengaruhi besarnya andongan tersebut.



Gambar 2.4. Bentuk Andongan Jaringan

Perhitungan sagging dihitung menurut Persamaan (1).

$$\text{Sag} = \left( \frac{W \times L^2}{8 \times T^2} \right) \quad (1)$$

dimana:

W = Berat konduktor (kg/m)

L = Panjang span (m)

T = Gaya Tarik (kg)

Perhitungan gaya tarik dihitung menurut Persamaan (2).

$$E \times F \times \alpha \times (t_2 - t_1) + \frac{W_{30}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_1^2)} - T_{30} = \frac{W_{80}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_2^2)} - T_2 \quad (2)$$

dimana:

E = Modulus Elastisitas Konduktor (kg/mm<sup>2</sup>)

F = Luas Penampang Konduktor (mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  = Koefisien muai Panjang Konduktor (per°C)

t<sub>1</sub>-t<sub>2</sub> = Selisih suhu, antara suhu dihitung dengan rata-rata (°C)

Perhitungan gaya tarik aktual dihitung menurut Persamaan (3).

$$T_m = T \left( 1 + \frac{W \times L^2}{8 \times T^2} \right) \quad (3)$$

dimana:

T<sub>m</sub> = Gaya tarik aktual (kg)

W = Berat konduktor (kg/m)

L = Panjang span (m)

T = Gaya Tarik pada suhu 15°C

### 2.3.2 Short Circuit

Semua instalasi listrik tanpa pengecualian harus terlindung dari hubungan listrik arus pendek (hubungan singkat). Arus short circuit (hubungan singkat) pada suatu jaringan harus dihitung pada setiap tingkat untuk berbagai konfigurasi yang mungkin terdapat dalam jaringan tersebut dalam rangka menentukan karakteristik peralatan yang harus dipenuhi dalam menahan kejadian short circuit yang mungkin timbul.

Gaya akibat *Short Circuit* dihitung menurut Persamaan (4).

$$F_m = \frac{0,612 \times 10^{-8} \times b^2 \times I_{sc}^2}{\left( D + 4 \frac{f}{3} \right)} \quad (4)$$

dimana:

F<sub>m</sub> = Gaya *Short Circuit* (kg/m)

b = *Asymmetric Factor*

I<sub>sc</sub> = *Short Circuit* (kA)

D = Jarak *phase to phase* (m)

f = Sagging (m)

Gaya Tarik Aktual *Short Circuit* dihitung menurut Persamaan (5).

$$T_m = T \left( 1 + \frac{W_{sc} \times L^2}{8 \times T^2} \right); \quad (5)$$

$$T_{\text{horizontal}} = T_m \cos \left( \frac{\varphi \cdot \pi}{180} \right);$$

$$T_{\text{vertikal}} = T_m \sin \left( \frac{\varphi \cdot \pi}{180} \right)$$

dimana:

$T_m$  = Gaya tarik aktual (kg)

$W_{sc}$  = Berat akibat *Short Circuit* (kg)

$L$  = Panjang span (m)

$T$  = Gaya Tarik pada suhu 15°C

$\varphi$  = Hasil bagi antara  $T_{15}$  dengan  $T_m$

$T_{\text{horizontal}}$  = Gaya tarik aktual horizontal (kg)

$T_{\text{vertikal}}$  = Gaya tarik aktual vertikal (kg)

## 2.4. Analisis Gempa

### 2.4.1 Analisis beban statik ekuivalen

Suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini di sederhanakan sebagai segitiga terbalik.

### 2.4.2 Analisis dinamik

Analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2, yaitu:

- a. Analisis ragam respon spektrum dimana total respon didapat melalui superposisi dari respon masing-masing ragam getar.

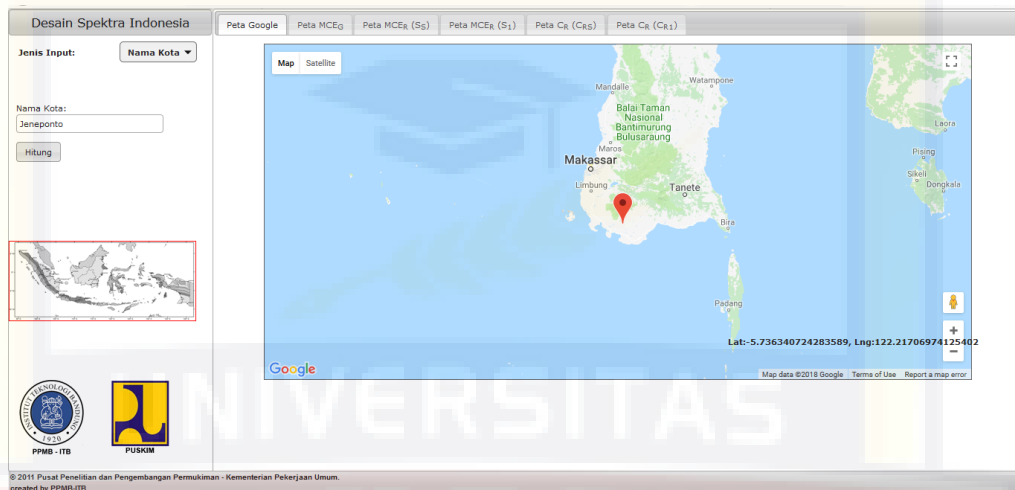
b. Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respon struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa.

Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respon (*Respons Spectrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respon maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respon Rencana (*Design Spectra*). Pada analisis dinamis elastis digunakan untuk mendapatkan respon struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena lebih sederhana. Untuk struktur gedung yang tidak beraturan yang tidak memenuhi struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung tersebut harus ditentukan melalui analisis respon dinamik 3 dimensi.

Parameter penentuan percepatan gempa dilakukan melalui program desain Spektra Indonesia pada situs *puskim.pu.go.id*, berdasarkan data lokasi dengan data struktur tanah.



Gambar 2.5. Portal online - *Puskim.pu.go.id*

## 2.5. Perencanaan Sambungan Baut

Pada perhitungan sambungan baut ini, gaya yang digunakan mengacu kepada kekuatan profil / gaya kapasitas pada suatu penampang.

Dalam menentukan kekuatan profil/tahanan nominal, ditentukan dengan cara perhitungan leleh dari luas penampang kotor di daerah yang jauh dari sambungan dan fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka tahanan nominal ( $R_u$ ), harus memenuhi persamaan (6).

$$\phi R_u = 0,9.A_g.f_y \quad (6)$$

Bila kondisi fraktur pada sambungan yang menentukan, maka tahanan nominal ( $R_u$ ), dari batang tersebut memenuhi persamaan (7).

$$\phi R_u = 0,75 \cdot A_e \cdot f_u \quad (7)$$

dimana:

$A_g$  = luas penampang bruto,  $\text{mm}^2$

$A_e$  = luas penampang efektif,  $\text{mm}^2$

$f_y$  = tegangan leleh, MPa

$f_u$  = tegangan tarik putus, MPa

Dalam menentukan tahanan nominal, harus diperiksa terhadap dua macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

1. Luas penampang efektif ( $A_e$ )

Luas penampang efektif adalah luasan penampang baja dikurangi dengan luasan penampang lubang untuk baut. Berdasarkan SNI 03-1729-2002 akibat adanya sambungan, maka batang tarik mengalami pengurangan luas. Akibat pengurangan luasan, maka luas batang yang bekerja memikul gaya disebut sebagai luas penampang efektif yang besarnya ditentukan berdasarkan jenis sambungannya. Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan dengan menggunakan persamaan (8).

$$A_e = A \cdot U \quad (8)$$

dimana:

$A_e$  = luas efektif penampang,  $\text{mm}^2$

$A$  = luas penampang profil baja,  $\text{mm}^2$

$U$  = faktor reduksi.

Luas netto penampang batang tarik merupakan luas bruto dikurangi dengan luas lubang pada satu potongan penampang, tidak boleh diambil lebih kecil daripada 85% luas bruto. [Persamaan (9)].



$$A_n \geq 0,85 \cdot A_g \quad (9)$$

dimana:

$A_n$  = luas penampang netto, mm<sup>2</sup>

$A_g$  = luas penampang bruto, mm<sup>2</sup>

a. Kasus gaya tarik disalurkan oleh las memanjang:

Bila gaya tarik hanya disalurkan oleh pengelasan memanjang ke komponen struktur yang bukan pelat, atau oleh kombinasi pengelasan memanjang dan melintang menurut persamaan (10).

$$A_e = A_g \quad (10)$$

dimana:

$A_g$  = luas penampang bruto komponen struktur, mm<sup>2</sup>

b. Kasus gaya tarik disalurkan oleh las melintang

Bila gaya tarik hanya disalurkan oleh pengelasan melintang, maka digunakan persamaan (11).

$$A_e = \text{luas penampang yang disambung las } (U = 1) \quad (11)$$

## 2. Geser Blok

Komponen struktur tarik yang berupa elemen pelat tipis yang menerima beban tarik dan disambungkan dengan alat pengencang akan mudah mengalami kegagalan jika tidak didesain secara benar. Tahanan dari komponen elemen tarik tersebut biasanya ditentukan oleh kondisi sobek atau sering disebut dengan geser blok.

Keruntuhan geser blok merupakan penjumlahan tarik leleh pada satu irisan dengan geser fraktur pada irisan lainnya yang saling tegak lurus. Tahanan nominal suatu struktur tarik ditentukan oleh tiga macam tipe keruntuhan yakni leleh dari penampang bruto, faktor dari penampang

efektif, dan geser blok pada sambungan. Sedapat mungkin dalam mendesain suatu komponen struktur tarik, keruntuhan yang terjadi adalah leleh dari penampang brutonya agar diperoleh tipe keruntuhan yang daktail. Geser blok dapat dihitung dengan persamaan (11.a - 11.b).

a. Geser leleh – tarik fraktur ( $f_u \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ )

$$R_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \quad (11.a)$$

b. Geser fraktur – tarik leleh ( $f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ )

$$R_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (11.b)$$

dimana:

$A_{gv}$  = luas bruto akibat geser, mm<sup>2</sup>

$A_{gt}$  = luas bruto akibat tarik, mm<sup>2</sup>

$A_{nv}$  = luas netto akibat geser, mm<sup>2</sup>

$A_{nt}$  = luas netto akibat tarik, mm<sup>2</sup>

$f_u$  = kuat tarik baja, MPa

$f_y$  = kuat leleh baja, MPa

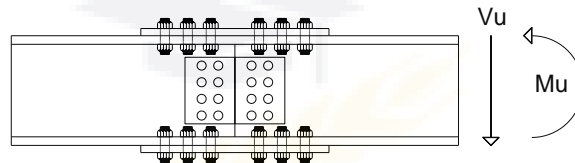
Tidak hanya pada sambungan baut saja yang mengalami keruntuhan geser blok, namun sambungan paku keling dan las juga dapat berpengaruh terhadap keruntuhan geser blok.

Pada perencanaan konstruksi baja penyambungan antar profil baja adalah hal yang umum dilakukan, sehingga sambungan tidak dapat dihindari atau diabaikan. Berikut adalah penjelasan mengenai sambungan baut.

Perencanaan sambungan ditentukan oleh bidang kerja sambungan, yaitu bidang tempat bekerjanya gaya pada sistem sambungan. Dalam hal ini terdapat tiga macam bidang kerja pada baut, yaitu:

### 1. Sejajar (dalam bidang / sebidang)

Pembebanan yang gaya dan momen lentur direncanakan berada dalam bidang sambungan sedemikian rupa sehingga gaya yang ditimbulkan dalam komponen sambungan hanya gaya geser.



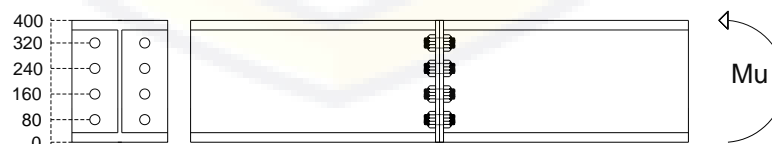
Gambar 2.6. Sambungan sejajar (sebidang)

Apabila dua buah balok IWF disambung pada bagian sayap dan badannya dengan sistem sambungan baut (gambar 2.6), gaya dalam yang dipikul adalah  $M_u$  dan  $V_u$ , dimana sistem sambungannya diasumsikan sebagai berikut:

- $M_u$  hanya dipikul oleh sambungan pada bagian pelat sayap saja (atas dan bawah)
- $V_u$  hanya dipikul oleh sambungan pada bagian pelat badan saja.

### 2. Tegak lurus (luar bidang / tak sebidang)

Pembebanan yang gaya atau momen lentur rencananya menghasilkan gaya yang arahnya tegak lurus bidang sambungan sehingga gaya yang ditimbulkan dalam komponen sambungan adalah gaya tarik.

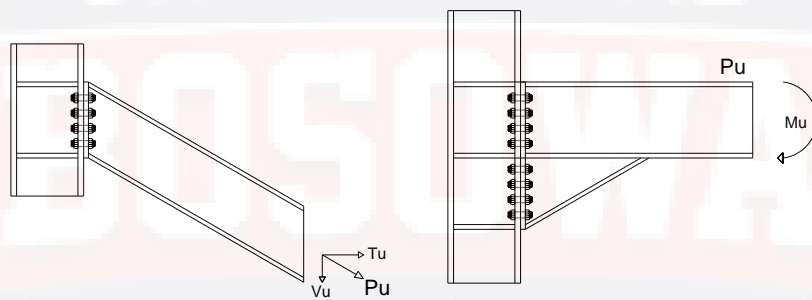


Gambar 2.7. Sambungan tegak lurus (tak sebidang)

Dua buah balok IWF disambung dengan sistem pelat ujung (*end plate*) menggunakan baut (Gambar 2.7), gaya dalam yang dipikul adalah  $M_u$  saja.

### 3. Kombinasi sejajar-tegak lurus.

Untuk pembebanan yang gaya atau momen lentur rencananya menghasilkan gaya yang arahnya sejajar dan tegak lurus bidang sambungan, maka gaya yang ditimbulkan dalam komponen sambungan adalah kombinasi gaya geser dan tarik. Contoh sambungan dengan tipe tersebut ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Sambungan bidang kombinasi geser dan tarik

Dalam perencanaan sambungan baut hal-hal yang perlu dilakukan yaitu menghitung kekuatan dan jumlah kebutuhan baut, setelah itu dilanjutkan dengan mengatur tata letak baut. Penjelasan tentang kekuatan dan tata letak baut dijelaskan pada pembahasan berikut:

#### 1. Desain sambungan

Suatu baut yang memikul beban terfaktor  $R_u$ , sesuai persyaratan dari SNI

03-1729-2002 harus memenuhi persamaan (12a) dan (12b)

$$R_u < \phi R_n \quad (12a)$$

Pada perencanaan sambungan nilai beban terfaktor ( $R_u$ ) tidak lagi diambil dari gaya terfaktor akibat beban luar, tetapi diambil dari nilai tahanan nominal penampang yang akan disambung yang sebelumnya telah di desain menggunakan gaya terfaktor maksimum akibat beban luar. Sistem ini sudah lama diperkenalkan terutama pada desain *joint* balok kolom pada struktur beton bertulang. Pada perencanaan struktur baja dengan metode LRFD, sistem ini juga diaplikasikan dengan sebutan perencanaan berbasis kapasitas penampang.

Saat struktur mengalami pembebanan *ultimate*, *joint* atau sambungan struktur memiliki peranan yang sangat penting karena kegagalan pada *joint* berakibat kegagalan pada struktur secara keseluruhan. Dengan demikian perencanaan *joint* berbasis kapasitas penampang di nilai sangat wajar, sehingga saat terjadi beban *ultimate* kegagalan tidak akan pernah terjadi pada *joint*/sambungan melainkan pada elemen strukturnya. Dengan demikian nilai  $R_u$  pada perencanaan sambungan secara ringkas diperlihatkan pada persamaan (12b)

$$R_u = \phi R_n; \text{ penampang yang disambung} \quad (12b)$$

Dengan  $R_n$  adalah tahanan nominal baut, sedangkan  $\phi$  adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya Tahanan nominal ( $R_n$ ) berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan, dimana nilai  $R_n$  dipilih terhadap nilai terkecil berdasarkan persamaan (13a) sampai (13c).

a. Tahanan geser baut:

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser harus memenuhi Persamaan (13.a).

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \quad (13a)$$

dimana:

$m$  = jumlah bidang geser

$r_1$  = 0,5 (tanpa ulir) dan 0,4 (dengan ulir) pada bidang geser

$f_{ub}$  = kuat tarik baut, MPa

$A_b$  = luas bruto penampang baut, mm<sup>2</sup>

b. Tahanan tarik baut:

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut Persamaan (13.b).

$$R_n = 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \quad (13b)$$

dimana:

$f_{ub}$  = kuat tarik baut, MPa

$A_b$  = luas bruto penampang baut, mm<sup>2</sup>

c. Tahanan tumpu baut:

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah antara baut dengan komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan menurut Persamaan (13.c).

$$R_n = 2,4 d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (13c)$$

dimana:

$d_b$  = diameter baut, mm

$t_p$  = tebal pelat, mm

$f_u$  = kuat tarik putus terendah dari baut dan pelat, MPa

Jumlah baut ditentukan berdasarkan Persamaan (14) sampai (16).

$$R_u \leq \phi R_n \quad (14)$$

$$R_u = \phi (n_b \cdot R_n) \quad (15)$$

$$n_b = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n} \quad (16)$$

dimana:

$R_u$  = beban terfaktor

$R_n$  = tahanan baut

$\phi = 0,75$

$n_b$  = jumlah baut

Hasil perhitungan jumlah baut ( $n_b$ ) dibulatkan ke atas sehingga diperoleh jumlah baut yang dibutuhkan.

d. Tahanan kombinasi tarik dan geser baut:

Dalam perencanaan sambungan yang memikul kombinasi geser dan tarik, ada dua yaitu:

$$1) f_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} \leq \begin{matrix} 0,5 \cdot \phi \cdot f_{ub} \cdot m & \text{Tanpa ulir di bidang geser} \\ 0,4 \cdot \phi \cdot f_{ub} \cdot m & \text{Dengan ulir di bidang geser} \end{matrix} \quad (17)$$

$$2) \phi \cdot R_{nt} = \phi \cdot f_t \cdot A_b > \frac{T_u}{n} \quad (18)$$

e. Untuk sambungan tipe friksi berlaku Persamaan (19).

$$\frac{V_u}{n} \leq \phi \cdot V_n \left( 1 - \frac{T_u/n}{1,13 \times \text{proof load}} \right) \quad (19)$$

dimana:

$V_u = 1,13 \cdot \mu \cdot \text{proof load} \cdot m$

$A_b$  = luas bruto baut

$T_u$  = beban tarik terfaktor

$n$  = jumlah baut.

$\text{proof load} = 0,75 \cdot A_b \cdot \text{proof stress}$

$\text{proof stress}$  = lihat tabel 2

2. Perencanaan tata letak baut

Penyusunan baut harus memenuhi beberapa persyaratan jarak yang diatur dalam SNI 03-1729-2002 Pasal 13.4 sebagai yaitu:

- a. Jarak antar pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari tiga kali diameter nominal pengencang

b. Jarak tepi minimum dari pusat pengencang ke tepi pelat atau pelat sayap harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut:

- 1)  $1,75 d_b$ , untuk pelat yang dipotong manual (dengan gergaji tangan)
- 2)  $1,50 d_b$ , untuk pelat yang dipotong menggunakan mesin
- 3)  $1,25 d_b$ , untuk pelat yang bukan hasil potongan

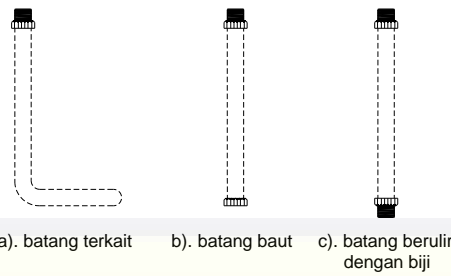
Dengan  $d_b$  adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir

- c. Jarak maksimum antar pusat pengencang tidak boleh melebihi  $15t_p$  (dengan  $t_p$  adalah tebal pelat lapis di dalam sambungan) atau 200 mm Pada pengencang yang tidak perlu memikul beban terfaktor dalam daerah yang tidak mudah berkarat, jaraknya tidak boleh melebihi  $32 t_p$  atau 300 mm. Pada baris luar pengencang dalam arah gaya rencana, jaraknya tidak boleh melebihi  $(4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm
- d. Jarak tepi maksimum dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh kurang dari  $12 t_p$  dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

## 2.6. Perencanaan Angkur

Baut angkur diperlukan untuk semua *base plate*. Baut angkur digunakan untuk memperkuat semua pelat dan untuk mencegah kolom terbalik. Baut angkur juga diperlukan ketika pelat menerima beban yang besar. Tipe-tipe baut diperlihatkan pada (Gambar 2.9).





Gambar 2.9. Tipe baut ankur

- a. Menghitung luasan ankur dan luasan ankur yang dibutuhkan
- Luasan ankur dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (20) dan luasan ankur yang dibutuhkan menggunakan Perasamaan (21)

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left[ d - \frac{0,974}{6} \right]^2 \quad (20)$$

dimana:

$A_s$  = luasan ankur, mm<sup>2</sup>  
 $d$  = diameter ankur, inch

$$A_{sr} = \frac{P_u}{f_y} + \frac{V_u}{\mu \times 0,85 \times f_y} \quad (21)$$

dimana:

$P_u$  = gaya *Tension*, kg  
 $V_u$  = gaya *Shear*, kg  
 $f_y$  = tegangan baja *yield*, kg/cm<sup>2</sup>  
 $\mu$  = koefisien

- b. Menghitung panjang ankur

Panjang ankur minimum dapat dihitung berdasarkan mutu baja menggunakan Persamaan (22).

$$L_{min} = 12 d \sqrt{\frac{f_u}{58 \psi}} \quad (22)$$

dimana:

$L_{min}$  = panjang minimum, mm  
 $f_u$  = tegangan ultimate baja, MPa  
 $d$  = diameter, cm.

Panjang angkur dapat dihitung berdasarkan gaya tension antara beton dan angkur, panjang angkur berdasarkan gaya geser dihitung menggunakan Persamaan (23).

$$L_e = \frac{P \text{ tension}}{F_{cv} \times N \times 3,14 \times d} \quad (23)$$

dimana:

P = reaksi dari beban-beban, kg

$F_{cv} = 0,53\sqrt{f'_c}$ , kg/cm<sup>2</sup>

N = jumlah angkur

d = diameter angkur, cm

UNIVERSITAS

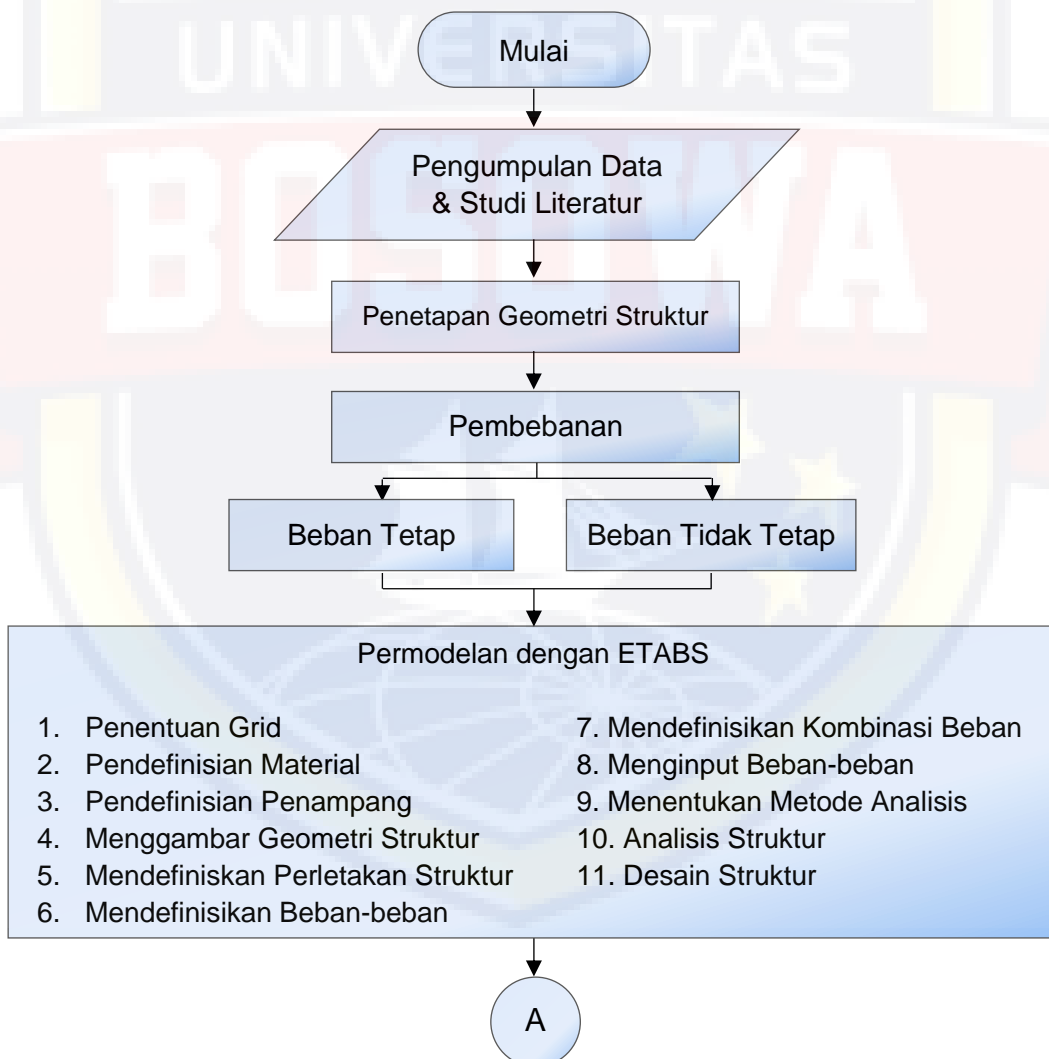
BOSOWA

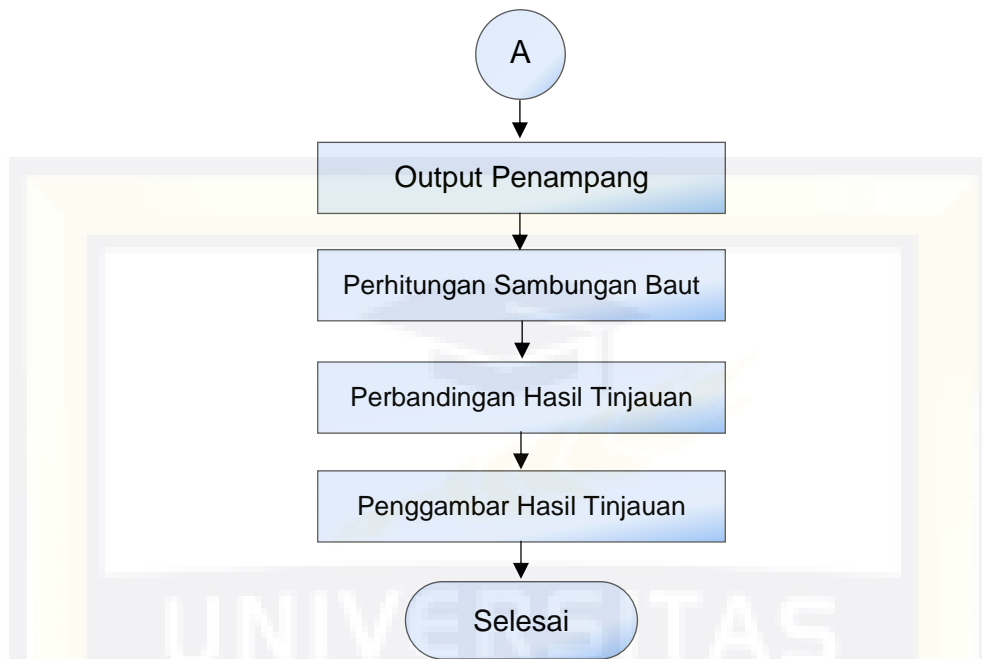
### BAB III

## METODE PERENCANAAN

### 3.1. Langkah-langkah Tinjauan Perancangan Struktur *Post & Beam* Garduk Induk 150kV

Dalam tugas akhir ini akan membahas tentang tinjauan perancangan struktur *post & beam* dengan menggunakan aplikasi ETABS. Urutan pekerjaan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :





Gambar 3.1 Alur Tinjauan Perancangan Struktur Baja

### 3.2. Studi Literatur

Dalam perencanaan struktur bangunan baja ini digunakan peraturan yang tercantum pada beberapa literatur yaitu:

1. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)
3. Peraturan Pembebanan Indonsia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
4. AISC / LRFD – ASD – *America Institute of Steel Construction*

### 3.3. Data Struktur

#### 3.3.1. Data Umum

Diketahui data umum struktur sebagai berikut :

1. Nama Gedung/Struktur : Gardu Induk Punagaya
2. Lokasi : Desa Punagaya, Kecamatan Bangkala,  
Kabupaten Jeneponto
3. Fungsi : Fasilitas Tenaga Listrik
4. Material Struktur : Baja.
5. Tinggi Struktur : 18 m

Data awal struktur dilihat pada lampiran.

#### 3.3.2. Data Material

Diketahui data material struktur sebagai berikut :

1. Baja Struktur :  $f_y = 240 \text{ MPa}$  (*Mild Steel*)
2. Baut dan Mur : *ASTM A-325 (High Strength Bolt)*

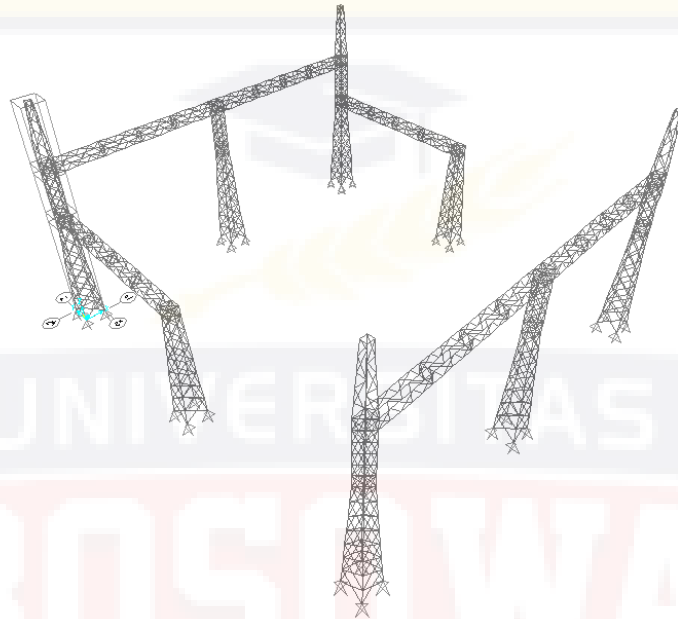
#### 3.3.3. Satuan dan Notasi

Satuan yang dipakai dalam perhitungan adalah Satuan Internasional (SI), seperti dibawah ini;

1. Panjang : meter, cm
2. Momen : Kgf-cm atau Ton-m
3. Gaya : Kgf, Tonf
4. Massa : Kg
5. Tegangan:  $\text{Kg/cm}^2$  atau MPa

### 3.4. Penetapan Geometri Struktur

Dalam tinjauan perancangan struktur bangunan baja ini, geometri struktur yang akan di tinjau seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Perspektif Geometri Struktur *Post & Beam*

### 3.5. Perhitungan Beban Struktur

#### 3.5.1 Pembebanan

Beban-beban yang bekerja dalam tinjauan perancangan pada gardu induk 150kV ini adalah :

1. Beban Tetap (DL)
  - a. Berat sendiri struktur baja
  - b. Berat alat yang dipasang pada struktur seperti *conductor*, *insulator* dan *equipment* lain sesuai dengan fungsinya

## 2. Beban tidak Tetap

- a. Beban Hidup akibat pekerja, yang dimasukkan di perhitungan

*Normal Condition (NC) & Broken Condition (BC)*

- b. Beban Angin (WL)
- c. Beban Horizontal akibat penarikan Konduktor
- d. Beban *Short Circuit*
- e. Beban Gempa (SNI 03-1726:2012).

### 3.5.2 Kombinasi Beban

Kombinasi beban yang ditinjau mengikuti aturan AISC-ASD'89, yang

penjabarannya sebagai berikut:

- a. Case 1  $1,5 DL + 1,5 NC + 1,5 WLX$
- b. Case 2  $1,5 DL + 1,5 NC + 1,5 WLY$
- c. Case 3  $1,1 DL + 1,1 BC1 + 1,1 WLX$
- d. Case 4  $1,1 DL + 1,1 BC1 + 1,1 WLY$
- e. Case 5  $1,1 DL + 1,1 BC2 + 1,1 WLX$
- f. Case 6  $1,1 DL + 1,1 BC2 + 1,1 WLY$
- g. Case 7  $1,1 DL + 1,1 BC3 + 1,1 WLX$
- h. Case 8  $1,1 DL + 1,1 BC3 + 1,1 WLY$
- i. Case 9  $1,1 DL + 1,1 LOS + 1,1 WLX$
- j. Case 10  $1,1 DL + 1,1 LOS + 1,1 WLY$
- k. Case 11  $1,1 DL + 1,1 SC + 1,1 WLX$
- l. Case 12  $1,1 DL + 1,1 SC + 1,1 WLY$
- m. Case 13  $1,1 DL + 1,1 EQx + 1,1 WLX$

n. Case 14 1,1 DL + 1,1 EQy + 1,1 WLY

Keterangan :

DL = Beban Mati

WLX = Beban Angin Arah X

WLY = Beban Angin Arah Y

NC = Beban Kondisi Normal

BC1 = Beban Kondisi *Broken* 1

BC1 = Beban Kondisi *Broken* 2

BC1 = Beban Kondisi *Broken* 3

SC = Beban Kondisi *Short Circuit*

EQ = Beban Gempa

### 3.6. Pemodelan Struktur dengan ETABS

Analisis struktur untuk menentukan gaya-gaya dalam berupa momen, lintang dan normal dilakukan dengan menggunakan ETABS. Untuk melakukan analisis struktur dalam ETABS dijabarkan sebagai berikut.

1. Menentukan grid
2. Mendefinisikan material
3. Menentukan penampang
4. Menggambar geometri struktur
5. Menentukan perletakan struktur
6. Mendefinisikan beban statik & dinamis
7. Menginput kombinasi beban
8. Menginput beban



9. Menentukan metode analisis

10. Melakukan analisis struktur

11. Melakukan desain struktur.

### **3.7 Perbandingan Hasil Tinjauan**

Hasil tinjauan yang dilakukan di program ETABS menggunakan aturan SNI 03 - 1726 - 2012, dibandingkan dengan data awal yang menggunakan program SAP2000 dan aturan SNI 03 - 1726 - 2002.

### **3.8 Penggambaran Hasil Tinjauan**

Menggambar hasil tinjauan perancangan struktur menggunakan program AutoCAD 2013.

## **BAB IV**

### **TINJAUAN PERENCANAAN**

#### **I. Perhitungan Sebelumnya**

##### **4.1. Peraturan dan Standar Perencanaan**

Dokumen dan peraturan yang digunakan pada perencanaan sebelumnya sebagai dasar perhitungan struktur adalah sebagai berikut.

- a. SNI 03-1729-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Baja
- b. SNI 2847-2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton
- c. ACI : *American Concrete Institute*
- d. AISC LRFD : *American Institute of steel Construction*
- e. SNI 03-1726-2002 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

##### **4.2. Material**

Material yang digunakan pada perencanaan sebelumnya adalah sebagai berikut.

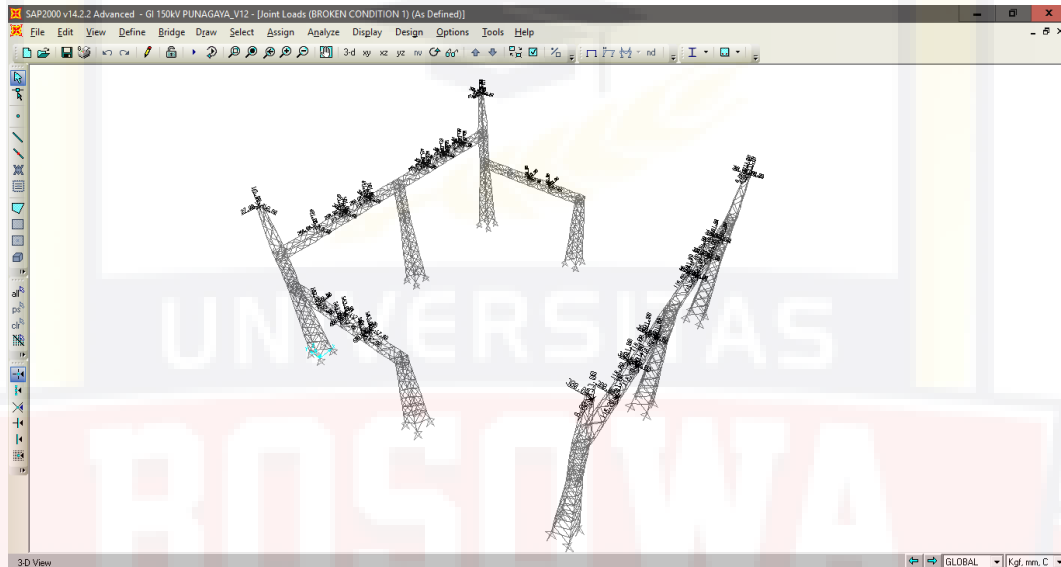
- a. Baja Struktur : JIS-3101, Grade SS400 atau ST37 ( $f_y = 240$  MPa)
- b. Baut dan Mur : JIS B 1051, Grade 8,8 ( $f_y = 640$  MPa)

##### **4.3. Aplikasi & Resume Perhitungan Sebelumnya**

Aplikasi yang digunakan untuk desain struktur pada perhitungan sebelumnya adalah SAP 2000 Versi 14. Geometri struktur yang di gambar pada aplikasi SAP2000 diperlihatkan pada Gambar 1.

Secara singkat, *Resume* hasil perhitungan struktur dengan output profil penampang diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Untuk ketentuan-ketentuan, asumsi-asumsi, perhitungan beban-beban (mati, hidup, angin dan gempa) yang digunakan pada perhitungan, serta output dari aplikasi dan juga gambar desain pada hasil perencanaan sebelumnya dapat di lihat pada lampiran.



Gambar 4.1. Geometri Struktur pada Aplikasi SAP2000

Tabel 4.1 *Resume* Profil Penampang Struktur *Post & Beam*

Jenis batang	Penampang Eksisting
<i>Post - Leg Bawah</i>	HL 130x130x12
<i>Post - Brace Bawah</i>	L 50x50x5
<i>Post - Leg Tengah</i>	HL 120x120x12
<i>Post - Brace Tengah</i>	L 50x50x5
<i>Post - Leg Atas</i>	L 70x70x7
<i>Post - Brace Atas</i>	L 50x50x5
<i>Beam Tepi - Leg</i>	HL 80x80x8
<i>Beam Tepi - Brace</i>	L 60x60x6
<i>Beam Tengah - Leg</i>	HL 80x80x8
<i>Beam Tengah - Brace</i>	L 50x50x5

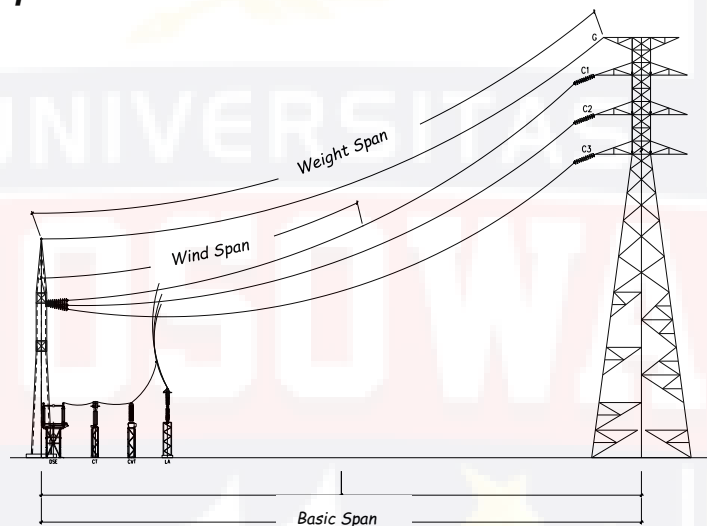
Sumber : Hasil Analisis Sebelumnya

## II. Tinjauan Hasil Perhitungan

Tinjauan perhitungan ini menggunakan beban mati, hidup dan angin yang sama seperti perhitungan sebelumnya, yang membedakan adalah aturan gempa yang menggunakan SNI 03 - 1726-2012 & aplikasi ETABS yang digunakan untuk mendesain.

### 4.4. Penentuan Jarak Span

#### 4.4.1 Jarak *Span* Ke Tower *Transmission Line*



Gambar 4.2. Ilustrasi Jarak *Span* ke Tower *Transmission Line*

Ditentukan jarak span yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Basic Span} = 100 \text{ m}$$

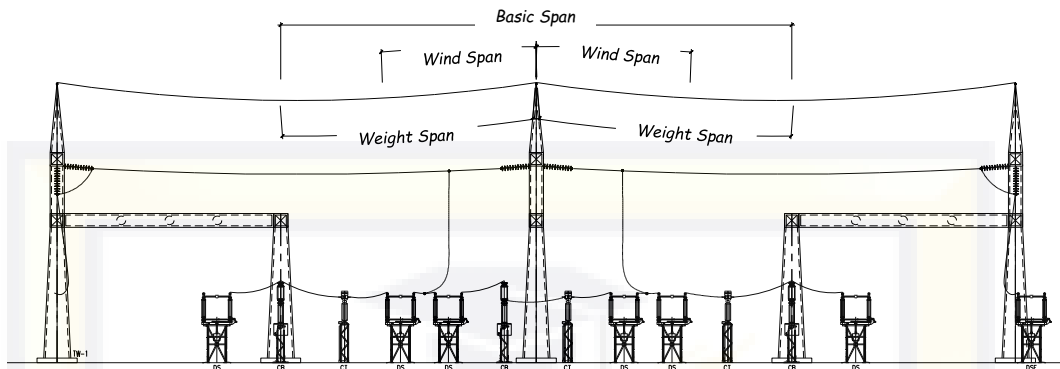
$$\text{Weight Span} = 200 \text{ m}$$

$$\text{Wind Span} = 143 \text{ m}$$

#### 4.4.2 Jarak *Span* antar Kolom Gantry

Ditentukan jarak span yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Basic Span} = 30 \text{ m}, \text{ Wind Span} = 43 \text{ m} \text{ dan } \text{Weight Span} = 60 \text{ m}$$



Gambar 4.3. Ilustrasi Jarak *Span* antar Kolom Gantry

#### 4.5. Perhitungan Beban

##### 4.5.1 Beban *Steel Support*

a. Maksimum beban tarik konduktor sebagai berikut:

TAL 980 (*Transmission line*) = 850 kg/cond

GSW 55 (*Transmission line*) = 850 kg

TAL 980 (antar kolom) = 300 kg/cond

GSW 55 (antar kolom) = 300 kg/cond

b. Berat Isolator = 300 kg

c. Berat Konduktor

TAL 980 (diameter 0,0447 m) = 2,709 kg/m<sup>1</sup>

GSW 55 (diameter 0,0096 m) = 0,446 kg/m<sup>1</sup>

d. Beban Angin pada Konduktor = 40 kg/m<sup>2</sup>

TAL 980 = 40 x 0,0447 = 1,788 kg/m<sup>1</sup>

GSW 55 = 40 x 0,0096 = 0,384 kg/m<sup>1</sup>

e. Beban Angin pada Isolator

Jumlah tarikan isolator x Jumlah ring x Dimensi Isolator x Beban

Angin

$$2 \times 12 \times 0,32 \times 0,170 \times 60 = 78 \text{ kg} \approx 80 \text{ kg}$$

f. Beban Angin pada Struktur Baja = 120 kg/m<sup>2</sup>

g. Beban Pekerja dan Peralatan = 120 kg

#### 4.5.2 Perhitungan pembebanan Konduktor ke Transmisi

Konduktor 1 x TAL 980

Line Angle = 0°

a. Beban Konduktor Normal

- Beban Transversal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 1,788 \times (143/2) = 127,84 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 1 \times 850 \times \sin 0^\circ = - \text{ kg}$$

$$\text{Angin pada Insulator} \quad 1 \times 80 = 80,00 \text{ kg}$$

---

$$\text{Beban Transversal Total} = 207,84 \text{ kg}$$

- Beban Vertikal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 2,709 \times (200/2) = 270,90 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 1 \times 300 = 300,00 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Orang dan Peralatan} = 120,00 \text{ kg}$$

---

$$\text{Beban Vertikal Total} = 690,90 \text{ kg}$$

- Beban Longitudinal  $1 \times 850 \times \cos 0^\circ = 850 \text{ kg}$

b. Beban *Earth Wire* Normal

- Beban Transversal

$$\text{Angin pada earth wire} \quad 1 \times 0,384 \times 71,50 = 27,46 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 1 \times 850 \times \sin 0^\circ = - \text{ kg}$$

---

$$\text{Beban Transversal Total} \quad = 27,46 \text{ kg}$$

- Beban Vertikal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 0,446 \times 100 = 44,60 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Orang dan Peralatan} \quad = 120,00 \text{ kg}$$

---

$$\text{Beban Vertikal Total} \quad = 164,60 \text{ kg}$$

- Beban Longitudinal  $1 \times 850 \times \cos 0^\circ = 850 \text{ kg}$

### 4.5.3 Perhitungan pembebanan Antar Kolom

Konduktor 1 x TAL 980

*Line Angle* = 0°

a. Beban Konduktor Normal

- Beban Transversal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 1,788 \times (43/2) = 38,44 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 1 \times 300 \times \sin 0^\circ = - \text{ kg}$$

$$\text{Angin pada Insulator} \quad 1 \times 80 = 80,00 \text{ kg}$$

---

$$\text{Beban Transversal Total} \quad = 118,44 \text{ kg}$$

- Beban Vertikal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 2,709 \times (60/2) = 81,27 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Insulator} \quad 1 \times 300 = 300,00 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Orang dan Peralatan} = 120,00 \text{ kg}$$

---


$$\text{Beban Vertikal Total} = 501,27 \text{ kg}$$

- Beban Longitudinal  $1 \times 300 \times \cos 0^\circ = 300 \text{ kg}$

b. Beban *Earth Wire* Normal

- Beban Transversal

$$\text{Angin pada earth wire} \quad 1 \times 0,384 \times 21,5 = 8,45 \text{ kg}$$

$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 1 \times 300 \times \sin 0^\circ = - \text{ kg}$$

---


$$\text{Beban Transversal Total} = 8,45 \text{ kg}$$

- Beban Vertikal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 1 \times 0,446 \times 30 = 13,38 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Orang dan Peralatan} = 120,00 \text{ kg}$$

---


$$\text{Beban Vertikal Total} = 133,38 \text{ kg}$$

- Beban Longitudinal  $1 \times 300 \times \cos 0^\circ = 300 \text{ kg}$

#### 4.5.4 Perhitungan pembebanan Antar Kolom (Busbar)

Konduktor 2 x TAL 980

*Line Angle* =  $0^\circ$

a. Beban Konduktor Broken

- Beban Transversal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 2 \times 1,788 \times 21,5 = 76,88 \text{ kg}$$



$$\text{Sudut garis transmisi} \quad 2 \times 300 \times \sin 0^\circ = - \text{ kg}$$

$$\text{Angin pada Insulator} \quad 1 \times 80 = 80,00 \text{ kg}$$

---


$$\text{Beban Transversal Total} = 156,88 \text{ kg}$$

- Beban Vertikal

$$\text{Angin pada konduktor} \quad 2 \times 2,709 \times 30 = 162,54 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Insulator} \quad 1 \times 300 = 300,00 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Orang dan Peralatan} = 120,00 \text{ kg}$$

---


$$\text{Beban Vertikal Total} = 582,54 \text{ kg}$$

- Beban Longitudinal  $2 \times 300 \times \cos 0^\circ = 600 \text{ kg}$

#### 4.5.5 Pemodelan Beban Normal pada *Crossbar, Busbar & Earthwire*

Beban normal pada *crossbar* yang telah dihitung di sajikan pada tabel 4.2, dan pemodelan pembebanan yang bekerja di ilustrasikan pada gambar 4.4. Beban diletakkan pada titik tersebut dikarenakan pada titik tersebut merupakan tempat bergantungnya kabel konduktor.

Tabel 4.2. Beban Normal pada *Crossbar*

No.	Titik	Pembebanan	Konduktor	Beban yang terjadi (kg)		
				Tranversal	Vertikal	Longitudinal
1	A	Konduktor - Trasmisi	1 TAL 980	207,84	690,90	850,00
2	B	Kolom - Kolom	1 TAL 980	118,44	501,27	300,00

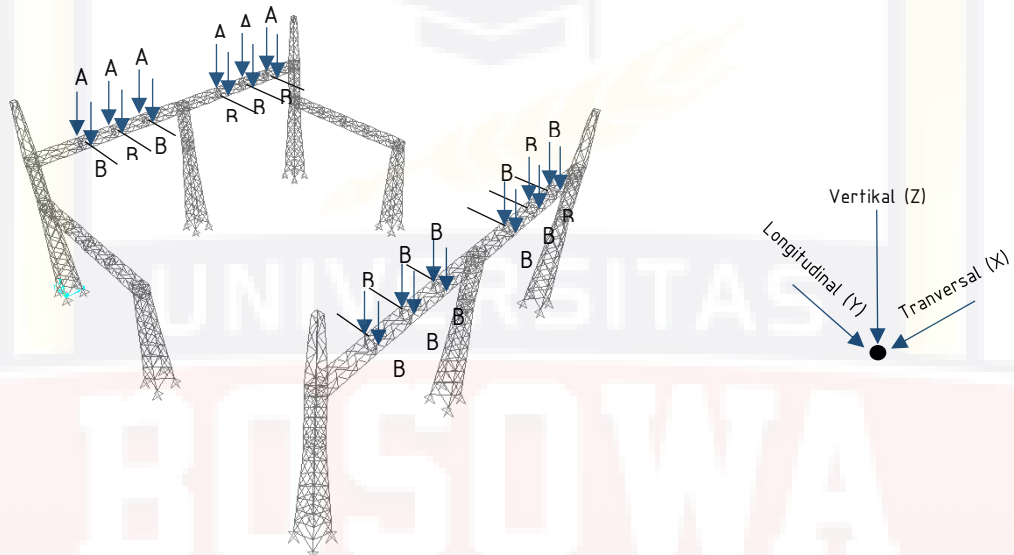
Sumber : Hasil Analisis

Beban normal pada *busbar* yang telah dihitung di sajikan pada tabel 4.3, dan pemodelan pembebanan yang bekerja di ilustrasikan pada gambar 4.5. Titik-titik tersebut merupakan tempat bergantungnya kabel earthwire.

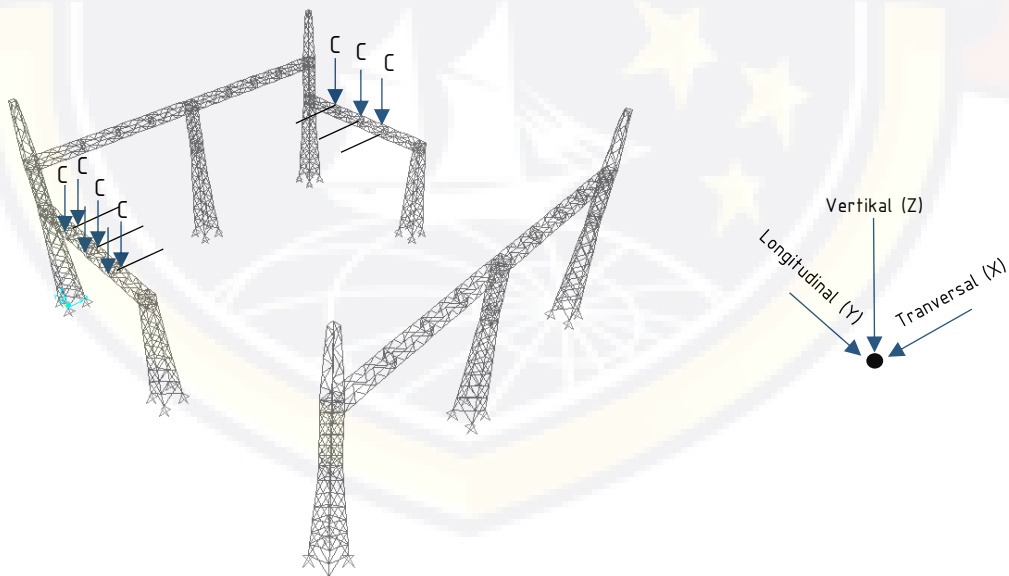
Tabel 4.3. Beban Normal pada *Busbar*

No.	Titik	Pembebanan	Konduktor	Beban yang terjadi (kg)		
				Tranversal	Vertikal	Longitudinal
1	C	Kolom - kolom	2 TAL 980	156,88	582,54	600,00

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.4. Beban Normal pada *Crossbar*



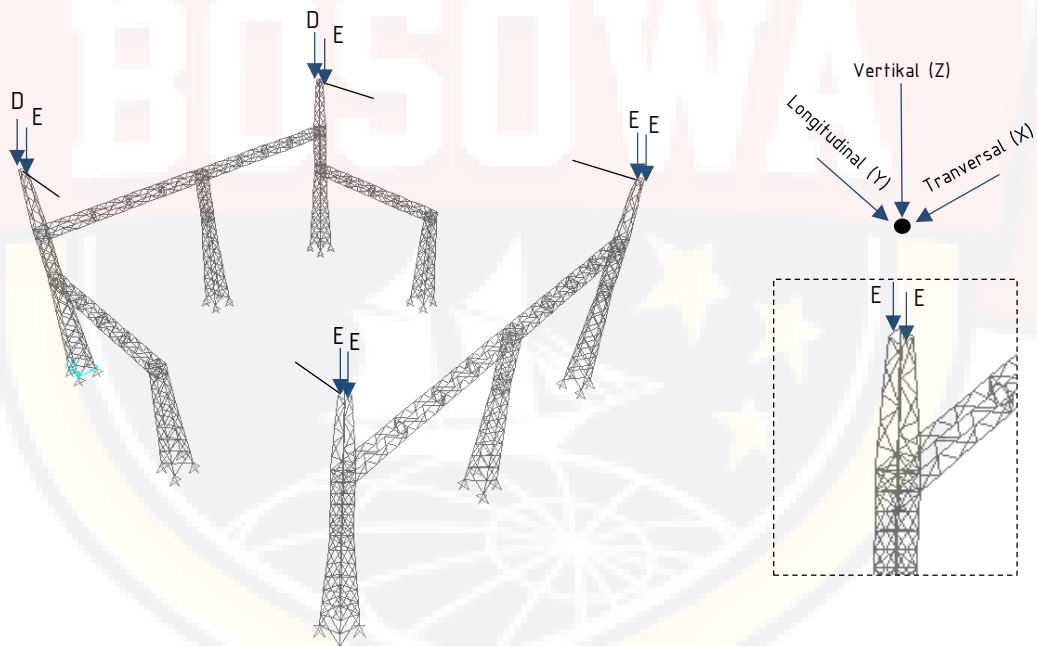
Gambar 4.5. Beban Normal pada *Busbar*

Beban normal pada *earthwire* yang telah dihitung di sajikan pada Tabel 4.4, dan pemodelan pembebanan yang bekerja di ilustrasikan pada Gambar 4.6. Titik-titik tersebut merupakan tempat bergantungnya kabel *earthwire*.

Tabel 4.4. Beban Normal pada *Earthwire*

No.	Titik	Pembebanan	Konduktor	Beban yang terjadi (kg)		
				Tranversal	Vertikal	Longitudinal
1	D	Konduktor - Trasmisi	GSW 55	27,46	164,60	850,00
2	E	Kolom - Kolom	GSW 55	8,45	133,38	300,00

Sumber : Hasil Analisis

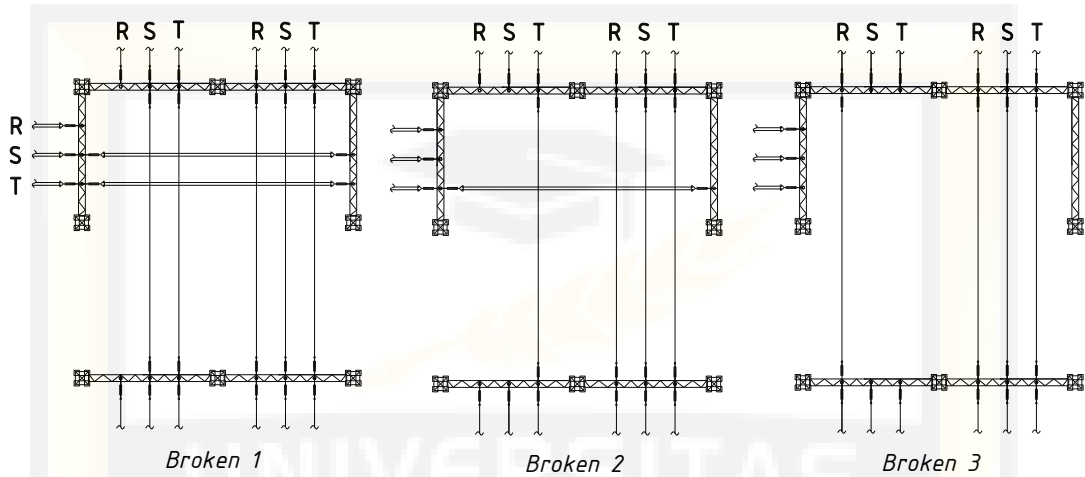


Gambar 4.6. Beban Normal pada *Earthwire*

#### 4.5.6 Pemodelan Beban *Broken* pada *Crossbar, Busbar & Earthwire*

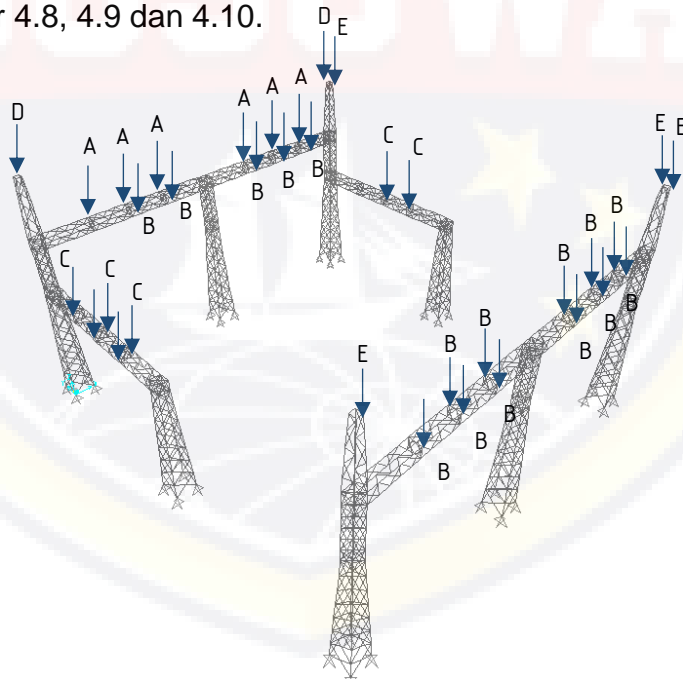
Pada struktur tower / gantry yang mempunyai alat yang rentan mengalami masalah atau kerusakan, sebaiknya diperhitungkan beban

*broken*, adapun beban *broken* yang direcanakan diuraikan seperti pada gambar 4.7.

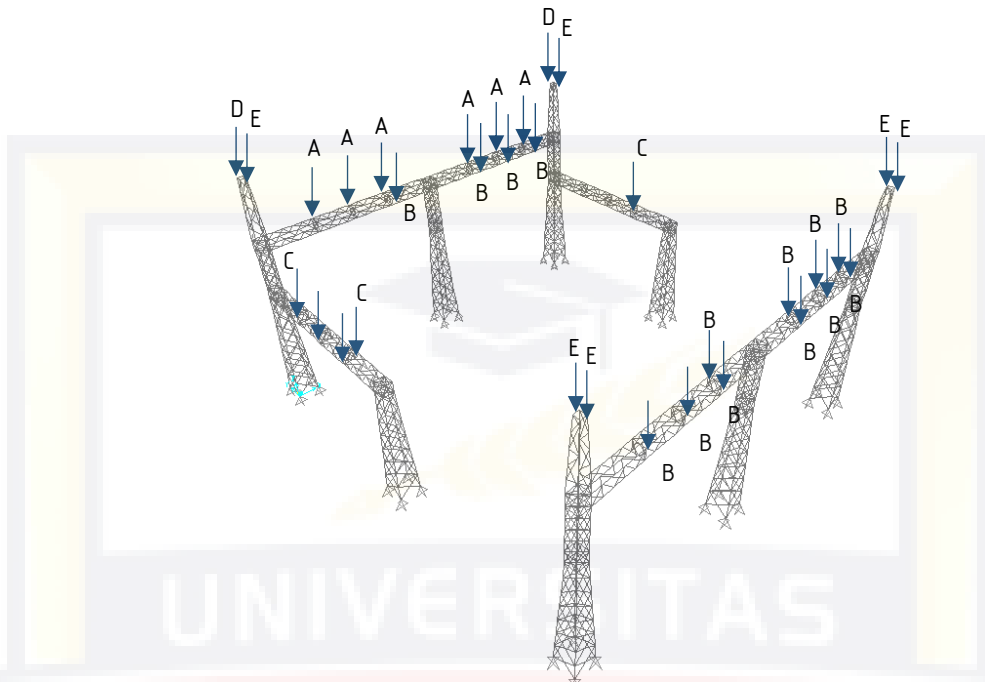


Gambar 4.7. Pemodelan beban *Broken*

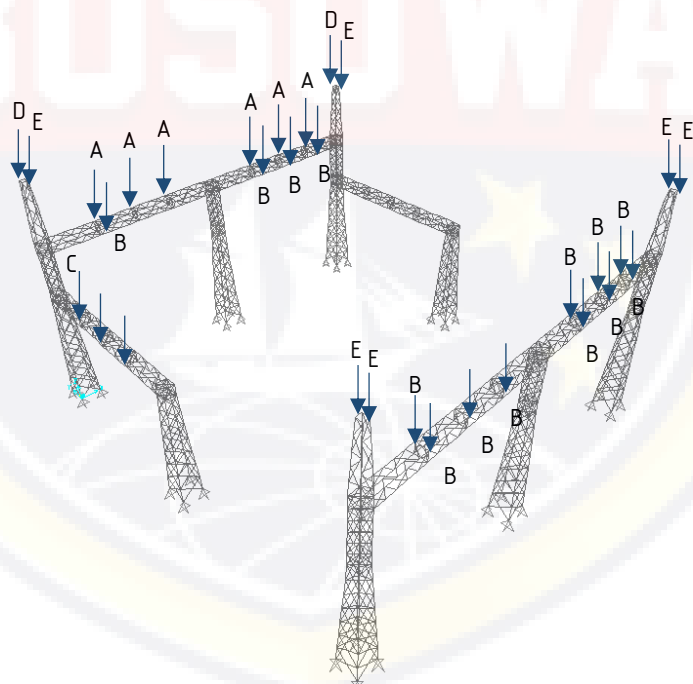
Adapun ilustrasi pemodelan dalam bentuk perspektif diperlihatkan pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.8. Pemodelan perspektif beban *Broken 1*



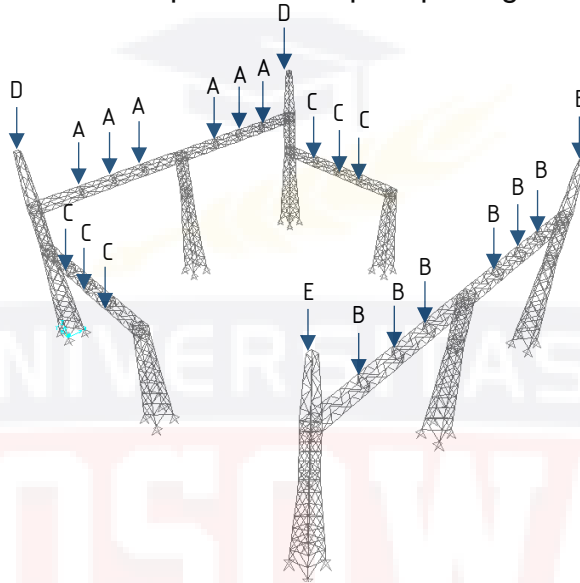
Gambar 4.9. Pemodelan perspektif beban *Broken 2*



Gambar 4.10. Pemodelan perspektif beban *Broken 3*

#### 4.5.7 Pemodelan Beban *Long One Side*

Pemodelan satu sisi (*long one side*) di maksudkan untuk mendapatkan pemodelan struktur dengan kondisi konduktor hanya pada satu sisi saja, pemodelan dapat dilihat seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. Pemodelan perspektif beban *Long One Side*

#### 4.5.8 Perhitungan *Sagging*

Tipe Konduktor	=	TAL 980
Diameter konduktor ( $\emptyset$ )	=	40,7 mm
Luas Penampang Konduktor (F)	=	978,4 mm <sup>2</sup>
Berat Konduktor ( $W_0$ )	=	2,709 kg/m
Modulus Elastisitas Konduktor (E)	=	5500 kg/mm <sup>2</sup>
Koefisien muai panjang konduktor ( $\alpha$ )	=	2.30E-05 per <sup>o</sup> C
Temperatur minimum harian ( $t_m$ )	=	30 <sup>o</sup> C
Panjang Span (L)	=	28 m

a. Gaya Tarik suhu 80°C

$$f_{\text{sag } 80^\circ\text{C}} = 3,0\% \times L$$

$$= 3,0\% \times 28 = 0,84 \text{ m}$$

$$T_{80} = \frac{W \times L^2}{8 \times f}$$

$$T_{80} = \frac{2,709 \times 28^2}{8 \times 0,84} = 316,05 \text{ kg}$$

b. Gaya Tarik pada suhu 30°C

$$E \times F \times \alpha \times (80^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + \frac{W_{30}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_{30}^2)} - T_{30} = \frac{W_{80}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_{80}^2)} - T_{80}$$

$$5500 \times 978,4 \times 2,30\text{E-}05 \times (50^\circ\text{C}) + \frac{2,709^2 \times 28^2 \times 5500 \times 978,4}{(24 \times T_{30}^2)} - T_{30} = \frac{2,709^2 \times 28^2 \times 5500 \times 978,4}{(24 \times 316,05^2)} - 316,05$$

$$6188,38 + \frac{1290036399,78}{T_{30}^2} - T_{30} = 12914,88 - 316,05$$

$$\frac{1290036399,78}{T_{30}^2} - T_{30} = 6410,45$$

$$T_{30}^3 + 6410,45 T_{30}^2 = 1290036399,78$$

$$T_{30} = 434,14 \text{ kg}$$

c. Gaya Tarik pada suhu 15°C

$$E \times F \times \alpha \times (15^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) + \frac{W_{30}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_{30}^2)} - T_{30} = \frac{W_{15}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_{15}^2)} - T_{15}$$

$$5500 \times 978,4 \times 2,30\text{E-}05 \times (-15^\circ\text{C}) + \frac{2,709^2 \times 28^2 \times 5500 \times 978,4}{(24 \times 434,14)} - 434,14 = \frac{2,709^2 \times 28^2 \times 5500 \times 978,4}{(24 \times T_{15}^2)} - T_{15}$$

$$-1856,51 + 6844,60 - 434,14 = \frac{1290036399,78}{T_{15}^2} - T_{15}$$

$$4553,95 = \frac{1290036399,78}{T_{15}^2} - T_{15}$$

$$T_{15}^3 + 4553,95 T_{15}^2 = 1290036399,78$$

$$T_{15} = 504,98 \text{ kg}$$

d. Sagging

$$T_{15} = \frac{W \times L^2}{8 \times f}$$

$$f = \frac{W \times L^2}{8 \times T_{15}} = \frac{2,709 \times 28^2}{8 \times 504,98} = 0,526 \text{ m}$$

e. Gaya Tarik Aktual

$$T_m = T \left( 1 + \frac{W \times L^2}{8 \times T^2} \right)$$

$$T_m = 504,98 \left( 1 + \frac{2,709 \times 28^2}{8 \times 504,98^2} \right) = 505,98 \text{ kg}$$

#### 4.5.9 Perhitungan Beban *Short Circuit*

$$\text{Short Circuit} = 40 \text{ kA}$$

$$\text{Phase to Phase (D)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Sagging (f)} = 0,526 \text{ m}$$

$$\text{Asymetric Factor} = 2$$

a. Berat akibat *Short Circuit*

$$F_m = \frac{0,612 \times 10^{-8} \times b^2 \times I_{sc}^2}{\left( D + 4 \frac{f}{3} \right)}$$

$$F_m = \frac{0,612 \times 10^{-8} \times 2^2 \times 40000^2}{\left( \left( 3 + \left( 4 \times \frac{0,526}{3} \right) \right) \right)}$$

$$F_m = 10,582 \text{ daN/m} \approx 10,787 \text{ kg/m}$$

$$W_{sc} = \sqrt{(2,709^2 + 10,787^2)}$$

$$= 11,122 \text{ kg}$$

b. Gaya Tarik *Short Circuit*

$$t_0 = T_{30} = 434,1 \text{ kg}$$



$$t_2 = T_{15\text{short circuit}} = T_{15\text{Sc}}$$

$$T_2^3 + T_2^2 (E \times F \times \alpha \times (t_2 - t_0)) + \frac{W_0^2 \times L^2 \times E \times F}{(24 \times T_0^2) - T_0} - \frac{W_{sc}^2 \times L^2 \times E \times F}{(24)} = 0$$

$$T_{15\text{Sc}}^3 + T_{15\text{Sc}}^2 (-1856,514 + 6844,605 - 434,137) - 21744515530 = 0$$

$$T_{15\text{Sc}}^3 + 4553,954 T_{15\text{Sc}}^2 = 2,174\text{E}+10$$

$$T_{15\text{Sc}} = 1843,602 \text{ kg}$$

c. Sagging

$$T_{15\text{Sc}} = \frac{W_{sc} \times L^2}{8 \times f}$$

$$f = \frac{11,122 \times 28^2}{8 \times 1843,602} = 0,591 \text{ m}$$

d. Gaya Tarik Aktual

$$T_m = T \left( 1 + \frac{W_{sc}^2 \times L^2}{8 \times T^2} \right)$$

$$T_m = 1843,602 \left( 1 + \frac{11,122 \times 28^2}{8 \times 1843,602^2} \right) = 1851,177 \text{ kg}$$

$$\cos \varphi = \frac{T_{15}}{T_m} = \frac{1843,60}{1851,18}$$

$$\varphi = 5,185$$

$$T_{\text{horizontal}} = T_m \cos \left( \frac{\varphi \cdot \pi}{180} \right)$$

$$= 1851,177 \cos \left( \frac{5,185 \times \pi}{180} \right) = 1851,175 \text{ kg}$$

$$T_{\text{vertikal}} = T_m \sin \left( \frac{\varphi \cdot \pi}{180} \right)$$

$$= 1851,177 \sin \left( \frac{5,185 \times \pi}{180} \right) = 2,922 \text{ kg}$$

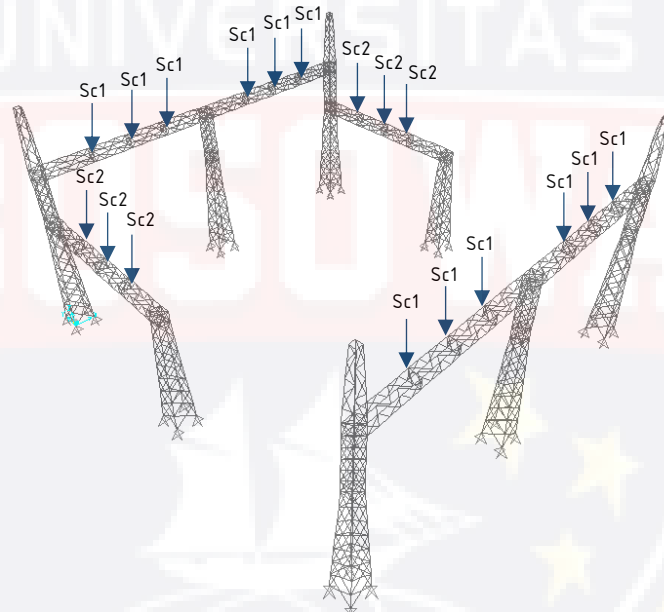
Beban vertikal yang terjadi pada pembebanan short circuit di jumlahkan dengan beban vertikal normal (*crossbar & busbar*),

Beban akibat *short circuit* pada *crossbar* dan *busbar* yang telah dihitung di sajikan pada tabel 4.5, dan pemodelan pembebanan yang bekerja di ilustrasikan pada gambar 4.12.

Tabel 4.5. Beban *Short Circuit* pada *Crossbar* dan *Busbar*

No.	Titik	Pembebanan	Beban yang terjadi (kg)	
			Vertikal	Horizontal
1	SC-1	<i>Crossbar</i>	504,19	1851,175
2	SC-2	<i>Busbar</i>	585,46	1851,175

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 4.12. Pemodelan perspektif beban *Short Circuit*

#### 4.5.10 Perhitungan Beban Angin

Beban angin pada struktur baja diambil  $120 \text{ kg/m}^2$ , beban angin yang dimasukkan pada ETABS didapatkan dari hasil kali beban angin pada struktur dengan ukuran profil yang digunakan. Hasil dari perhitungan beban angin yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.6.

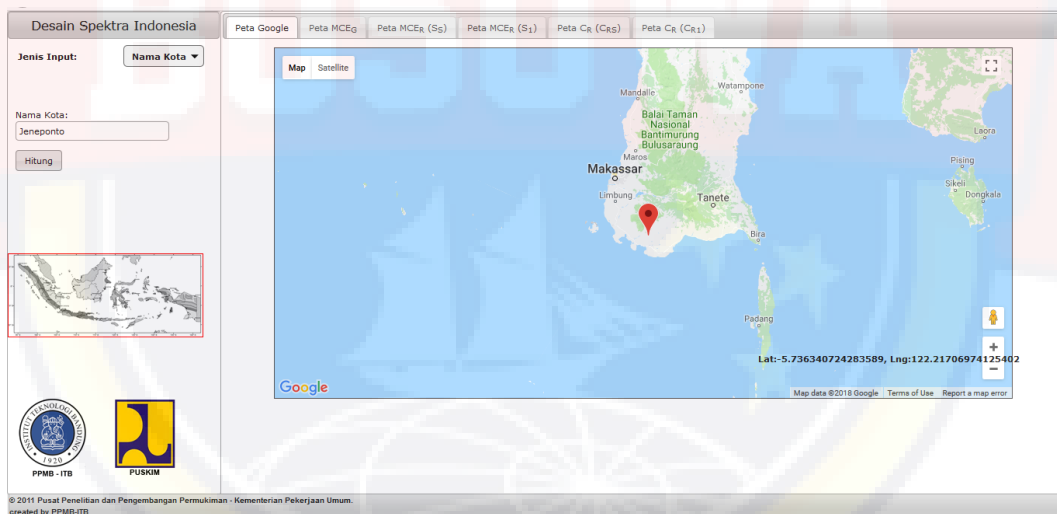
Tabel 4.6 Beban Angin pada Struktur Berdasarkan Ukuran Profil

No.	Profil Baja	Beban angin (kg/m')
1.	HL 80 x 80 x 8	9,60
2.	HL 120 x 120 x 12	14,40
3.	HL 130 x 130 x 12	15,60
4.	L 50 x 50 x 5	6,00
5.	L 60 x 60 x 6	7,20
6.	L 70 x 70 x 7	8,40

Sumber : Hasil Analisis

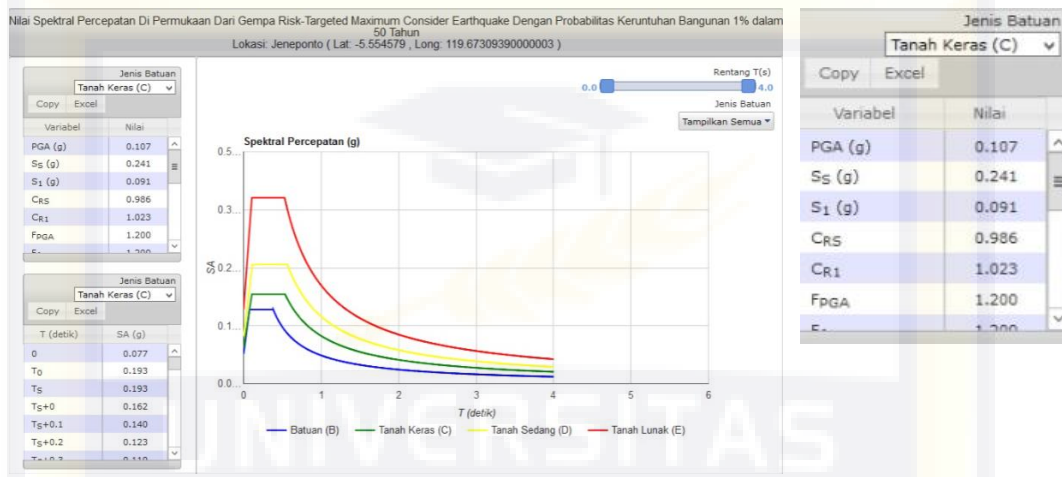
#### 4.5.11 Perhitungan Beban Gempa

Perencanaan struktur ini berada di wilayah Jeneponto, Sulawesi Selatan. Parameter penentuan percepatan gempa dilakukan melalui program desain Spektra Indonesia pada situs [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id).



Gambar 4.13. Desain Spektra Indonesia, Lokasi Jeneponto

Dari hasil pengujian sondir dilapangan didapatkan jenis batuan berada pada lokasi punagaya adalah tanah sedang (Seismik D), parameter-parameter gempa yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Parameter Gempa Desain Spektra Indonesia, Lokasi Jeneponto

Dengan jenis batuan tanah sedang (D), maka didapatkan nilai  $S_s = 0,241$ , nilai  $S_1 = 0,091$ , dan nilai  $PGA = 0,107$ . Data yang didapatkan akan di input ke aplikasi ETABS.

#### 4.5.12 Resume Beban

Demi mempermudah pembacaan & penginputan beban, beban-beban disajikan dalam bentuk Resume pada Tabel 4.7.

Beban Normal, Broken & Long One side sejatinya memiliki beban yang sama, tetapi yang membedakan adalah perletakan pemodelan beban-bebannya. Untuk melihat perletakan pemodelan beban-beban dapat pada penjelasan sebelumnya.

Tabel 4.7 Resume Beban yang digunakan

No	Tipe Beban	Beban yang terjadi (kg)			Keterangan
		Tranversal	Vertikal	Longitudinal	
1	Beban Normal, Broken & Long One Side (Crossbar)	207,84	690,90	850,00	Konduktor – Transmisi
		118,44	501,27	300,00	Kolom - kolom
2	Beban Normal, Broken & Long One Side (Busbar)	156,88	582,54	600,00	Kolom - kolom
3	Beban Normal, Broken & Long One Side (Earthwire)	27,46	164,60	850,00	Konduktor – Transmisi
		8,45	133,38	300,00	Kolom - kolom
4	Beban Short Circuit (Crossbar)		504,19	1851,175	Kolom - kolom
5	Beban Short Circuit (Busbar)		585,46	1851,175	Kolom - kolom
6	Beban Sagging (Crossbar)		504,19	1851,175	Kolom - kolom
7	Beban Sagging (Crossbar)		585,46	1851,175	Kolom - kolom
8	Beban Angin	Periksa Tabel 4.6			
9	Beban Gempa	Berdasarkan Hitungan Aplikasi			

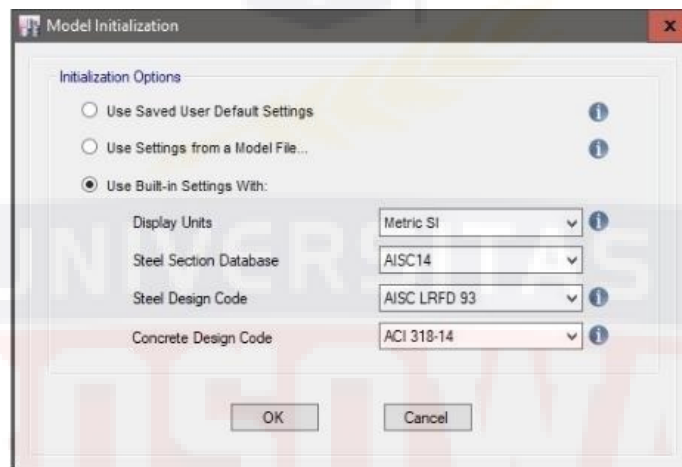
Sumber : Hasil Analisis

#### 4.6. Pemodelan Struktur dengan ETABS

Pemodelan struktur untuk mendapatkan penampang-penampang yang akan digunakan. Untuk melakukan analisis struktur dalam ETABS dimulai dengan menentukan grid, mendefinisikan material, menentukan penampang, menggambar geometri struktur, menentukan perletakan struktur, mendefinisikan beban, kombinasi beban, menginput beban, menentukan metode analisis lalu dilakukan analisis struktur. Langkah-langkah analisis dijelaskan pada penjelasan dibawah.

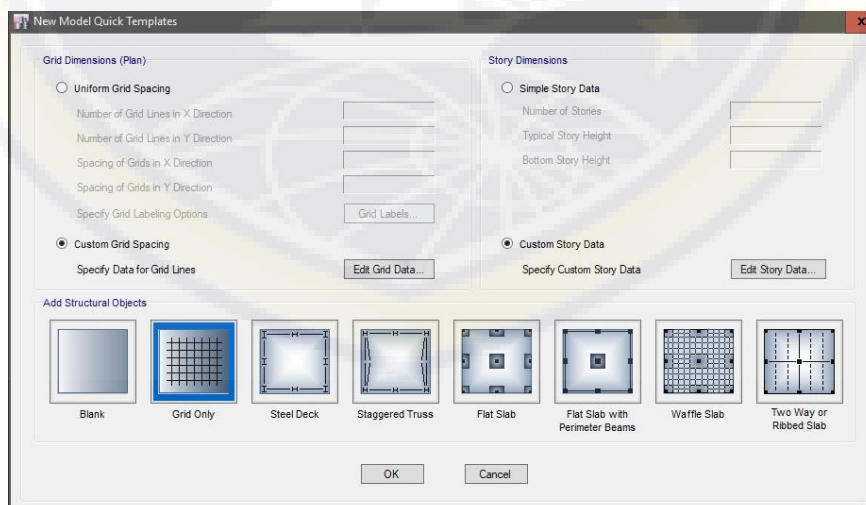
#### 4.6.1 Penentuan Grid

Langkah awal yang harus dilakukan adalah penggambaran model struktur, adapun caranya terlebih dahulu membuka program ETABS, setelah itu pilih File pilih *New Model*, maka akan tersaji *Model Initialization* seperti pada Gambar 4.15.



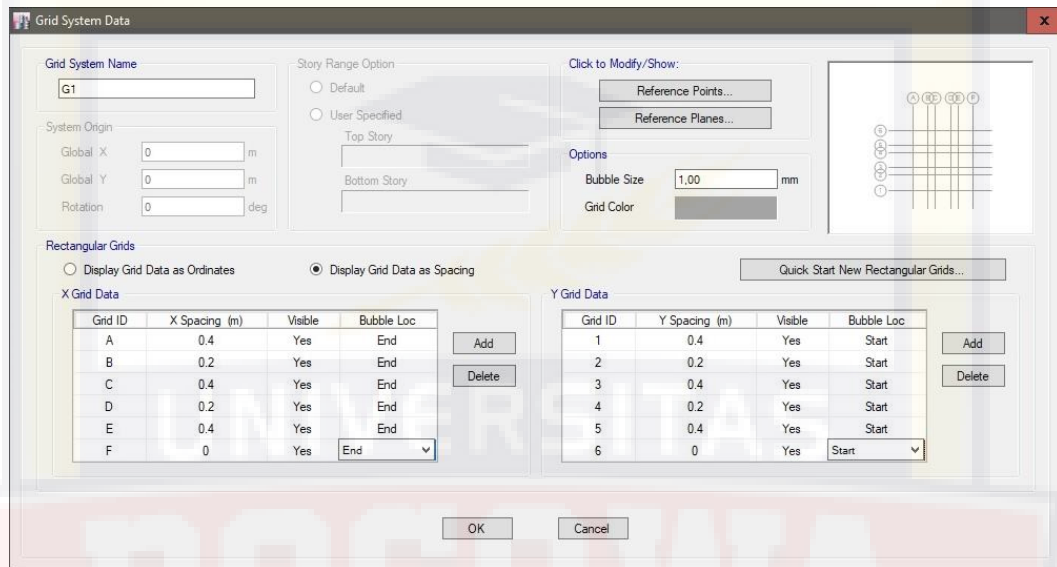
Gambar 4.15. Tampilan *Model Initialization*

Setelah itu maka akan tampil pada monitor *New Model Quick Template*, seperti pada Gambar 4.16 pilih *Grid Only*. Setelah itu pilih *Edit Grid Lines* untuk mengatur secara manual grid data X dan Y.



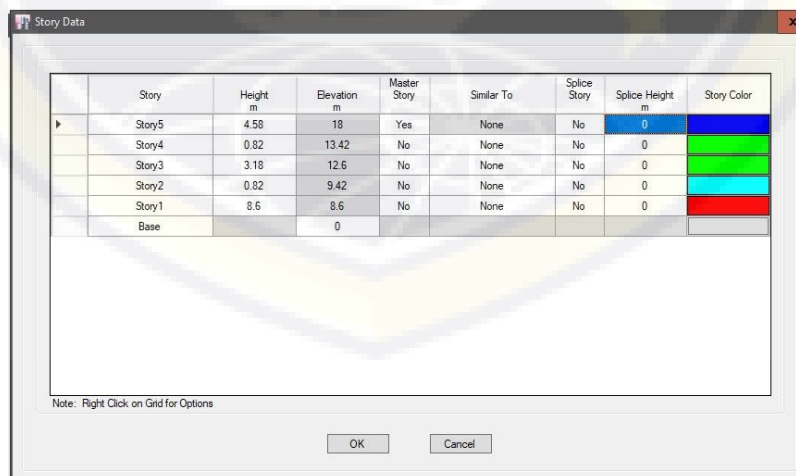
Gambar 4.16. Tampilan *New Model Quick Template*

Pada tabel *Grid System Data*, data *grid X* dan *Y* diubah berdasarkan ukuran struktur yang akan di modelkan, data yang telah dimasukkan diperlihatkan seperti pada Gambar 4.17.



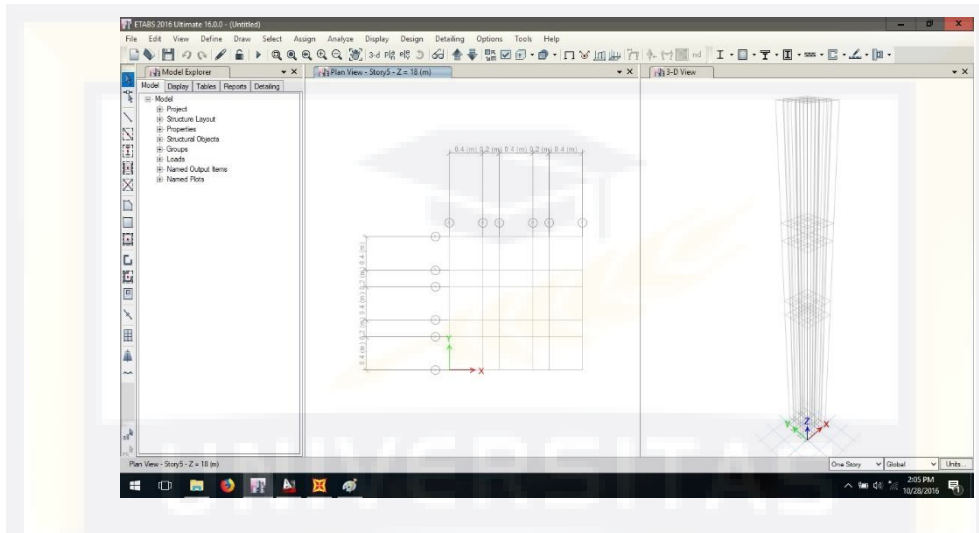
Gambar 4.17. Tampilan *Grid System Data X – Y*

Setelah itu pilih *Edit Grid Story* untuk mengatur secara manual grid data *Z*, pada tabel *Story Data*, diubah berdasarkan ukuran ke tinggian struktur yang akan di modelkan, data yang telah dimasukkan diperlihatkan seperti pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Tampilan *Grid System Data Y*

Tampilan grid setelah data grid ditentukan diperlihatkan pada Gambar 4.19. Selanjutnya data material dapat didefinisikan.



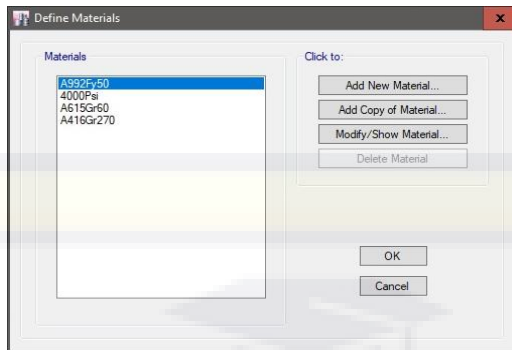
Gambar 4.19. Tampilan Grid yang digunakan

#### 4.6.2 Pendefinisian Material

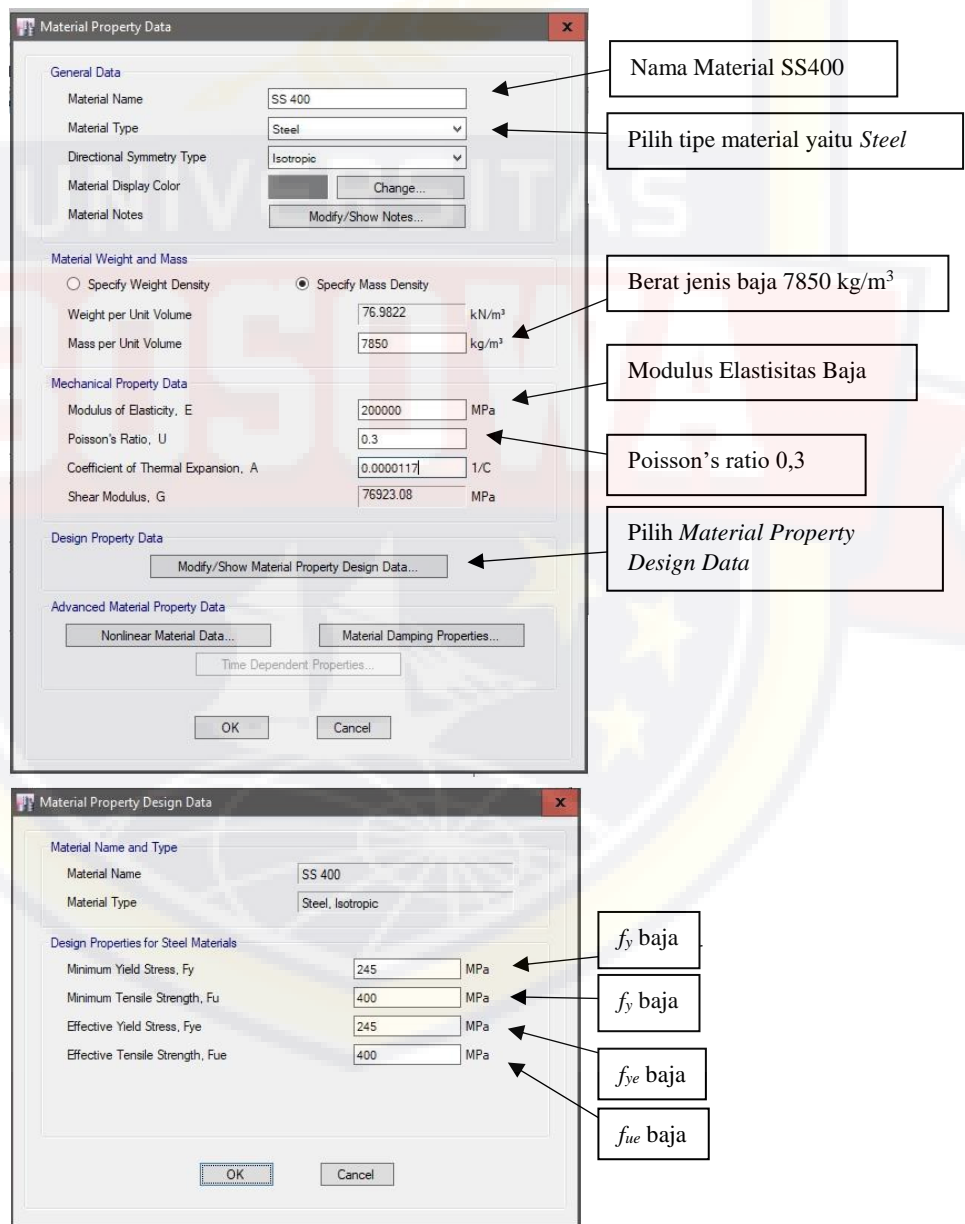
Berikutnya adalah membuat material penampang, dalam tugas akhir ini mutu material baja yang digunakan yaitu SS 400, dengan  $f_y = 245$  MPa dan  $f_u = 400$  MPa dan SS 540, dengan  $f_y = 400$  MPa dan  $f_u = 540$  MPa. Pada menu bar, klik *Define* kemudian *Materials*. Maka akan muncul kotak dialog *Define Materials* seperti pada Gambar 4.20 lalu pilih *Add New Material*.

Pada kotak dialog *Material Property Data*, seperti pada Gambar 4.21 masukkan data material SS400 yang akan digunakan dan setelah semua data material dimasukkan, pilih *Ok*. Selanjutnya dengan cara yang sama, masukkan data material SS540.





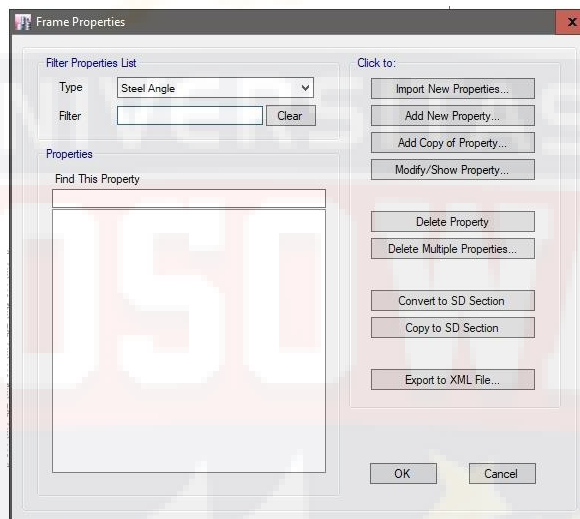
Gambar 4.20. Tampilan Kotak Dialog *Define Materials*



Gambar 4.21. Tampilan Kotak Dialog *Material Property Data*

### 4.6.3 Membuat Penampang

Selanjutnya membuat profil baja yang akan digunakan. Pada *Menu Define*, kemudian pilih *Section Properties*, lalu pilih *Frame Section*. Akan muncul pada muncul monitor kotak dialog *Frame Properties* seperti pada Gambar 4.22 lalu pilih *Add New Property* untuk membuat profil baja yang akan digunakan. Maka akan muncul kotak dialog *Add Frame Section Property*.



Gambar 4.22. Tampilan Kotak Dialog *Frame Properties*

Selanjutnya pada kotak dialog *Frame Section Property Data* berfungsi untuk memasukkan semua data profil, mulai dari model penampang, nama penampang, ukuran, dan mutu yang digunakan. Profil – profil yang sementara akan digunakan dijabarkan seperti pada Tabel 4.7.

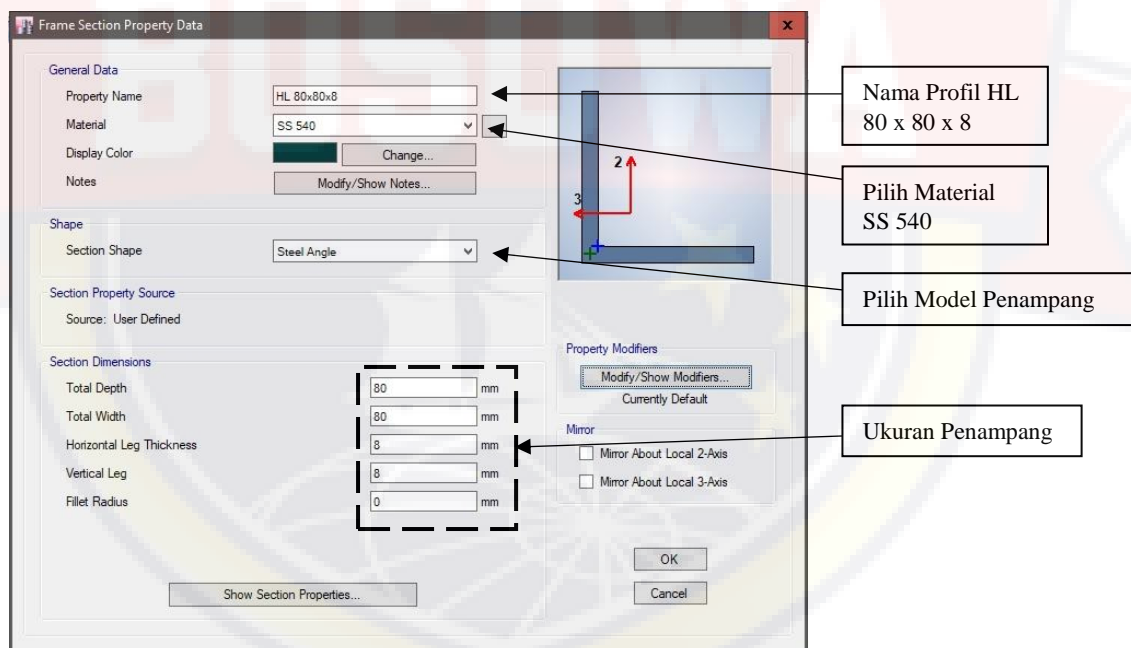
Tabel 4.8. Data Profil – profil yang di Input

No.	Profil	Material	Ukuran (mm)		
			Lebar	Tinggi	Tebal
1.	HL 80 x 80 x 8	SS 540	80	80	8
2.	HL 120 x 120 x 12	SS 540	120	120	12
3.	HL 130 x 130 x 12	SS 540	130	130	12
4.	L 50 x 50 x 5	SS 400	50	50	5
5.	L 60 x 60 x 6	SS 400	60	60	6
6.	L 70 x 70 x 7	SS 400	70	70	7
7.	L 80 x 80 x 8	SS 400	80	80	8
8.	L 100 x 100 x 10	SS 400	100	100	10

Sumber : Hasil Analisis

Pada kotak dialog *Frame Section Property Data*, dicontohkan memasukkan profil HL 80 x 80 x 8, yang diperlihatkan seperti pada Gambar

4.23.

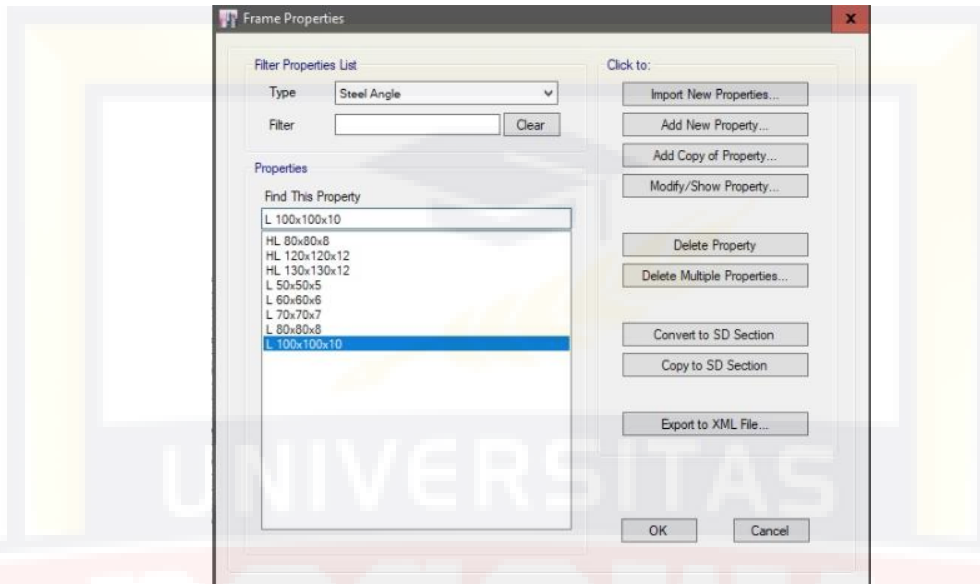


Gambar 4.23. Data Profil HL 80 x 80 x 8

Selanjutnya dengan metode yang sama, profil – profil lain dimasukkan, semua profil yang telah di input diperlihatkan pada Gambar


4.24.

Dan selanjutnya, dilanjutkan penggambaran geometri struktur *post* dan *beam*.



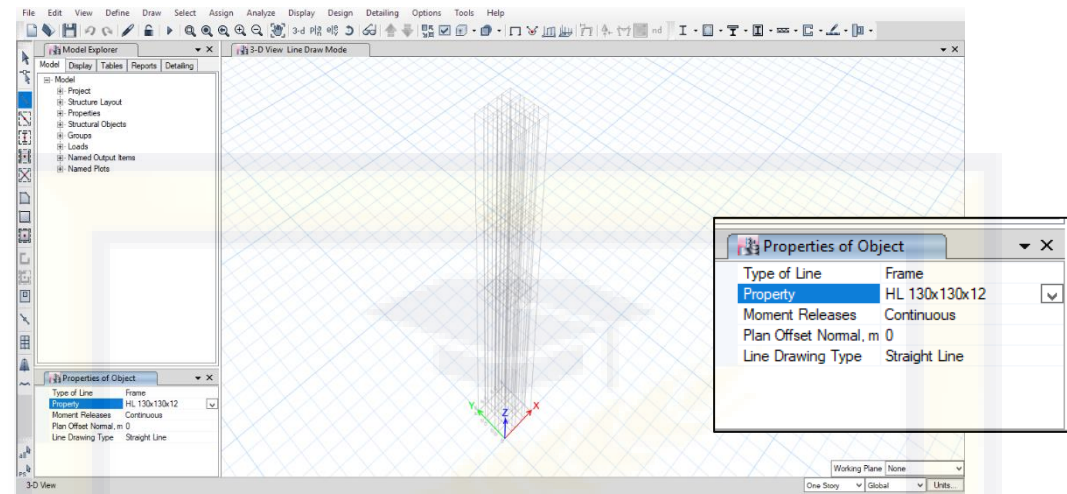
Gambar 4.24. Profil - profil yang telah di Input

#### 4.6.4 Menggambar Geometri Struktur

Jika profil baja sudah selesai didefinisikan, langkah selanjutnya adalah menggambar rangka *post* dan *beam*. Untuk menggambar garis penampang klik icon pada *toolbar* atau pilih *Draw* 

*Beam/Colomn/Brace Object* pada *Menu Bar*. Kotak dialog *Properties Of Object*, akan muncul dilayar seperti pada Gambar 4.25, kemudian memilih *section* profil apa yang digambarkan.

*Leg* bagian bawah pada struktur *post* menggunakan profil H 130 x 130 x 12, dengan cara memilih titik awal dan akhir dari garis batang-batanganya. Seluruh profil akan digambar untuk *post* dan *beam* pada penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 4.8.



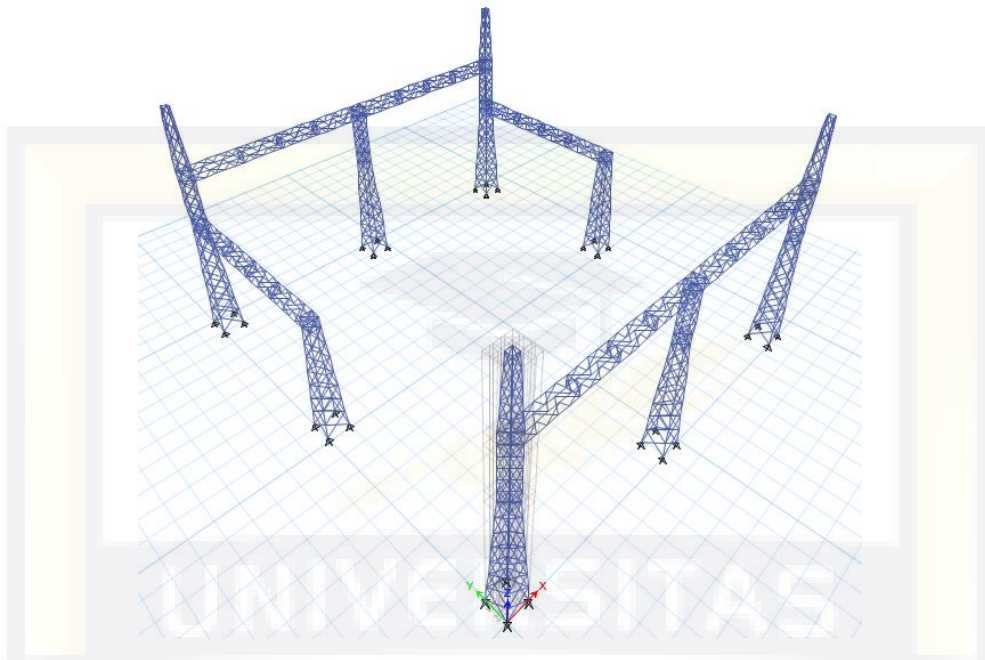
Gambar 4.25. Kotak Dialog *Properties of Object*

Jika langkah penggambaran dilakukan secara benar pada layar akan tampil seperti pada Gambar 4.26.

Tabel 4.9 Profil yang digunakan pada struktur *Post & Beam*

Jenis batang	Profil
<i>Post</i> - Leg Bawah	HL 130x130x12
<i>Post</i> - Brace Bawah	L 50x50x5
<i>Post</i> - Leg Tengah	HL 130x130x12
<i>Post</i> - Brace Tengah	L 50x50x5
<i>Post</i> - Leg Atas	L 70x70x7
<i>Post</i> - Brace Atas	L 50x50x5
<i>Beam</i> Tepi - Leg	HL 80x80x8
<i>Beam</i> Tepi - Brace	L 60x60x6
<i>Beam</i> Tengah - Leg	HL 80x80x8
<i>Beam</i> Tengah - Brace	L 50x50x5

Sumber : Hasil Analisis

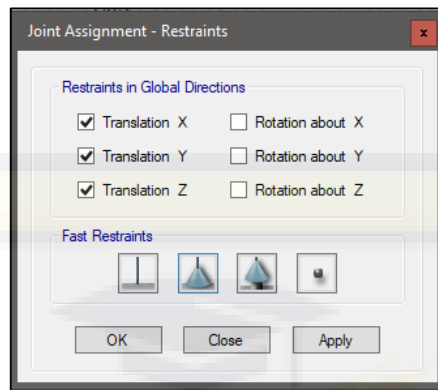


Gambar 4.26. Hasil Penggambaran Struktur *Post & Beam*

#### 4.6.5 Mengidentifikasi Perletakan Struktur

Selanjutnya mendefinisikan perletakan struktur, pada aplikasi ETABS biasanya apabila telah menggambar penampang pada bagian bawah, joint langsung terdefiniskan sebagai joint sendi. Dimana joint sendi yang akan digunakan.

Dapat juga dengan cara pilih joint dimana perletakan akan diberikan lalu pada *Menu Assign* pilih *Joint* lalu *Restraints* akan muncul dilayar seperti pada Gambar 4.27, lalu pilih joint sendi.

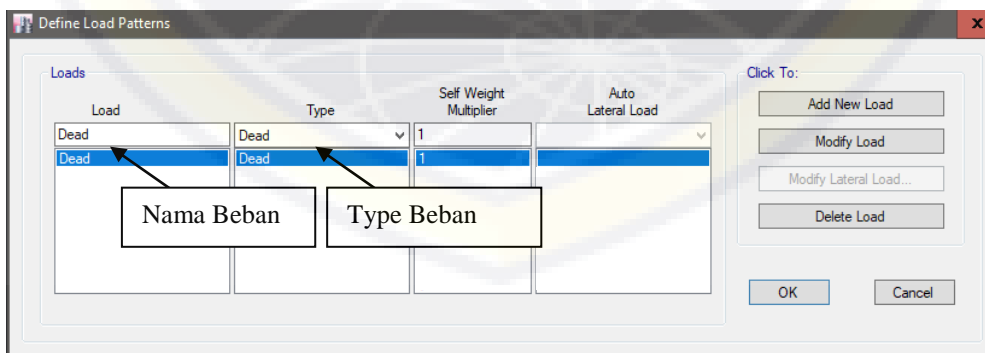


Gambar 4.27. Perletakan Sendi pada Struktur *Post*

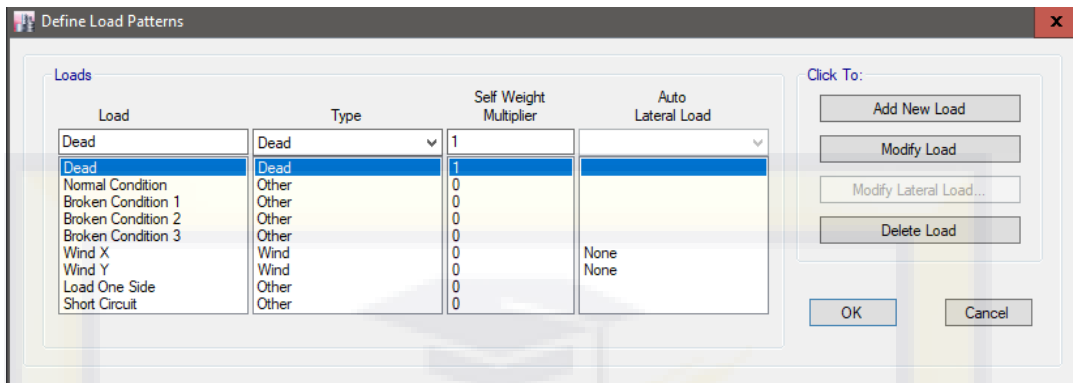
#### 4.6.6 Mendefinisikan Beban

Selanjutnya adalah mendefinisikan jenis beban apa saja yang akan digunakan dalam ETABS. Pada *Menu Define* pilih *Load Patterns* maka akan muncul kotak dialog *Define Load Patterns* pada layar, pada *Load Pattern Name* isikan nama beban sedangkan pada *Type* pilih sesuai dengan jenis beban, seperti pada Gambar 4.28.

Pada *Self Weight Multiplier input* semua dengan angka nol lalu pilih *Add New Load Pattern*, kecuali pada beban *Dead* dengan angka satu. Pendefinisian beban-beban dapat dilihat pada Gambar 4.29 setelah itu pilih *Ok*.

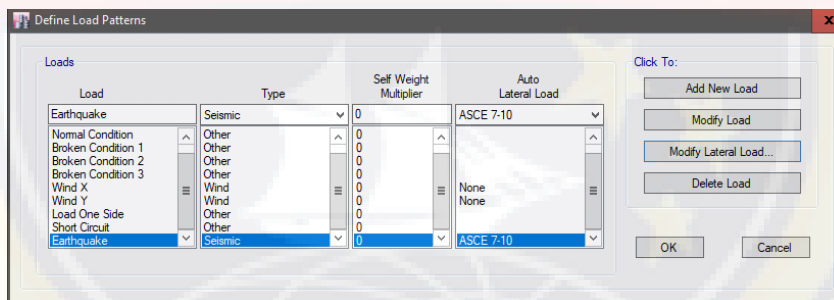


Gambar 4.28. Tampilan Pendefinisian Beban



Gambar 4.29. Beban-beban telah didefinisikan

Untuk pendefinisian beban gempa, pada option *type* pilih *seismic* dan pada option *Self Weight Multiplier* masukkan 0, pada tab *Auto Lateral Load* pilih *ASCE-7-10* lalu pilih *Modify Lateral Load* maka akan muncul kotak dialog *ASCE-7-10 Seismic Loading* lalu memasukkan data respon spektrum, koefisien kategori resiko bangunan bangunan, dan faktor  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega$  untuk penahan gaya gempa.



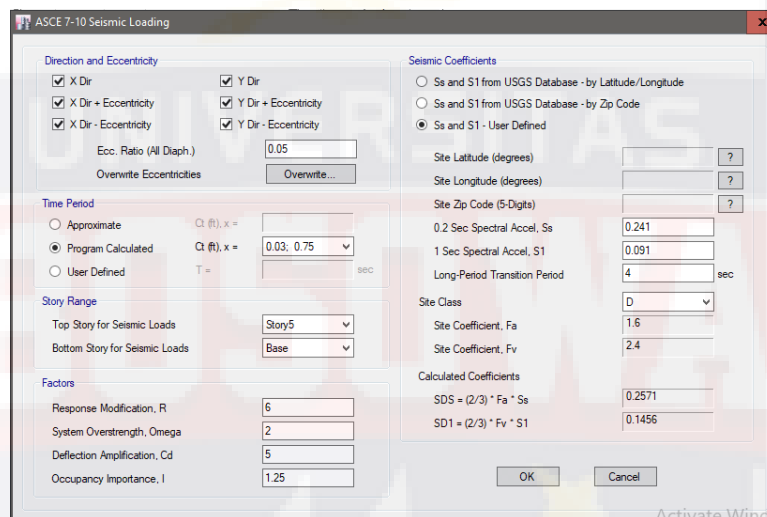
Gambar 4.30. *Define Load* untuk beban gempa

Pada kotak dialog *ASCE 7-10 Seismic Loading*, berdasarkan SNI 1726-2002 konfigurasi struktur yang digunakan adalah sistem penahan rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk maka dari itu nilai *Respon Modification* ( $R$ ) = 8, *System Overstrenght* ( $\Omega$ ) = 2,5 dan *Deflection Amplification* ( $C_d$ ) = 5, dikarekan struktur sebagai fasilitas pembangkit listrik



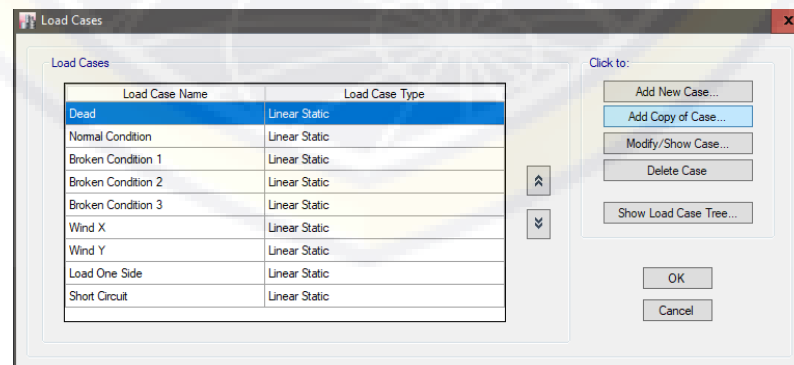
maka kategori resiko termasuk kategori III dengan nilai *Occupany Importance* ( $I$ ) = 1,25.

Pada pengujian dilapangan di dapatkan hasil jenis batuan tanah sedang (D), maka nilai  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) = 0,241, nilai  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) = 0,091 dan PGA (percepatan tanah puncak) = 0,107. Data yang telah di input ke aplikasi ETABS yang diperlihatkan pada gambar 4.31.



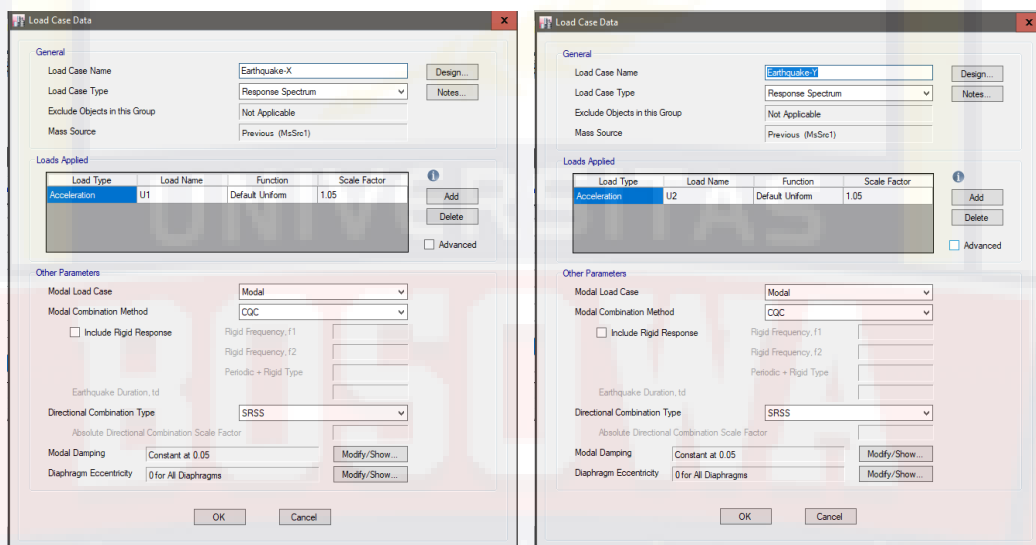
Gambar 4.31. Input Parameter-parameter Gempa

Selanjutnya pada *Menu Define* pilih *Load Cases* maka muncul kotak dialog *Load Cases*, kemudian pada *Case Earthquake* dilakukan *Modify*.



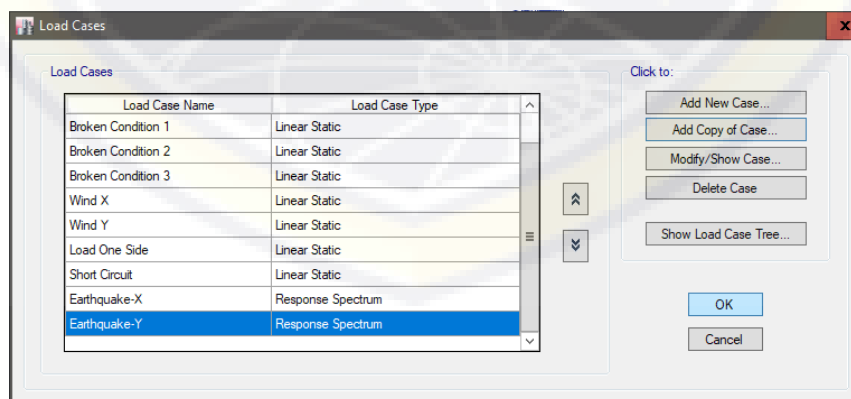
Gambar 4.32. Kotak dialog *Load Cases*

Pada kotak dialog *Load Case Data*, *Load Case Type* ubah menjadi *Response Spectrum*, pada *Load Applied* pilih *Add* lalu pada *Load Name* pilih U1 untuk gempa arah X dan nilai untuk *Scale Factor* adalah gaya gravitasi dikalikan nilai PGA yaitu  $9,81 \times 0,107 = 1,05$ . Selanjutnya dengan langkah yang sama masukkan gempa arah Y dan pada *Load Name* pilih U2 untuk gempa arah Y.



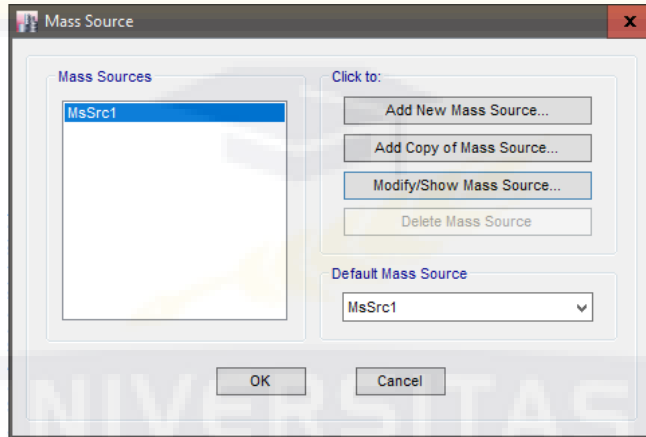
Gambar 4.33. Input beban Earthquake X dan Y

Pada gambar 4.34, terlihat pengelompokan beban dan beban gempa telah terinput maka tahapan selanjutnya mendefinisikan *Mass Source*.



Gambar 4.34. Kotak dialog *Load Cases* yang telah di Input beban

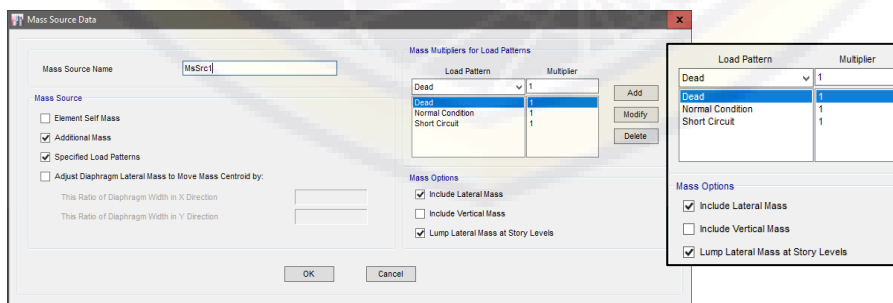
Untuk mendefinisikan massa pada ETABS, pada *Menu Define* pilih *Mass Source* kemudian pilih *Modify/Show Mass Source* maka muncul kotak dialog *Mass Source Data*.



Gambar 4.35. Kotak dialog *Mass Source*

Pada option *Mass Source* pilih/centang *Additional Mass* dan *Specified Load Pattern*, kemudian pada option *Mass Multipliers for Load Patterns*, pilih beban *Dead*, *Normal Condition* dan *Short Circuit* dengan nilai *Multiplier* adalah 1.

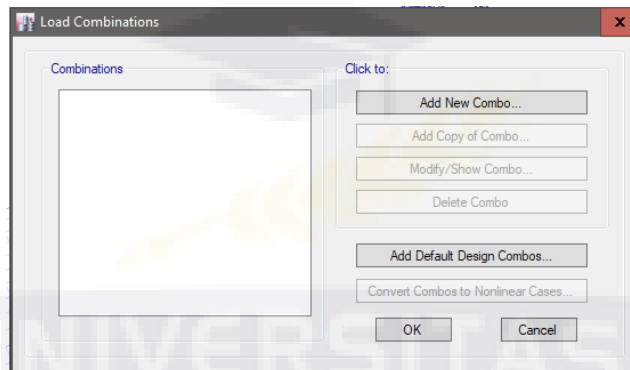
Dengan harapan, massa yang digunakan untuk pembebanan gempa adalah massa struktur itu sendiri dan juga massa yang diakibatkan oleh beban konduktor, insulator dan beban *short circuit* (beban kejut) dengan nilai koefisien kali adalah 1.



Gambar 4.36. Kotak dialog *Mass Source Data*

#### 4.6.7 Mendefinisikan Kombinasi Beban

Selanjutnya mendefinisikan kombinasi beban. Pada *Menu Bar* pilih *Define* lalu *Load Combinations*, kemudian pilih *Add New Combo* lalu akan muncul pada monitor kotak dialog *Load Combination* pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37. Kotak dialog *Load Combinations*

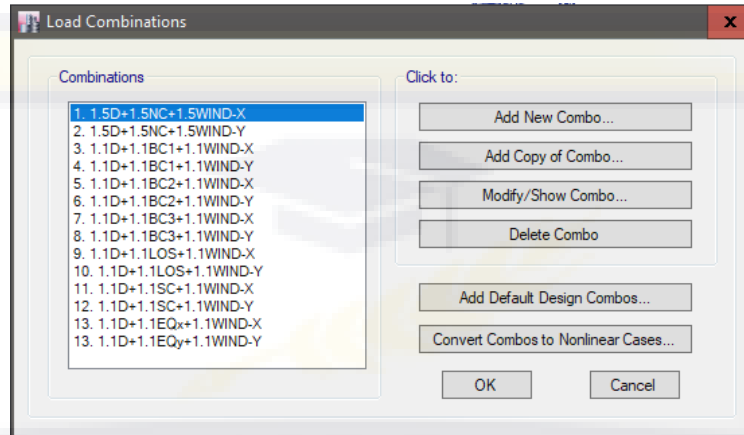
Memasukkan kombinasi beban pada kotak dialog *Load Combination Data* dengan kombinasi yang diperlihatkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.10. Kombinasi Beban

No.	Kombinasi
1.	1,5 DL + 1,5 NC + 1,5 WLX
2.	1,5 DL + 1,5 NC + 1,5 WLY
3.	1,1 DL + 1,1 BC1 + 1,1 WLX
4.	1,1 DL + 1,1 BC1 + 1,1 WLY
5.	1,1 DL + 1,1 BC2 + 1,1 WLX
6.	1,1 DL + 1,1 BC2 + 1,1 WLY
7.	1,1 DL + 1,1 BC3 + 1,1 WLX
8.	1,1 DL + 1,1 BC3 + 1,1 WLY
9.	1,1 DL + 1,1 LOS + 1,1 WLX
10.	1,1 DL + 1,1 LOS + 1,1 WLY
11.	1,1 DL + 1,1 SC + 1,1 WLX
12.	1,1 DL + 1,1 SC + 1,1 WLY
13.	1,1 DL + 1,1 EQx + 1,1 WLX
14.	1,1 DL + 1,1 EQy + 1,1 WLY

Sumber : Standar PLN T5.004:2010

Pada gambar 4.38, terlihat kombinasi beban telah di input semua, sehingga dapat dilanjutkan ke tahap penginputan beban.



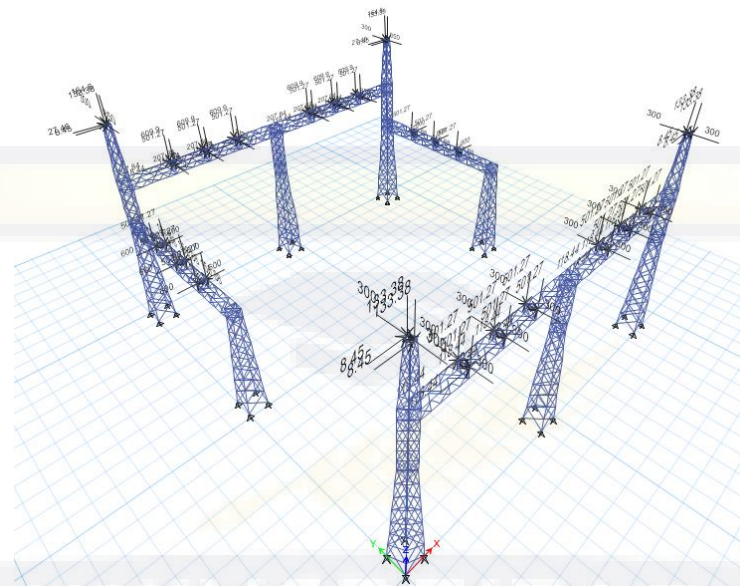
Gambar 4.38. *Load Combinations* telah terinput

#### 4.6.8 Menginput Beban

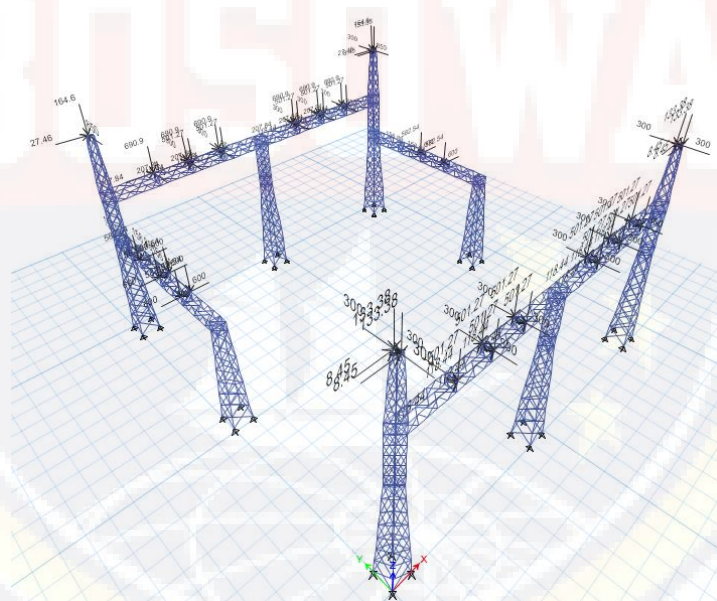
Tahap berikutnya adalah penginputan pembebanan. Pilih titik dimana beban akan diberikan, lalu pada *Menu Assign* pilih *Joint Load* akan tampil dilayar kotak dialog *Joint Load Assignment - Force*, input beban sesuai tipe beban dan arah beban.

Pembebanan *Normal Condition* dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4, beban normal yang telah di input pada ETABS diperlihatkan pada gambar 4.7.

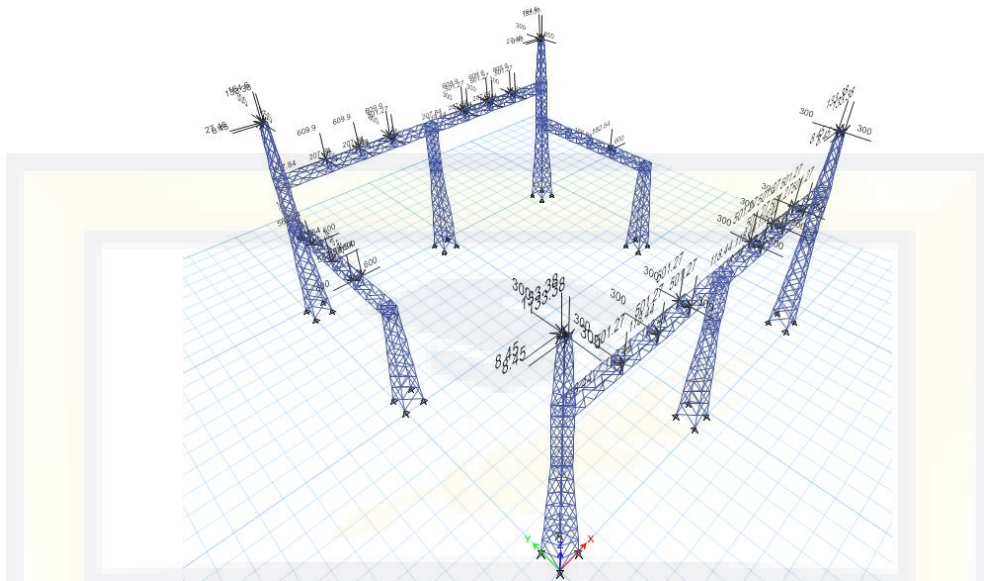
Pemodelan *Broken Condition* 1, 2 dan 3 dapat dilihat pada gambar 4.7-4.10, beban *broken* 1, 2 dan 3 yang telah di input pada ETABS diperlihatkan pada gambar 4.40, 4.41 dan 4.42.



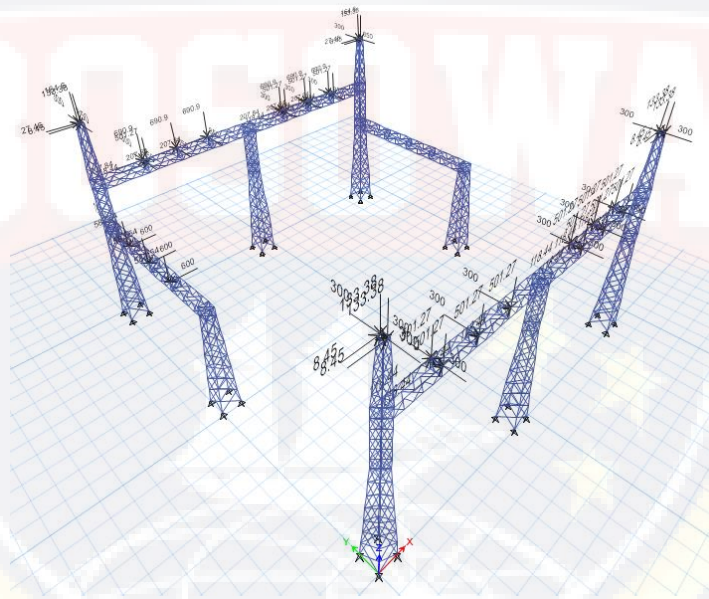
Gambar 4.39. Beban *Normal Condition* telah terinput



Gambar 4.40. Beban *Broken Condition 1* telah terinput

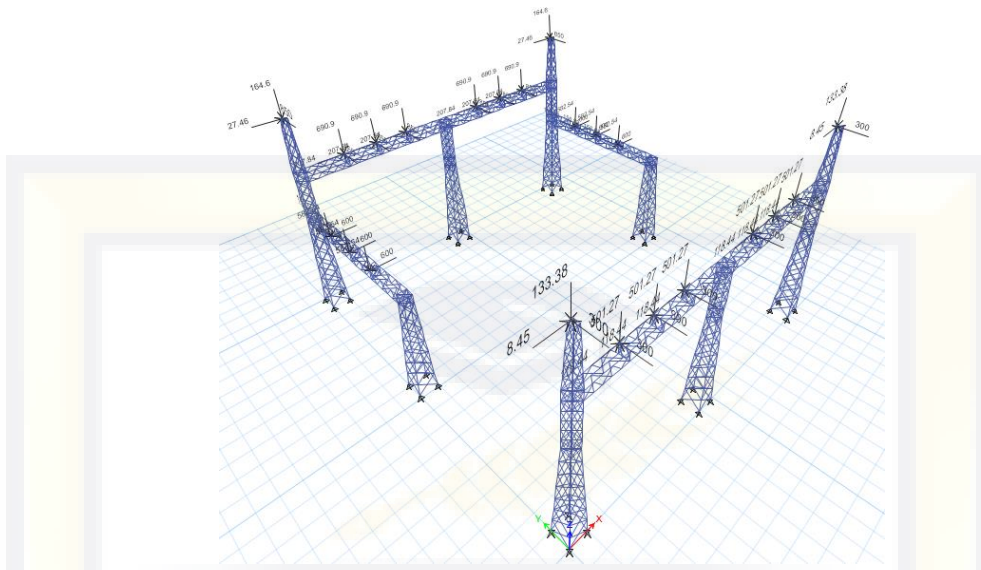


Gambar 4.41. Beban *Broken Condition 2* telah terinput



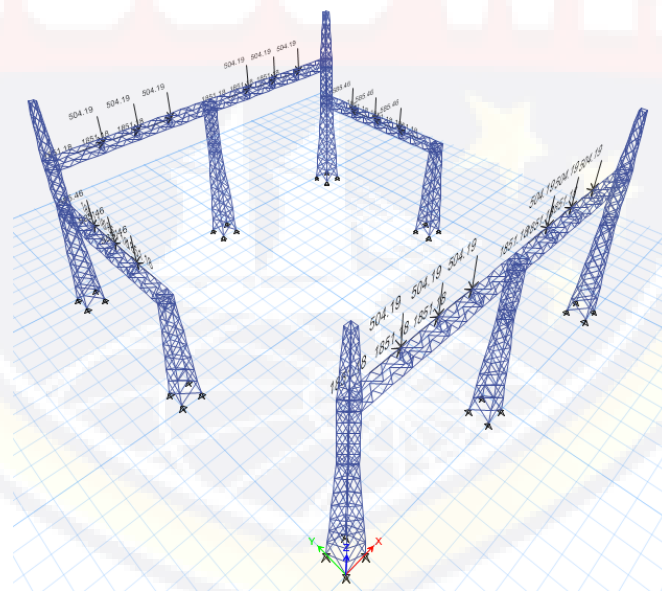
Gambar 4.42. Beban *Broken Condition 3* telah terinput

Pemodelan *Long One Side* dapat dilihat pada gambar 4.11, beban *Long One Side* yang telah di input pada ETABS diperlihatkan pada gambar 4.43.



Gambar 4.43. Beban *Long One Side* telah terinput

Pembebanan *Short Circuit* dapat dilihat pada tabel 4.5, dan pemodelan pada gambar 4.12, *short circuit* yang telah di input pada ETABS diperlihatkan pada gambar 4.44.



Gambar 4.44. Beban *Short Circuit* telah terinput



Pembebanan angin dapat dilihat pada tabel 4.5, dan pemodelan pada gambar 4.12, beban angin yang telah di input pada ETABS diperlihatkan pada gambar 4.45.

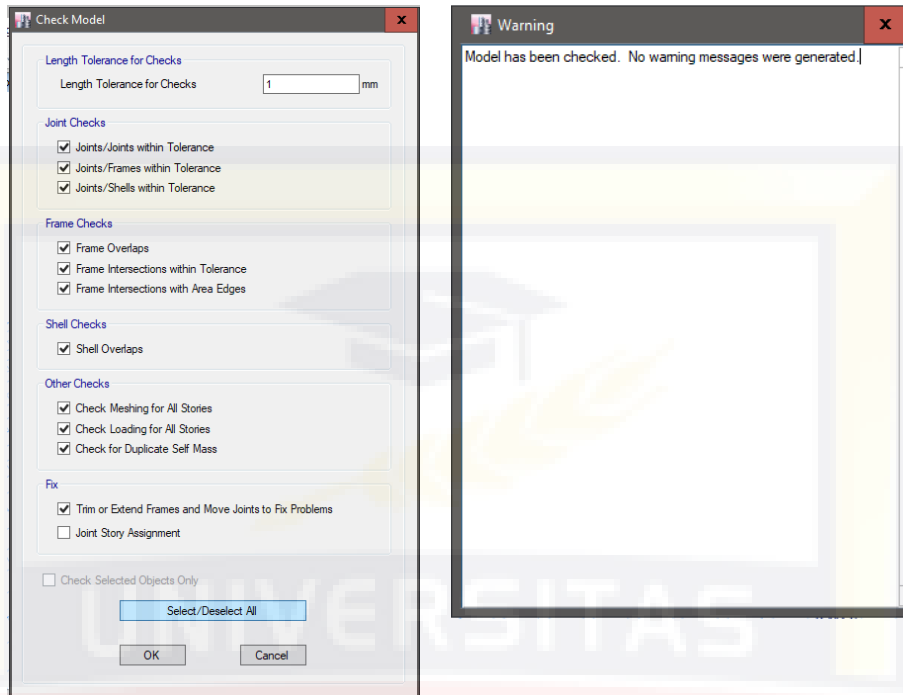


Gambar 4.45. Beban Angin Arah X dan Y telah terinput

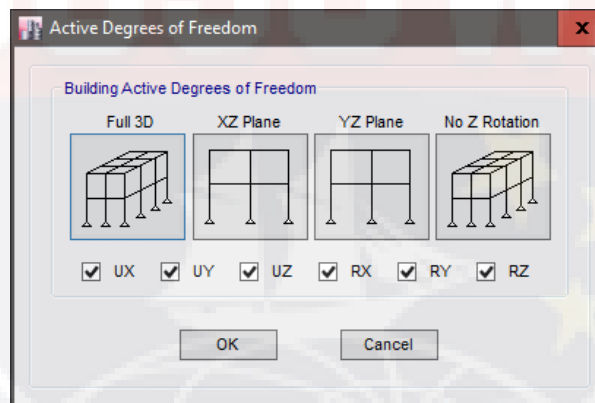
#### 4.6.9 Menentukan Metode Analisis

Sebelum analisis struktur dilakukan struktur terlebih dahulu melakukan *check model*, pada menu bar pilih *Analyze* dan pilih *check model* maka akan muncul kotak dialog *check model*, lalu pilih *Select/deselect All* kemudian pilih Ok.

Walaupun beberapa struktur tidak berkaitan satu sama lain, tetapi analisis pada struktur ini dilakukan dengan pemodelan Full 3D, dikarenakan hanya opsi Full 3D yang mendekati pemodelan seperti yang akan ada di lapangan. Untuk mengatur tipe *analisis struktur* pada menu bar pilih *Analyze* kemudian *Set Active Degrees of Freedom*. Pilih pemodelan Full 3D lalu Ok. Kotak dialog *Active Degrees of Freedom* diperlihatkan pada gambar 4.47.



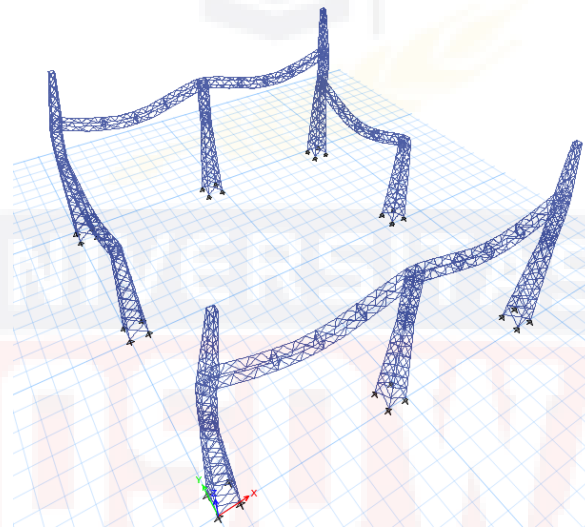
Gambar 4.46. Kotak dialog *Check Model* & Hasil *Check Model*



Gambar 4.47. Kotak dialog *Active Degrees of Freedom*

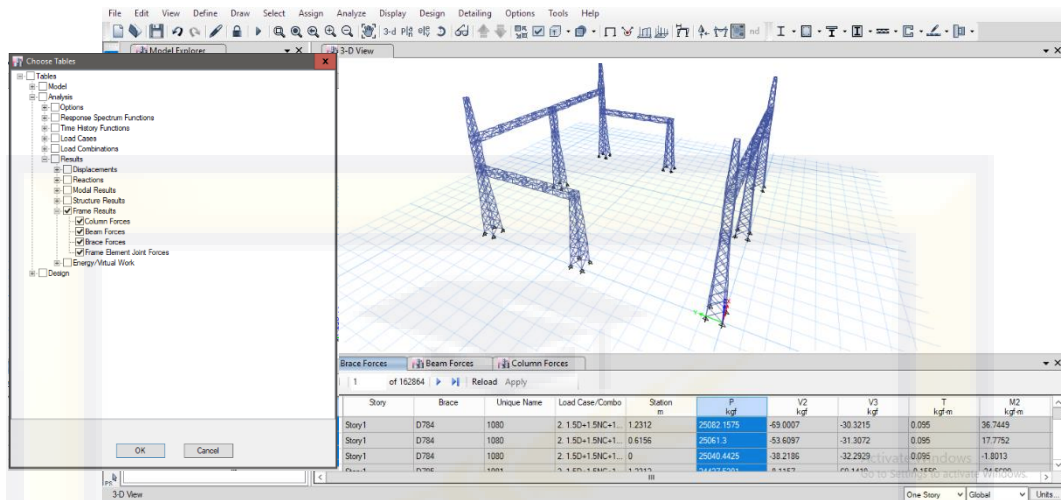
#### 4.6.10 Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan untuk mengeluarkan gaya-gaya dalam pada struktur. Untuk melakukan analisis struktur, pada *Menu Bar* pilih *Analyze* kemudian *Run Analysis* atau tekan F5. Tunggu beberapa saat hingga hasil *running* selesai. Hasil *running* terlihat pada gambar 4.48.



Gambar 4.48. Hasil *Run Analysis* pada *Post* dan *Beam*

Gaya-gaya batang dapat dikeluarkan hasilnya dalam bentuk tabel dengan cara tekan *Shift+F12* pada keyboard atau klik *display* lalu pilih *Show Tables*. Muncul kotak dialog *Choose Tables*, pada *Analysis Results*, pilih *Frame Result* lalu pilih *Column Forces*, *Beam Forces*, *Brace Forces* & *Frame Element Joint Forces* kemudian pilih *Ok*. Prosedur tersebut diperlihatkan pada gambar 4.49, dan hasil tersebut di export pada aplikasi excel.



Gambar 4.49. Output Data *Column Forces*, *Beam Forces*, *Brace Forces*

Secara otomatis pada aplikasi ETABS, frame vertikal di kelompokkan sebagai *column*, frame horizontal di kelompokkan sebagai *beam*, dan frame diagonal di kelompokkan sebagai *brace*. Hasil output gaya batang di perlihatkan pada gambar 4.50, 4.51 dan 4.52.

Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P kgf	V2 kgf	V3 kgf	T kgf-m	M2 kgf-m	M3 kgf-m
Story3	C53	545 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.795	13382.8165	198.34	-174.1304	1.1903	36.1362	7.2561
Story3	C53	545 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.3975	13370.0104	206.926	-174.1304	1.1903	-33.0807	87.8027
Story3	C53	545 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	13357.2044	215.512	-174.1304	1.1903	-102.2975	171.7623
Story2	C84	985 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.7	12855.896	198.4155	-57.4394	0.0129	-1.629	-5.7974
Story2	C84	985 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.35	12844.6203	205.9755	-57.4394	0.0129	-21.7328	64.971
Story2	C84	985 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	12833.3445	213.5355	-57.4394	0.0129	-41.8366	138.3854
Story2	C82	983 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.76	12312.7315	4.7848	-193.2804	0.0065	17.3953	15.0383
Story2	C82	983 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.38	12300.4892	4.7848	-201.4884	0.0065	-57.6108	16.8565
Story2	C82	983 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	12288.247	4.7848	-209.6964	0.0065	-135.7359	18.6747

Gambar 4.50. Output Tabel Data *Column Forces*

Story	Beam	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P kgf	V2 kgf	V3 kgf	T kgf-m	M2 kgf-m	M3 kgf-m
Story2	B392	2449 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	10970.6976	-64.9453	48.3993	0.2035	-25.2161	-13.4069
Story2	B392	2449 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.33	10970.6976	-64.9453	53.1244	0.2035	-41.9675	8.025
Story2	B392	2449 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.66	10970.6976	-64.9453	57.8495	0.2035	-60.2782	29.457
Story2	B464	2606 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	10913.1073	-171.2387	-13.6735	0.1164	-2.8018	-20.455
Story2	B464	2606 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.33	10913.1073	-175.9637	-13.6735	0.1164	1.7105	36.8334
Story2	B464	2606 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.66	10913.1073	-180.6888	-13.6735	0.1164	6.2227	95.6811
Story2	B391	2448 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0	10517.2346	10.6054	34.4754	-0.1418	5.8669	1.1551
Story2	B391	2448 2.1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y		0.36	10517.2346	10.6054	39.6301	-0.1418	-7.472	-2.6629

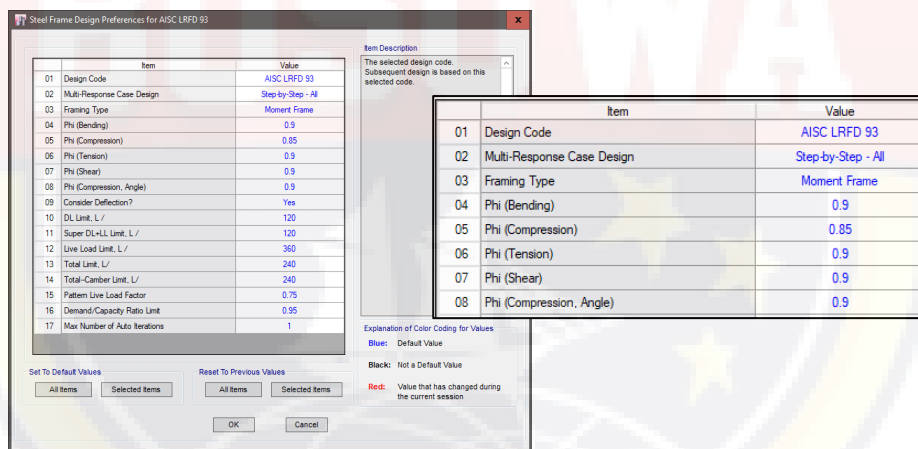
Gambar 4.51. Output Tabel Data *Beam Forces*

Story	Brace	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story1	D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	25082.1575	-69.0007	-30.3215	0.095	36.7449	67.8284
Story1	D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	25061.3	-53.6097	-31.3072	0.095	17.7752	30.0881
Story1	D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	25040.4425	-38.2186	-32.2929	0.095	-1.8013	1.8227
Story1	D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	24427.5201	-8.1157	60.1419	-0.1556	-34.5699	57.8909
Story1	D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	24406.6626	7.2753	59.1562	-0.1556	2.1508	57.6322
Story1	D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	24385.8051	22.6664	58.1705	-0.1556	38.2648	66.8485
Story1	D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	23751.0523	-39.8471	-1.7479	0.1342	19.3011	49.3707
Story1	D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	23730.1948	-38.8615	-17.139	0.1342	13.4876	25.1437
Story1	D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	23709.3373	-37.8758	-32.53	0.1342	-1.8009	1.5235

Gambar 4.52. Output Tabel Data *Brace Forces*

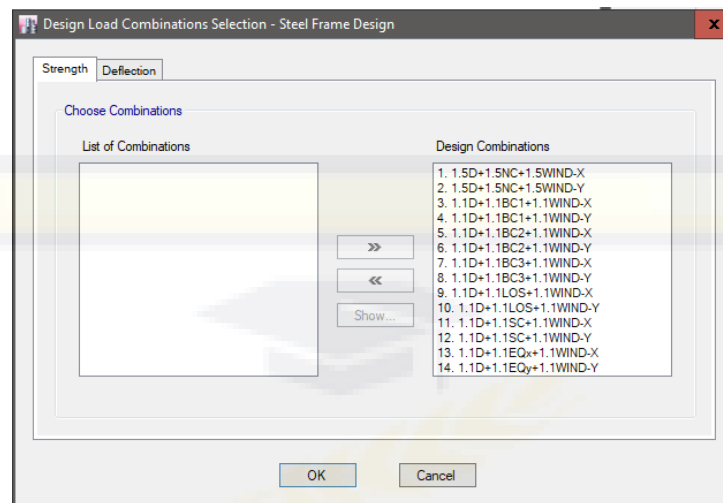
#### 4.6.11 Desain Struktur

Sebelum melakukan desain struktur terlebih dahulu memilih aturan yang digunakan untuk mendesain struktur, caranya pada menu bar *Design* pilih *Steel Frame Design* lalu *View/revise Preferences*. Pada kotak dialog *Steel Frame Design Preferences* pilih AISC LRFD 93, yang diperlihatkan pada gambar 4.53.



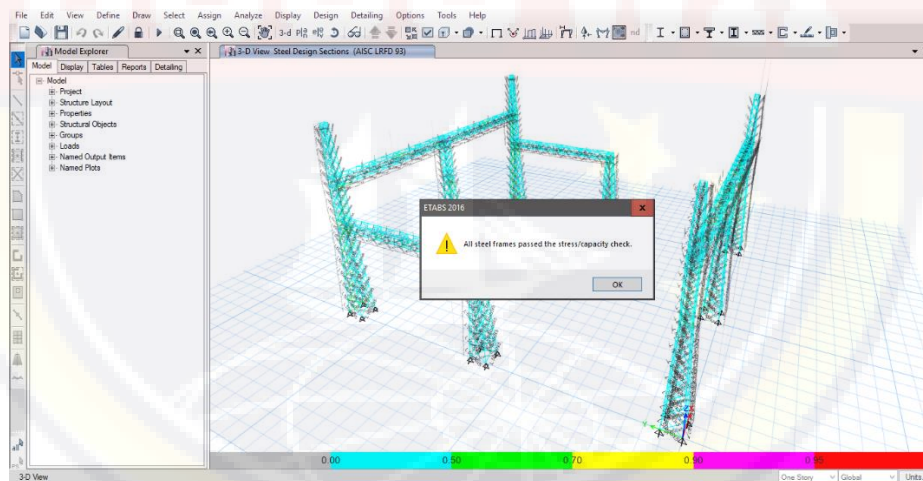
Gambar 4.53. Kotak Dialog *Steel Frame Design Preferences for AISC LRFD 93*

Selanjutnya memasukkan kombinasi beban yang akan menjadi acuan dalam mendesain struktur, dengan cara pilih/klik *Design 93* lalu pilih *Steel Frame Design* lalu pilih *Select Design Combinations* dan muncul kotak dialog *Steel Frame Design Preferences*. Kombinasi yang telah di perlihatkan pada gambar 4.54.



Gambar 4.54. Kombinasi untuk Desain Struktur

Untuk melakukan desain pada ETABS pilih *Design* lalu pilih *Steel Frame Design* lalu pilih *Start Design/Check of Structure*. Struktur telah didesain dan menunjukkan semua penampang yang digunakan tidak melebihi kapasitas penampang. Gambar 4.55



Gambar 4.55. Hasil *Design/Check of Structure*

Suatu struktur dianggap telah memenuhi persyaratan kekuatan jika nilai Rasio  $< 1$  atau paling tidak Rasio = 1. Sedangkan kalau Rasio  $> 1$  dapat dianggap suatu struktur tidak memenuhi syarat perencanaan. (Wiryanto Dewobroto, 2014)

Story	Label	Unique Name	Design Type	Design Section	Status	PMM Combo	PMM Ratio	P Ratio	M Major Ratio	M Minor Ratio	V Major Ratio	V Minor Ratio
Story4	D738	1018	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.945	0.905	0.009	0.031	0.002	0.001
Story4	D862	1198	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.94	0.904	0.006	0.03	0.002	0.0004782
Story4	D868	1204	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.934	0.892	0.016	0.026	0.003	0.002
Story4	D744	1024	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.925	0.888	0.015	0.021	0.003	0.002
Story2	D555	763	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.903	0.841	0.009	0.053	0.003	0.001
Story2	D371	519	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.814	0.752	0.026	0.036	0.003	0.001
Story3	D405	581	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.757	0.643	0.05	0.064	0.008	0.001
Story2	D373	521	Brace	L 60x60x6	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.733	0.667	0.027	0.039	0.007	0.002
Story4	D554	774	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.725	0.697	0.007	0.021	0.002	0.001
Story4	D192	292	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.718	0.681	0.015	0.022	0.002	0.002
Story4	D186	286	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.712	0.681	0.007	0.025	0.002	0.0004353
Story3	D403	579	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.709	0.617	0.019	0.073	0.006	0.001
Story3	D401	577	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.708	0.595	0.055	0.058	0.008	0.002
Story4	D560	780	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.692	0.651	0.017	0.024	0.003	0.003
Story1	D468	644	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.658	0.613	0.012	0.034	0.002	0.002
Story3	D407	583	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.653	0.524	0.03	0.098	0.006	0.000481
Story1	D650	886	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.644	0.557	0.021	0.066	0.005	0.003

Gambar 4.56. Output Desain Struktur - Rasio Penampang Terbesar

#### 4.7. Perbandingan Hasil Tinjauan

Hasil tinjauan yang dilakukan di program ETABS menggunakan aturan SNI 03-1726-2012, yang dibandingkan dengan data eksisting yang menggunakan program SAP2000 dan aturan SNI 03-1726-2002.

Perbandingan hasil penampang eksisting dan penampang yang di desain ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Rekapitulasi Profil Eksisting dan Desain pada Struktur *Post & Beam*

Jenis batang	Penampang Eksisting	Penampang Desain
<i>Post</i> - Leg Bawah	HL 130x130x12	HL 130x130x12
<i>Post</i> - Brace Bawah	L 50x50x5	L 50x50x5
<i>Post</i> - Leg Tengah	HL 120x120x12	HL 120x120x12
<i>Post</i> - Brace Tengah	L 50x50x5	L 50x50x5
<i>Post</i> - Leg Atas	L 70x70x7	L 70x70x7
<i>Post</i> - Brace Atas	L 50x50x5	L 50x50x5
<i>Beam</i> Tepi - Leg	HL 80x80x8	HL 80x80x8
<i>Beam</i> Tepi - Brace	L 60x60x6	L 60x60x6
<i>Beam</i> Tengah - Leg	HL 80x80x8	HL 80x80x8
<i>Beam</i> Tengah - Brace	L 50x50x5	L 50x50x5

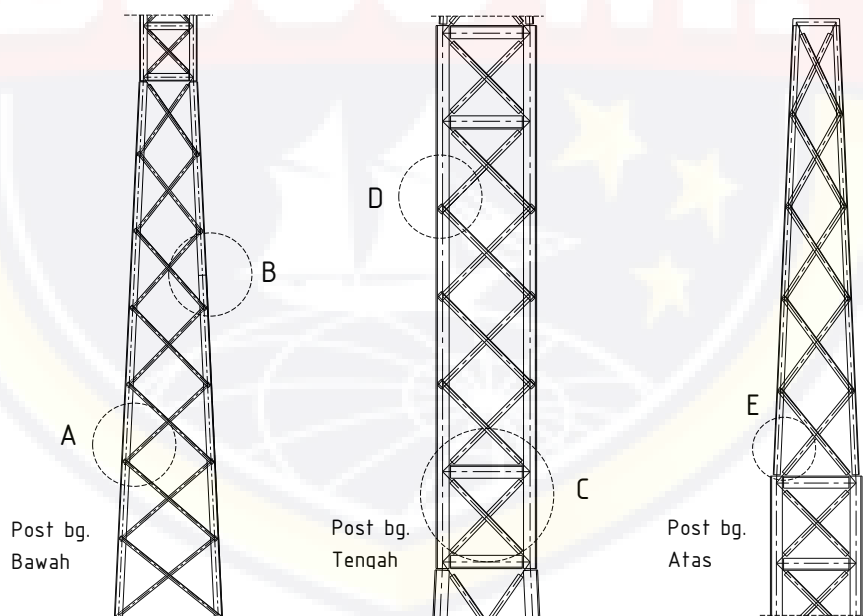
Sumber : Hasil Analisis

## 4.8. Perhitungan Sambungan

Pada perencanaan sambungan ini akan digunakan perencanaan berbasis kapasitas penampang. Oleh karena itu pada setiap penampang yang sama akan memiliki jumlah baut yang sama pula, kecuali terdapat modifikasi yang mengharuskan jumlah baut berbeda.

Pada perhitungan ini, sambungan akan di kategorikan menjadi 2 jenis yaitu sambungan pada *post* dan sambungan pada *beam*. Pada masing-masing kategori akan dibuatkan perhitungan sambungan berdasarkan model yang berbeda. Sehingga jika terdapat model yang sama tidak perlu dilakukan perhitungan lagi. Disini lah konsep kapasitas penampang terealisasi.

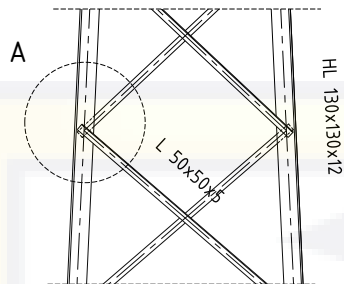
### 4.8.1 Sambungan pada *Post*



Gambar 4.57. Letak Rencana Sambungan Struktur Post



#### 4.8.1.1 Perhitungan Sambungan pada Detail A



Data profil:

Profil yang digunakan = L 50 x 50 x 5

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 480 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 400

$f_y$  = 245 N/mm<sup>2</sup>

$f_u$  = 400 N/mm<sup>2</sup>

Diameter baut = 16 mm

Luas baut ( $A_b$ ) = 200,96 mm<sup>2</sup>

Kuat tarik baut ( $f_u^b$ ) = 725 N/mm<sup>2</sup>

Tebal pelat ( $t_p$ ) = 4 mm

Jumlah bidang geser = 1

Jenis baut = Ulir

1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\phi R_u = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$= 0,9 \times 480 \times 245 = 105840 \text{ N} = 10584 \text{ kg}$$

Kondisi fraktur

$$A_e = 85\% \times A_g$$

$$= 0,85 \times 480 = 408 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_u = \phi \cdot A_e \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 408 \times 400 = 122400 \text{ N} = 12240 \text{ kg}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang L 50 x 50 x 5 yaitu 10584 kg = 10,58 ton

## 2. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\begin{aligned} \text{Geser} &= \phi R_n = \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,4 \times 725 \times 200,96 \\ &= 4,37 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tarik} &= \phi R_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 200,96 \\ &= 8,20 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tumpu} &= \phi R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 16 \times 4 \times 400 \\ &= 4,61 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

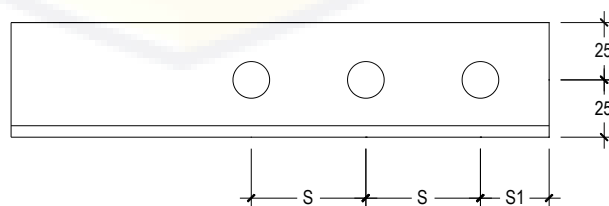
Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu 4,37 ton/baut.

## 3. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi R_u)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{10,58}{4,37} = 2,42 \approx 3 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 3 baut

## 4. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 16 = 24 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 4) + 100 = 116 \text{ mm}$$

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

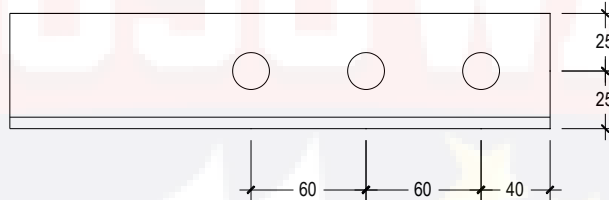
$$3 d_b = 3 \times 16 = 48,00 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 4 = 60 \text{ mm}$$

Jadi jarak yang digunakan yaitu :

$$24,00 \text{ mm} < S_1 < 116 \text{ mm, digunakan } 40 \text{ mm}$$

$$48,00 \text{ mm} < 50 < 60 \text{ mm, digunakan } 60 \text{ mm}$$



5. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 3 buah baut

$$R_u = \text{Jumlah baut} \times R_n$$

$$= 3 \times 4,61 = 13,82 \text{ ton} > 10,58 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

6. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 480 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$A_{\min} = 85\% \times A_g$$

$$= 85\% \times 480 \text{ mm}^2 = 408 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto:

$$A_n = A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p$$

$$= 480 - 1 (16 + 3) \times 4$$

$$= 404 \text{ mm}^2$$

Diambil  $A_n$  terkecil = 404 mm<sup>2</sup>

*Shear leg:*

$$x = 5/2 = 2,5 \text{ mm}$$

$$L = 2S = 2 (60) = 120 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 2,5/120 = 0,978 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, ps1 10.2.5)}$$

Maka:

$$A_e = U \times A_n$$

$$= 1 \times 404 = 404 \text{ mm}^2$$

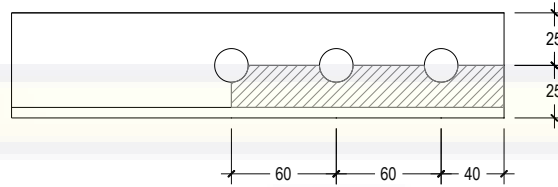
7. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 404 \times 400 = 121200 \text{ N} = 121,2 \text{ kN}$$

$$= 12,1 \text{ ton} > 10,58 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)}$$

## 8. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = 25 \times 5 = 125 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 125 - \left(\frac{1}{2} \times (16 + 3) \times 5\right) = 77,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = 160 \times 5 = 800 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 800 - (2,5 \times (16 + 3) \times 5) = 562,5 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 400 \times 77,5 = 31000 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 400 \times 562,5 = 135000 \text{ N}$$

Diperoleh :

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$31000 \text{ N} < 135000 \text{ N} \dots \text{ (Memenuhi)}$$

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

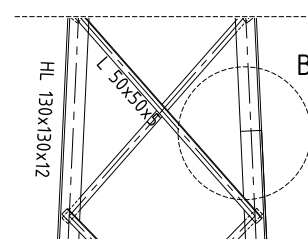
$$\phi R_n = 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt}))$$

$$= 0,75 \times ((135000) + (245 \times 125))$$

$$= 124219 \text{ N} = 12,42 \text{ ton} > 10,58 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)}$$

*(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).*

### 4.8.1.2 Perhitungan Sambungan pada Detail B



Data profil:

Profil yang digunakan = HL 130 x 130 x 12

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 3000 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 540

$$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Diameter baut} = 25,4 \text{ mm}$$

$$\text{Luas baut (A}_b) = 506,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tarik baut (f}_u^b) = 725 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tebal pelat (t}_p) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah bidang geser} = 2$$

$$\text{Jenis baut} = \text{Ulir}$$

#### 1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\begin{aligned} \phi R_u &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0,9 \times 3000 \times 400 = 1080000 \text{ N} = 108000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kondisi fraktur

$$\begin{aligned} A_e &= 85\% \times A_g \\ &= 0,85 \times 3000 = 2550 \text{ mm}^2 \\ \phi R_u &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2550 \times 540 = 1032750 \text{ N} = 103275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang HL 130 x 130 x 12 yaitu 103275 kg = 103,27 ton

## 2. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\begin{aligned}\text{Geser} &= \phi R_n = \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 725 \times 506,45 \\ &= 22,03 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tarik} &= \phi R_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 506,45 \\ &= 20,65 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tumpu} &= \phi R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 25,4 \times 10 \times 540 \\ &= 24,69 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

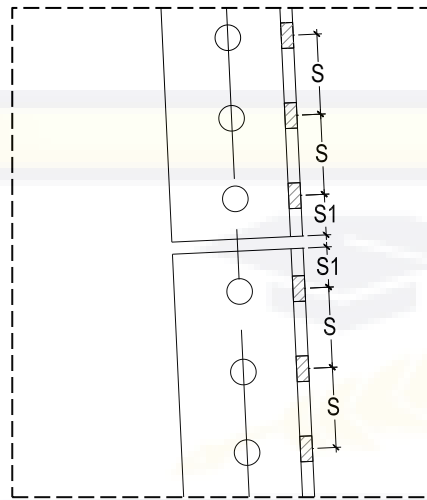
Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu 20,65 ton/baut.

## 3. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi N_n)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{103,27}{20,65} = 5 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 6 baut.

#### 4. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 25,4 = 38,10 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 10) + 100 = 140$$

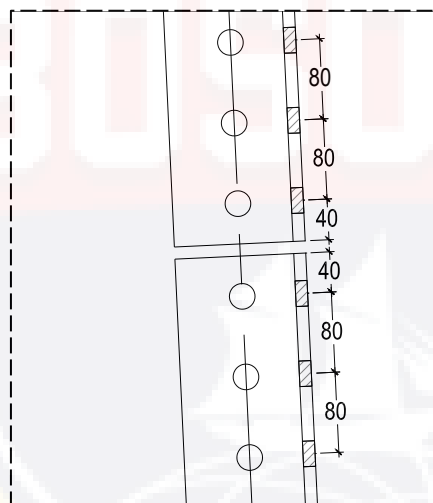
mm

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

$$3 d_b = 3 \times 25,4 = 76,20 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 10 = 150 \text{ mm}$$



Jadi jarak jarak yang digunakan

yaitu :

$$38,10 \text{ mm} < S_1 < 148 \text{ mm},$$

digunakan 40 mm

$$76,20 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm},$$

digunakan 80 mm

#### 5. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 6 buah baut

$$R_u = \text{Jumlah baut} \times R_n$$

$$= 3 \times 20,65 = 123,92 \text{ ton} > 103,27 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$



## 6. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 3000 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$\begin{aligned} A_{\min} &= 85\% \times A_g \\ &= 85\% \times 3000 \text{ mm}^2 = 2550 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang netto:

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p \\ &= 3000 - 1 (25,4 + 3) \times 10 \\ &= 2716 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil  $A_n$  terkecil = 2550 mm<sup>2</sup>

*Shear leg*:

$$x = 12/2 = 6 \text{ mm}$$

$$L = 2S = 2 (80) = 160 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 6/160 = 0,963 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, psl 10.2.5)}$$

Maka:

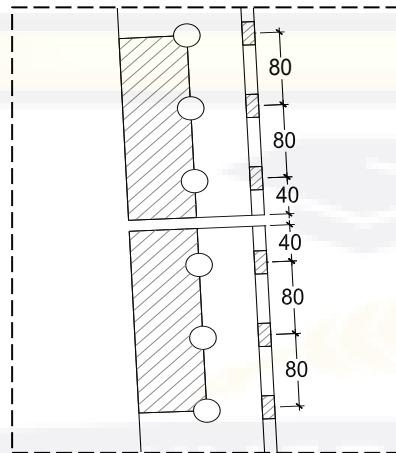
$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 2550 = 2550 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

## 9. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$\begin{aligned} R_u &= \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2550 \times 540 = 1032750 \text{ N} = 1032,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$= 103,27 \text{ ton} \geq 103,27 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

#### 10. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = (60 \times 2) \times 12 = 1440 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 140 - ((\frac{1}{2} \times 2) \times (25,4 + 3) \times 12) = 1099,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (200 \times 2) \times 12 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4800 - ((2,5 \times 2) \times (25,4 + 3) \times 12) = 3096 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 540 \times 1099,2 = 593568 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 540 \times 3156 = 1003104 \text{ N}$$

Diperoleh :

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$593568 \text{ N} < 1003104 \text{ N} \dots (\text{Memenuhi})$$

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

$$\phi R_n = 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt}))$$

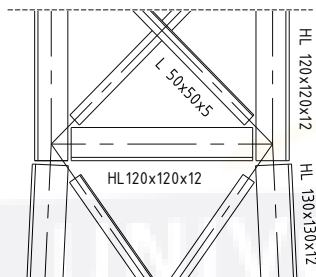
$$= 0,75 \times ((1003104) + (400 \times 1440))$$

$$= 1184328 \text{ N} = 118,43 \text{ ton} > 103,27 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

*(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).*

#### 4.8.1.3 Perhitungan Sambungan pada Detail C

Dikarenakan perhitungan sambungan menggunakan metode kapasitas penampang maka untuk jumlah baut dan sambungan profil HL130x130x12 dan profil L50x50x5 mengikuti perhitungan sebelumnya.



Data profil:

Profil yang digunakan = HL 120 x 120 x 12

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 2754 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 540

$$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 540 \text{ N/mm}^2$$

Diameter baut = 25,4 mm

Luas baut ( $A_b$ ) = 506,45 mm<sup>2</sup>

Kuat tarik baut ( $f_u^b$ ) = 725 N/mm<sup>2</sup>

Tebal pelat ( $t_p$ ) = 10 mm

Jumlah bidang geser = 2

Jenis baut = Ulir

1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\phi R_u = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$= 0,9 \times 2754 \times 400 = 991440 \text{ N} = 99144 \text{ kg}$$

Kondisi fraktur

$$A_e = 85\% \times A_g$$

$$= 0,85 \times 2754 = 2340,90 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_u = \phi \cdot A_e \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 2340,90 \times 540 = 948064,5 \text{ N} = 94806,45 \text{ kg}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang HL 120 x 120 x 12 yaitu 94806,45 kg = 94,81 ton

## 2. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\text{Geser} = \phi R_n = \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 725 \times 506,45$$

$$= 22,03 \text{ ton/baut}$$

$$\text{Tarik} = \phi R_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 506,45$$

$$= 20,65 \text{ ton/baut}$$

$$\text{Tumpu} = \phi R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 25,4 \times 10 \times 540$$

$$= 24,69 \text{ ton/baut}$$

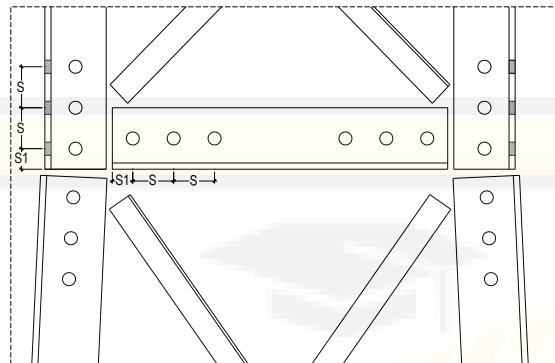
Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu 20,65 ton/baut.

## 3. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi N_n)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{94,81}{20,65} = 4,59 \text{ baut} \approx 6 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 6 baut.

#### 4. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 25,4 = 38,10 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 10) + 100 = 140 \text{ mm}$$

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

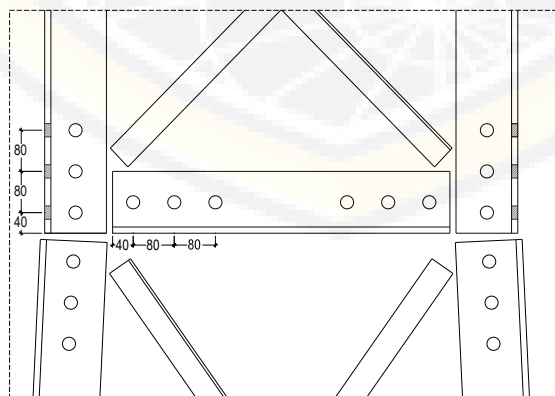
$$3 d_b = 3 \times 25,4 = 76,20 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 10 = 150 \text{ mm}$$

Jadi jarak yang digunakan yaitu :

$$38,10 \text{ mm} < S_1 < 140 \text{ mm}, \text{ digunakan } 40 \text{ mm}$$

$$76,20 \text{ mm} < S < 150 \text{ mm}, \text{ digunakan } 80 \text{ mm}$$



5. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 6 buah baut

$$R_u = \text{Jumlah baut} \times R_n$$

$$= 3 \times 20,65 = 123,92 \text{ ton} > 94,81 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

6. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 2754 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$A_{\min} = 85\% \times A_g$$

$$= 85\% \times 2754 \text{ mm}^2 = 2340,90 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto:

$$A_n = A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p$$

$$= 2754 - 1 (25,4 + 3) \times 10$$

$$= 2470 \text{ mm}^2$$

Diambil  $A_n$  terkecil = 2340,90 mm<sup>2</sup>

*Shear leg*:

$$x = 12/2 = 6 \text{ mm}$$

$$L = 2S = 2 (80) = 160 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 6/160 = 0,963 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, psl 10.2.5)}$$

Maka:

$$A_e = U \times A_n$$

$$= 1 \times 2340,90 = 2340,90 \text{ mm}^2$$

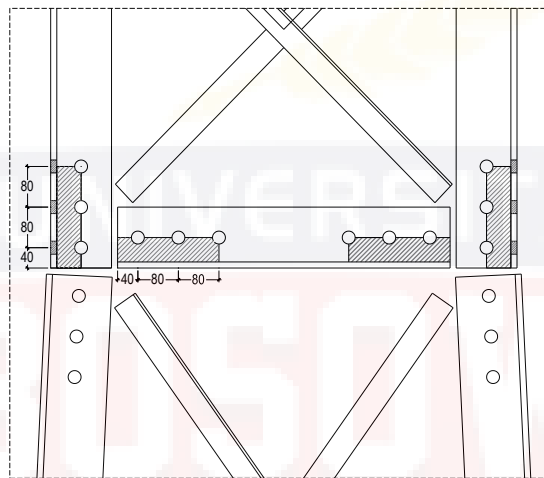
### 7. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$R_u = \phi \cdot A_{netto} \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 2340,90 \times 540 = 948,1 \text{ N} = 94,8 \text{ kN}$$

$$= 94,81 \text{ ton} \geq 94,81 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

### 8. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = (60 \times 2) \times 12 = 1440 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 140 - ((\frac{1}{2} \times 2) \times (25,4 + 3) \times 12) = 1099,2 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (200 \times 2) \times 12 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4800 - ((2,5 \times 2) \times (25,4 + 3) \times 12) = 3096 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 540 \times 1099,2 = 593568 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 540 \times 3096 = 1003104 \text{ N}$$

Diperoleh :

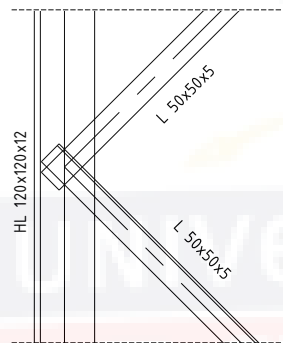
$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$593568 \text{ N} < 1003104 \text{ N} \dots (\text{Memenuhi})$$

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt})) \\ &= 0,75 \times ((1003104) + (400 \times 1440)) \\ &= 1184328 \text{ N} = 118,43 \text{ ton} > 94,81 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)} \\ &\text{(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).}\end{aligned}$$

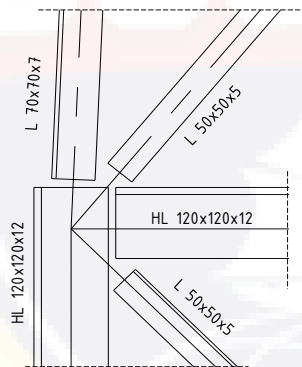
#### 4.8.1.4 Perhitungan Sambungan pada Detail D



Untuk jumlah baut dan sambungan pada profil L50x50x5 dapat dilihat diperhitungan sebelumnya.

Pada bagian sambungan ini untuk profil HL120x120x12 diberikan sambungan baut.

#### 4.8.1.5 Perhitungan Sambungan pada Detail E



Data profil:

Profil yang digunakan = L 70 x 70 x 7

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 940 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 400

$$f_y = 245 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Diameter baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Luas baut (} A_b \text{)} = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tarik baut (} f_u^b \text{)} = 725 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tebal pelat (} t_p \text{)} = 6 \text{ mm}$$



Jumlah bidang geser = 1

Jenis baut = Ulir

### 1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\begin{aligned}\phi R_u &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0,9 \times 940 \times 245 = 207270 \text{ N} = 20727 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kondisi fraktur

$$\begin{aligned}A_e &= 85\% \times A_g \\ &= 0,85 \times 940 = 799 \text{ mm}^2 \\ \phi R_u &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 799 \times 400 = 239700 \text{ N} = 23970 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang L 70 x 70 x 7 yaitu 23970 kg = 29,727 ton

### 2. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\begin{aligned}\text{Geser} = \phi R_n &= \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,4 \times 725 \times 379,94 \\ &= 8,26 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tarik} = \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 379,94 \\ &= 15,49 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tumpu} = \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 22 \times 6 \times 400\end{aligned}$$

$$= 9,50 \text{ ton/baut}$$

Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu

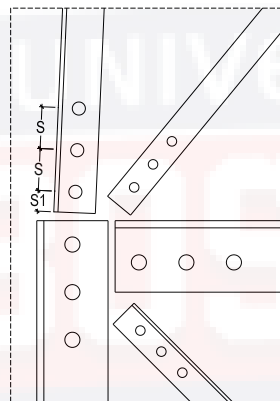
8,26 ton/baut.

### 3. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi N_n)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{20,73}{8,26} = 2,51 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 3 baut.

### 4. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 22 = 33 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 6) + 100 = 124 \text{ mm}$$

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

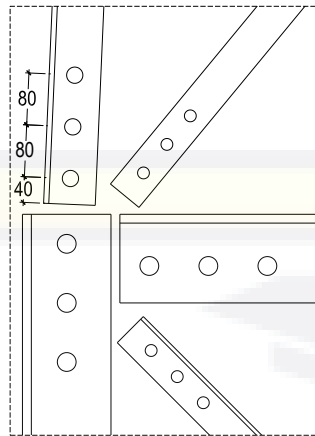
$$3 d_b = 3 \times 22 = 66,00 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 6 = 90 \text{ mm}$$

Jadi jarak jarak yang digunakan yaitu :

$$33,00 \text{ mm} < S_1 < 124 \text{ mm}, \text{ digunakan } 40 \text{ mm}$$

$$66,00 \text{ mm} < S < 90 \text{ mm}, \text{ digunakan } 80 \text{ mm}$$



### 5. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 3 buah baut

$$\begin{aligned}
 R_u &= \text{Jumlah baut} \times R_n \\
 &= 3 \times 8,26 = 24,79 \text{ ton} > 20,73 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

### 6. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 940 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$\begin{aligned}
 A_{\min} &= 85\% \times A_g \\
 &= 85\% \times 940 \text{ mm}^2 = 799 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas penampang netto:

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p \\
 &= 940 - 1 (22 + 3) \times 6 \\
 &= 790 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Diambil  $A_n$  terkecil =  $790 \text{ mm}^2$

*Shear leg*:

$$x = 7/2 = 3,2 \text{ mm}$$

$$L = 2S = 2 (80) = 160 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 3,2/160 = 0,978 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, ps1 10.2.5)}$$

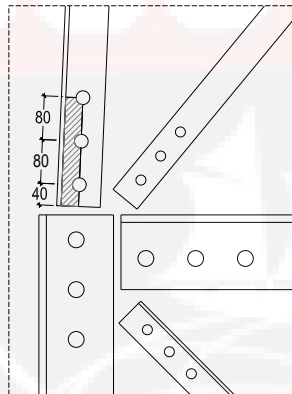
Maka:

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 790 = 790 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 7. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$\begin{aligned} R_u &= \phi \cdot A_{netto} \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 790 \times 400 = 237000 \text{ N} = 237 \text{ kN} \\ &= 23,7 \text{ ton} > 20,73 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

#### 8. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = 35 \times 7 = 245 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 245 - \left(\frac{1}{2} \times (22 + 3) \times 7\right) = 157,50 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = 200 \times 7 = 1225 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 1225 - (2,5 \times (22 + 3) \times 7) = 962,50 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 400 \times 161 = 63000 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 400 \times 805 = 231000 \text{ N}$$

Diperoleh :

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

63000 N < 231000 N ... (Memenuhi)

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

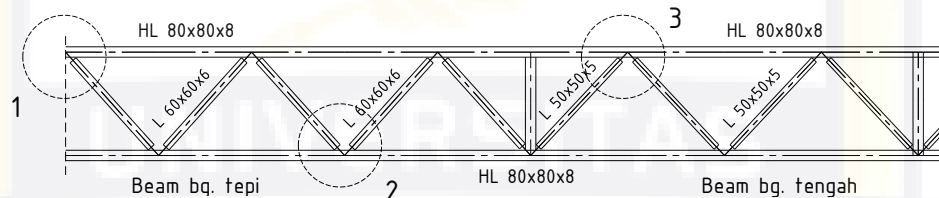
$$\phi R_n = 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt}))$$

$$= 0,75 \times ((231000) + (245 \times 245))$$

$$= 218269 \text{ N} = 22,82 \text{ ton} > 20,73 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

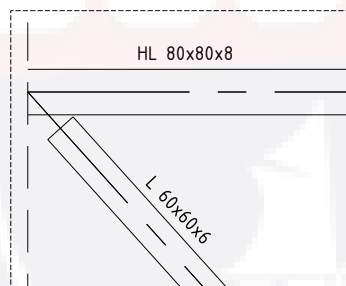
(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).

#### 4.8.2 Sambungan pada Beam



Gambar 4.58. Letak Rencana Sambungan Struktur Beam

##### 4.8.2.1 Perhitungan Sambungan pada Detail 1



Data profil:

Profil yang digunakan = HL 80 x 80 x 8

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 1230 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 540

$$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Diameter baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Luas baut } (A_b) = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tarik baut } (f_u^b) = 725 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tebal pelat } (t_p) = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah bidang geser} = 2$$

Jenis baut = Ulir

### 1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\begin{aligned}\phi R_u &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\ &= 0,9 \times 1230 \times 400 = 442800 \text{ N} = 44280 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kondisi fraktur

$$\begin{aligned}A_e &= 85\% \times A_g \\ &= 0,85 \times 1230 = 1045,50 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_u &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 1045,50 \times 540 = 423427,5 \text{ N} = 42342,75 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang HL 80 x 80 x 8 yaitu 42342,75 kg = 42,34 ton

### 1. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\begin{aligned}\text{Geser} = \phi R_n &= \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,4 \times 725 \times 379,94 \\ &= 16,53 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tarik} = \phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 379,94 \\ &= 15,49 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tumpu} = \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 22 \times 6 \times 540 \\ &= 12,83 \text{ ton/baut}\end{aligned}$$

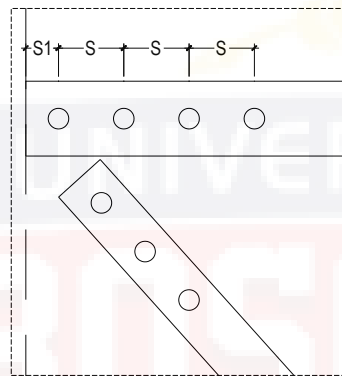
Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu 12,83 ton/baut.

### 2. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi N_n)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{42,34}{12,83} = 3,30 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 4 baut.

### 3. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 22 = 33 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 6) + 100 = 124 \text{ mm}$$

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

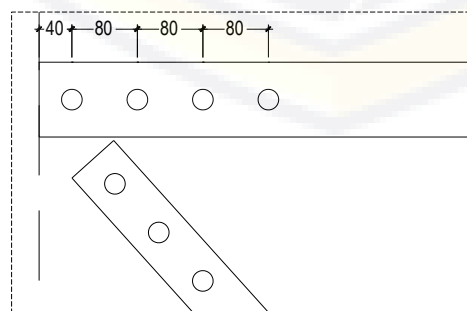
$$3 d_b = 3 \times 22 = 66,00 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 6 = 90 \text{ mm}$$

Jadi jarak jarak yang digunakan yaitu :

$$33,00 \text{ mm} < S_1 < 124 \text{ mm}, \text{ digunakan } 40 \text{ mm}$$

$$66,00 \text{ mm} < S < 90 \text{ mm}, \text{ digunakan } 80 \text{ mm}$$



#### 4. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 4 buah baut

$$\begin{aligned}R_u &= \text{Jumlah baut} \times R_n \\ &= 4 \times 12,83 = 51,32 \text{ ton} > 42,34 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

#### 5. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 1230 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$\begin{aligned}A_{\min} &= 85\% \times A_g \\ &= 85\% \times 1230 \text{ mm}^2 = 1045,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luas penampang netto:

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p \\ &= 1230 - 1 (22 + 3) \times 6 \\ &= 1080 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Diambil  $A_n$  terkecil = 1045,5 mm<sup>2</sup>

*Shear leg*:

$$x = 8/2 = 4 \text{ mm}$$

$$L = 3S = 3 (80) = 240 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 4/240 = 0,983 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, ps1 10.2.5)}$$

Maka:



$$A_e = U \times A_n$$

$$= 1 \times 1045,50 = 1045,50 \text{ mm}^2$$

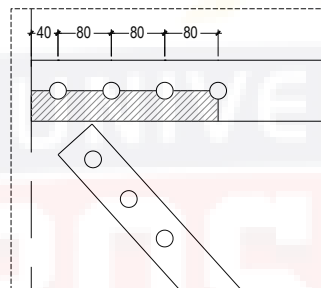
6. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$R_u = \phi \cdot A_{netto} \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 1045,50 \times 540 = 423427,5 \text{ N} = 423,4 \text{ kN}$$

$$= 42,34 \text{ ton} > 42,34 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

7. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = 40 \times 8 = 320 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 320 - \left(\frac{1}{2} \times (22 + 3) \times 8\right) = 220 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = 280 \times 8 = 2240 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 2240 - (3,5 \times (22 + 3) \times 8) = 1540 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 540 \times 220 = 118800 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 540 \times 1540 = 498960 \text{ N}$$

Diperoleh :

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$118800 \text{ N} < 498960 \text{ N} \dots (\text{Memenuhi})$$

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

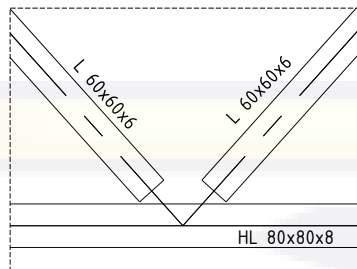
$$\phi R_n = 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt}))$$

$$= 0,75 \times ((498960) + (400 \times 320))$$

$$= 470220 \text{ N} = 47,02 \text{ ton} > 42,34 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

*(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).*

#### 4.8.2.2 Perhitungan Sambungan pada Detail 2



Data profil:

Profil yang digunakan = L 60 x 60 x 6

Luas Penampang ( $A_g$ ) = 691 mm<sup>2</sup>

Mutu baja = SS 400

$$f_y = 245 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 400 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\text{Luas baut (} A_b \text{)} = 283,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kuat tarik baut (} f_u^b \text{)} = 725 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tebal pelat (} t_p \text{)} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah bidang geser} = 1$$

$$\text{Jenis baut} = \text{Ulir}$$

##### 1. Menghitung kekuatan profil

Kondisi leleh

$$\phi R_u = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

$$= 0,9 \times 691 \times 245 = 152365,6 \text{ N} = 15236,55 \text{ kg}$$

Kondisi fraktur

$$A_e = 85\% \times A_g$$

$$= 0,85 \times 691 = 587,35 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_u = \phi \cdot A_e \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 587,35 \times 400 = 176205 \text{ N} = 17620,5 \text{ kg}$$

Jadi digunakan  $\phi R_u$  terkecil, sebagai kekuatan nominal pada penampang L 60 x 60 x 6 yaitu 15236,55 kg = 15,23 ton

## 2. Menghitung kekuatan baut

Baut dengan ulir pada bidang geser

$$\begin{aligned} \text{Geser} &= \phi R_n = \phi \cdot m \cdot r_2 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 1 \times 0,4 \times 725 \times 283,39 \\ &= 6,16 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tarik} &= \phi R_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 725 \times 283,39 \\ &= 11,56 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tumpu} &= \phi R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 19 \times 4 \times 400 \\ &= 5,47 \text{ ton/baut} \end{aligned}$$

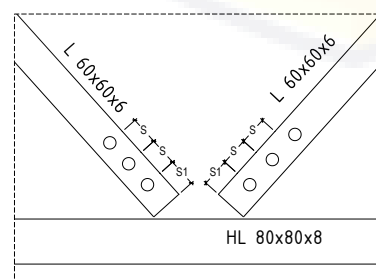
Jadi digunakan  $R_n$  terkecil, sebagai kekuatan 1 buah baut yaitu 5,47 ton/baut.

## 3. Menghitung kebutuhan baut

$$n = \frac{\text{Kekuatan Penampang } (\phi N_n)}{\text{Kekuatan 1 buah baut } (\phi R_n)} = \frac{15,23}{5,47} = 2,78 \text{ baut} \approx 3 \text{ baut}$$

Jadi jumlah baut yang digunakan 3 baut.

## 4. Menyusun baut



Menghitung jarak tepi baut

$$1,5 d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$1,5 d_b = 1,5 \times 19 = 28,50 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \times 4) + 100 = 116 \text{ mm}$$

Menghitung jarak antar baut

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

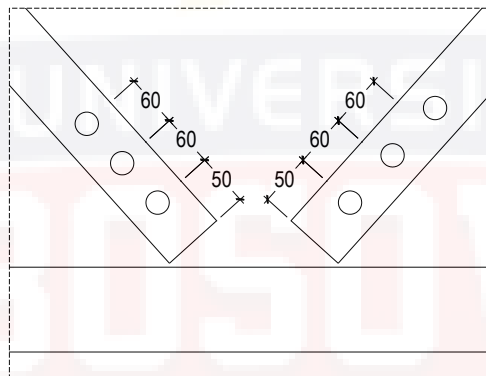
$$3 d_b = 3 \times 19 = 57,00 \text{ mm}$$

$$15 t_p = 15 \times 4 = 60 \text{ mm}$$

Jadi jarak yang digunakan yaitu :

$$28,50 \text{ mm} < S_1 < 116,00 \text{ mm, digunakan } 50 \text{ mm}$$

$$57,00 \text{ mm} < S < 60,00 \text{ mm, digunakan } 60 \text{ mm}$$



#### 5. Cek kekuatan struktur baut

Jumlah daya dukung = 3 buah baut

$$R_u = \text{Jumlah baut} \times R_n$$

$$= 3 \times 5,47 = 16,42 \text{ ton} > 15,24 \text{ ton} \dots (\text{Memenuhi})$$

#### 6. Cek kekuatan struktur plat

Cek luas penampang minimum dan *shear leg*

$$A_g = 691 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$A_{\min} = 85\% \times A_g$$

$$= 85\% \times 691 \text{ mm}^2 = 587,35 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto:

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - 1 (d_b + 3) \times t_p \\ &= 691 - 1 (19 + 3) \times 4 \\ &= 603 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Diambil  $A_n$  terkecil = 587,35 mm<sup>2</sup>

*Shear leg:*

$$x = 6/2 = 3 \text{ mm}$$

$$L = 2S = 2 (60) = 120 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi:

$$U = 1 - x/L = 1 - 3/120 = 0,988 > 0,9$$

$$U = 1 \text{ (SNI 1729-2002, psI 10.2.5)}$$

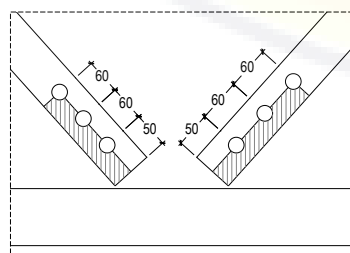
Maka:

$$\begin{aligned}A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 587,35 = 587,35 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

8. Cek daya dukung pada daerah sambungan

$$\begin{aligned}R_u &= \phi \cdot A_{netto} \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 587,35 \times 400 = 182100 \text{ N} = 176,2 \text{ kN} \\ &= 17,62 \text{ ton} > 15,23 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)}\end{aligned}$$

9. Cek terhadap geser blok



$$A_{gt} = 30 \times 6 = 180 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 180 - (\frac{1}{2} \times (19 + 3) \times 6) = 114 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = 170 \times 6 = 1020 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 1020 - (2,5 \times (19 + 3) \times 6) = 690 \text{ mm}^2$$

Tipe keruntuhan geser blok

$$f_u \cdot A_{nt} = 400 \times 114 = 45600 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 400 \times 690 = 165600 \text{ N}$$

Diperoleh :

$$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$$

$$45600 \text{ N} < 165600 \text{ N} \dots \text{ (Memenuhi)}$$

Maka pola keruntuhan yang berlaku geser fraktur – tarik leleh.

$$\phi R_n = 0,75 \times ((0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}) + (f_y \cdot A_{gt}))$$

$$= 0,75 \times ((165600) + (245 \times 180))$$

$$= 157275 \text{ N} = 15,72 \text{ ton} > 15,23 \text{ ton} \dots \text{ (Memenuhi)}$$

*(Struktur dan model sambungan aman untuk digunakan).*

Tabel 4.12 Rekapitulasi Sambungan Baut pada *Post* dan *Beam*

No.	Profil	Dia.	Tebal plat	Jumlah Baut	Jarak baut dari tepi (S1)	Jarak antar baut (S)
1	HL 130x130x12	25,4 mm	10 mm	6 bh	40 mm	80 mm
2	HL 120x120x12	25,4 mm	10 mm	6 bh	40 mm	80 mm
3	HL 80x80x8	22 mm	6 mm	4 bh	40 mm	80 mm
4	L 70x70x7	22 mm	6 mm	3 bh	40 mm	80 mm
5	L 60x60x6	19 mm	4 mm	3 bh	50 mm	60 mm
6	L 50x50x5	16 mm	4 mm	3 bh	40 mm	60 mm

Sumber : Hasil Analisis

### 4.8.3 Sambungan Angkur

Data beban dan angkur:

Mutu baja  $f_y = 245 \text{ N/mm}^2$

$f_u = 400 \text{ N/mm}^2$

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 18,67 MPa = K225

Diameter baut (d) = 32 mm = 1,260 inch

Luas baut ( $A_b$ ) = 803,84 mm<sup>2</sup>

Kuat tarik baut ( $f_u^b$ ) = 725 N/mm<sup>2</sup>

Output gaya dalam ( $P_u$ ) = 30853,98 kg

( $V_u$ ) = 1991,91 kg

Jumlah rencana angkur = 4 baut

1. Luasan angkur

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\pi}{4} \left[ d - \frac{0,974}{6} \right]^{2c} \\ &= \frac{3,14}{4} \left[ 1,260 - \frac{0,974}{6} \right]^2 \\ &= 0,946 \text{ inch}^2 = 610,01 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{total}} = 610,01 \times 4 = 2440,06 \text{ mm}^2$$

2. Luasan Angkur yang dibutuhkan

$$A_{sr} = \frac{P_u}{f_y} + \frac{V_u}{\mu \times 0,85 \times f_y}$$

$$A_{sr} = \frac{30853,98}{2450} + \frac{1991,91}{0,55 \times 0,85 \times 2450}$$

$$A_{sr} = 14,33 \text{ cm}^2 = 1433 \text{ mm}^2 < 2440,06 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

3. Panjang minimum Angkur

$$L_m = 12 d \sqrt{\frac{f_u}{58 \psi}}$$

$$= 12 \times 3,2 \sqrt{\frac{400}{58 \times 6,89}} = 38,42 \text{ cm}$$

4. Panjang Angkur yang dibutuhkan

$$F_{cv} = 0,53 \sqrt{f'c}$$

$$= 0,53 \sqrt{186,75} = 7,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_e = \frac{P \text{ tension}}{F_{cv} \times N \times 3,14 \times d}$$

$$= \frac{30853,98}{7,24 \times 4 \times 3,14 \times 3,2} = 105,99 \text{ cm}$$

Jadi digunakan 4 Ø 32 mm dengan Panjang = 125 cm



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Kontrol struktur post & beam eksisting dengan yang dihitung menggunakan metode respon spektrum dengan menggunakan SNI 1726:2012 telah memenuhi persyaratan dimensi profil sesuai kontrol SNI 1729:2002.

b. Dari hasil perhitungan didapatkan :

##### 1. Struktur Post

Leg Bawah,        HL 130x130x12

Leg Tengah,       HL 120x130x12

Leg Atas,         L 70x70x7

Brace Bawah,     L 50x50x5

Brace Tengah,    L 50x50x5

Brace Atas,       L 50x50x5

##### 2. Struktur Beam

Leg Bagian Tepi,    HL 80x80x8

Brace Bagian Tepi,   L 60x60x6

Leg Bagian Tengah,   HL 80x80x8

Brace Bagian Tengah, L 60x60x6

### 3. Angkur

Jumlah angkur 4 bh dengan diameter 32 mm, Panjang 125 cm

- c. Hasil dari tinjauan perancangan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang berkaitan dengan tugas akhir ini, yaitu :

- a. Sebaiknya perlu di analisis kembali dengan menggunakan peraturan SNI terbaru. Untuk standar baja dapat di tinjau kembali menggunakan SNI 03-1729-2015.
- b. Untuk mengembangkan ilmu program & analisis, ada baiknya struktur di analisis pada aplikasi MS Tower.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (SNI 03-1726)*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. (SNI 03-1729)*. Jakarta.
- Ekodiugm, 2011. Sagging Calculation [internet]. [diakses 2018 Februari 20]. Tersedia pada: <https://ekodiugm.wordpress.com>
- PT. PLN (Persero). 2010. *Kriteria Desain Tower Rangka Baja (Lattied Steel Tower)*. Jakarta.
- Riza, Muhammad Miftakhur. 2013. Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan Etabs [internet]. [diunduh 2017 Desember 02]. Tersedia pada: <http://perencanaanstruktur.com>
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Semarang: Erlangga.
- Sunjaya, Andy. dan Suryaoatmono Bambang. 2016. *Studi Perbandingan Konfigurasi Sistem Rangka Bresing Tahan Tekuk Terhadap Gempa* [skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Tarumanegara.
- Syarif, Abd. Rahman. dan Rahmat Tirta. 2015. *Studi Perencanaan Struktur Atap Hanggar Balai Kalibrasi Bandara Sultan Hasanuddin (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)* [skripsi]. Makassar (ID): Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Wiryanto, 2014. Capacity Ratio Lebih dari 1 Boleh Pak [internet]. [diakses 2018 Februari 25]. Tersedia pada: <https://wiryanto.blog>



# **LAMPIRAN - 1**

**(Perhitungan & Gambar  
Sebelumnya)**

## Daftar Isi

### I. Kriteria Perencanaan

- 1.1 Peraturan dan Standar
- 1.2 Material
- 1.3 Satuan dan Notasi
- 1.4 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan
- 1.5 Program Komputer

### II. Pemodelan dan Analisis Struktur

- 2.1 Pemodelan
- 2.2 Analisis
- 2.3 Kriteria Penerimaan

### III. Perhitungan Struktur Crossing Gantry

- 3.1 Perhitungan Beban
- 3.2 Diagram Pembebanan
- 3.3 Input dan Output SAP 2000
- 3.4 Rasio Tegangan
- 3.5 Reaksi Perletakan

UNIVERSITAS  
**BOSOWA**

## I. Kriteria Perencanaan

### 1.1 Peraturan dan Standar Perencanaan

Dokumen dan peraturan di bawah ini digunakan sebagai dasar perhitungan struktur untuk pekerjaan pembangunan gardu induk 150 kv. Dokumen tersebut adalah:

- SNI 03-1729 2002 : Tata Cara Perencanaan struktur Baja untuk Bangunan Gedung
- SNI 2847 2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- ACI : American Concrete Institute
- AISC LRFD : American Institute of steel Construction
- SNI 03-1726 2002 : Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk Bangunan Gedung

### 1.2 Material

- Baja Struktur : JIS -3101, Grade SS400 atau ST 37 ( $f_y = 240$  MPa)
- Baut dan Mur : JIS B 1051, Grade 8.8 ( $f_y = 640$  Mpa)

### 1.3 Satuan dan Notasi

Satuan yang dipakai dalam perhitungan adalah satuan internasional (SI) seperti di bawah;

- Panjang : meter, cm
- Moment : Kgf-cm atau Ton-m
- Gaya : Kgf, Tonf
- Massa : Kg
- Tegangan :  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  atau MPa.

### 1.4 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

#### a. Pembebanan

Beban-beban yang bekerja dalam perhitungan struktur Pekerjaan pembangunan gardu induk 150 kv ini adalah:

1. Beban Tetap (DL)
  - Berat sendiri Struktur Baja
  - Berat alat yang di pasang pada struktur seperti *conductor*, *insulator* dan *equipment* lain sesuai dengan fungsinya
2. Beban tidak tetap
  - Beban Angin (WL) Arah X dan Arah Y

- o Beban Horizontal akibat Penarikan Konduktor
- o Beban Short Circuit
- o Beban Gempa 0.3g ( Wilayah Gempa 6 menurut SNI 03 – 1726 )

**b. Kombinasi Pembebanan**

Kombinasi beban yang ditinjau adalah sebagai berikut:

- Case 1 1.5 DL + 1.5 NC + 1.5 WLX
- Case 2 1.5 DL + 1.5 NC + 1.5 WLY
- Case 3 1.1 DL + 1.1 BC1 + 1.1 WLX
- Case 4 1.1 DL + 1.1 BC1 + 1.1 WLY
- Case 5 1.1 DL + 1.1 BC2 + 1.1 WLX
- Case 6 1.1 DL + 1.1 BC2 + 1.1 WLY
- Case 7 1.1 DL + 1.1 BC3 + 1.1 WLX
- Case 8 1.1 DL + 1.1 BC3 + 1.1 WLY
- Case 9 1.1 DL + 1.1 LOS + 1.1 WLX
- Case 10 1.1 DL + 1.1 LOS + 1.1 WLY
- Case 11 1.1 DL + 1.1 SC + 1.1 WLX
- Case 12 1.1 DL + 1.1 SC + 1.1 WLY
- Case 13 1.1 DL + 1.1 EQx + 1.1 WLX
- Case 14 1.1 DL + 1.1 EQy + 1.1 WLY

Keterangan	DL	= Beban Mati
	WLX	= Beban Angin arah X
	WLY	= Beban Angin Arah Y
	NC	= Beban Kondisi Normal
	BC1	= Beban Kondisi Broken 1
	BC2	= Beban Kondisi Broken 2
	BC3	= Beban Kondisi Broken 3
	LOS	= Beban Kondisi Pada Saat di bebani Satu sisi
	SC	= Beban Kondisi Short Circuit
	EQ	= Beban Gempa

Pada semua kombinasi pembebanan tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan leleh yang direduksi menurut SK-SNI 2002. Faktor reduksi kekuatan sesuai SK-SNI 2002 yaitu:

Reduksi kekuatan untuk lentur atau geser	:0.9
Reduksi kekuatan untuk aksial tarik	:0.9
Reduksi kekuatan untuk aksial tekan	:0.85

**1.5 Program Komputer**

Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program komputer SAP 2000 Versi 11.

## II. Pemodelan dan Analisis Struktur

### 2.1 Pemodelan

Struktur dimodelkan secara 3 Dimensi dalam program SAP 2000, Pemodelan struktur ini meliputi;

- Input Material
- Input profil baja
- Input Beban yang ditinjau dan kombinasi beban
- Pemodelan 3d dan input perletakan sendi pada tumpuan
- Input peraturan perencanaan yang digunakan yaitu AISC LRFD dengan modifikasi koefisien koefisien reduksi sesuai SK-SKNI 2002

### 2.2 Analisis

Setelah masukan data geometri, material, dan beban selesai, maka struktur dianalisis 3 Dimensi secara *static linear analysis*.

### 2.3 Kriteria Penerimaan

Sesuai dengan peraturan SNI 1729 2002 atau AISC LRFD 1993 yang digunakan sebagai referensi, maka kriteria penerimaan yang berhubungan dengan tegangan yang terjadi pada struktur adalah sebagai berikut.

1. Tegangan yang terjadi pada struktur akibat kombinasi dan factor beban harus lebih kecil dari tegangan leleh baja yang direduksi, Stress rasio antara tegangan actual dan tegangan leleh reduksi lebih kecil dari 1.



### III. PERHITUNGAN STRUKTUR GANTRY

#### 3.1 Perhitungan Beban

##### A. Jarak Span Ke Tower Transmission Line

Basic Span	100 M
Weight Span	200 M
Wind span	143 M

##### B. Jarak Span antar Kolom Gantry

Basic Span	30 M
Weight Span	60 M
Wind span	43 M

##### C. Beban Steel Support

\* Maksimum beban tarik :

- TAL 980 ( Transmission line )	850 kg/cond
- GSW 55 ( Transmission line )	850 kg
- TAL 980 ( Antar Kolom )	300 kg/cond
- GSW 55 ( Antar kolom )	300 kg

\* Beban Angin 40 kg/m<sup>2</sup>

- TAL 980	$40 \times 0.0447 =$	1.788 kg/m'
- GSW 55	$40 \times 0.0096 =$	0.384 kg/m'

\* Beban angin pada Isolator :  $2 \times 12 \times 0.32 \times 0.170 \times 60 =$  78  $\approx$  80 kg

\* Beban angin pada struktur baja 120 kg/m<sup>2</sup>

\* Berat Isolator : 300 kg

\* Berat Konduktor :

- TAL 980	=	2.709 kg/m
- GSW 55	=	0.446 kg/m

D Perhitungan pembebanan Konduktor ke Transmisi  
 KONDUKTOR 1 x TAL 980  
 LINE ANGLE : 0

1. BEBAN KONDUKTOR NORMAL

a. Beban Transversal

Angin pada konduktor	1	x	1.788	x	71.50	=	128	Kg
Sudut garis transmisi	1	x	850	x	Sin 0	=	-	Kg
Angin pada Insulator	1	x	80			=	80	Kg
<b>Beban Transversal Total</b>							<b>208</b>	<b>Kg</b>

b. Beban vertikal

Berat Konduktor	1	x	2.709	x	100	=	271	Kg
Beban Insulator	1	x	300			=	300	Kg
Beban Orang dan Peralatan						=	120	Kg
<b>Beban Vertikal total</b>							<b>691</b>	<b>Kg</b>

c. Beban Longitudinal 1 x 850 x Cos 0 = 850 Kg

2. BEBAN EARTH WIRE NORMAL

a. Beban Transversal

Angin pada earth wire	1	x	0,384	x	71.5	=	27	Kg
Sudut garis transmisi	1	x	850	x	Sin 0	=	-	Kg
							<b>27</b>	<b>Kg</b>

b. Beban vertikal

Berat earthwire	1	x	0.446	x	100	=	45	Kg
Beban Orang dan Peralatan						=	120	Kg
<b>Beban Vertikal total</b>							<b>165</b>	<b>Kg</b>

c. Beban Longitudinal 1 x 850 x Cos 0 = 850 Kg

**E Perhitungan pembebanan Antar Kolom**  
**KONDUKTOR 1 x TAL 980**  
**LINE ANGLE: 0**

**1. BEBAN KONDUKTOR NORMAL**

**a. Beban Transversal**

Angin pada konduktor	1 x	1.788 x	22 =	38	Kg
Sudut garis transmisi	1 x	300 x Sin 0	=	-	Kg
Angin pada Insulator	1 x	80	=	80	Kg
<hr/>					
Beban Transversal Total				118	Kg

**b. Beban vertikal**

Berat Conduktor	1 x	2.709 x	30 =	81	Kg
Beban Insulator	1 x	300	=	300	Kg
Beban Orang dan Peralatan			=	120	Kg
<hr/>					
Beban Vertikal total				501	Kg

**c. Beban Longitudinal**  $1 \times 300 \times \cos 0 = 300 \text{ Kg}$

**2. BEBAN EARTH WIRE NORMAL**

**a. Beban Transversal**

Angin pada earth wire	1 x	0.384 x	22 =	8	Kg
Sudut garis transmisi	1 x	300 x Sin 0	=	-	Kg
<hr/>					
				8	Kg

**b. Beban vertikal**

Berat earthwire	1 x	0.446 x	30 =	13	Kg
Beban Orang dan Peralatan			=	120	Kg
<hr/>					
Beban Vertikal total				133	Kg

**c. Beban Longitudinal**  $1 \times 300 \times \cos 0 = 300 \text{ Kg}$

F Perhitungan pembebanan Antar Kolom  
 KONDUKTOR 2 x TAL 980  
 LINE ANGLE : 0

1. BEBAN KONDUKTOR BROKEN

a. Beban Transversal

Angin pada konduktor	2	x	1.788	x	22	=	77	Kg	
Sudut garis transmisi	2	x	300	x	Sin 0	=	-	Kg	
Angin pada Insulator	1	x	80			=	80	Kg	
<hr/>								Beban Transversal Total	157 Kg

b. Beban vertikal

Berat Conduktor	2	x	2.709	x	30	=	163	Kg	
Beban Insulator	1	x	300			=	300	Kg	
Beban Orang dan Peralatan						=	120	Kg	
<hr/>								Beban Vertikal total	583 Kg

c. Beban Longitudinal  $2 \times 300 \times \cos 0 = 600 \text{ Kg}$

UNIVERSITAS  
**BOSOWA**



**Conductor TAL 980**

**a. Data konduktor :**

Type konduktor	:	TAL 980
Diameter konduktor ( Ø )	:	40,7 mm
Luas penampang konduktor ( F )	:	978,4 mm <sup>2</sup>
Panjang Span ( L )	:	28 m
Berat konduktor ( Wo )	:	2.709 kg/m
Modulus elastisitas konduktor ( E )	:	5500 kg/mm <sup>2</sup>
Koefisien muai panjang konduktor ( α )	:	2.30E-05 per °C
Temperatur Minimum harian ( tm )	:	30 °C

Tekanan angin pada konduktor (p) = 0 kg/m<sup>2</sup>

$$f_{sag 80^\circ C} = 3.0\% \times L = 0.84 \text{ m}$$

$$T_{80} = \frac{WL^2}{8f} = \frac{2.709 \times 28^2}{8 \times 0.84} = 316.05$$

$$E \times F \times \alpha \times (80-30) + \frac{W_{30}^2 \times L^2 \times E \times F}{24 \times T_{30}^2} - T_{30} = \frac{W_{80}^2 \times L^2 \times E \times F}{24 \times T_{80}^2} - T_{80}$$

$$6188.38 + \frac{1290036399.78}{T_{30}^2} - T_{30} = \frac{1290036399.78}{T_{80}^2} - 316.05$$

$$\frac{1290036399.78}{T_{30}^2} - T_{30} = 6410.45$$

$$T_{30}^3 + 6410.45 T_{30}^2 = 1290036399.8$$

$$T_{30} = 434.137 \text{ kg}$$

$$E \times F \times \alpha \times (15-30) + \frac{W_{30}^2 \times L^2 \times E \times F}{24 \times T_{30}^2} - T_{30} = \frac{W_{15}^2 \times L^2 \times E \times F}{24 \times T_{15}^2} - T_{15}$$

$$-1856.514 + \frac{6844.60}{T_{30}^2} - 434.137 = \frac{1290036400}{T_{15}^2} - T_{15}$$

$$T_{15}^3 + 4553.95 T_{15}^2 = 1290036399.8$$

$$T_{15} = 504.977 \text{ kg}$$

**SAG**

$$T_{15} = \frac{W_o \times L^2}{8 \times f}$$

$$f = \frac{2.709 \times 28^2}{8 \times 504.977}$$

$$f = 0.526 \text{ m}$$

**Actual Tension**

$$T_m = T ( 1 + (W_o^2 \times L^2 / 8T^2) )$$

$$= 506.401 \text{ kg}$$

## SHORT CIRCUIT CALCULATION

$$\begin{aligned} \text{Short Circuit} &= 40 \text{ kV} \\ \text{Phase to phase(D)} &= 3 \text{ m} \\ f &= 0.526 \text{ m} \\ \text{Asymmetric Factor(b)} &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_m &= 0.612 \times 10^{-8} \times b^2 \times I_{sc}^2 / (D+4f/3) \\ F_m &= 0.612 \times 10^{-8} \times 2^2 \times 40000^2 / (3+4 \times (0.526/3)) \\ &= 10.582 \text{ daN/m} \\ &= 10.787 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{sc} &= \sqrt{(2.709^2 + 11^2)} \\ &= 11.122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_0 &= T_{30} = 434.1 \text{ kg} \\ t_2 &= T_{15 \text{ short circuit}} = T_{15Sc} \end{aligned}$$

$$T_2^3 + T_2^2 (E \times F \times \alpha \times (t_2 - t_0)) + W_0^2 \times L^2 \times E \times F / (24T_0^2 - T_0) - W_{sc}^2 \times L^2 \times E \times F / (24) = 0$$

$$T_{15Sc}^3 + T_{15Sc}^2 (-1856.514 + 6844.605 - 434.137) - 21744515530 = 0$$

$$\begin{aligned} T_{15Sc}^3 + 4553.954 T_{15Sc}^2 &= 2.174E+10 \\ T_{15Sc} &= 1843.602 \text{ kg} \end{aligned}$$

SAG

$$\begin{aligned} T_{15Sc} &= W_{sc} \times L^2 / (8 \times f) \\ f &= 11.122 \times 28^2 / (8 \times 1843.602) \\ f &= 0.591 \text{ m} \end{aligned}$$

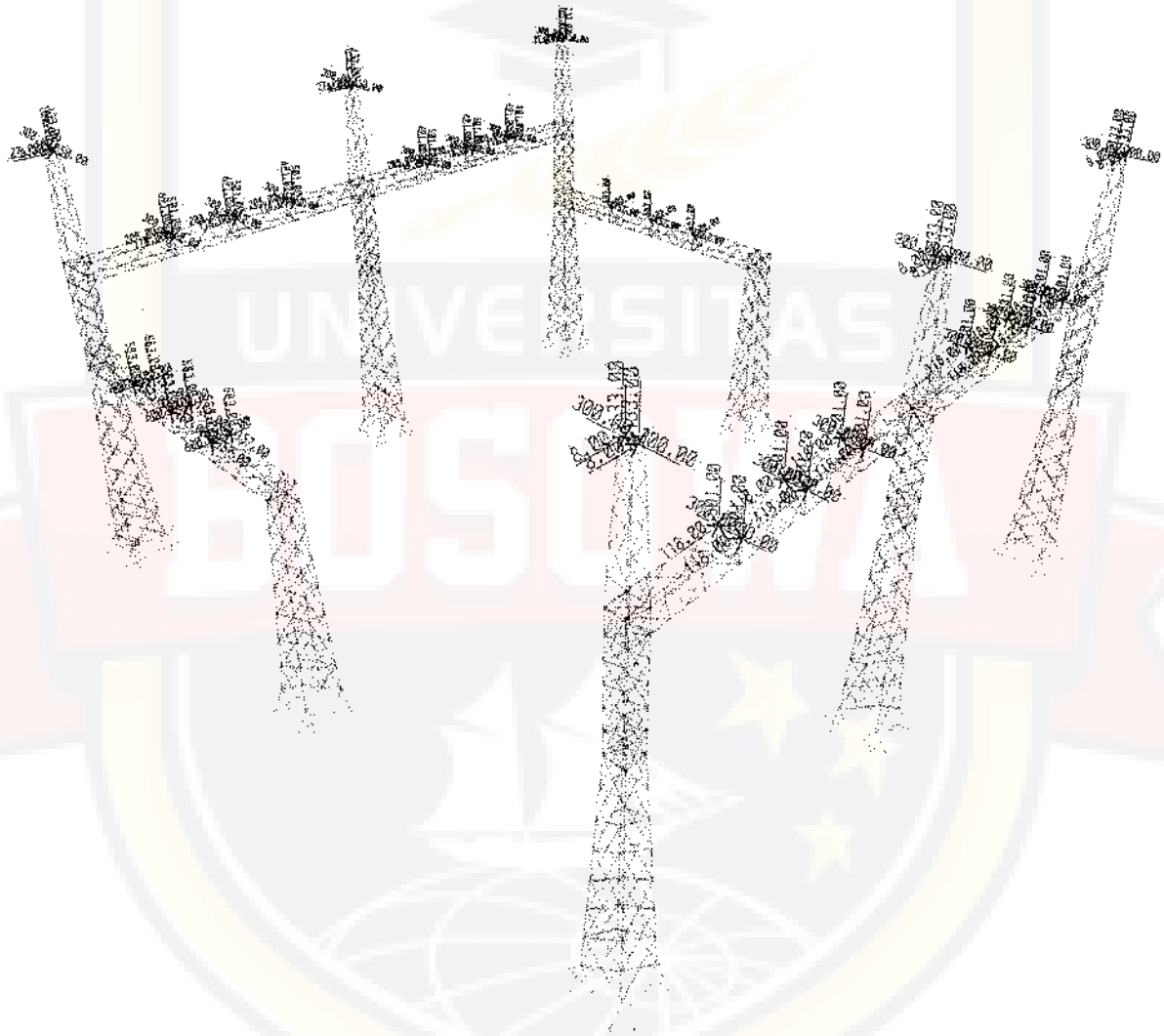
Actual Tension

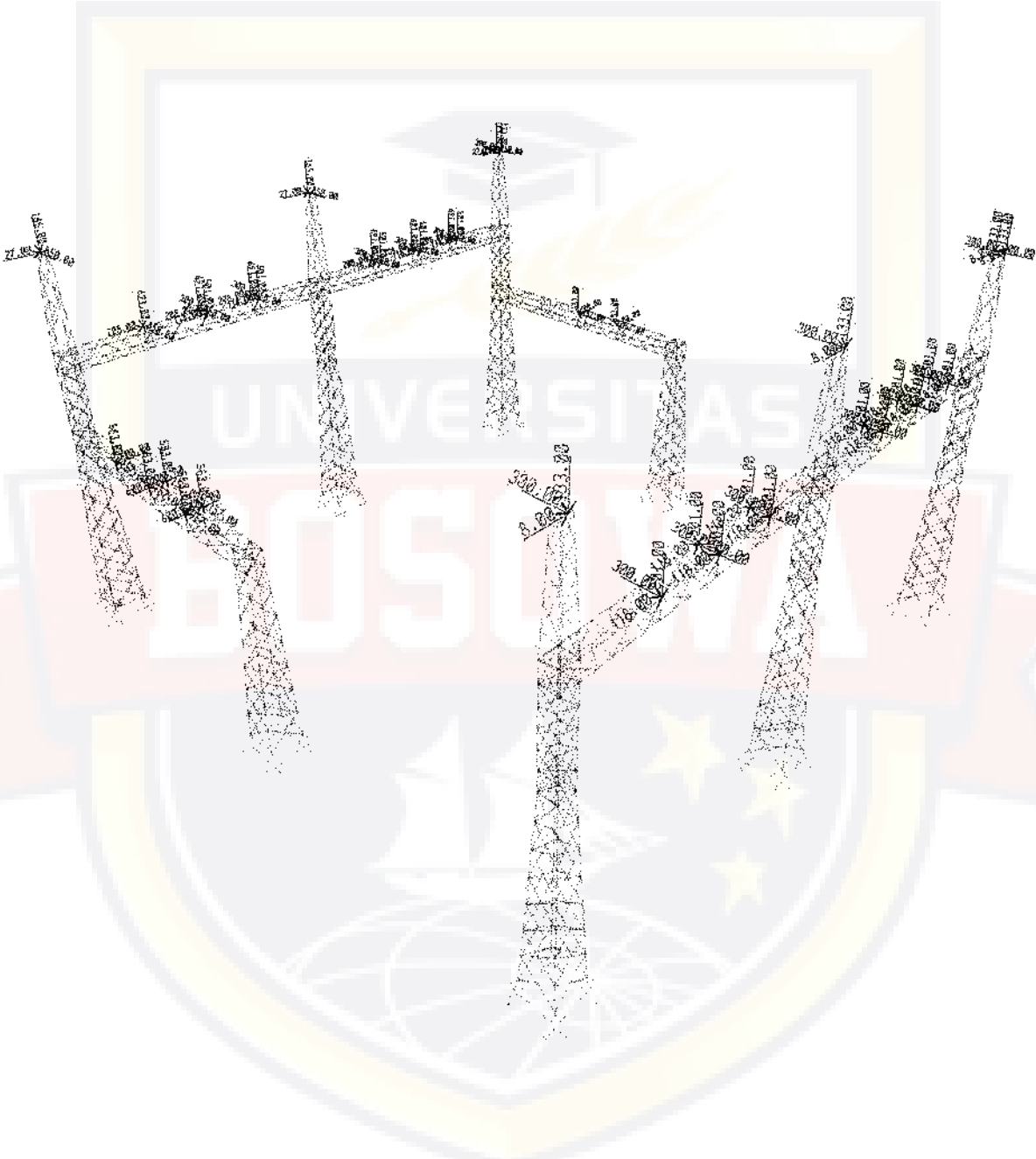
$$\begin{aligned} T_m &= T (1 + (W_{sc}^2 \times L^2 / 8T^2)) \\ &= 1850.177 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \Phi &= \frac{T_{15}}{T_m} \\ &= \frac{1843.60}{1850.18} \\ \Phi &= 4.832 \end{aligned}$$

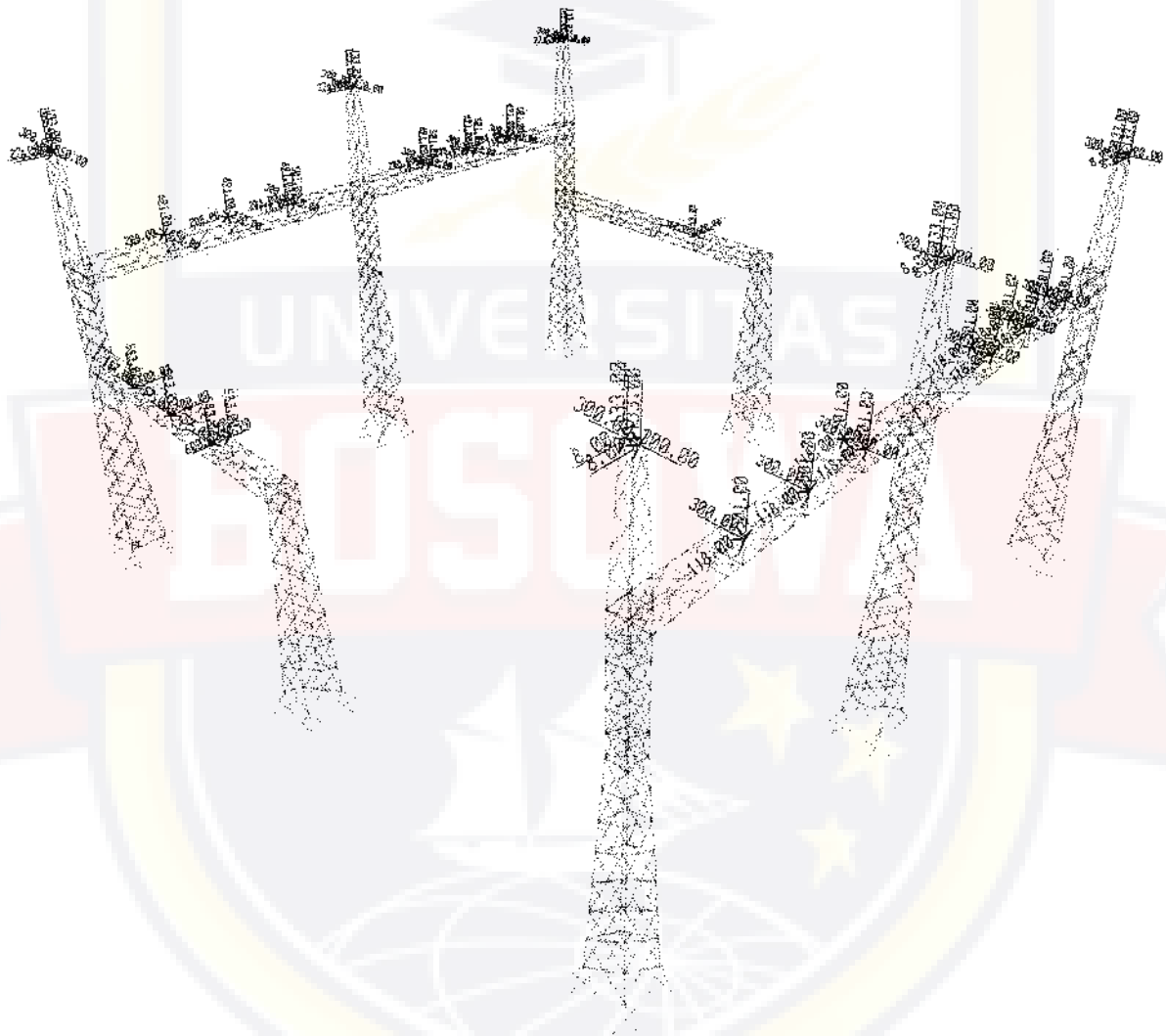
$$\begin{aligned} T_h &= T_m \cos (\Phi \cdot \pi / 180) \\ &= 1850.18 \text{ kg} \end{aligned}$$

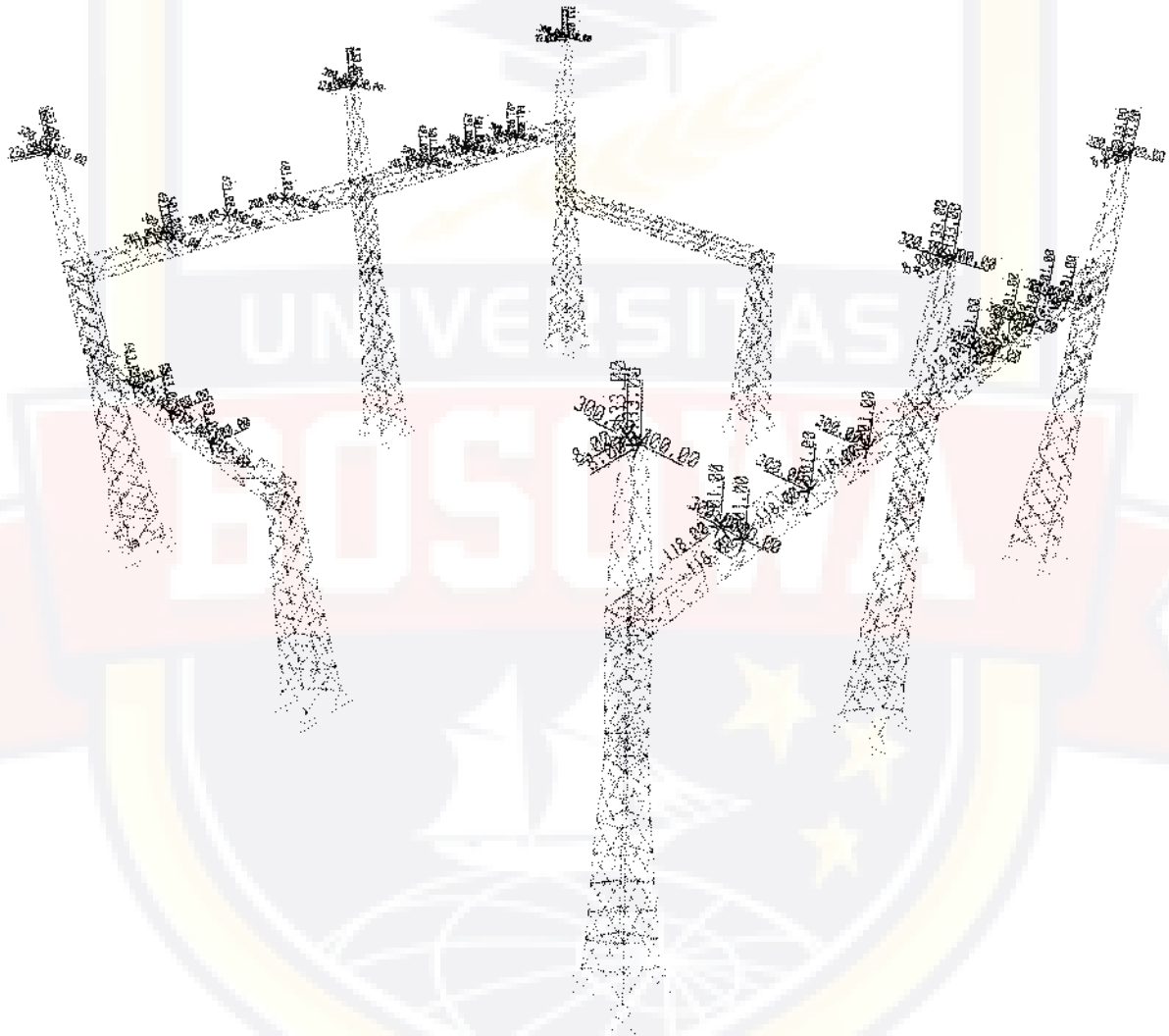
$$\begin{aligned} T_v &= T_m \sin (\Phi \cdot \pi / 180) \\ &= 2.723 \text{ kg} \end{aligned}$$

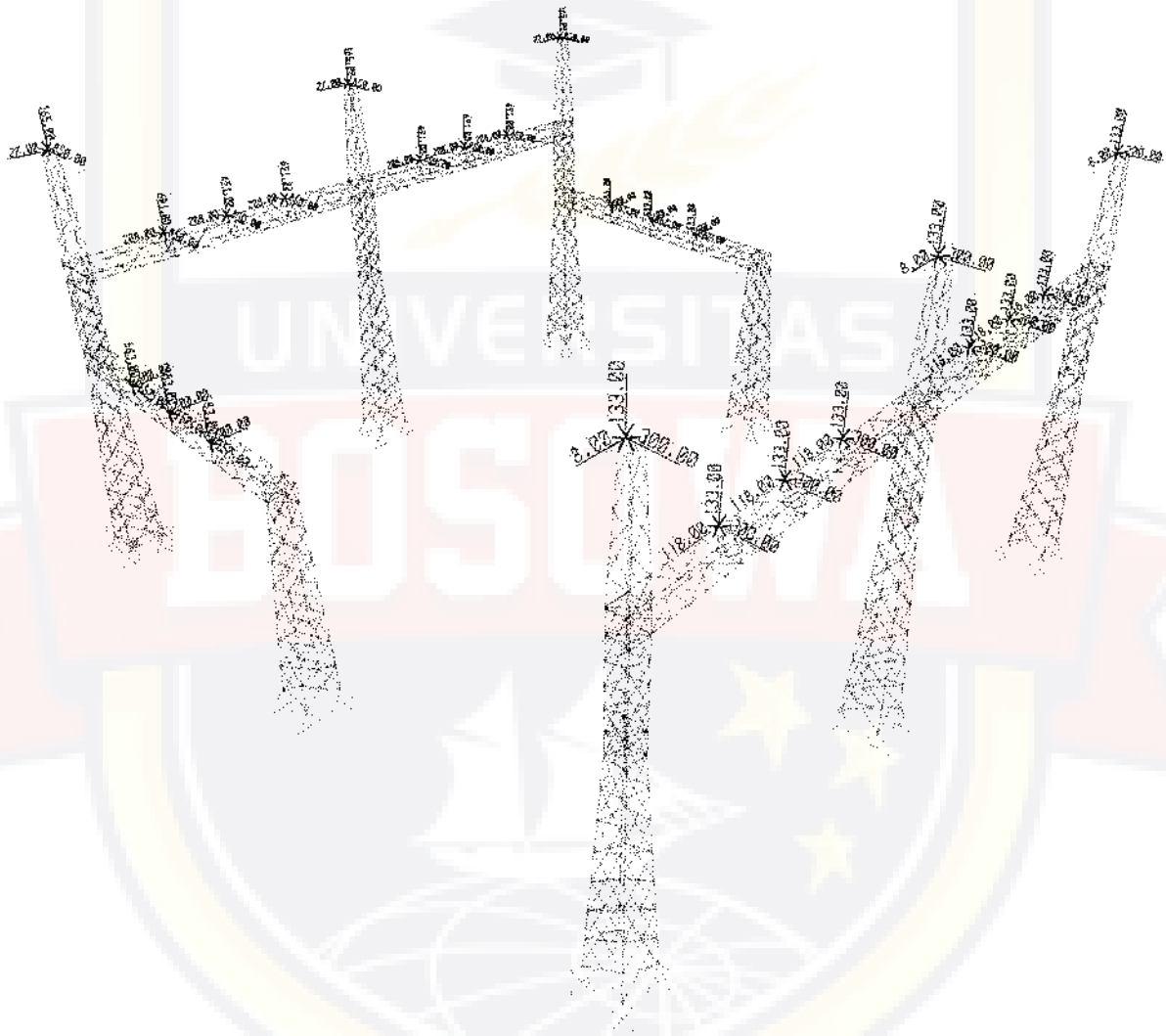


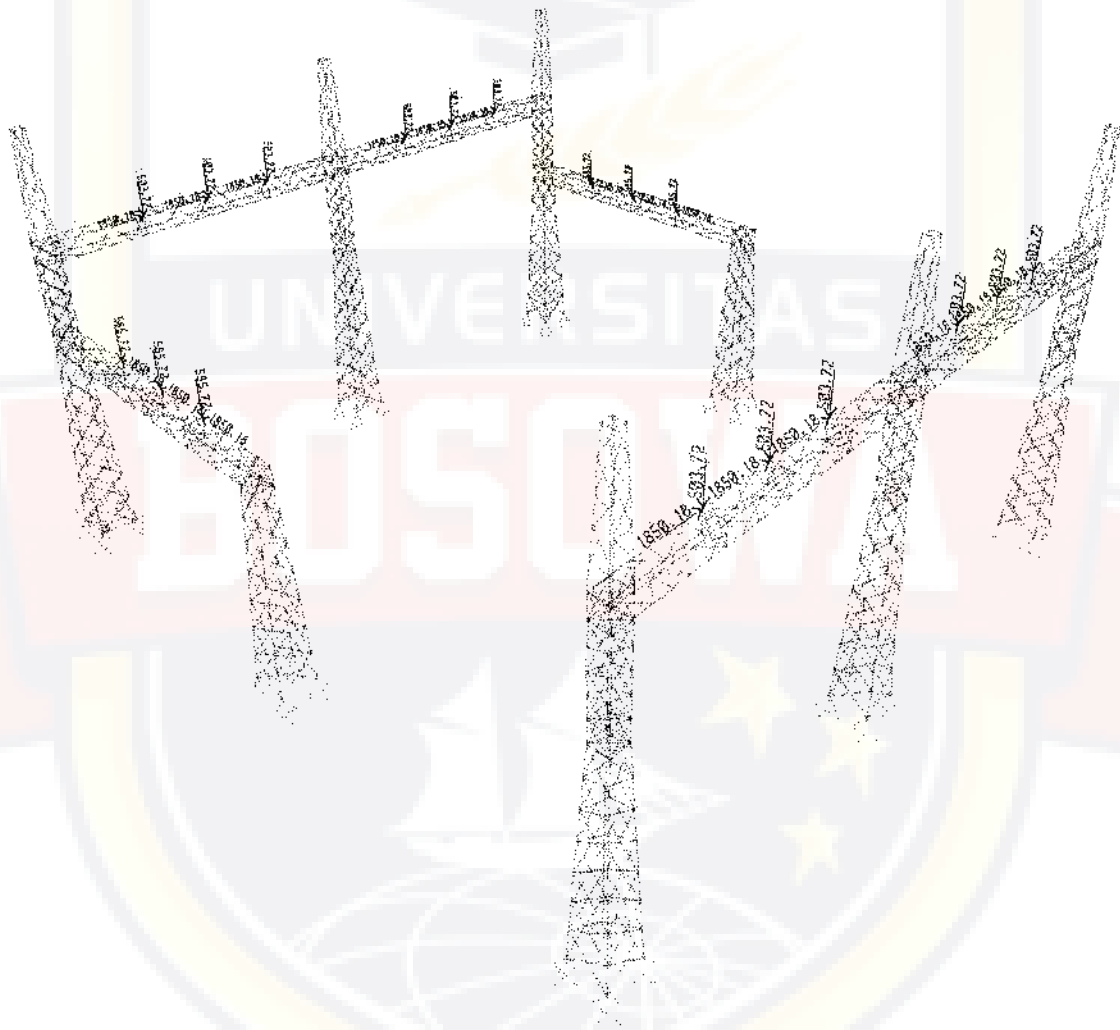






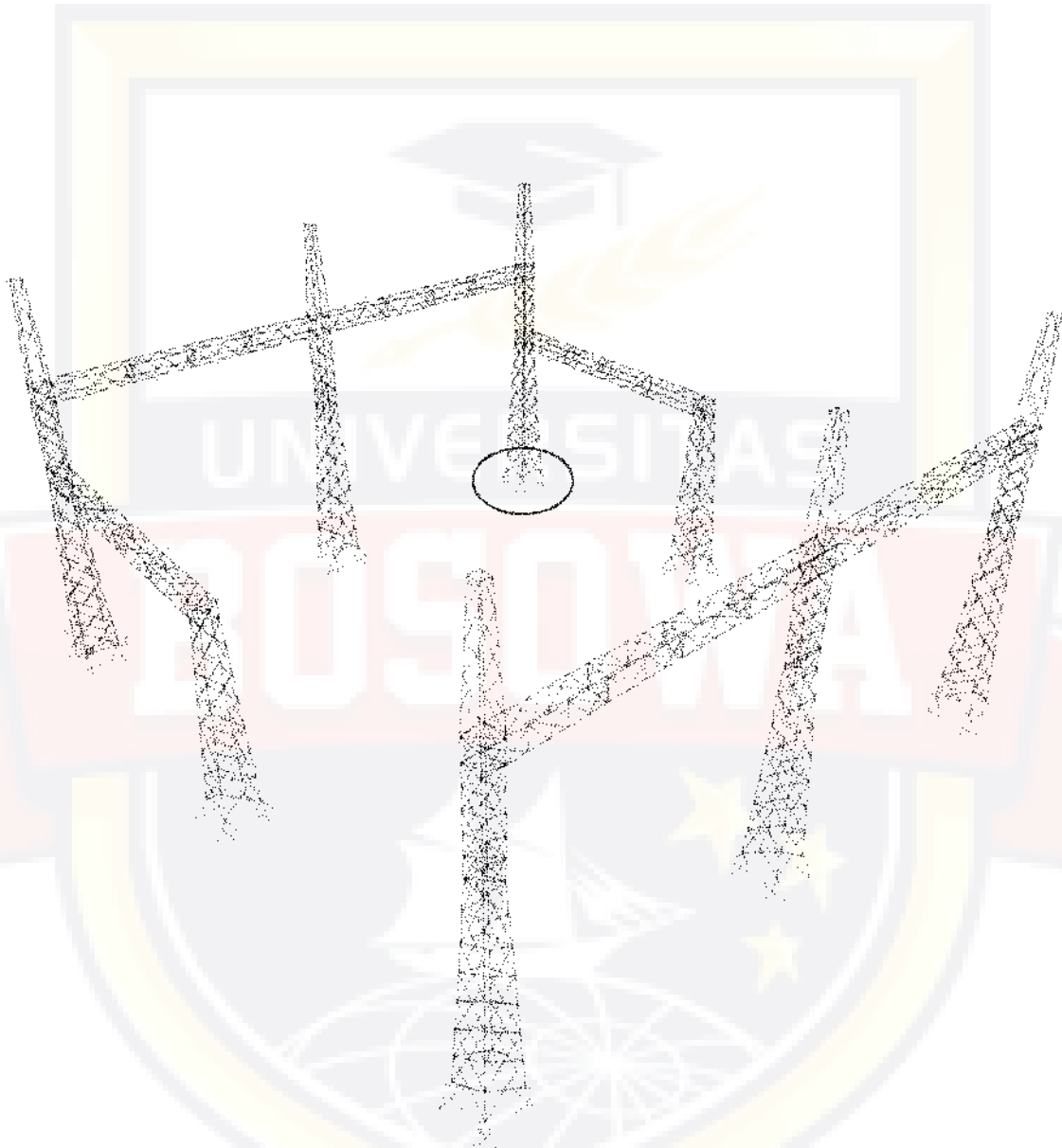


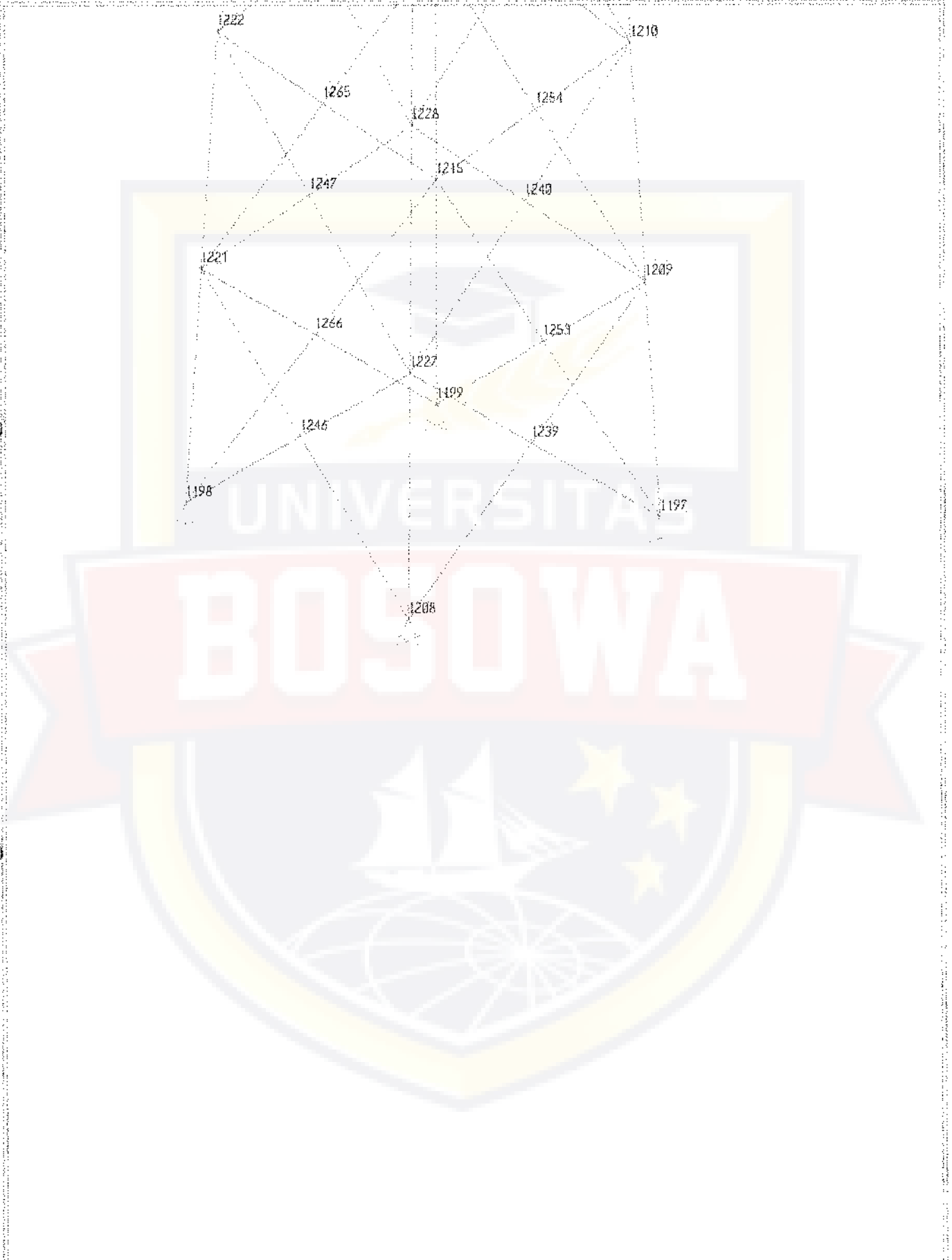














## ANCHOR BOLT CALCULATION

### STEEL & CONCRETE PROPERTIES

• $\sigma_{yield}$	=	2400	kg/cm <sup>2</sup>
• $f_c$	=	186.75	kg/cm <sup>2</sup>
• $\sigma_{ult}$	=	4000	kg/cm <sup>2</sup>

### FORCE

• P shear	=	2070.53	kg
• P tension	=	21089	kg

diameter ( $\phi$ )	=	32	mm	=	1.260	inch
Number	=	4				

### CHECKING

☞ Area of Anchor Bolt

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{\pi}{4} \left[ d - \frac{0.974}{n} \right]^2 \\
 &= \frac{\pi}{4} \left[ 1.260 - \frac{0.974}{6} \right]^2 \\
 &= 0.946 \text{ inch}^2 = 610.3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s_{tot}} = 2441.4 \text{ mm}^2$$

☞ Area of Anchor Bolt Required

$$\begin{aligned}
 A_{sr} &= \frac{T}{F_y} + \frac{V}{(\mu) 0.85 F_y} \\
 &= \frac{21089}{2400} + \frac{2070.5}{0.55 \times 0.85 \times 2400} \\
 &= 10.6325 \text{ cm}^2 = 1063.246 \text{ mm}^2 < 2441 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{SAFE}
 \end{aligned}$$

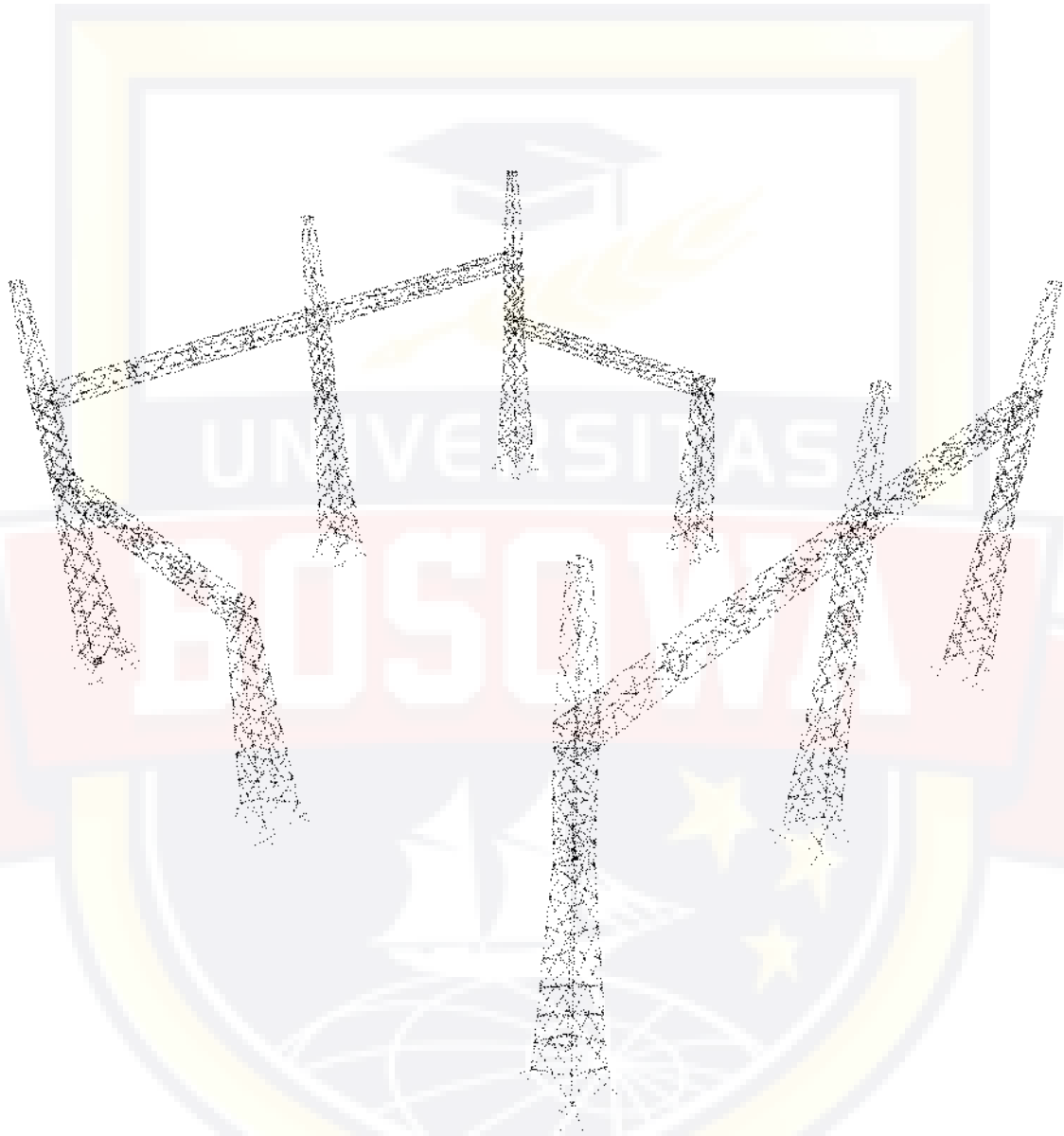
☞ Length of anchor bolt required

$$\begin{aligned}
 F_{cv} &= 0.53 \sqrt{f_c} \\
 &= 7.24279 \text{ kg/cm}^2 \\
 L_e &= \frac{P \text{ tension}}{F_{cv} \cdot N \cdot \pi \cdot D} \\
 &= \frac{21088.950}{291.1024044} \\
 &= 72.445 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Minimum Length for anchor bolt

$$\begin{aligned}
 L_m &= 12 d \sqrt{\frac{F_u}{58 \Psi}} \\
 &= 12 \times 3.2 \times \sqrt{\frac{400}{58 \times 6.89}} \\
 &= 38.42 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

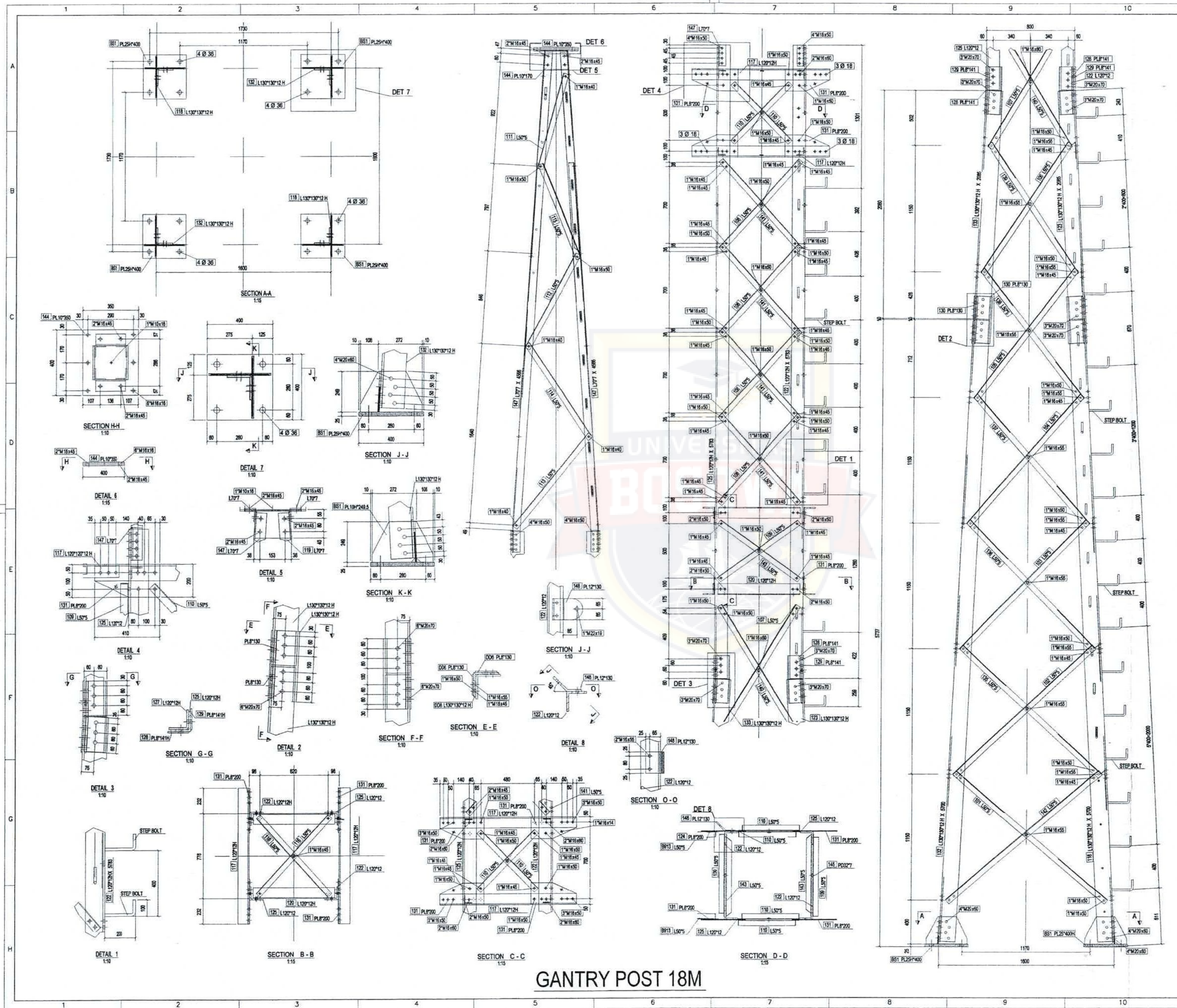
**used anchor dimension**      4  $\phi$  32 cm    L= 125 cm      (ASTM A307)





NOTES

1. ALL DIMENSION ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE STATE LEVELS IN METER.
2. CONCRETE : K 225
3. REINFORCEMENT : D > 13 - BJTJ 39  
D < 13 - BJTJ 24
4. STEEL STRUCTURE : A36/SS400
5. BOLT : A325



GANTRY POST 18M

00	FOR APPROVAL	08.01.2015		
REV.	MODIFICATION	DATE	PREPARED	CHECKED
OWNER :				
CONTRACT NO :				
CONTRACTOR :				
PROJECT :				
PEKERJAAN PEMBANGUNAN GI 150KV PUNAGAYA (NEW)				
TITLE :				
Gantry				
DWG No: 001-FG-14-CTI-PGSS-11-05-10		SCALE : NTS		
DATE	SIGNATURE	PAGES :		
DRAWN 08.01.2015		1 of 4		
CHECKED 08.01.2015		REV. 0		
APPROVED 08.01.2015				

NOTES

1. ALL DIMENSION ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE STATE LEVELS IN METER.
2. CONCRETE : K 225
3. REINFORCEMENT : D > 13 - BJTD 39  
D < 13 - BJTP 24
4. STEEL STRUCTURE : A36/SS400
5. BOLT : A325

REV.	FOR APPROVAL	DATE	PREPARED	CHECKED
00		08.01.2015		

OWNER :

CONTRACT NO :

CONTRACTOR :

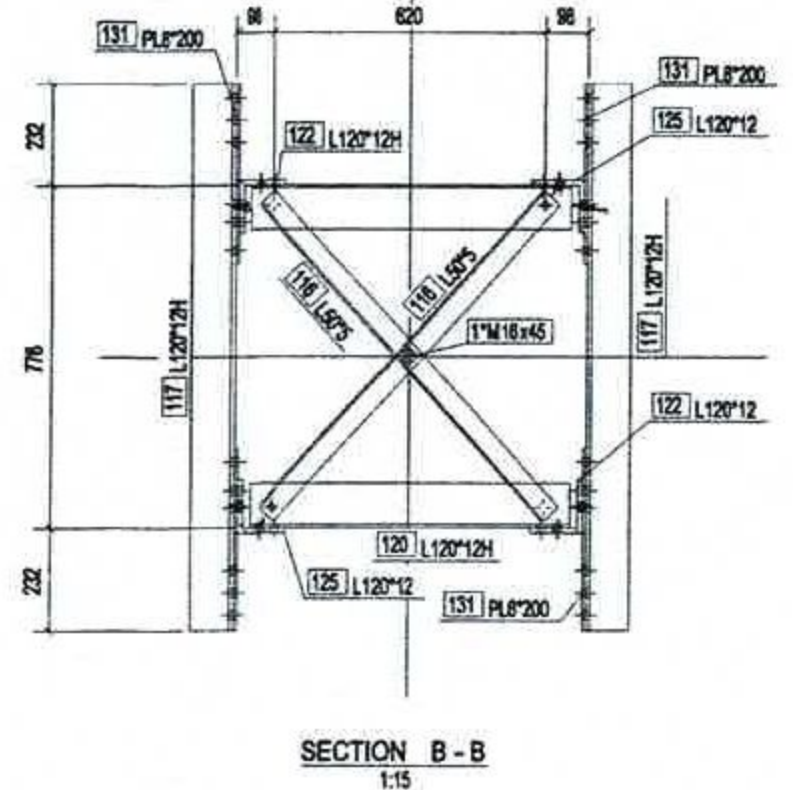
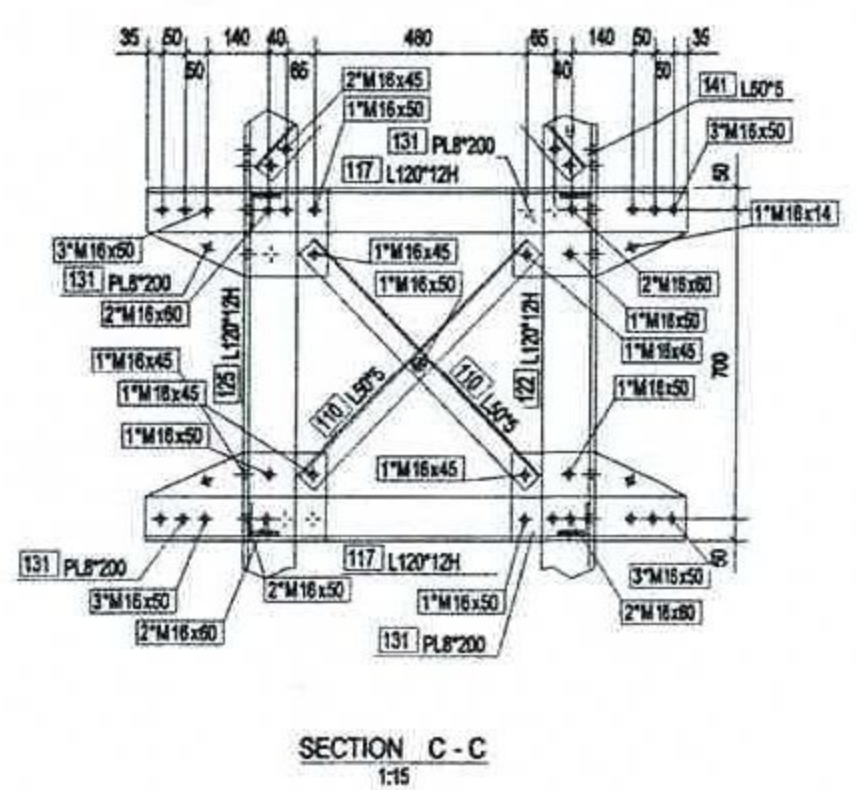
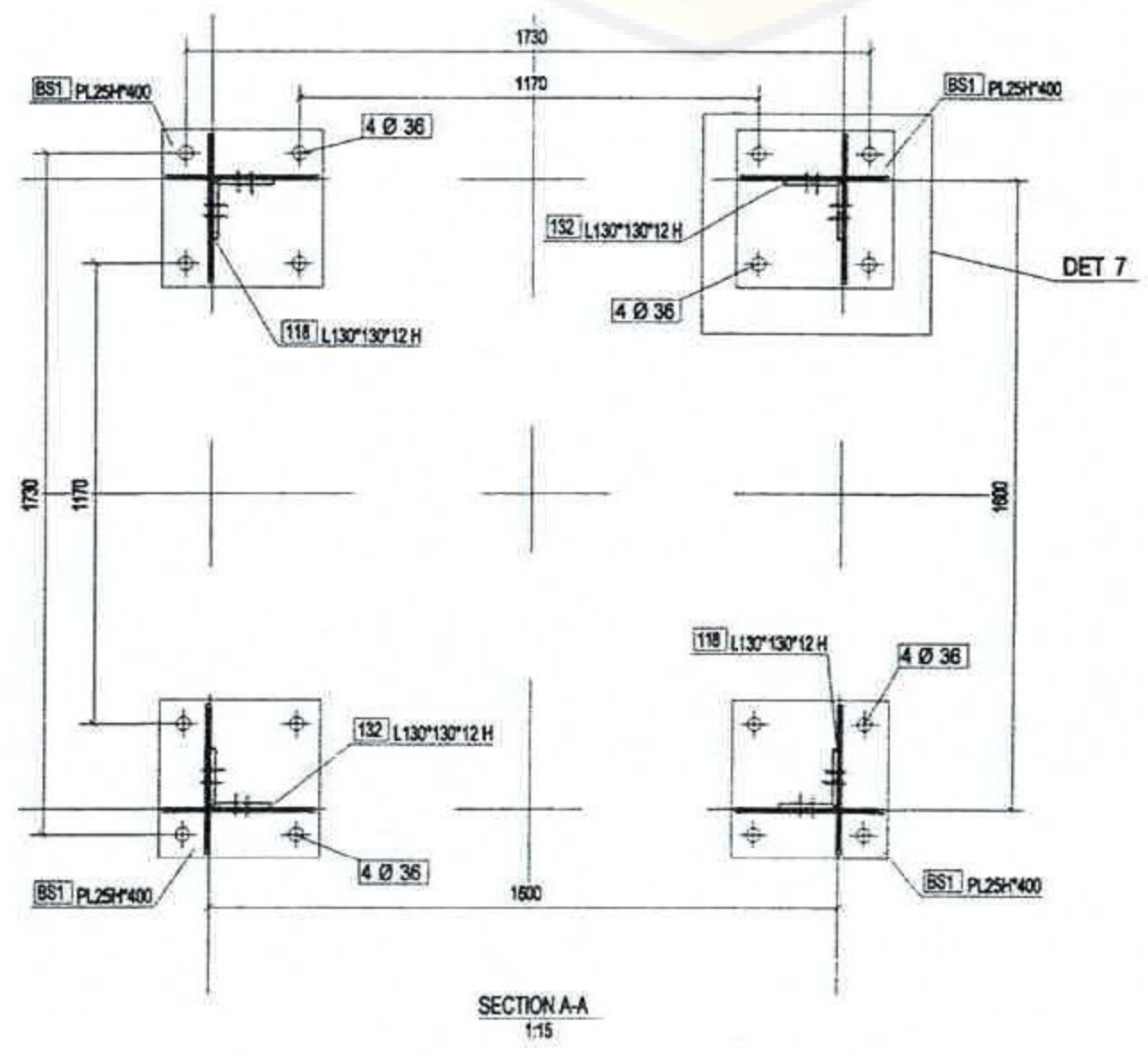
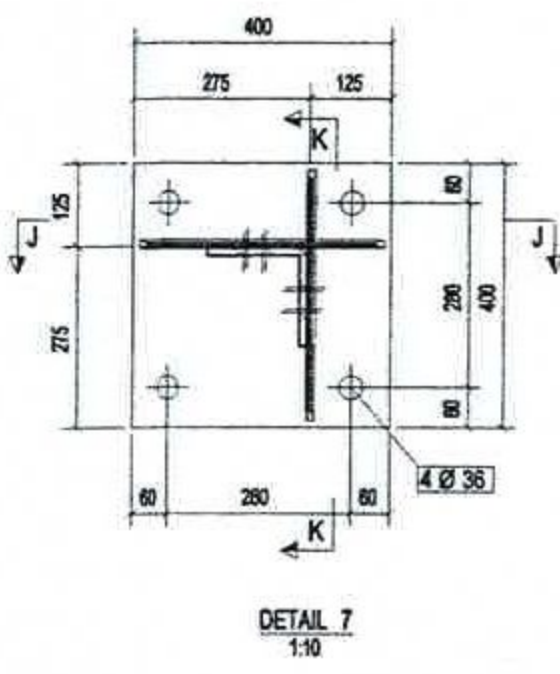
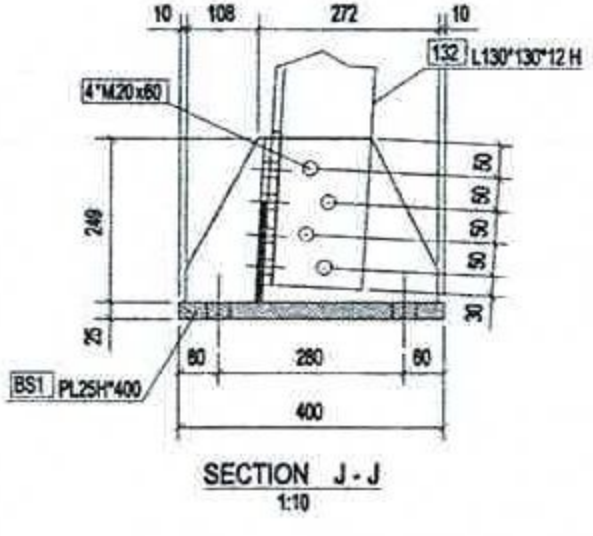
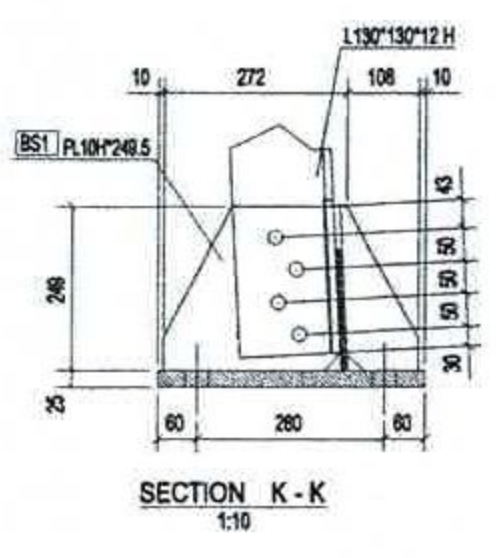
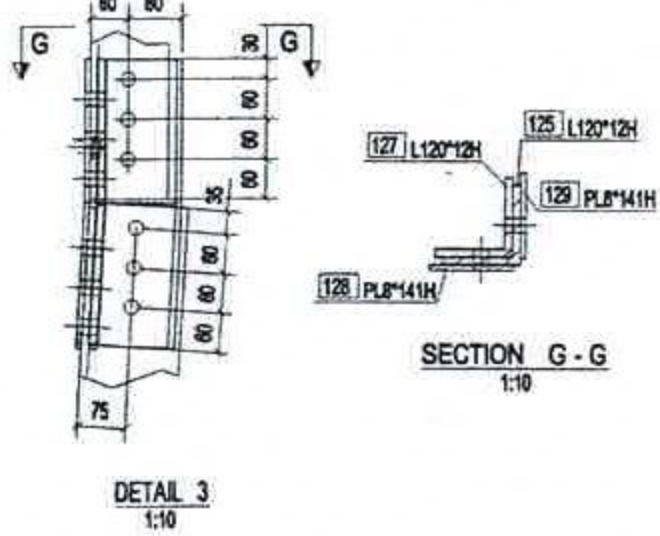
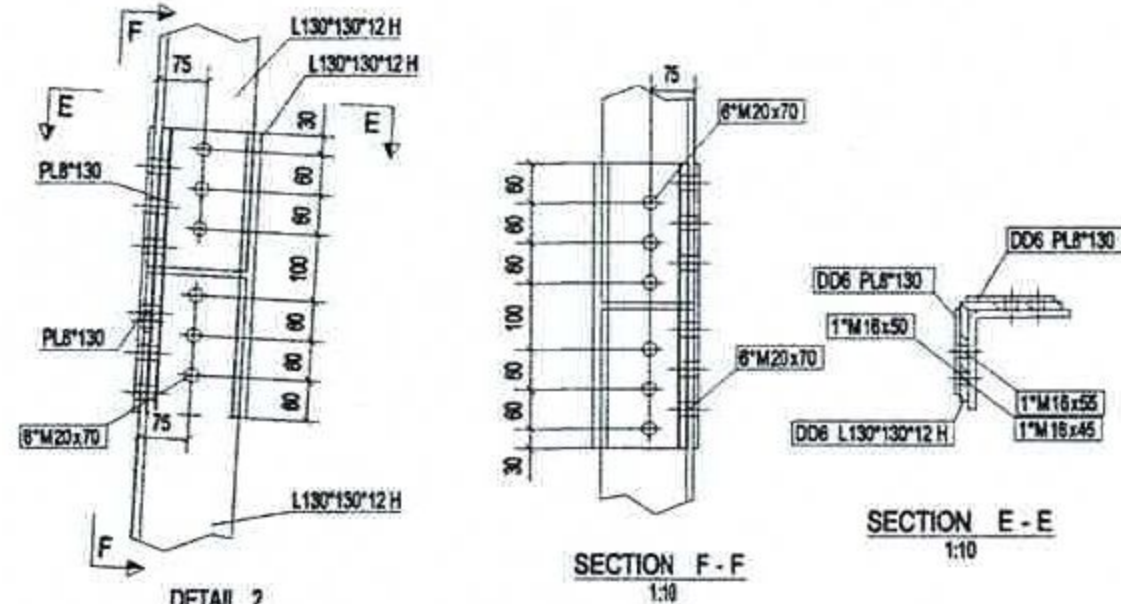
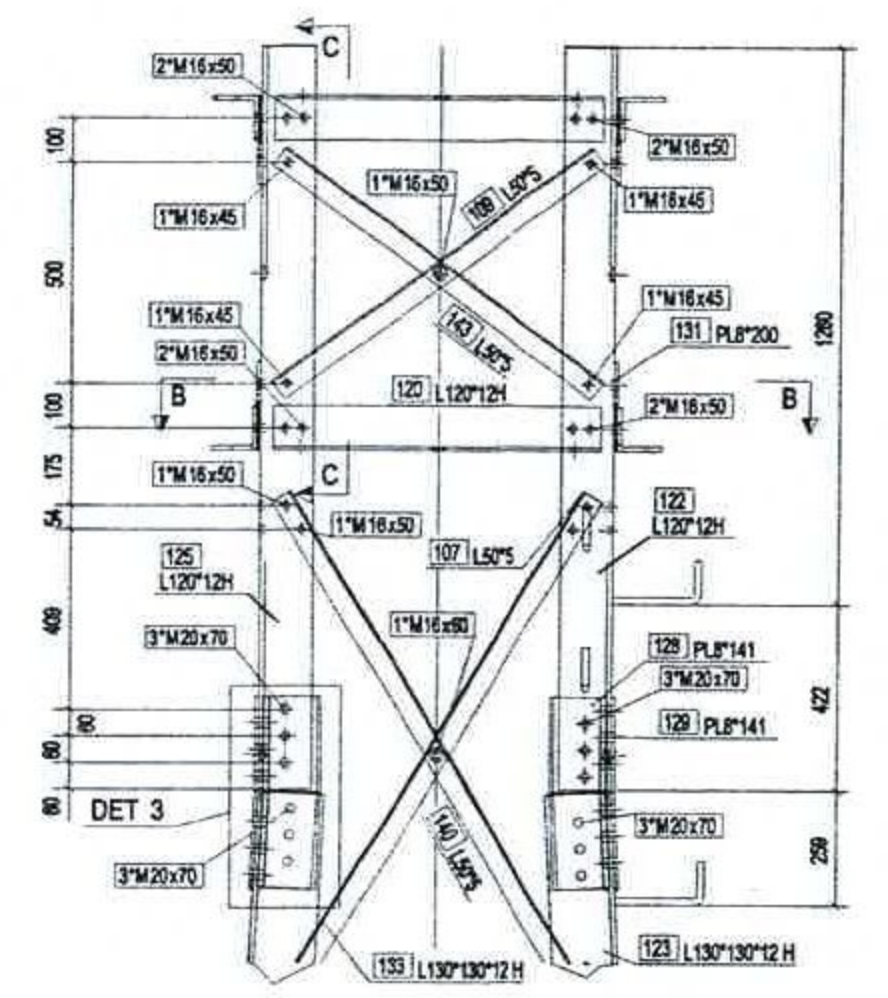
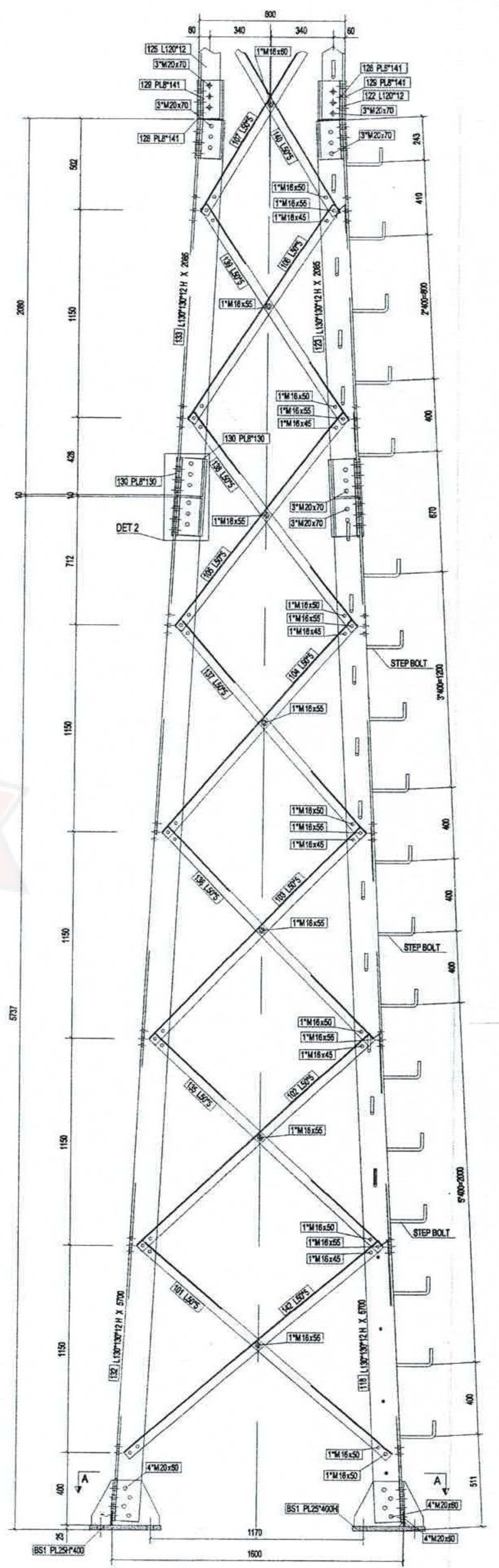
PROJECT :

**PEKERJAAN PEMBANGUNAN  
GI 150kV PUNAGAYA (NEW)**

TITLE :

**Gantry**

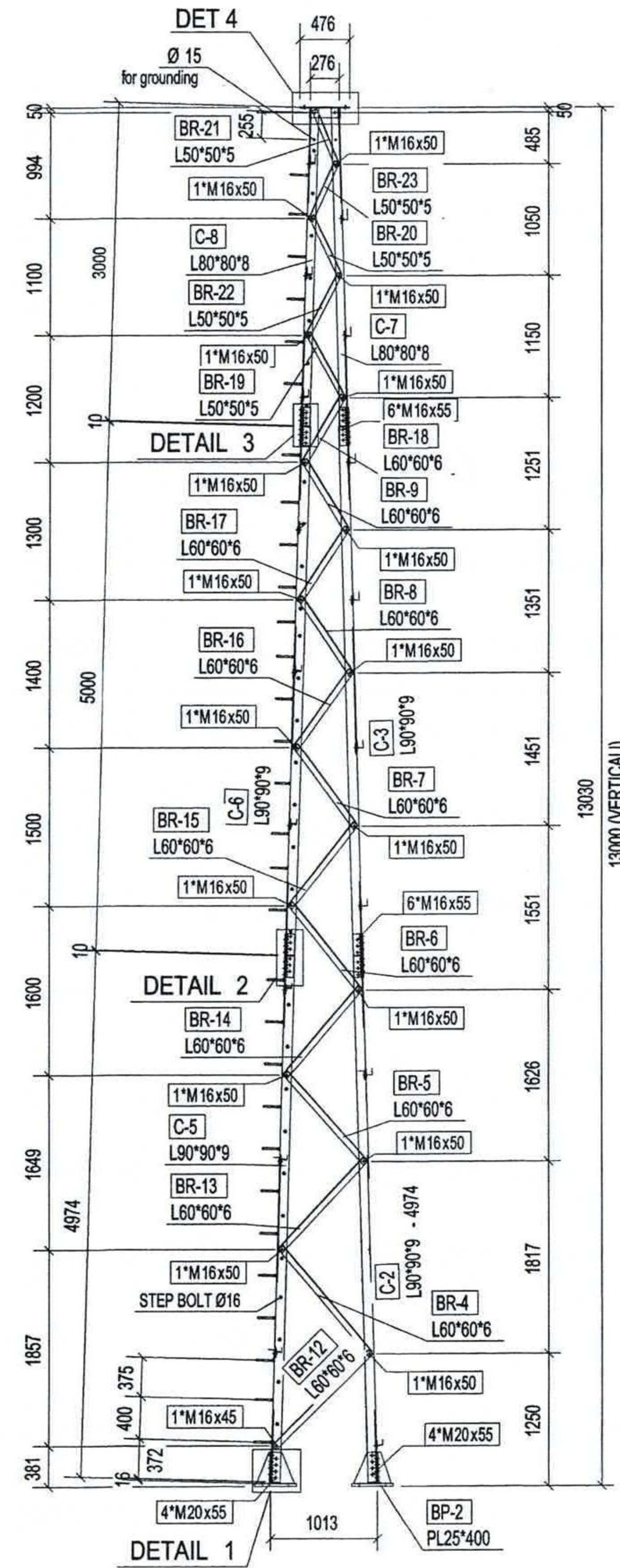
DATE	SIGNATURE	PAGES :
DRAWN 08.01.2015		2 of 4
CHECKED 08.01.2015		
APPROVED 08.01.2015		



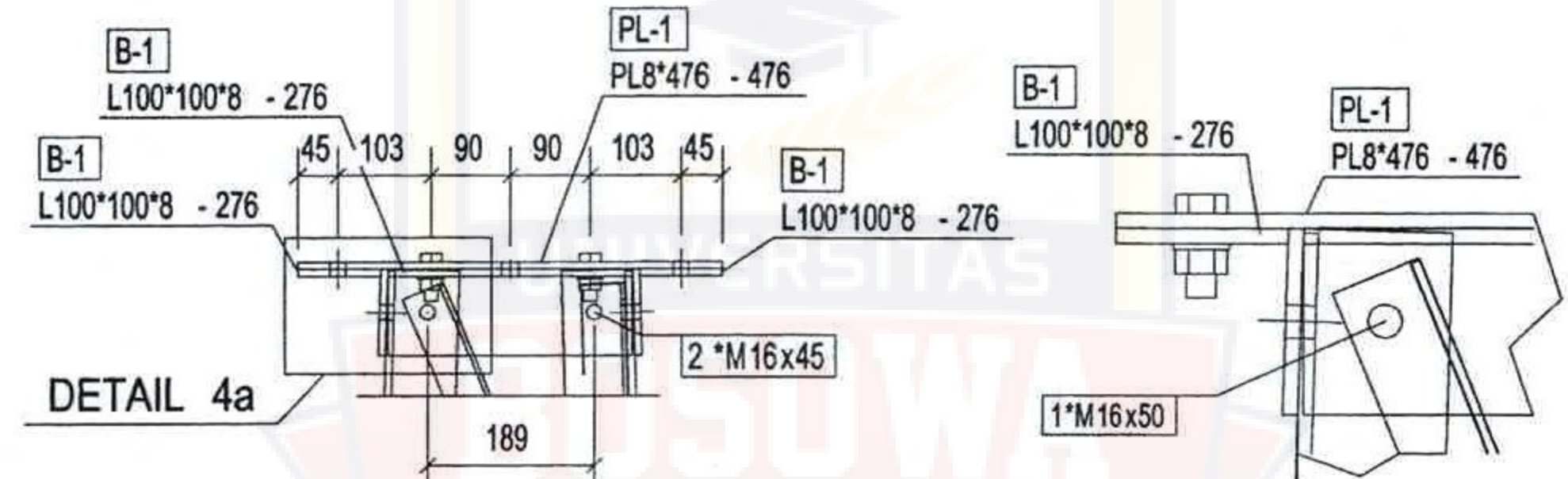
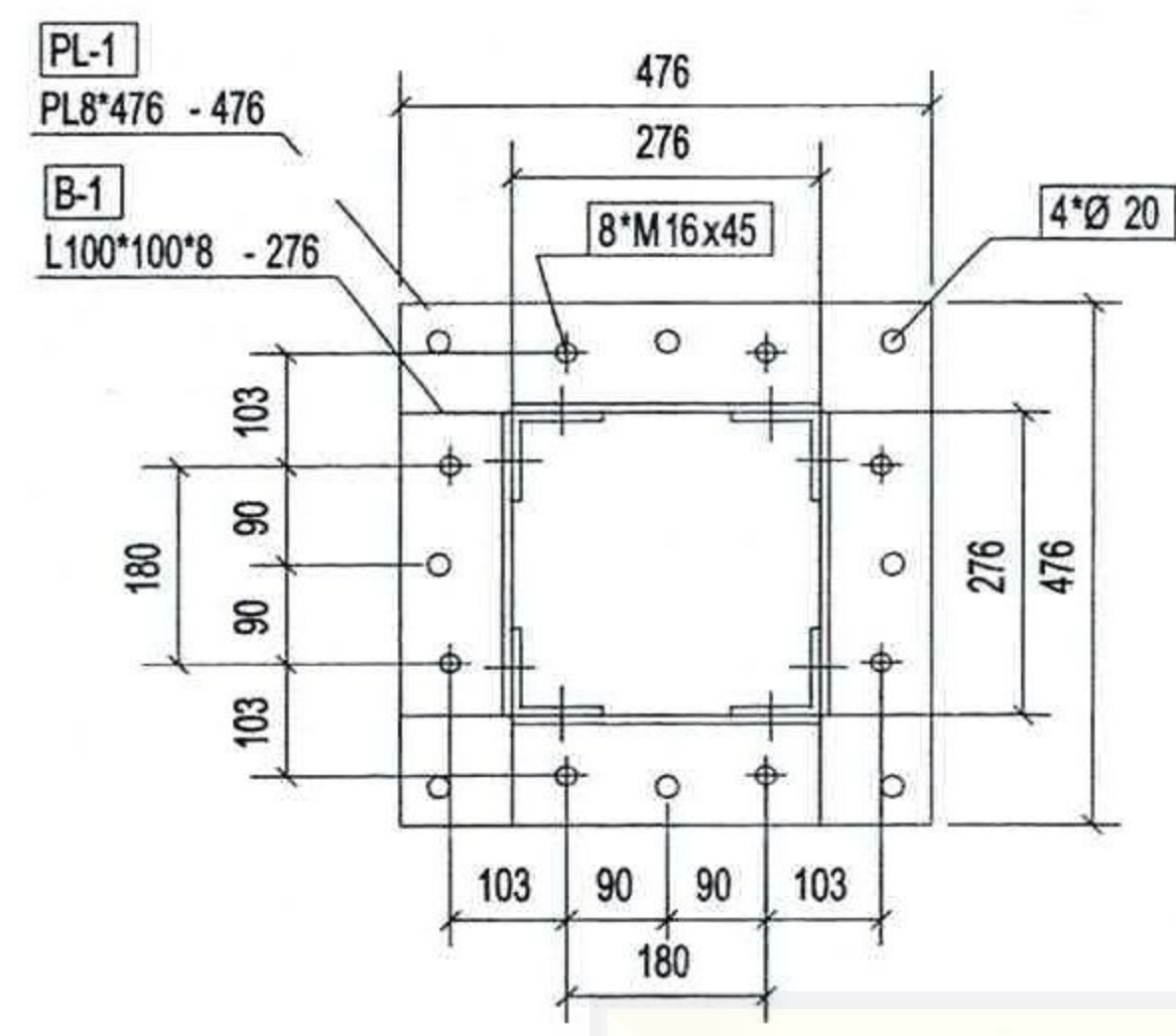
**GANTRY POST 9M**



1. ALL DIMENSION ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE STATE LEVELS IN METER.
2. CONCRETE : K 225
3. REINFORCEMENT : D > 13 - BSTD 39  
# < 13 - BTP 24
4. STEEL STRUCTURE : A36/SS400
5. BOLT : A325



SECTION - A



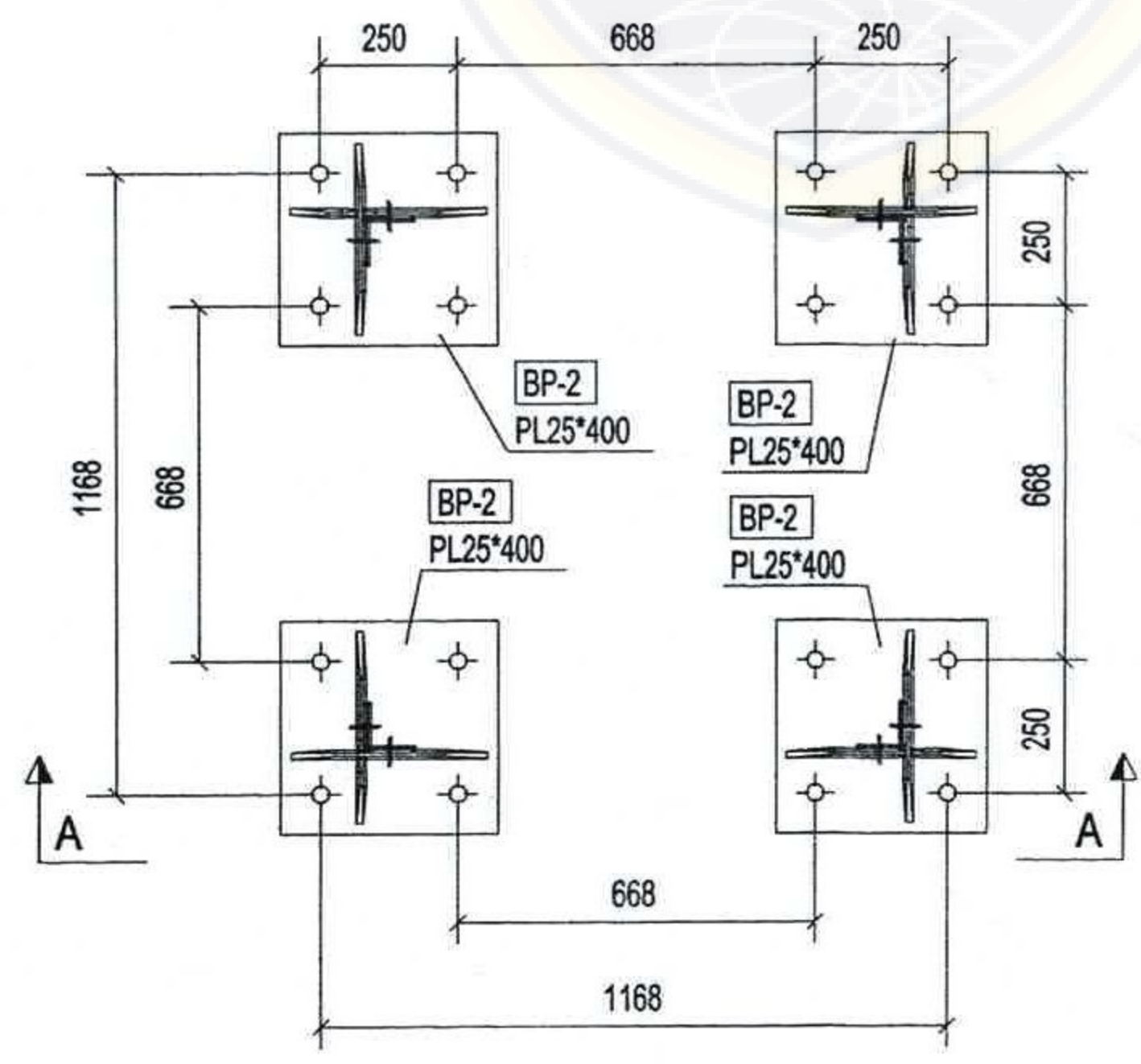
DETAIL - 2

DETAIL - 3

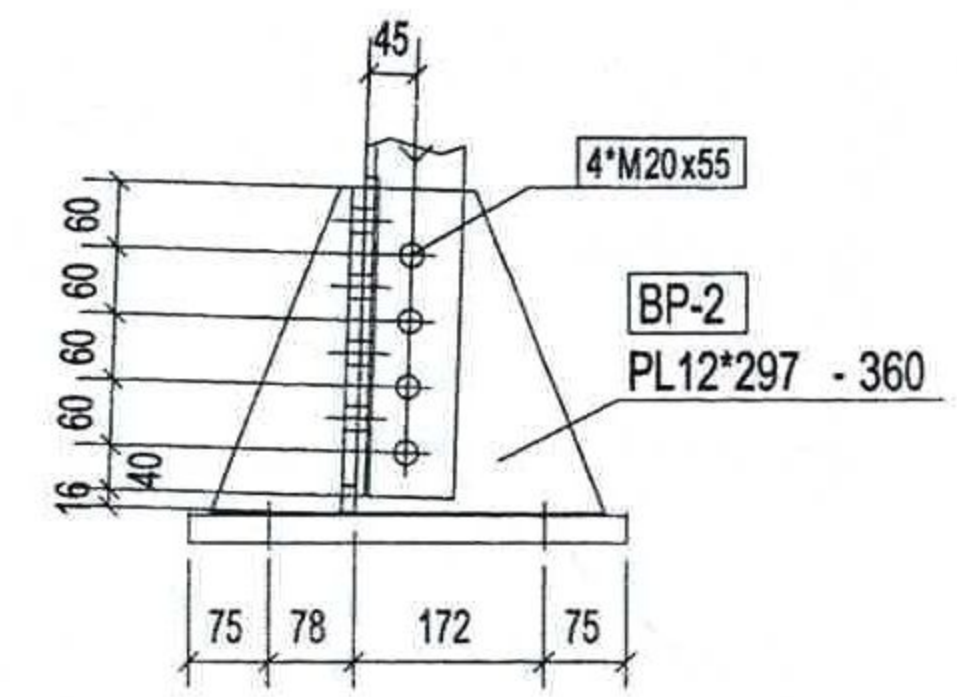


DETAIL - 4

DETAIL - 4a



PLAN



DETAIL - 1

GANTRY POST 13M

00	FOR APPROVAL	08.01.2015		
REV.	MODIFICATION	DATE	PREPARED	CHECKED

OWNER :

CONTRACT NO :

CONTRACTOR :

PROJECT :

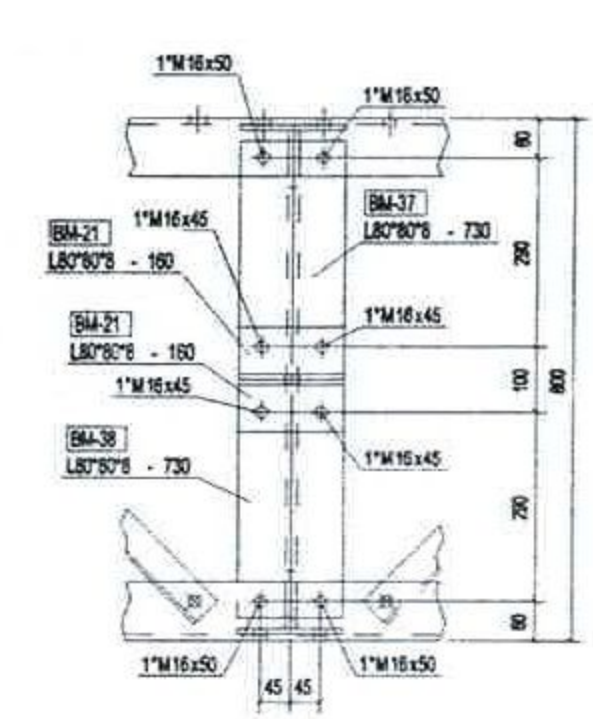
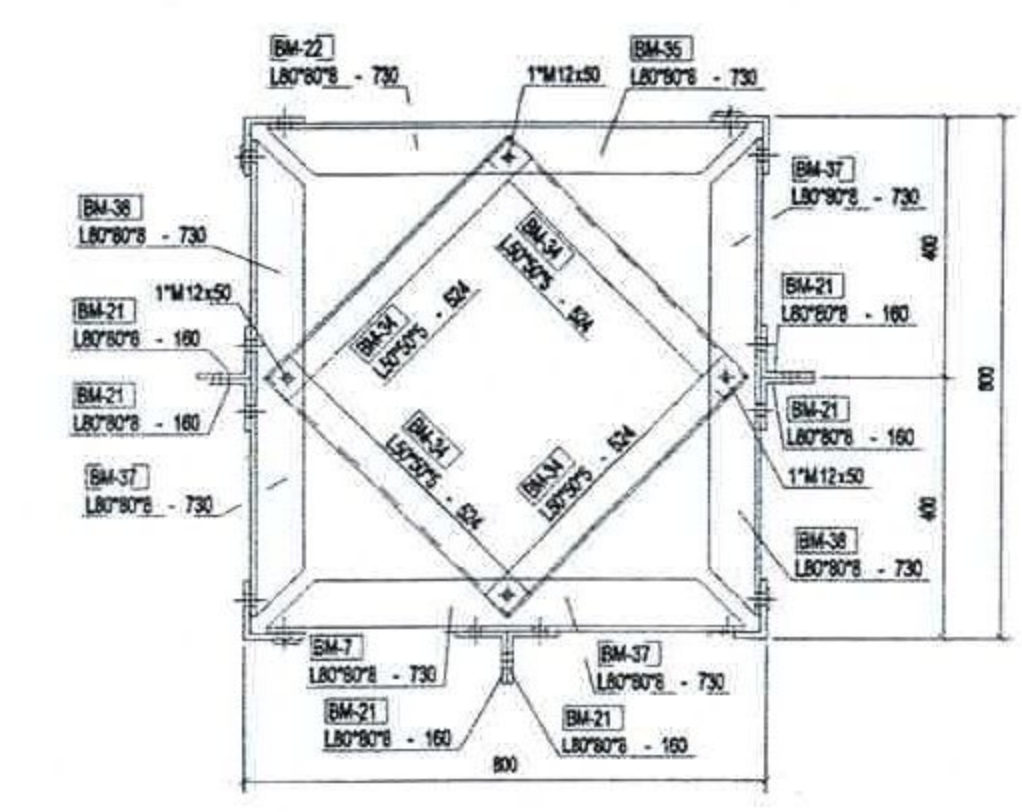
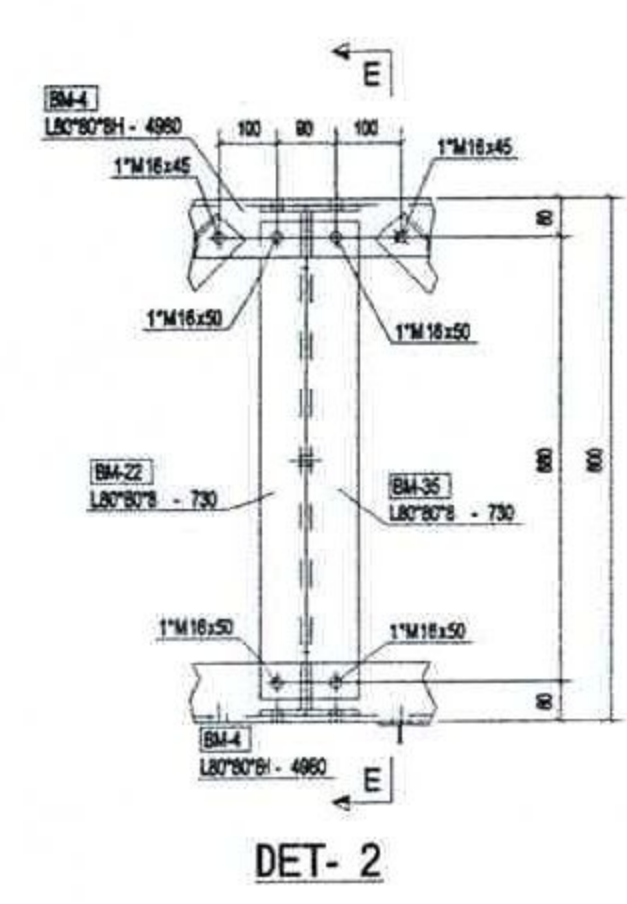
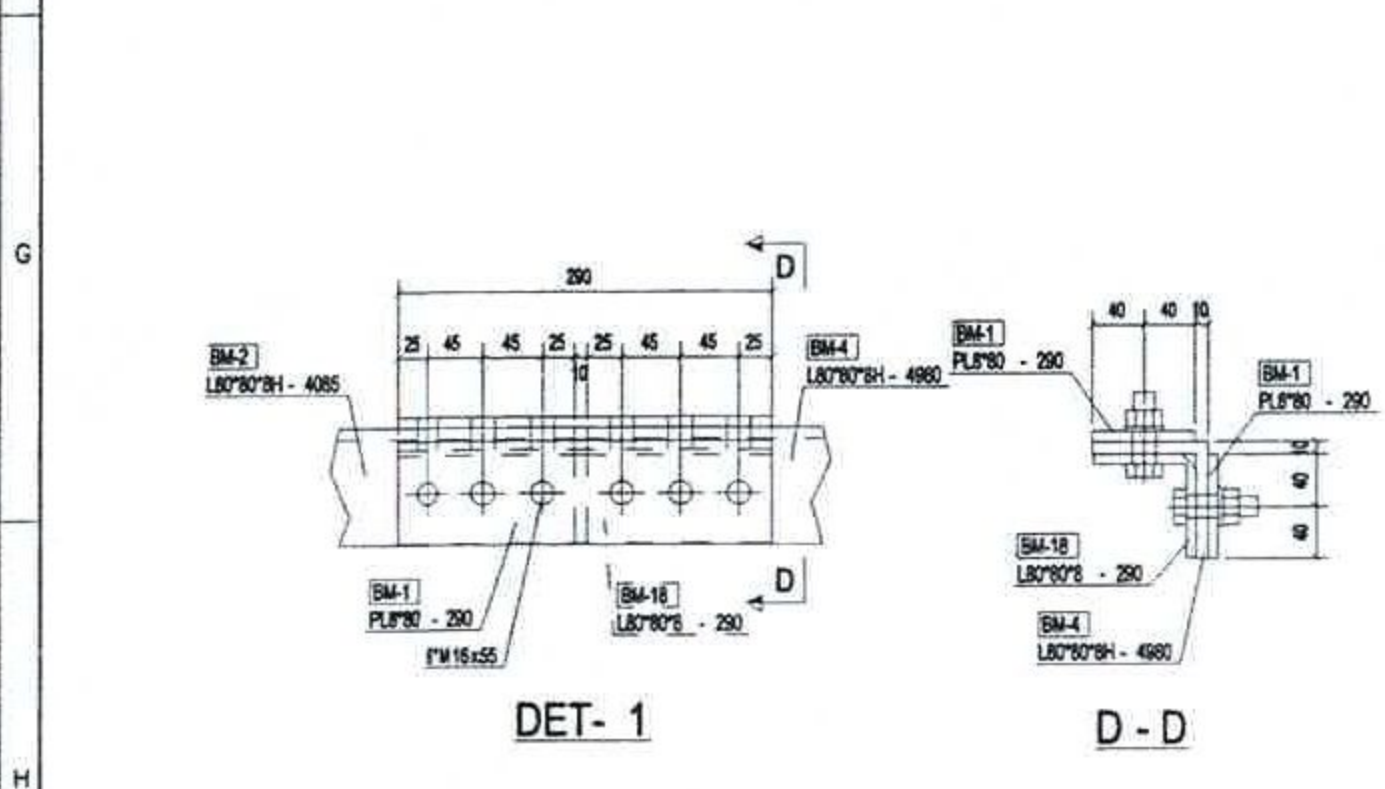
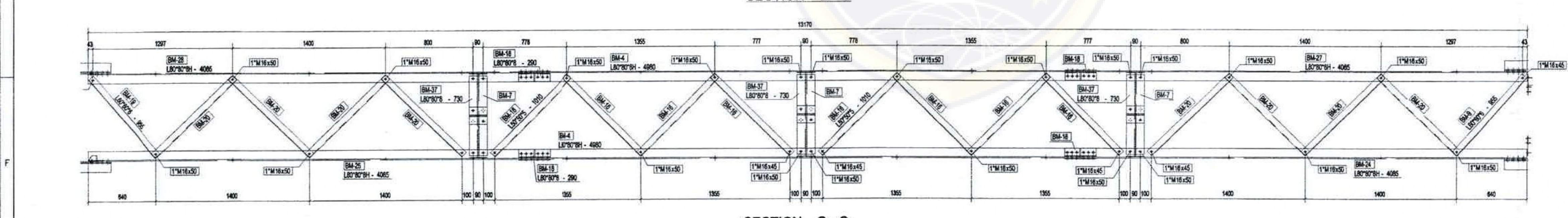
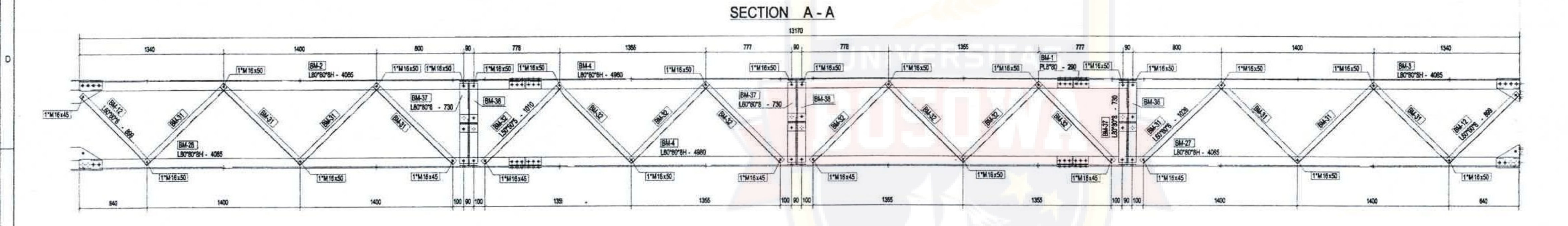
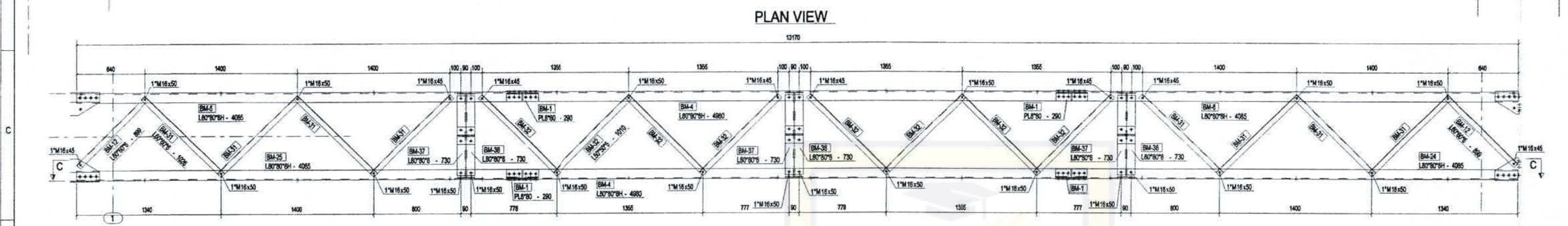
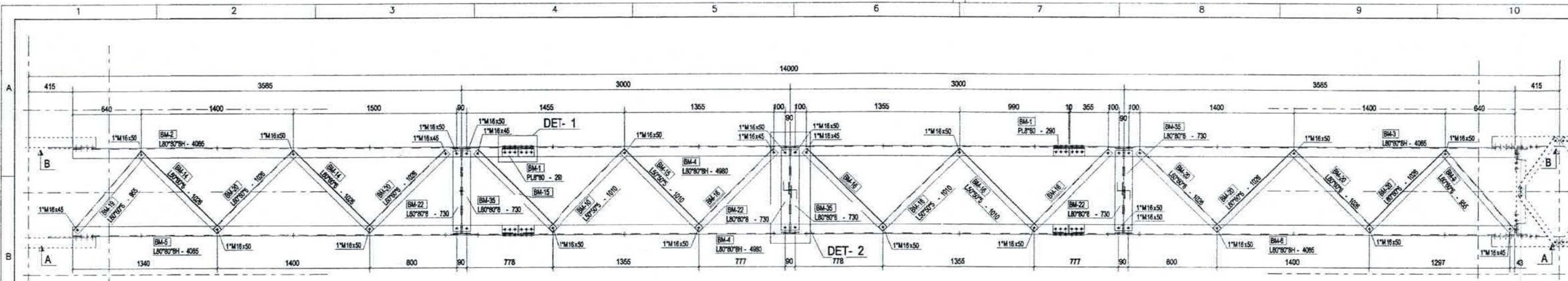
PEKERJAAN PEMBANGUNAN  
GI 150kV PUNAGAYA (NEW)

TITLE :

Gantry

DWG No: 001 PG 14-CH-POYSS/TL-05-III-10	SCALE : NTS
DATE	SIGNATURE
08.01.2015	<i>[Signature]</i>
CHECKED	08.01.2015
APPROVED	08.01.2015
PAGES :	3 of 4
REV	0

1. ALL DIMENSION ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE STATE LEVELS IN METER.
2. CONCRETE : K 225
3. REINFORCEMENT :  $\phi > 13$  - B/TD 39  
 $\phi < 13$  - B/TD 24
4. STEEL STRUCTURE : A36/SS400
5. BOLT : A325



DO	FOR APPROVAL	08.01.2015		
REV.	MODIFICATION	DATE	PREPARED	CHECKED

OWNER :

CONTRACT NO :

CONTRACTOR :

PROJECT :

PEKERJAAN PEMBANGUNAN  
GI 150kV PUNAGAYA (NEW)

TITLE :

Gantry

DWG No: 001 PG.14-CT1-FYB/SCL-08-14-10	SCALE: NTS
DATE	SIGNATURE
08.01.2015	
CHECKED	PAGES:
08.01.2015	4 of 4
APPROVED	REV: 0
08.01.2015	



# **LAMPIRAN - 2**

**(Output Aplikasi ETABS)**





**TABLE: Beam Forces**

Beam	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P kgf	V2 kgf	V3 kgf	T kgf-m	M2 kgf-m	M3 kgf-m
B392	2449	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10970.6976	-64.9453	48.3993	0.2035	-25.2161	-13.4069
B392	2449	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.33	10970.6976	-64.9453	53.1244	0.2035	-41.9675	8.025
B392	2449	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.66	10970.6976	-64.9453	57.8495	0.2035	-60.2782	29.457
B464	2606	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10913.1073	-171.2387	-13.6735	0.1164	-2.8018	-20.455
B464	2606	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.33	10913.1073	-175.9637	-13.6735	0.1164	1.7105	36.8334
B464	2606	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.66	10913.1073	-180.6888	-13.6735	0.1164	6.2227	95.6811
B391	2448	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10517.2346	10.6054	34.4754	-0.1418	5.8669	1.1551
B391	2448	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.36	10517.2346	10.6054	39.6301	-0.1418	-7.472	-2.6629
B391	2448	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.72	10517.2346	10.6054	44.7847	-0.1418	-22.6667	-6.4808
B170	1958	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9751.5942	1.4695	22.8811	-0.0444	0.8417	6.6291
B170	1958	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9751.5942	1.4695	17.5117	-0.0444	-6.7319	6.0781
B170	1958	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9751.5942	1.4695	12.1423	-0.0444	-12.292	5.527
B99	1792	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9663.9531	-31.843	3.0992	-0.0249	-8.2977	2.2224
B99	1792	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9663.9531	-31.843	-2.2702	-0.0249	-8.4531	14.1635
B99	1792	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9663.9531	-31.843	-7.6396	-0.0249	-6.595	26.1047
B392	2449	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9528.3797	-54.4386	43.9791	0.1866	-21.9789	-11.0702
B392	2449	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.33	9528.3797	-54.4386	48.7041	0.1866	-37.2717	6.8945
B392	2449	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.66	9528.3797	-54.4386	53.4292	0.1866	-54.1237	24.8593
B180	1984	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9499.6624	33.9609	5.517	0.0162	-9.2306	26.3494
B180	1984	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9499.6624	33.9609	0.1476	0.0162	-10.2927	13.614
B180	1984	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9499.6624	33.9609	-5.2218	0.0162	-9.3413	0.8787
B107	1813	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9446.5847	-2.6037	-14.5469	0.0569	-12.2215	6.1966
B107	1813	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9446.5847	-2.6037	-19.9163	0.0569	-5.7596	7.173
B107	1813	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9446.5847	-2.6037	-25.2857	0.0569	2.7158	8.1494
B464	2606	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9434.9498	-149.8531	-9.0733	0.1358	-0.1104	-17.8456
B464	2606	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.33	9434.9498	-154.5782	-4.3213	0.1358	2.0997	32.3856
B464	2606	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.66	9434.9498	-159.3033	0.4307	0.1358	2.7416	84.176
B171	1959	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9433.8646	-21.6996	6.702	-0.1151	-9.3177	3.7919
B171	1959	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9433.8646	-21.6996	1.3326	-0.1151	-10.8242	11.9293
B171	1959	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9433.8646	-21.6996	-4.0368	-0.1151	-10.3172	20.0666
B170	1958	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9430.6013	1.1564	21.8926	-0.0346	0.2135	5.745
B170	1958	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	9430.6013	1.1564	16.5232	-0.0346	-6.9895	5.3114
B170	1958	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	9430.6013	1.1564	11.1538	-0.0346	-12.1789	4.8778
B391	2448	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9302.9579	9.6297	29.676	-0.1338	5.3864	1.4128
B391	2448	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.36	9302.9579	9.6297	34.8306	-0.1338	-6.2248	-2.0539
B391	2448	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.72	9302.9579	9.6297	39.9852	-0.1338	-19.6916	-5.5206
B462	2604	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9167.6131	21.5615	-1.8509	0.1048	-3.7855	11.965
B462	2604	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.36	9167.6131	16.4068	-1.8509	0.1048	-3.1192	5.1307
B462	2604	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.72	9167.6131	11.2522	-1.8509	0.1048	-2.4528	0.152
B99	1792	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9115.2451	-30.7723	2.6036	-0.0269	-8.1589	1.6239
B99	1792	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	9115.2451	-30.7723	-2.7658	-0.0269	-8.1285	13.1635
B99	1792	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	9115.2451	-30.7723	-8.1352	-0.0269	-6.0846	24.7031
B171	1959	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	9109.8955	-21.7925	5.7214	-0.1097	-9.3802	3.0786
B171	1959	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	9109.8955	-21.7925	0.352	-0.1097	-10.5189	11.2508
B171	1959	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	9109.8955	-21.7925	-5.0174	-0.1097	-9.6442	19.423
B106	1812	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9061.3378	18.1773	1.5245	0.1187	-11.9575	18.7877
B106	1812	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	9061.3378	18.1773	-3.8449	0.1187	-11.5224	11.9712
B106	1812	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	9061.3378	18.1773	-9.2143	0.1187	-9.0738	5.1547
B180	1984	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	8963.5646	33.6114	4.6173	0.0168	-10.1816	25.3169
B180	1984	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	8963.5646	33.6114	-0.7521	0.0168	-10.9064	12.7127
B180	1984	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	8963.5646	33.6114	-6.1215	0.0168	-9.6176	0.1084
B107	1813	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	8773.5948	-2.9254	-14.8717	0.0539	-11.9977	5.2282
B107	1813	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	8773.5948	-2.9254	-20.2411	0.0539	-5.414	6.3252
B107	1813	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	8773.5948	-2.9254	-25.6105	0.0539	3.1832	7.4222
B168	1956	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	8578.458	24.6264	17.4156	-0.0349	2.0684	20.6635
B168	1956	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	8578.458	24.6264	12.0462	-0.0349	-3.4557	11.4286
B168	1956	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	8578.458	24.6264	6.6768	-0.0349	-6.9663	2.1937
B98	1791	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	8564.0057	1.9835	19.9385	0.0781	1.6152	7.3044
B98	1791	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	8564.0057	1.9835	14.5691	0.0781	-4.855	6.5606
B98	1791	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	8564.0057	1.9835	9.1997	0.0781	-9.3117	5.8167
B168	1956	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	8525.2865	27.0476	16.6006	-0.0358	0.7136	21.2563
B168	1956	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	8525.2865	27.0476	11.2312	-0.0358	-4.5048	11.1134
B168	1956	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.75	8525.2865	27.0476	5.8618	-0.0358	-7.7098	0.9705
B181	1985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	8480.4569	-3.1769	-11.3747	-0.0757	-10.2753	4.4008
B181	1985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.375	8480.4569	-3.1769	-16.7441	-0.0757	-5.0031	5.5921
B181	1985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.75	8480.4569	-3.1769	-22.1135	-0.0757	2.2827	6.7834
B106	1812	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	8405.3717	17.903	1.1478	0.1122	-12.1892	17.7253
B106	1812	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.375	8405.3717	17.903	-4.2216	0.1122	-11.6128	11.0117

**TABLE: Brace Forces**

Brace	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
			m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	25082.1575	-69.0007	-30.3215	0.095	36.7449	67.8284
D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	25061.3	-53.6097	-31.3072	0.095	17.7752	30.0881
D784	1080	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	25040.4425	-38.2186	-32.2929	0.095	-1.8013	1.8227
D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	24427.5201	-8.1157	60.1419	-0.1556	-34.5699	57.8909
D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	24406.6626	7.2753	59.1562	-0.1556	2.1508	57.6322
D785	1081	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	24385.8051	22.6664	58.1705	-0.1556	38.2648	66.8485
D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	23751.0523	-39.8471	-1.7479	0.1342	19.3011	49.3707
D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	23730.1948	-38.8615	-17.139	0.1342	13.4876	25.1437
D784	1080	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	23709.3373	-37.8758	-32.53	0.1342	-1.8009	1.5235
D786	1082	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	23177.4313	-18.7893	-29.5287	0.008	5.1231	62.2886
D786	1082	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	23156.5738	-3.3983	-30.5144	0.008	-13.3586	55.4592
D786	1082	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	23135.7163	11.9927	-31.5	0.008	-32.447	58.1046
D785	1081	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	23044.9197	-2.8971	62.1026	-0.0259	-37.0809	50.5069
D785	1081	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	23024.0623	-1.9114	46.7116	-0.0259	-3.5871	49.0268
D785	1081	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	23003.2048	-0.9258	31.3206	-0.0259	20.4317	48.1535
D787	1083	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	21994.7308	-18.2048	8.1213	-0.0297	-3.5073	65.7221
D787	1083	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	21973.8733	-2.8138	7.1356	-0.0297	1.1889	59.2524
D787	1083	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	21953.0158	12.5772	6.1499	-0.0297	5.2783	62.2577
D786	1082	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	21762.9911	-0.5961	-10.0875	0.0848	-4.2784	49.7007
D786	1082	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	21742.1337	0.3895	-25.4786	0.0848	-15.2259	49.6371
D786	1082	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	21721.2762	1.3752	-40.8696	0.0848	-35.6483	50.1803
D787	1083	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	20527.5805	-5.3917	20.4648	0.0553	-10.6442	54.8771
D787	1083	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	20506.723	-4.4061	5.0738	0.0553	-2.7832	51.8613
D787	1083	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	20485.8655	-3.4204	-10.3172	0.0553	-4.3972	49.4523
D788	1084	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	20455.579	-15.494	21.4112	-0.0386	-26.5881	65.928
D788	1084	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	20434.7215	-0.103	20.4255	-0.0386	-13.7105	61.1271
D788	1084	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	20413.864	15.288	19.4398	-0.0386	-1.4397	65.8012
D791	1087	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	20264.303	39.5908	77.111	-0.1191	-77.1994	-48.9024
D791	1087	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	20243.4455	40.5765	61.72	-0.1191	-34.4663	-24.2264
D791	1087	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	20222.588	41.5622	46.3289	-0.1191	-1.2081	1.0565
D600	836	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	1.2312	20017.1065	6.0099	32.5915	-0.0288	-28.0509	-6.3006
D600	836	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0.6156	20001.811	6.7327	21.3048	-0.0288	-11.4613	-2.3783
D600	836	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0	19986.5155	7.4555	10.018	-0.0288	-1.8199	1.9889
D792	1088	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	19882.1698	-62.2623	-4.765	0.188	-51.6672	24.7936
D792	1088	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	19861.3124	-61.2766	-20.156	0.188	-59.338	-13.2325
D792	1088	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	19840.4549	-60.2909	-35.5471	0.188	-76.4838	-50.6517
D600	836	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	1.2312	19588.6303	-12.5701	14.226	-0.0794	-18.251	3.6109
D600	836	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0.6156	19573.3348	-1.2833	13.5032	-0.0794	-9.7158	-0.6533
D600	836	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0	19558.0393	10.0034	12.7803	-0.0794	-1.6256	2.0308
D793	1089	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	19062.9702	29.4211	25.442	-0.0069	-64.7087	-15.2384
D793	1089	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	19042.1127	30.4068	10.051	-0.0069	-53.7837	3.177
D416	592	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	1.2312	19033.9056	5.8649	29.7513	-0.0294	-24.2784	-6.2284
D793	1089	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	19021.2553	31.3925	-5.3401	-0.0069	-52.3337	22.1993
D416	592	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0.6156	19018.6101	6.5877	18.4645	-0.0294	-9.4372	-2.3954
D416	592	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0	19003.3146	7.3105	7.1777	-0.0294	-1.5444	1.8825
D788	1084	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	1.2312	18935.8447	-1.202	32.3334	0.0561	-29.9952	54.8881
D788	1084	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.6156	18914.9873	-0.2163	16.9423	0.0561	-14.8278	54.4515
D788	1084	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	18894.1298	0.7694	1.5513	0.0561	-9.1354	54.6218
D789	1085	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	18850.8847	-25.7566	-58.7567	0.0523	46.326	78.5182
D789	1085	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	18830.0273	-10.3655	-59.7424	0.0523	9.8512	67.3996
D789	1085	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	18809.1698	5.0255	-60.7281	0.0523	-27.2304	65.7559
D416	592	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	1.2312	18484.3321	-12.7211	11.4386	-0.0683	-14.5361	3.6556
D416	592	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0.6156	18469.0367	-1.4343	10.7157	-0.0683	-7.7169	-0.7015
D416	592	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0	18453.7412	9.8524	9.9929	-0.0683	-1.3427	1.8896
D794	1090	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	18335.5375	-8.6525	15.8038	0.0432	-65.2857	-6.3934
D794	1090	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	18314.6801	-7.6668	0.4128	0.0432	-60.2942	-11.4166
D794	1090	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	18293.8226	-6.6812	-14.9783	0.0432	-64.7776	-15.833
D601	837	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	1.2312	18287.5766	-30.0591	20.7369	0.0415	-39.1867	29.7803
D601	837	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0.6156	18272.2811	-29.3363	9.4501	0.0415	-29.895	11.498
D601	837	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0	18256.9856	-28.6135	-1.8366	0.0415	-27.5515	-6.3393
D601	837	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	1.2312	17941.6967	-33.7585	15.5087	-0.0921	-35.6114	31.5551
D601	837	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0.6156	17926.4012	-22.4717	14.7859	-0.0921	-26.2865	14.2471
D601	837	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y	0	17911.1058	-11.185	14.0631	-0.0921	-17.4066	3.8873
D417	593	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	1.2312	17579.0122	-28.459	22.8377	0.0253	-37.6446	28.0162
D417	593	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0.6156	17563.7167	-27.7361	11.5509	0.0253	-27.0595	10.719
D417	593	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X	0	17548.4212	-27.0133	0.2642	0.0253	-23.4228	-6.1332
D795	1091	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	1.2312	17370.2641	-22.9461	14.3062	0.056	-64.4578	18.0724
D795	1091	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.6156	17349.4066	-21.9605	-1.0849	0.056	-60.3882	4.2498

TABLE: Column Forces

Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
			m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
C53	545	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	13382.8165	198.34	-174.1304	1.1903	36.1362	7.2561
C53	545	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	13370.0104	206.926	-174.1304	1.1903	-33.0807	87.8027
C53	545	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	13357.2044	215.512	-174.1304	1.1903	-102.2975	171.7623
C84	985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.7	12855.896	198.4155	-57.4394	0.0129	-1.629	-5.7974
C84	985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.35	12844.6203	205.9755	-57.4394	0.0129	-21.7328	64.971
C84	985	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	12833.3445	213.5355	-57.4394	0.0129	-41.8366	138.3854
C82	983	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.76	12312.7315	4.7848	-193.2804	0.0065	17.3953	15.0383
C82	983	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.38	12300.4892	4.7848	-201.4884	0.0065	-57.6108	16.8565
C82	983	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	12288.247	4.7848	-209.6964	0.0065	-135.7359	18.6747
C54	546	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	11858.0898	-55.3357	59.2436	0.9727	-21.0775	42.2652
C54	546	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	11845.2838	-46.7497	59.2436	0.9727	2.4718	21.9757
C54	546	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	11832.4778	-38.1637	59.2436	0.9727	26.0212	5.0992
C53	545	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.795	11593.1671	179.5434	-144.4596	0.8274	29.4565	4.7015
C53	545	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.3975	11580.3611	179.5434	-153.0456	0.8274	-29.6726	76.07
C53	545	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	11567.5551	179.5434	-161.6316	0.8274	-92.2147	147.4385
C84	985	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.7	11254.6436	177.0744	-68.2891	0.0144	5.1881	-4.3761
C84	985	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.35	11243.3679	177.0744	-75.8491	0.0144	-20.0361	57.5999
C84	985	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	11232.0922	177.0744	-83.4091	0.0144	-47.9062	119.5759
C53	545	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.795	11160.3335	119.2988	-156.4988	0.9121	31.538	11.9453
C53	545	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.3975	11150.9425	125.5952	-156.4988	0.9121	-30.6702	60.618
C53	545	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0	11141.5514	131.8916	-156.4988	0.9121	-92.8785	111.7935
C77	793	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	10774.0115	85.5539	-182.9148	-0.8645	-12.7853	-31.0196
C77	793	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	10761.2055	85.5539	-191.5008	-0.8645	-87.2004	2.9881
C77	793	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10748.3995	85.5539	-200.0868	-0.8645	-165.0284	36.9958
C44	497	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.7	10711.3012	-666.8229	-21.6691	0.3174	-23.9098	215.4462
C44	497	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.35	10700.0255	-659.2629	-21.6691	0.3174	-31.494	-16.6188
C44	497	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10688.7498	-651.7029	-21.6691	0.3174	-39.0782	-246.0378
C82	983	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.76	10629.6432	-19.5736	-167.2852	0.0043	13.0662	21.8583
C82	983	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.38	10617.4009	-19.5736	-167.2852	0.0043	-50.5022	14.4204
C82	983	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	10605.1587	-19.5736	-167.2852	0.0043	-114.0706	6.9824
C78	794	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	10330.9555	-58.9568	40.3215	-0.6116	-38.4329	20.1962
C78	794	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	10318.1495	-58.9568	31.7355	-0.6116	-24.1116	-3.2391
C78	794	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10305.3435	-58.9568	23.1495	-0.6116	-13.2032	-26.6744
C54	546	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.795	10245.4588	-41.5768	58.5928	0.8173	-19.0379	35.9408
C54	546	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.3975	10232.6527	-41.5768	50.0068	0.8173	2.5463	19.414
C54	546	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0	10219.8467	-41.5768	41.4208	0.8173	20.7175	2.8872
C97	1037	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	10196.7322	46.907	-64.9594	-0.3231	-32.3919	-25.3851
C97	1037	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	10183.9262	46.907	-73.5454	-0.3231	-59.9198	-6.7395
C97	1037	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	10171.1202	46.907	-82.1314	-0.3231	-90.8605	11.906
C53	545	4. 1.1D+1.1BC1+1.1WIND-Y	0.795	10121.554	149.6386	-112.6472	0.6353	23.7013	4.162
C53	545	4. 1.1D+1.1BC1+1.1WIND-Y	0.3975	10112.163	155.935	-112.6472	0.6353	-21.076	64.8947
C53	545	4. 1.1D+1.1BC1+1.1WIND-Y	0	10102.7719	162.2314	-112.6472	0.6353	-65.8532	128.1303
C73	789	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	10017.5402	333.4289	-50.9769	-0.2926	29.3128	-7.7063
C73	789	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	10004.7342	342.0149	-50.9769	-0.2926	9.0494	126.5381
C73	789	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9991.9282	350.6009	-50.9769	-0.2926	-11.2139	264.1955
C93	1033	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	9920.3879	61.1356	-72.9368	0.3571	30.6689	33.0585
C93	1033	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	9907.5819	69.7216	-72.9368	0.3571	1.6765	59.0664
C54	546	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.795	9903.5564	-36.246	52.2422	0.7093	-18.1837	33.6248
C93	1033	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9894.7759	78.3076	-72.9368	0.3571	-27.3159	88.4872
C54	546	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.3975	9894.1653	-29.9496	52.2422	0.7093	2.5826	20.4684
C54	546	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0	9884.7742	-23.6532	52.2422	0.7093	23.3489	9.8148
C53	545	9. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-X	0.795	9847.924	105.5146	-134.7402	0.646	26.6397	10.0719
C53	545	9. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-X	0.3975	9838.5329	105.5146	-141.0366	0.646	-28.171	52.014
C53	545	9. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-X	0	9829.1419	105.5146	-147.333	0.646	-85.4845	93.9561
C55	547	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	9630.9052	16.415	-37.7789	0.9273	3.1355	17.3546
C55	547	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	9618.0992	25.001	-37.7789	0.9273	-11.8816	25.5861
C55	547	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9605.2932	33.587	-37.7789	0.9273	-26.8987	37.2304
C44	497	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.7	9429.7183	-379.9569	27.2294	0.1268	-36.7092	130.8656
C44	497	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0.35	9421.4494	-374.4129	27.2294	0.1268	-27.1789	-1.1491
C44	497	10. 1.1D+1.1LOS+1.1WIND-Y	0	9413.1805	-368.8689	27.2294	0.1268	-17.6486	-131.2234
C79	795	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.795	9365.048	32.8134	-18.8645	-0.5785	-14.6519	-4.0505
C79	795	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0.3975	9352.242	32.8134	-27.4505	-0.5785	-23.857	8.9928
C79	795	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y	0	9339.436	32.8134	-36.0365	-0.5785	-36.4751	22.0361
C44	497	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.7	9296.2569	-591.6079	-26.3246	0.289	-17.2219	190.4444
C44	497	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X	0.35	9284.9812	-591.6079	-33.8846	0.289	-27.7585	-16.6183

TABLE: Ratio Structure

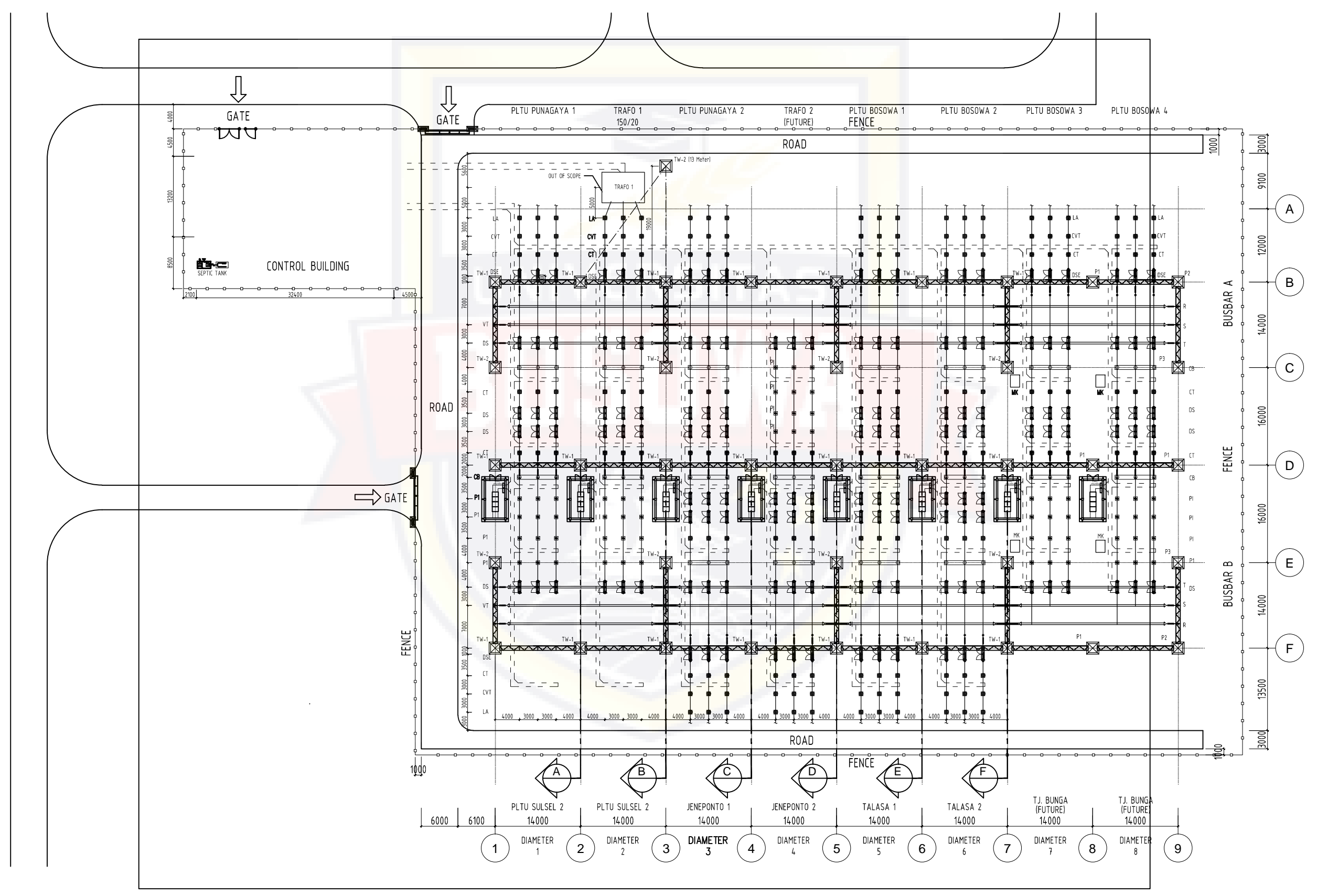
Label	Unique Name	Design Type	Design Section	Status	PMM Combo	PMM Ratio	P Ratio	M Major Ratio	M Minor Ratio	V Major Ratio	V Minor Ratio
D738	1018	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.945	0.905	0.009	0.031	0.002	0.001
D862	1198	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.94	0.904	0.006	0.03	0.002	0.000478
D868	1204	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.934	0.892	0.016	0.026	0.003	0.002
D744	1024	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.925	0.888	0.015	0.021	0.003	0.002
D555	763	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.903	0.841	0.009	0.053	0.003	0.001
D371	519	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.814	0.752	0.026	0.036	0.003	0.001
D405	581	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.757	0.643	0.05	0.064	0.008	0.001
D373	521	Brace	L 60x60x6	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.733	0.667	0.027	0.039	0.007	0.002
D554	774	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.725	0.697	0.007	0.021	0.002	0.001
D192	292	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.718	0.681	0.015	0.022	0.002	0.002
D186	286	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.712	0.681	0.007	0.025	0.002	0.000435
D403	579	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.709	0.617	0.019	0.073	0.006	0.001
D401	577	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.708	0.595	0.055	0.058	0.008	0.002
D560	780	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.692	0.651	0.017	0.024	0.003	0.003
D468	644	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.658	0.613	0.012	0.034	0.002	0.002
D407	583	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.653	0.524	0.03	0.098	0.006	0.000481
D650	886	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.644	0.557	0.021	0.066	0.005	0.003
D652	888	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.643	0.604	0.01	0.029	0.002	0.002
D636	872	Brace	L 50x50x5	No Message	1. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-X(C)	0.638	0.563	0.016	0.059	0.004	0.001
D567	803	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.629	0.522	0.024	0.083	0.007	0.003
D565	801	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.62	0.492	0.029	0.1	0.008	0.003
D466	642	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.609	0.527	0.024	0.059	0.005	0.002
D944	1296	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.601	0.561	0.012	0.027	0.003	0.000275
D562	798	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.598	0.497	0.014	0.087	0.006	0.002
D557	765	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.597	0.531	0.01	0.056	0.004	0.002
B102	1804	Beam	HL 80x80x8	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.594	0.51	0.029	0.055	0.005	0.001
D660	896	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.592	0.555	0.012	0.025	0.002	0.003
D820	1116	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.592	0.553	0.012	0.027	0.008	0.001
B167	1951	Beam	HL 80x80x8	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.589	0.504	0.031	0.054	0.005	0.001
D437	613	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.587	0.513	0.026	0.049	0.005	0.001
D847	1143	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.587	0.553	0.011	0.023	0.006	0.003
D476	652	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.581	0.546	0.011	0.024	0.002	0.003
D621	857	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.579	0.512	0.027	0.041	0.004	0.001
D1239	1707	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.579	0.567	0.006	0.006	0.001	0.000308
D399	575	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.578	0.413	0.037	0.127	0.012	0.001
D971	1323	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.578	0.543	0.011	0.023	0.002	0.003
D633	869	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.577	0.519	0.023	0.035	0.004	0.001
D584	820	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.573	0.432	0.055	0.085	0.011	0.001
D654	890	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.573	0.538	0.011	0.024	0.002	0.003
D470	646	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.571	0.534	0.011	0.026	0.002	0.002
D472	648	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.57	0.527	0.013	0.03	0.003	0.003
D656	892	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.569	0.528	0.013	0.028	0.003	0.003
D638	874	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.566	0.533	0.008	0.024	0.006	0.001
D1237	1705	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.56	0.54	0.011	0.01	0.002	0.000339
D449	625	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.556	0.503	0.021	0.032	0.003	0.001
D663	899	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.552	0.494	0.013	0.045	0.003	0.002
D946	1298	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.552	0.523	0.008	0.021	0.004	0.000447
D849	1145	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.55	0.527	0.008	0.015	0.01	0.003
D956	1308	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.545	0.497	0.012	0.035	0.003	0.001
D822	1118	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.544	0.514	0.008	0.021	0.012	0.001
D832	1128	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.544	0.495	0.013	0.036	0.006	0.001
B197	2018	Beam	HL 80x80x8	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.543	0.352	0.065	0.126	0.001	0.012
D658	894	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.542	0.496	0.013	0.033	0.003	0.003
D973	1325	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.542	0.518	0.008	0.016	0.003	0.002
B353	2378	Beam	HL 80x80x8	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.541	0.34	0.074	0.127	0.0003	0.013
D1247	1715	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.541	0.514	0.004	0.023	0.001	0.000443
B95	1784	Beam	HL 80x80x8	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.539	0.465	0.019	0.055	0.004	0.001
D474	650	Brace	L 50x50x5	No Message	12. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-Y(C)	0.538	0.493	0.012	0.033	0.003	0.003
B397	2459	Beam	HL 80x80x8	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.533	0.399	0.018	0.116	0.004	0.004
B275	2198	Beam	HL 80x80x8	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.532	0.361	0.063	0.108	0.00031	0.011
D1241	1709	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.532	0.519	0.006	0.007	0.001	0.000262
D983	1335	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.531	0.489	0.018	0.025	0.002	0.003
D859	1155	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.53	0.488	0.017	0.024	0.006	0.003
D1243	1711	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.527	0.51	0.009	0.009	0.001	0.000282
B176	1976	Beam	HL 80x80x8	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.525	0.451	0.016	0.057	0.004	0.001
D1249	1717	Brace	L 50x50x5	Warning: See M	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.525	0.499	0.011	0.015	0.002	0.000463
D640	876	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.524	0.479	0.011	0.034	0.003	0.001
D948	1300	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.524	0.491	0.008	0.024	0.002	0.000388
D623	859	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.52	0.42	0.044	0.057	0.006	0.001
D644	880	Brace	L 50x50x5	No Message	11. 1.1D+1.1SC+1.1WIND-X(C)	0.518	0.472	0.01	0.037	0.003	0.001
D805	1101	Brace	L 50x50x5	No Message	2. 1.5D+1.5NC+1.5WIND-Y(C)	0.518	0.419	0.023	0.075	0.005	0.001



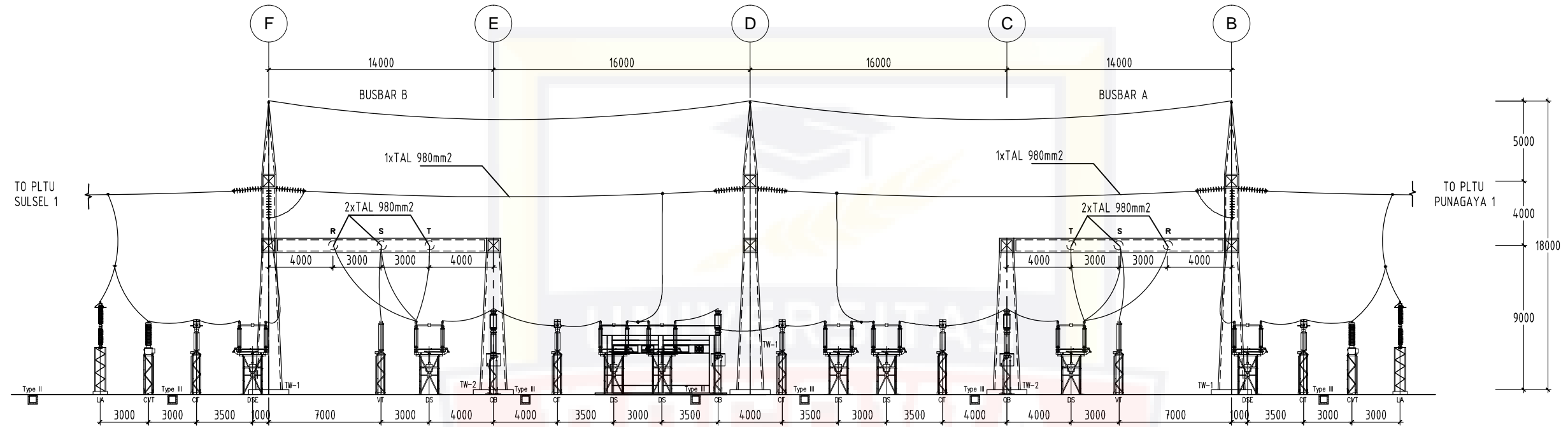
# **LAMPIRAN - 3**

**(Gambar Kerja)**

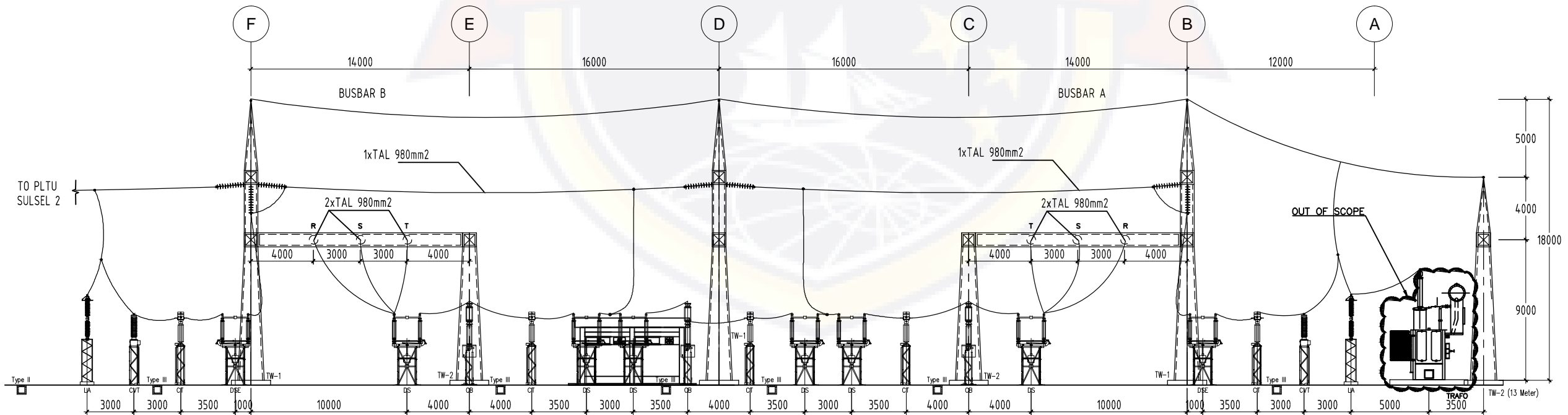
<b>TUGAS AKHIR</b> TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR POST DAN BEAM PADA GARDU INDUK 150kV	<b>DIPERIKSA &amp; DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING</b> Pembimbing I Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT.		Pembimbing II ARMAN SETIAWAN, ST., MT.	<b>DIGAMBAR OLEH</b> RAHMAT TIRTA 45 16 041 169	Nama Gambar : GENERAL LAYOUT	No. Gambar : 01	<b>KETERANGAN :</b> ○ : Single Suspension Insulator    ⚡ : Disconnecting Switch — : Single Tension Insulator       □ : Marshaling Kiosk ⚡ : Lightning Arrester                ⚡ : Beam ⚡ : Current Trafo                         ⚡ : Post ⚡ : Circuit Breaker                       □ : Trafo
	Skala : 1 : 650						
	Tanggal : 02 Mei 2018						



<p>TUGAS AKHIR</p> <p>TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR POST DAN BEAM PADA GARDU INDUK 150kV</p>	<p>DIPERIKSA &amp; DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING</p>		<p>DIGAMBAR OLEH</p> <p>RAHMAT TIRTA 45 16 041 169</p>	<p>Nama Gambar :</p> <p>SWITCHYARD LAYOUT SECTION A-A &amp; B-B</p>	<p>No. Gambar : 02</p>	<p>KETERANGAN :</p> <p>Main Busbar A = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Main Busbar B = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Fly Busbar = 1xTAL 980mm<sup>2</sup> Earthwire = GSW 55 mm<sup>2</sup></p>
	<p>Pembimbing I</p> <p>Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT.</p>	<p>Pembimbing II</p> <p>ARMAN SETIAWAN, ST., MT.</p>				

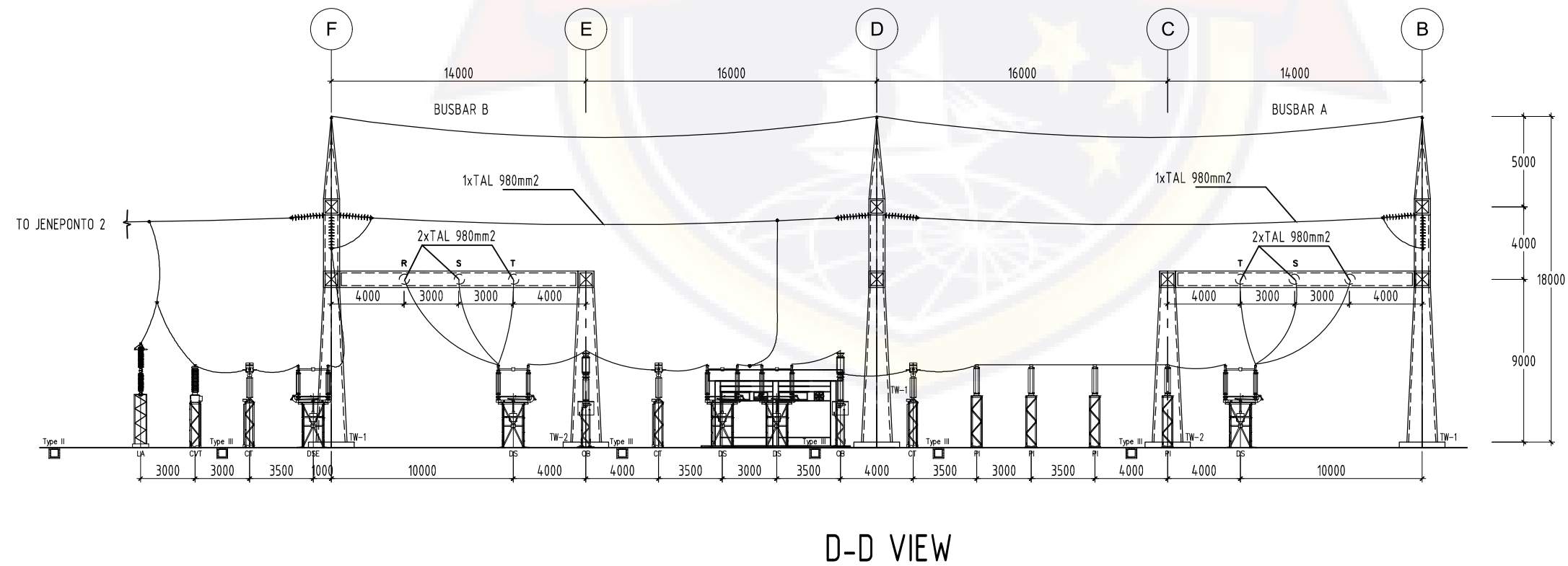
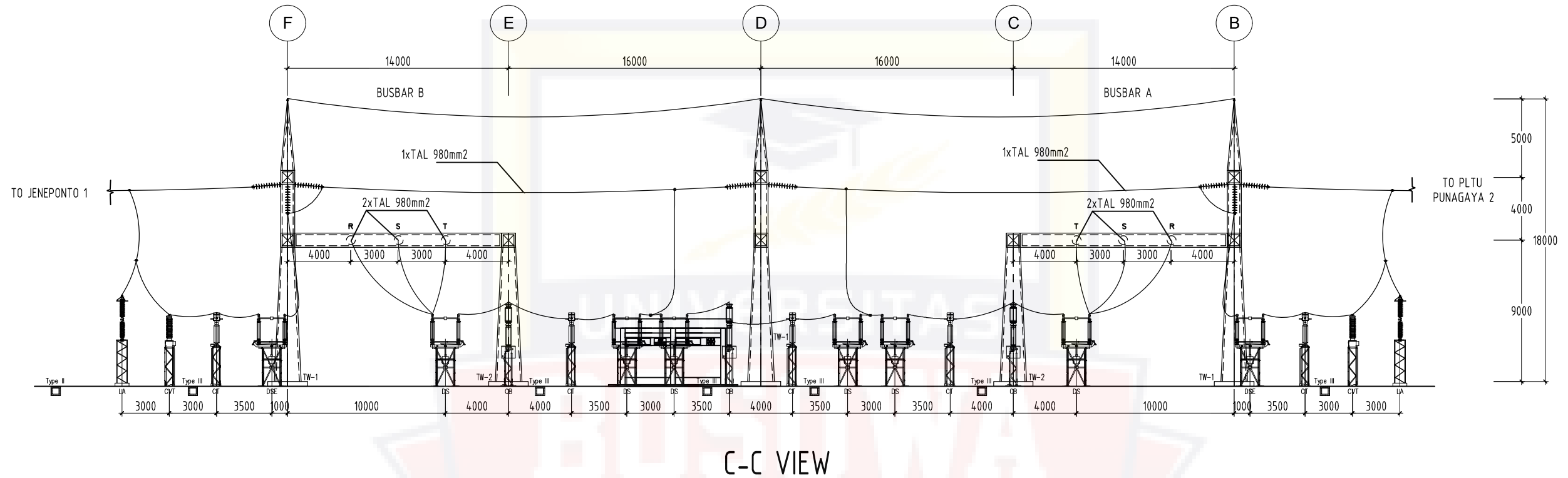


A-A VIEW



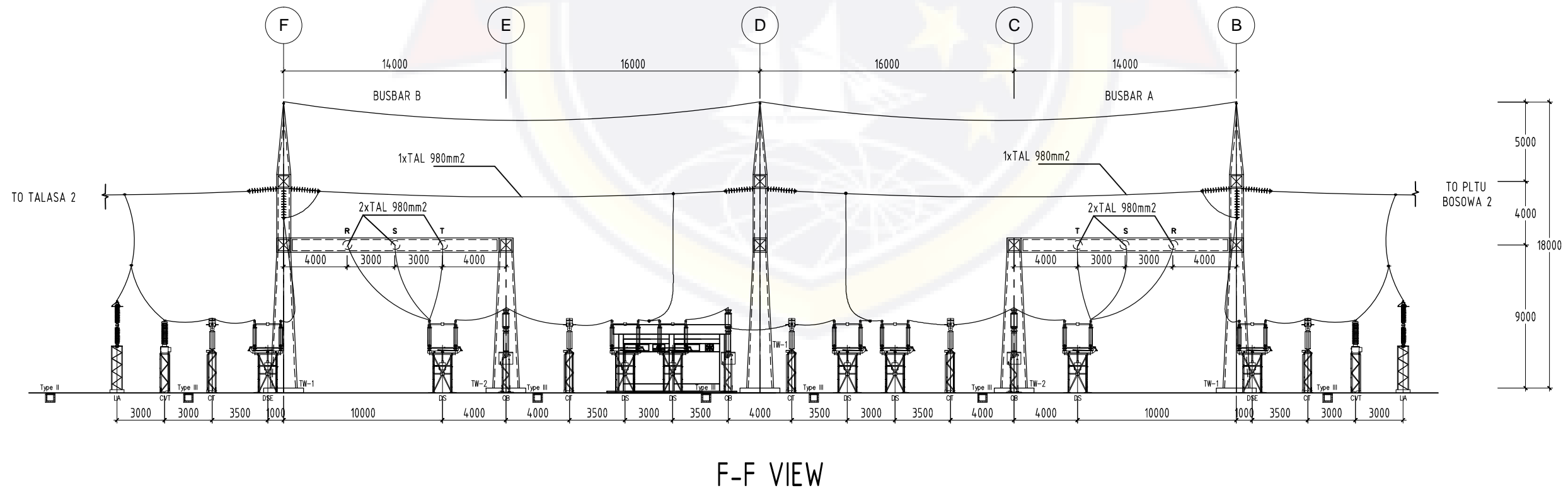
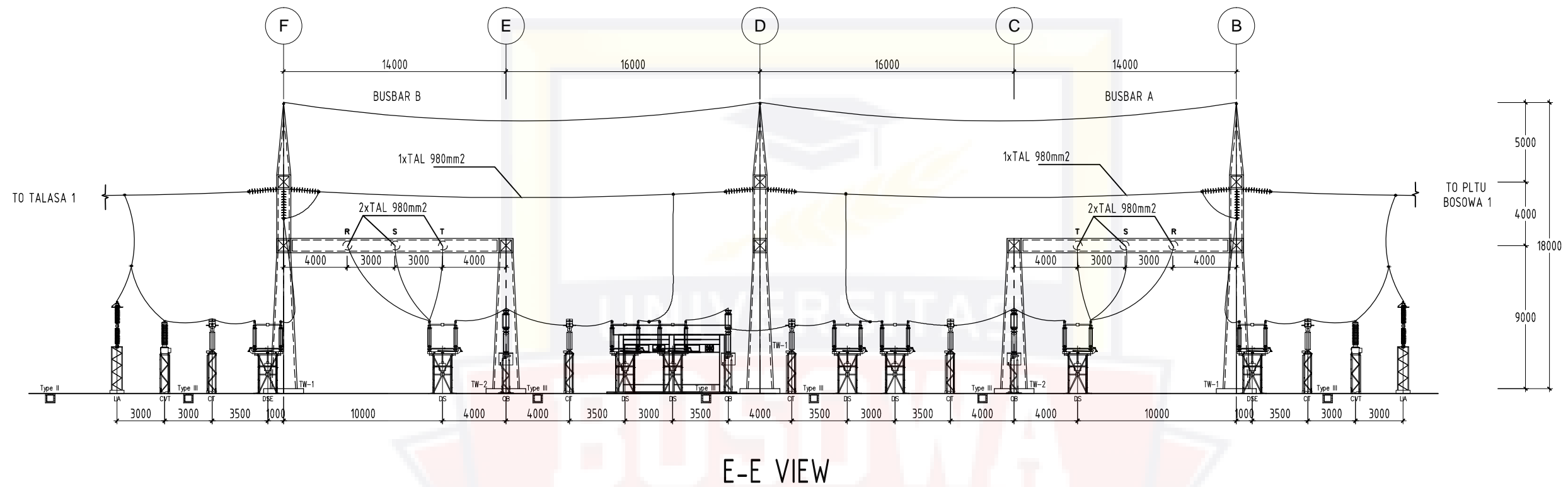
B-B VIEW

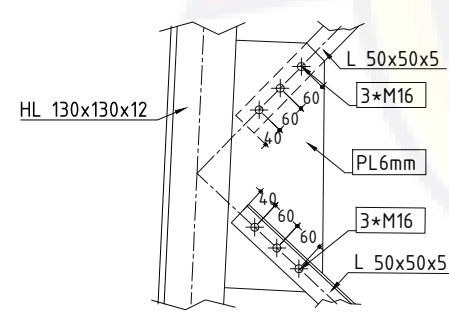
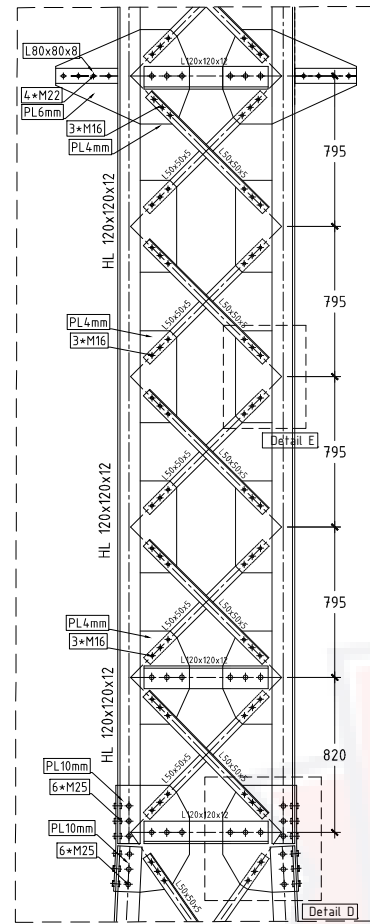
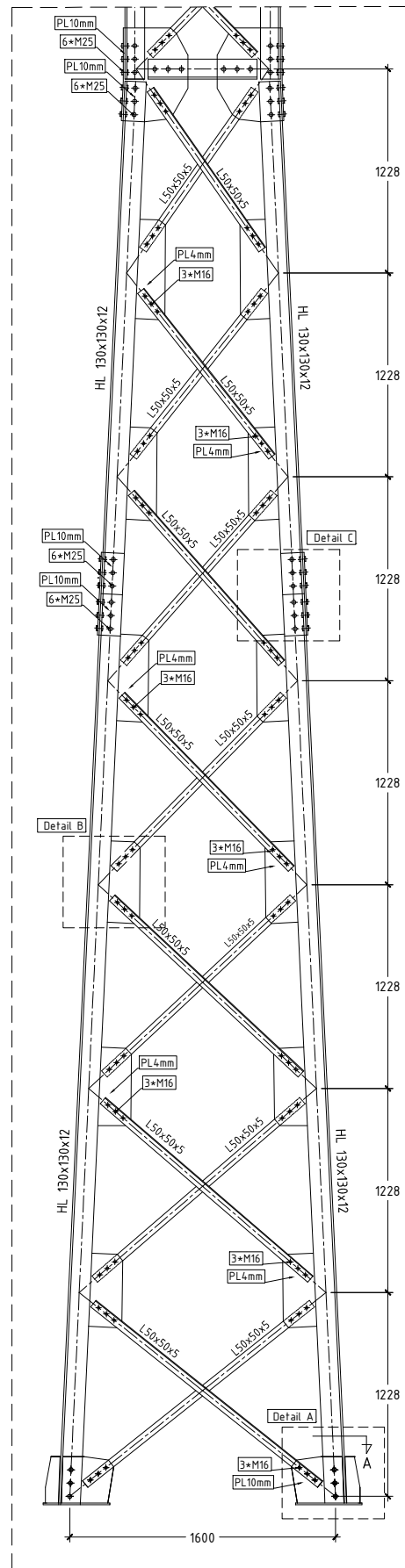
<p>TUGAS AKHIR</p> <p>TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR POST DAN BEAM PADA GARDU INDUK 150kV</p>	<p>DIPERIKSA &amp; DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING</p>		<p>DIGAMBAR OLEH</p> <p>RAHMAT TIRTA 45 16 041 169</p>	<p>Nama Gambar :</p> <p>SWITCHYARD LAYOUT SECTION C-C &amp; D-D</p>	<p>No. Gambar : 03</p>	<p>KETERANGAN :</p> <p>Main Busbar A = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Main Busbar B = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Fly Busbar = 1xTAL 980mm<sup>2</sup> Earthwire = GSW 55 mm<sup>2</sup></p>
	<p>Pembimbing I</p> <p>Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT.</p>	<p>Pembimbing II</p> <p>ARMAN SETIAWAN, ST., MT.</p>				



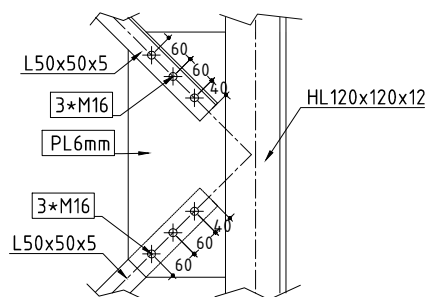


<p>TUGAS AKHIR</p> <p>TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR POST DAN BEAM PADA GARDU INDUK 150kV</p>	<p>DIPERIKSA &amp; DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING</p>		<p>DIGAMBAR OLEH</p> <p>RAHMAT TIRTA 45 16 041 169</p>	<p>Nama Gambar :</p> <p>SWITCHYARD LAYOUT SECTION E-E &amp; F-F</p>	<p>No. Gambar : 04</p>	<p>KETERANGAN :</p> <p>Main Busbar A = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Main Busbar B = 2xTAL 980mm<sup>2</sup> Fly Busbar = 1xTAL 980mm<sup>2</sup> Earthwire = GSW 55 mm<sup>2</sup></p>
	<p>Pembimbing I</p> <p>Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT.</p>	<p>Pembimbing II</p> <p>ARMAN SETIAWAN, ST., MT.</p>				

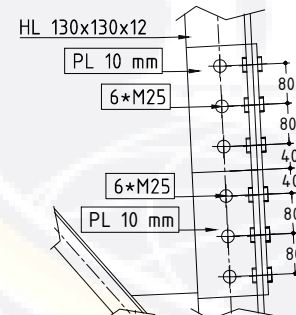
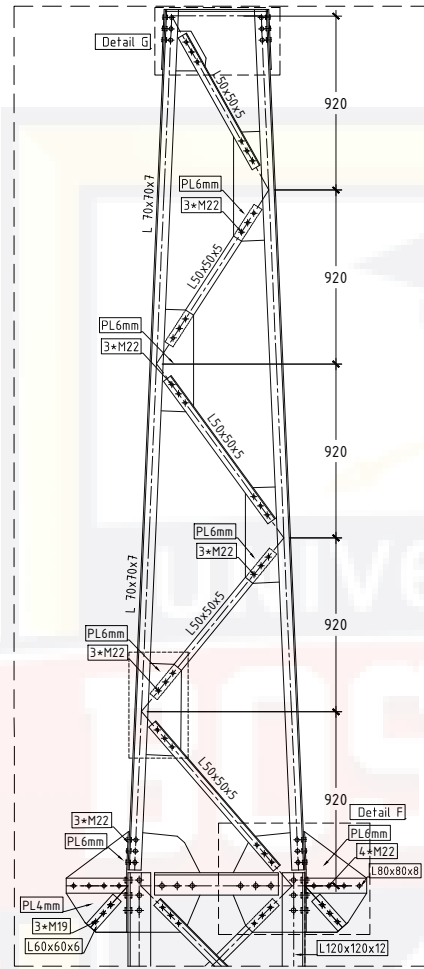




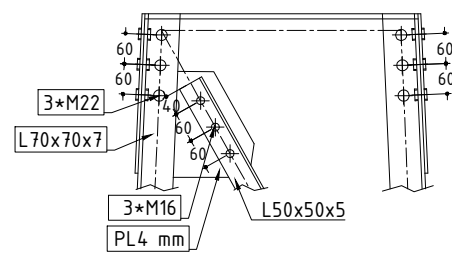
Detail B  
Skala 1:15



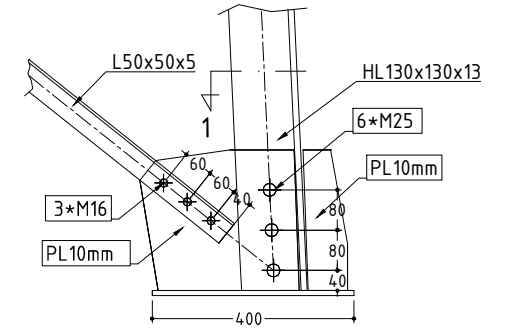
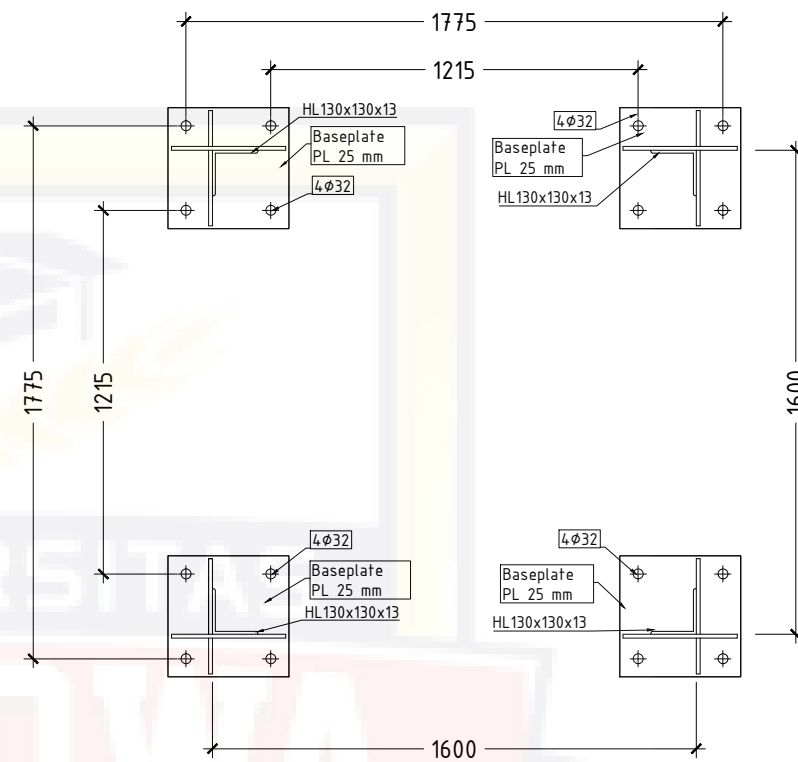
Detail E  
Skala 1:15



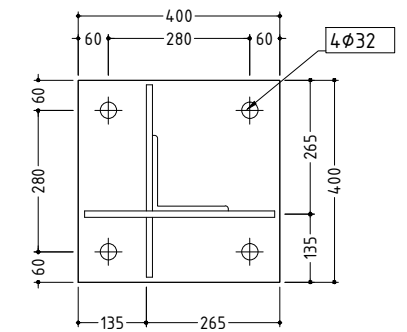
Detail C  
Skala 1:15



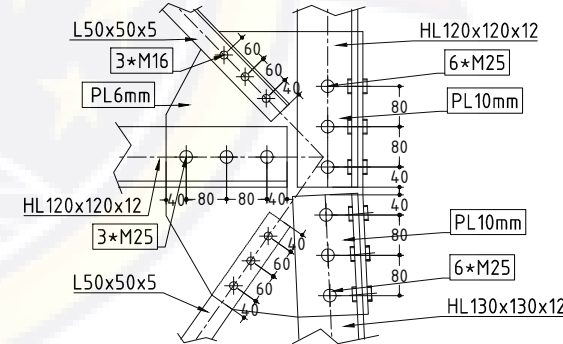
Detail G  
Skala 1:15



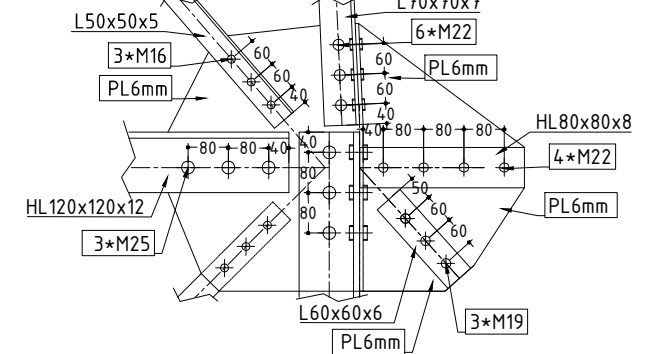
Detail A  
Skala 1:15



Potongan 1-1  
Skala 1:15



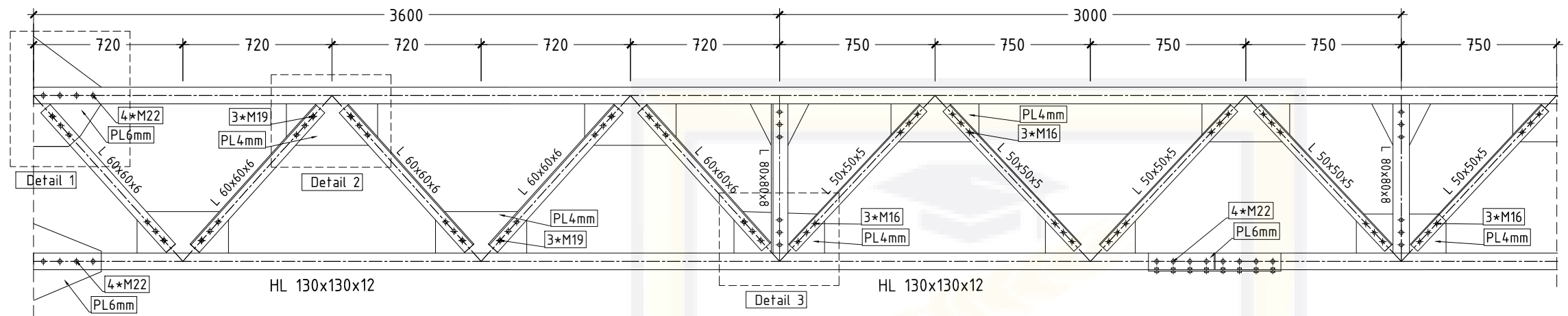
Detail D  
Skala 1:15



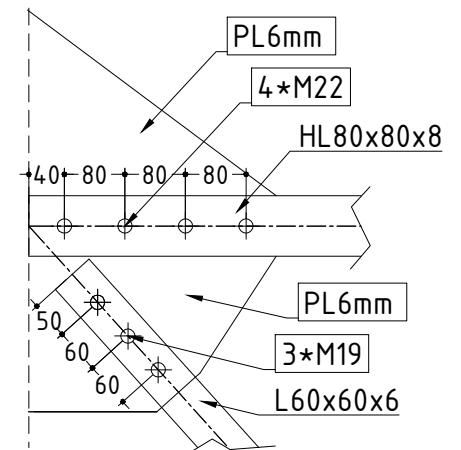
Detail F  
Skala 1:15



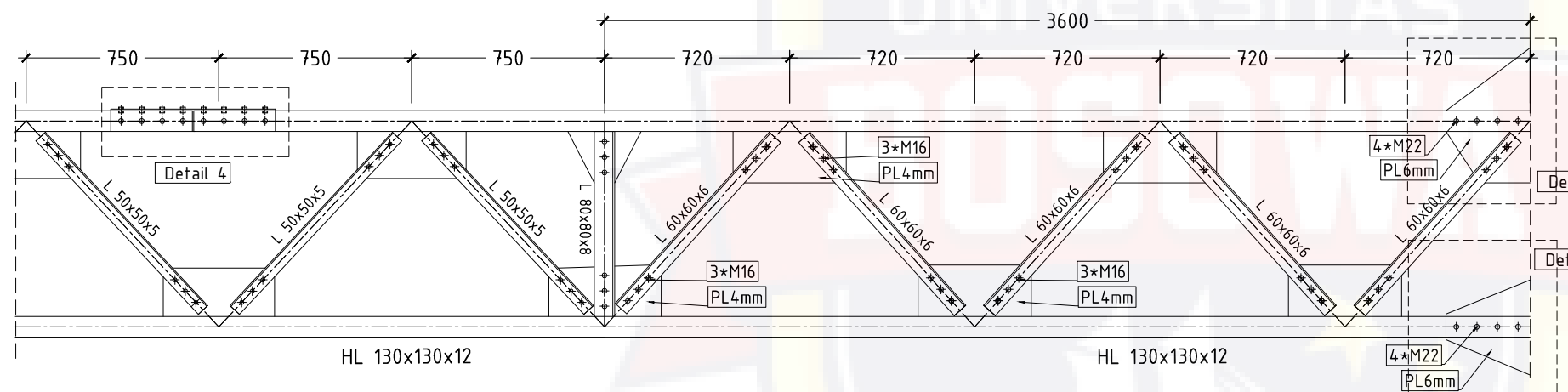
<b>UNIVERSITAS BOSOWA</b> TINJAUAN PERANCANGAN STRUKTUR POST DAN BEAM PADA GARDU INDUK 150kV	<b>TUGAS AKHIR</b> DIPERIKSA & DISETUJUI DOSEN PEMBIMBING		<b>DIGAMBAR OLEH</b> RAHMAT TIRTA 45 16 041 169		Nama Gambar : <b>BEAM GANTRY STEEL          STRUCTURE GI 150 kV</b>	No. Gambar : 06 Skala : 1 : 25, 1 : 20 Tanggal : 02 Mei 2018	<b>KETERANGAN :</b>
	Pembimbing I Ir. SYAHRUL SARIMAN, MT.		Pembimbing II ARMAN SETIAWAN, ST., MT.				



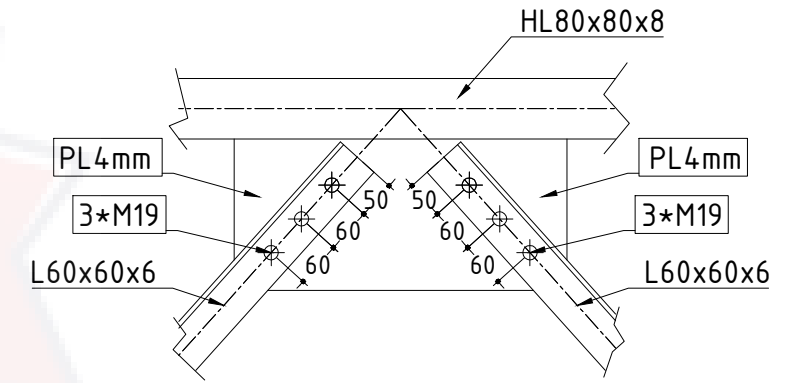
**FRONT VIEW - 1**  
Skala 1:25



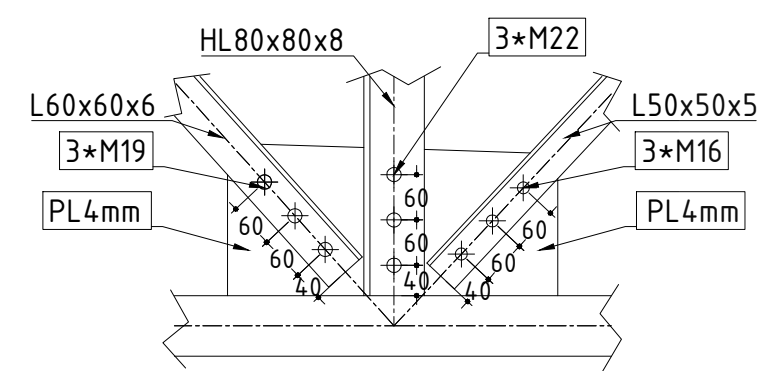
**Detail 1**  
Skala 1:10



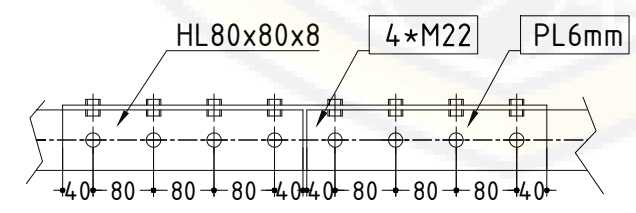
**FRONT VIEW - 2**  
Skala 1:25



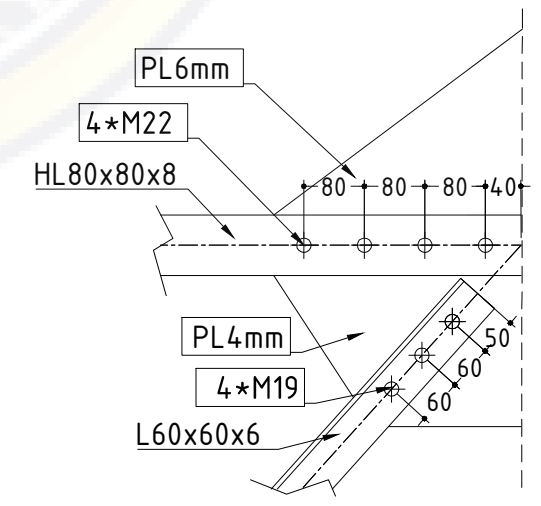
**Detail 2**  
Skala 1:10



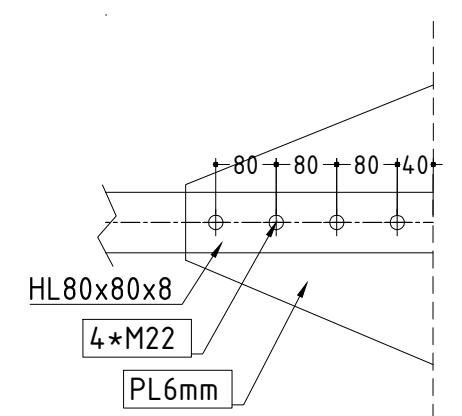
**Detail 3**  
Skala 1:10



**Detail 4**  
Skala 1:10



**Detail 5**  
Skala 1:10



**Detail 6**  
Skala 1:10