

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR  
ANTARA DUA MODEL TOWER JENIS PIRAMID  
SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV  
TERHADAP BEBAN ANGIN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ZEFRIANTO ILHAMI  
1407210272



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400  
Website <http://www.umsu.ac.id> Email: [rektor@umsu.ac.id](mailto:rektor@umsu.ac.id)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Zefrianto Ilhami

NPM : 1407210272

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Antara Dua Model  
Tower Jenis Piramid Saluran udara Tegangan Tinggi 150 KV  
Terhadap Beban Angin

Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada  
Panitia Ujian

Medan, 13 November 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Dr. Fahrizal Zulkarnain

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Zefrianto Ilhami

NPM : 1407210272

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Antara Dua Model  
*Tower* Jenis Piramid Saluran Udara Tegangan Tinggi 150  
KV Terhadap Beban Angin

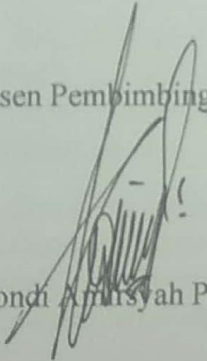
Bidang ilmu : Struktur.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

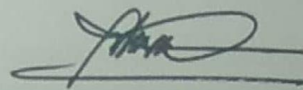
Medan, 13 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

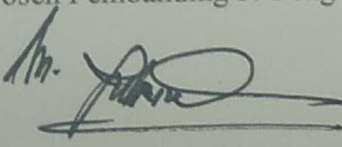
Dosen Pembimbing I / Penguji

  
Tondi Amriyah P, S.T, M.T

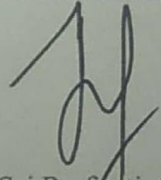
Dosen Pembimbing II / Peguji

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain

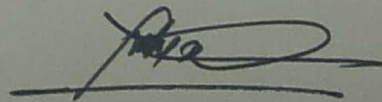
Dosen Pembanding I / Penguji

  
Rizki Efrida S.T, M.T

Dosen Pembanding II / Peguji

  
Sri Prafanti, S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua,

  
Dr. Fahrizal Zulkarnain



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Zefrianto Ilhami

Tempat /Tanggal Lahir: Bekala / 01 September 1996

NPM : 1407210272

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Antara Dua Model *Tower* Jenis Piramid Saluran Udara Tegangan Tinggi 150kV Terhadap Beban Angin”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,



Zefrianto Ilhami

## ABSTRAK

### ANALISA PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ANTARA DUA MODEL TOWER JENIS PIRAMID SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI 150 KV TERHADAP BEBAN ANGIN

Zefrianto Ilhami

1407210272

Tondi Amirsyah Putera P, S.T, M.T

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya, dan untuk menyanggah/merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara listrik, yang lebih dikenal dengan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT). *Tower* transmisi umumnya dibangun didaerah alam terbuka seperti area hutan dan perbukitan. Masalah pada struktur *tower* transmisi SUTT sehingga membuat struktur roboh pada umumnya adalah akibat pengaruh dari alam seperti banjir, longsor, gempa dan angin kencang. Berdasarkan permasalahan yang umum terjadi pada *tower* transmisi pada tugas akhir ini dilakukan analisa dengan menggunakan *Software*, untuk membandingkan perilaku, perhitungan keamanan dimensi profil dan merencanakan sambungan pada dua model *tower* jenis piramid kapasitas 150 kV dengan tinggi struktur 30 m dan dua bentuk *cross arm* yang berbeda terhadap beban angin. Lokasi perencanaan adalah area perbukitan di Daerah Sumatera Utara dengan kecepatan angin maksimal 15m/s. Dari Hasil perhitungan keamanan dipakai profil baja siku dengan kualitas baja BJ-52 dan tujuh dimensi profil yang berbeda pada struktur. Profil terbesar digunakan di bagian kaki paling bawah dengan dimensi 150x150x15. Dari hasil analisa menggunakan software didapatkan nilai perbandingan untuk berat struktur *tower* bahwa *tower T arm* lebih ringan 5,2% atau 848,47 kg dibanding *tower Y Arm*. Hasil analisa software untuk beban angin dan kombinasi menunjukkan reaksi tumpuan *tower T arm* sebesar 29,181 Ton, dengan jarak perpindahan terbesar 7,451mm. Lebih kecil dibanding *tower Y arm* dengan reaksi tumpuan sebesar 32,59 Ton dan perpindahan terbesar 4,722 mm. Sambungan yang dipakai pada kedua *tower* adalah sambungan baut tipe A325 diameter M16 sebanyak 6 buah pada masing-masing profil kaki *tower*.

Kata kunci: *Tower* Transmisi, Struktur Baja, Beban Angin, Analisa Perbandingan Perilaku, Sambungan Baut.

## ABSTRACT

### **STRUCTURE BEHAVIOR COMPARISON ANALYSIS BETWEEN TWO TYPES OF PIRAMID TOWER MODELS 150 KV HIGH VOLTAGE AIR CHANNEL AGAINST WIND LOAD**

Zefrianto Ilhami

1407210272

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Dr. Fahrizal Zulkarnain

*Electrical energy transmitted through air transmission lines generally uses bare wire so it relies on air as an insulating medium between the conducting wire and the surrounding objects, and to support / stretch the conducting wire at a height and distance that is safe for humans and the surrounding environment, the conductive wires these are installed in a sturdy building construction, which is commonly called an electric tower, which is better known as the High Voltage Air Line Tower (SUTT). Transmission towers are generally built in open natural areas such as forest and hilly areas. The problem with the SUTT transmission tower structure that causes the structure to collapse in general is the result of natural influences such as floods, landslides, earthquakes and strong winds. Based on the problems that commonly occur in transmission towers, in this final project an analysis is carried out using software, to compare the behavior, the calculation of the safety of the profile dimensions and the connection planning of the two Pyramid tower models with a capacity of 150 kV with a structure height of 30 m and two different forms of Cross arm against wind loads. The planning location is a hilly area in North Sumatra with a maximum wind speed of 15m/s. From the results of safety calculations used angled steel profiles with BJ-52 steel quality and seven different profile dimensions on the structure. The largest profile is used at the bottom of the leg with dimensions of 150x150x15. From the analysis using software, the comparison value for the weight of the tower structure shows that the T arm tower is 5.2% lighter or 848.47 kg than the Y Arm tower. Software analysis results for wind loads and combinations show the Tower T arm support reaction of 29.181 tons, with the largest displacement distance of 7.451mm. Smaller than the Y arm tower with a support reaction of 32.59 tons and the largest displacement of 4.722 mm. The connection used on the two towers is 6 bolts of type A325 diameter M16 on each leg profile.*

*Keywords: Transmission Tower, Steel Structure, Wind Load, Comparative Behavior Analysis, Bolt Connection.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Antara Dua Model *Tower* Jenis Piramid Saluran Udara Tegangan Tinggi 150kV Terhadap Beban Angin” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera Pulungan, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Edi SURIANTO dan Hotmauli Br.Pasaribu, yang selalu memberikan dorongan, doa dan dukungan baik secara moril dan materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Arif Gumandar Pasaribu, Arry Kurniawan, Bagas Zanarko, Bahrul Ulum Ritonga, Julfan Ilhami, M.Ridho Pratama, M.Syifa, Mustaqim Tanjung, Rian Hidayat, Rizky Setiawan yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini dan selalu memberikan semangat serta masukan.
10. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2014 terkhusus teman teman B2 Siang.  
Semoga Allah SWT memberi balasan atas segala bantuan yang diberikan. Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Medan, 13 November 2020



Zefrianto Ilhami



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat Teoritis	3
1.5.2 Manfaat Praktis	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Menara Transmisi	6
2.2.1 Tipe Menara	8
2.3 Struktur Rangka Menara	13
2.3.1 Baja	13
2.4 Pembebanan Pada Struktur Menara	18
2.5 Perlengkapan <i>Tower</i>	25
2.5.1 Konduktor	25
2.5.2 Insulator	27

2.6	Sambungan Baut	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Bagan Alir Penelitian	34
3.2.	Dimensi Bangunan Struktur <i>Tower</i>	35
3.3.	Kondisi Topografi	36
3.4.	Data Kecepatan Angin	36
3.5	Analisa Pembebanan	37
3.6	Modelling Transmission <i>Tower</i>	39
3.7	Input Pembebanan Pada Struktur <i>Tower</i>	47
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Analisis Software	57
4.1.1	Berat Struktur	57
4.1.2	<i>Base Reactions</i>	57
4.1.3	Hasil Cek Terhadap Beban Angin	58
4.2	Perbandingan Perpindahan ( <i>Displacement</i> )	60
4.3	Kontrol Batang Tarik dan Tekan	65
4.3.1	Kontrol Batas Leleh dan Keruntuhan Tarik <i>Tower Y Arm</i>	65
4.3.2	Kontrol Kuat Tekan Profile Batang <i>Tower Y Arm</i>	67
4.3.3	Kontrol Batas Leleh dan Keruntuhan Tarik <i>Tower T Arm</i>	69
4.3.4	Kontrol Kuat Tekan Profile Batang <i>Tower T Arm</i>	71
4.4	Perhitungan Sambungan Baut	73
4.4.1	Perhitungan Sambungan Pada Kaki <i>Tower Y arm</i>	73
4.4.2	Perhitungan Sambungan Pada Kaki <i>Tower T arm</i>	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe sudut belok menara SUTT 66 kV dan 150 kV	12
Tabel 2.2	Tipe sudut belok menara SUTT 275 kV dan 500 kV (SPLN T5.004: 2010)	13
Tabel 2.3	Langkah-langkah penentuan beban angin pada SPBAU dan struktur lain atas-atap (SNI-1727 2013)	19
Tabel 2.3	<i>Lanjutan</i>	20
Tabel 2.4	Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, salju, gempa dan es (SNI 1727-2013)	20
Tabel 2.4	<i>Lanjutan</i>	21
Tabel 2.5	Faktor arah angin, $K_d$	22
Tabel 2.6	Koefisien Eksposur tekan Velositas, $K_h$ dan $K_z$ (SNI 1727-2013)	23
Tabel 2.6	<i>Lanjutan</i>	24
Tabel 2.7	Data untuk jenis konduktor yang digunakan pada SUTT	27
Tabel 2.8	Data insulator batang panjang yg digunakan pada SUTT	29
Tabel 2.9	Kekuatan baut berdasarkan sifat mekanik	30
Tabel 3.1	Data kecepatan angin BMKG Tapanuli Utara	37
Tabel 3.2	Data profil baja untuk kedua <i>tower</i>	37
Tabel 4.1	Berat sendiri <i>tower Y</i>	57
Tabel 4.2	Berat sendiri <i>tower T</i>	57
Tabel 4.3	<i>Base reaction tower Y</i>	58
Tabel 4.4	<i>Base reaction tower T</i>	58
Tabel 4.5	<i>Frame loads - open structure wind transmission tower Y arm</i>	59
Tabel 4.6	<i>Frame loads - open structure wind transmission tower T arm</i>	60
Tabel 4.7	Perbandingan perpindahan pada kaki <i>tower</i> akibat beban angin arah x	61
Tabel 4.8	Perbandingan perpindahan pada kaki <i>tower</i> akibat beban angin arah y	62
Tabel 4.9	Perbandingan perpindahan pada kaki <i>tower</i> akibat kombinasi pembebanan COMB-5	63

Tabel 4.10	Perbandingan perpindahan pada kaki <i>tower</i> akibat kombinasi pembebanan COMB-6	64
Tabel 4.11	Rekapitulasi perhitungan kontrol batas leleh tarik dan runtuh tarik <i>tower Y arm</i>	66
Tabel 4.11	Rekapitulasi perhitungan kontrol batas leleh tarik dan runtuh tarik <i>tower Y arm lanjutan</i>	67
Tabel 4.12	Tabel data untuk analisis kuat tekan	67
Tabel 4.13	Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan <i>tower Y arm</i>	68
Tabel 4.14	Rekapitulasi perhitungan Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan <i>tower Y arm lanjutan</i>	68
Tabel 4.15	Rekapitulasi perhitungan kontrol batas leleh tarik dan runtuh tarik <i>tower T arm</i>	70
Tabel 4.16	Rekapitulasi perhitungan batas leleh tarik dan runtuh tarik <i>tower T arm lanjutan</i>	71
Tabel 4.17	Tabel data untuk analisis kuat tekan	71
Tabel 4.18	Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan <i>tower T arm</i>	72
Tabel 4.19	Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan Tekan <i>tower T arm lanjutan</i>	72
Tabel 4.20	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower Y arm</i> .	76
Tabel 4.21	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower Y arm lanjutan</i>	76
Tabel 4.22	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower Y arm lanjutan</i>	76
Tabel 4.23	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower T arm</i> .	80
Tabel 4.24	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower T arm lanjutan</i>	80
Tabel 4.25	Rekapitulasi perhitungan sambungan baut <i>tower T arm lanjutan</i>	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian utama menara transmisi daya	7
Gambar 2.2	Tinggi menara transmisi	8
Gambar 2.3	<i>Tower sudut</i>	9
Gambar 2.4	<i>Suspension tower</i>	9
Gambar 2.5	<i>Dead end tower</i>	10
Gambar 2.6	Tiang delta	11
Gambar 2.7	Tiang zig-zag.	11
Gambar 2.8	Tiang piramid	12
Gambar 2.9	Isolator batang panjang	28
Gambar 2.10	Bidang geser baut	32
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	34
Gambar 3.1	<i>Lanjutan</i>	35
Gambar 3.2	<i>Tower Y arm dan tower T arm</i>	35
Gambar 3.3	<i>New model truss and seting dimension</i>	40
Gambar 3.4	Penjelasan <i>input</i> spesifikasi	40
Gambar 3.5	<i>Edit grid data</i>	41
Gambar 3.6	<i>View cross arm SUTT model 1 XZ dan isometric</i>	42
Gambar 3.7	<i>View cross arm SUTT model 2 XZ dan isometric</i>	42
Gambar 3.8	<i>Define materials</i>	43
Gambar 3.9	<i>Add material property ASTM A53 Gr B</i>	43
Gambar 3.10	<i>Input material property data Baja-52</i>	43
Gambar 3.11	<i>Input frame sections siku 1</i>	44
Gambar 3.12	<i>Input frame sections siku 2</i>	44
Gambar 3.13	<i>Input frame sections siku 3</i>	45
Gambar 3.14	<i>Input frame sections siku 4</i>	45
Gambar 3.15	<i>Input frame sections siku 5</i>	45
Gambar 3.16	<i>Input frame sections siku 6</i>	46
Gambar 3.16	<i>Input frame sections siku 6</i>	46
Gambar 3.17	<i>Input frame sections siku 7</i>	46
Gambar 3.18	<i>Input frame properties</i>	46



Gambar 3.19	<i>Tower</i> piramid Y (kiri) dan <i>tower</i> piramid T (kanan)	47
Gambar 3.20	<i>Load pattern</i>	49
Gambar 3.21	<i>Modify load pattern</i> untuk angin X	50
Gambar 3.22	<i>Modify load pattern</i> untuk angin Y	50
Gambar 3.23	<i>Load combination</i> 1	51
Gambar 3.24	<i>Load combination</i> 2	51
Gambar 3.25	<i>Load combination</i> 3 dan <i>load combination</i> 4	52
Gambar 3.26	<i>Load combination</i> 5 dan <i>load combination</i> 6	53
Gambar 3.27	<i>Load combination</i> 7	53
Gambar 3.28	<i>Load combination</i> 8 dan <i>load combination</i> 9	54
Gambar 3.29	<i>Load combination</i> 10	54
Gambar 3.30	<i>Load combinations</i>	55
Gambar 3.31	Beban mati tambahan	55
Gambar 3.32	Beban hidup	56
Gambar 4.1	Susunan baut batang no.4 <i>tower Y arm</i>	74
Gambar 4.2	Susunan baut batang no.4 <i>tower T arm</i>	88

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Perbandingan perpindahan arah x akibat beban angin arah x	61
Grafik 4.2	Perbandingan perpindahan arah y akibat beban angin arah x	61
Grafik 4.3	Perbandingan perpindahan arah x akibat beban angin arah y	62
Grafik 4.4	Perbandingan perpindahan arah y akibat beban angin arah y	62
Grafik 4.5	Perbandingan perpindahan arah x akibat comb-5	63
Grafik 4.6	Perbandingan perpindahan arah y akibat comb-5	63
Grafik 4.7	Perbandingan perpindahan arah x akibat comb-6	64
Grafik 4.8	Perbandingan perpindahan arah y akibat comb-6	64

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas bidang ( $\text{mm}^2$ )
$A_b$	= Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, $\text{in}^2$ ( $\text{mm}^2$ )
$A_e$	= Luas neto efektif, $\text{in}^2$ ( $\text{mm}^2$ )
$A_g$	= Luas bruto dari komponen struktur, $\text{in}^2$ ( $\text{mm}^2$ )
$A_{gv}$	= Luas neto penahan geser ( $\text{mm}^2$ )
$A_{\min}$	= Luas penampang minimum ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	= Luas neto, $\text{in}^2$ ( $\text{mm}^2$ )
$A_{nv}$	= Luas neto penahan geser ( $\text{mm}^2$ )
D	= Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen (Kg)
d1	= Diameter lubang baut (mm)
$d_b$	= Diameter baut (mm)
E	= Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)
E	= Beban gempa
$F_y$	= Tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (MPa)
$F_e$	= Tegangan tekuk kritis elastis (MPa)
$F_n$	= Tegangan tarik nominal, $F_{nt}$ , atau tegangan geser, $F_{nv}$ , ksi (MPa)
$F_{cr}$	= Tegangan kritis (MPa )
$f_y$	= Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)
$f_u$	= Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)
$f_b^u$	= Kuat tarik putus baut/ <i>proof load</i> (MPa)
G	= Faktor efek-tiupan angin
I	= Panjang sambungan, in (mm)
K	= Faktor panjang efektif
Kd	= Faktor arah angin
Kz	= Koefisien eksposur tekanan velositas
Kzt	= Faktor topografi tertentu
L	= Beban hidup (Kg)
$L_r$	= Beban hidup diatap (Kg)
L	= Panjang komponen struktur (mm)
m	= Jumlah bidang geser

$q_h$	= Tekanan velositas dievaluasi pada tinggi atap rata-rata $h$
$Q$	= Faktor reduksi netto untuk menghitung semua elemen langsing
$Q_z$	= Tekanan velositas di hitung pada ketinggian $z$
$Q_h$	= Tekanan velositas di hitung menggunakan pada ketinggian $h$
$r$	= Radius girasi atau jari – jari girasi (mm)
$P_u$	= Gaya tekan batang (kg)
$P_n$	= Tegangan nominal aksial (MPa)
$R_a$	= Kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI (kg)
$R_n$	= Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K (kg)
$\Omega$	= Faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K
$R_n/\Omega$	= Kekuatan izin (kg)
$R_u$	= Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK (kg)
$R_n$	= Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K (kg)
$\Phi$	= Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K
$\Phi R_n$	= Kekuatan desain (Kg)
$s_1$	= Jarak baut ke tepi pelat (mm)
$s$	= Jarak antar baut (mm)
$T_b$	= Gaya tarik sarana penyambung minimum (KN)
$U$	= Faktor geser yang diperhitungkan
$V$	= Kecepatan angin dasar (m/s)
$W$	= Beban angin (kg)
$W_x$	= Beban angin arah X(kg)
$W_y$	= Beban angin arah Y(kg)
$x$	= Eksentrisitas sambungan, in(mm)
$\mu$	= Koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih
$\lambda_p$	= Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak
$\lambda_r$	= Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan kepulauan yang luas. Seiring berjalannya waktu dan pertambahan penduduk yang semakin pesat, pembangunan terus meluas hingga kedaerah-daerah terpencil .

Untuk mendukung pembangunan dan perekonomian di daerah terpencil sangat diperlukan pasokan energi listrik. Tidak semua tempat memiliki sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit untuk menghasilkan listrik. Itulah mengapa masih banyak daerah yang belum merasakan pasokan sumber daya listrik yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan alat-alat elektronik dan alat-alat/mesin industri.

PT. PLN (Persero) sebagai satu-satunya perusahaan di Indonesia milik negara yang berperan dalam pengelolaan dan penyaluran sumber daya listrik keseluruhan Indonesia harus mencari cara agar listrik dapat dialirkan hingga ke pelosok negeri. Namun pendistribusian listrik dengan jarak yang jauh bukan perkara mudah. Karena dalam perjalanan penyaluran energi listrik, baik disalurkan distribusi maupun transmisi akan terjadi kehilangan energi.

Salah satu upaya untuk meminimalkan kehilangan energi listrik saat penyaluran adalah dengan membangun *tower* Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) agar pendistribusian listrik dengan jarak yang jauh dapat terlaksana. Sehingga daerah-daerah terpencil yang sulit diakses seperti didaerah pegunungan, perbukitan, dan daerah jauh didalam hutan yang memiliki akses jalan sangat minim mendapatkan pasokan aliran energi listrik dari pembangkit energi listrik yang terletak didaerah lain.

Material utama struktur *lattice tower* SUTT adalah baja. Baja mempunyai daya tarik, lengkung dan tekan yang sangat besar, membuatnya menjadi bahan konstruksi yang sangat berharga. Namun dikarenakan baja memiliki berat *volume* yg cukup besar, sehingga pabrikasi elemen struktur pembentuk konstruksi *tower* yang digunakan adalah baja dengan ukuran penampang yang relatif kecil



atau langsing.

Salah satu yang akan menjadi pembahasan tugas akhir ini adalah mengenai analisa struktur pada *tower* transmisi SUTT dimana program yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *software*. Dimana pada *software* akan didapatkan profil baja, sambungan dan baut baja yang sesuai dengan *tower* baja yang akan didesain. Juga dapat ditampilkan deformasi yang terjadi pada model rencana.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah kedua model *tower* yang didesain sudah memenuhi perhitungan keamanan struktur berdasarkan peraturan yang berlaku?
2. Berapa macam dimensi profil yang digunakan pada kedua desain *tower* yang memenuhi perhitungan keamanan struktur sehingga didapatkan desain yang ekonomis?
3. Dari kedua *tower* yang didesain, model mana yang lebih kaku dalam menahan beban angin dan kombinasi pembebanan berdasarkan perilaku strukturnya?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan desain, analisa kemampuan struktur dan perilaku struktur akibat beban yang direncanakan. Adapun beban yang ditinjau adalah berat sendiri struktur, beban gravitasi, beban angin.

Analisa akan dilakukan pada dua model *tower* dengan jenis yang sama. Wilayah yang ditinjau untuk pembangunan adalah area perbukitan didaerah Sumatera Utara dengan kecepatan angin relatif kencang. Tinggi *tower* rencana adalah 30m dan penelitian dilakukan dengan menggunakan *software*.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisa perhitungan keamanan profil baja berdasarkan SNI-1729 2015 pada masing-masing model *tower* SUTT.

2. Merencanakan dimensi profil dan sambungan untuk dua model struktur *tower* transmisi SUTT, kemudian menentukan desain yg lebih ekonomis juga memenuhi persyaratan keamanan.
3. Untuk mengetahui perbandingan perilaku struktur dan menentukan model tower yang lebih kaku dalam menahan beban angin dan beban kombinasi.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

Penelitian ini merupakan perencanaan dan masukan-masukan dari teori sumber yang ada serta bermanfaat memberikan arahan-arahan untuk acuan peraturan yang sudah ada dan merangsang untuk munculnya penelitian lebih lanjut tentang kekuatan struktur untuk mendapatkan kekuatan dan nilai ekonomis yg lebih baik.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

Dengan adanya hasil berupa data-data besaran beban yang dipikul oleh struktur seperti beban yang dipikul di bagian *crossarm*, beban struktur dan beban angin diwilayah yg ditinjau membuat penelitian selanjutnya dapat membuat perencanaan yg lebih ekonomis dan meningkatkan keselamatan kontruksi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat berguna bagi masyarakat banyak .

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan Tugas Akhir ini disesuaikan dengan sistematika yang telah ditetapkan sebelumnya agar lebih mudah memahami isinya. Sistematika penulisan ini memuat hal-hal sebagai berikut.

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan pendahuluan yang menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Merupakan bab yang menguraikan uraian dari beberapa teori yang diambil dari berbagai literatur yang relevan dari berbagai sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan lebih lanjut mengenai metode penelitian yang dipakai termasuk pengambilan data, langkah penelitian, serta pemilihan lokasi penelitian. Pengumpulan data mengacu pada SNI 1727-2013, SNI-1729-2015, dan Tabel Profil Baja.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan bab yang membahas dan merangkum hasil dari data yang dianalisis menggunakan software, dan perhitungan manual. Kemudian dimuat kedalam tabel dan ditampilkan kedalam grafik, selanjutnya data-data tersebut digunakan untuk perbandingan kedua *tower* tipe piramid.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang mengemukakan kesimpulan dari hasil analisa kedua *tower* jenis piramida dan membandingkan hasil analisa kedua model. Serta memberikan saran-saran yang diperlukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Panduan pertama untuk desain menara transmisi baja dikeluarkan oleh *American Society of Civil Engineers* (ASCE). Kemudian setelah itu, Perkumpulan Insinyur Sipil Amerika membentuk sebuah komite untuk mengembangkan standar untuk desain struktur transmisi baja berkisi-kisi. Standar ini telah selesai pada tahun 1990 dan disetujui oleh Institut Standar Nasional Amerika (ANSI), pada bulan Desember 1991. Kemudian diterbitkan sebagai ANSI / ASCE 10 pada tahun 1992 dan dimutakhirkan pada tahun 1997. Berbagai upaya penting telah dilakukan untuk meningkatkan metode penentuan beban struktural pada struktur saluran transmisi. Panitia tugas tentang pemuatan struktural struktur transmisi listrik telah berkumpul, membahas dan mempresentasikan hasil dari upaya ini sebagai ASCE Manual No.74 pada tahun 1991.

Manual ini menyajikan pedoman dan prosedur terperinci untuk pengembangan struktur saluran transmisi. Selain ASCE, Institut Insinyur Listrik dan Elektronik (IEEE) telah menerbitkan beberapa publikasi mengenai rekomendasi dan peraturan keselamatan mereka agar memiliki landasan yang baik pada desain menara saluran transmisi baja.

Transmisi impuls listrik pada jarak yang diperpanjang pertama kali ditunjukkan pada 14 Juli 1729 oleh fisikiawan Stephen Gray, untuk menunjukkan bahwa seseorang dapat mentransfer listrik dengan metode itu. Demonstrasi menggunakan tali penolong basah yang ditanggihkan oleh benang sutra (pentingnya konduktor logam tidak dihargai pada waktu itu). Namun penggunaan praktis pertama dari saluran udara adalah dalam konteks telegrafi. Pada tahun 1873 sistem telegraf komersial eksperimental berjalan sejauh 13 mil (20 km).

Transmisi tenaga listrik dilakukan pada tahun 1882 dengan transmisi tegangan tinggi pertama antara Munich dan Bad Brook.1891 menyaksikan pembangunan saluran udara tiga fase pertama yang berselang-seling pada kesempatan Pameran Listrik internasional di Frankfurt, antara Lauffen dan Frankfurt.

Pada tahun 1912, 110kV pertama - kabel listrik masuk layanan diikuti oleh yang pertama 220 kV - kabel listrik *overhead* pada tahun 1923. Pada tahun 1920 RWE AG (Rheinisch- Westfälisches E lektizitätswerk AG - sebuah perusahaan utilitas listrik Jerman) membangun saluran listrik *overhead* pertama untuk tegangan ini dan pada tahun 1926 membangun sebuah persimpangan *Rhine* dengan tiang *Voerde*, dua tiang tinggi 138 meter. Di Jerman pada tahun 1957, saluran listrik *overhead* 380 kV pertama kali ditugaskan (antara stasiun transformator dan Rommerskirchen). Pembangunan tiang saluran udara tertinggi di dunia dimulai dari 1997 di Rusia, dan juga di Kanada, saluran *overhead* untuk tegangan 765kV dibangun pada 1982 saluran listrik *overhead* dibangun di Rusia antara Elketrostal dan pembangkit listrik di Elkibastuz, ini adalah tiga fase garis arus bolak-balik pada 1200 kV (*powerline* Elkibastuz-kokshetau). Pada tahun 2003 pembangunan saluran udara tertinggi dimulai di Cina, *the Yangtze River Crossing*.

## 2.2 Menara Transmisi

Pada suatu sistem tenaga listrik, energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit listrik ditransmisikan ke pusat-pusat pengatur beban melalui suatu saluran transmisi, saluran transmisi tersebut dapat berupa saluran udara atau saluran bawah tanah, namun pada umumnya berupa saluran udara. Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya, dan untuk menyanggah/merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat-kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara listrik, yang lebih dikenal dengan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).

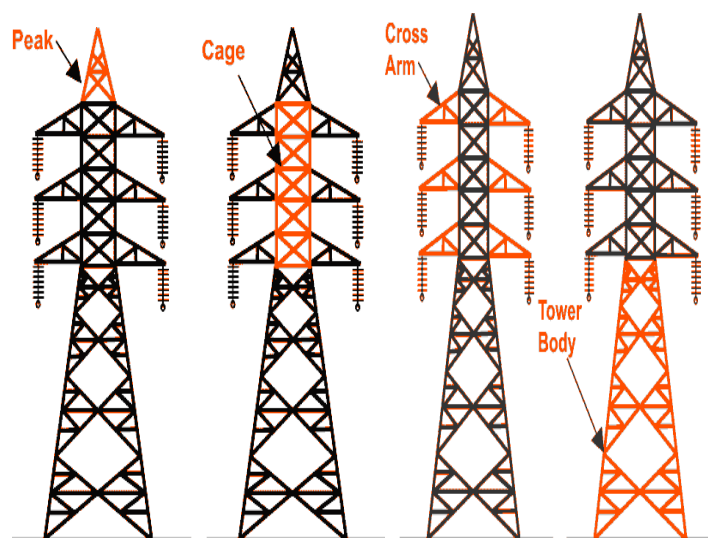
Konstruksi *tower* besi baja merupakan jenis konstruksi saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) ataupun saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN (Perusahaan Listrik Negara). Karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan



dan jauh dari jalan raya, harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharaannya yang mudah.

Menara transmisi terdiri dari bagian-bagian berikut:

1. Puncak menara transmisi: Bagian di atas lengan lintas atas disebut puncak menara transmisi. Umumnya kawat pelindung bumi terhubung ke ujung puncak ini.
2. *Crossarm* menara transmisi: *Crossarm* menara transmisi memegang konduktor transmisi. Dimensi lengan silang bergantung pada tingkat tegangan transmisi, konfigurasi, dan sudut pembentukan minimum untuk distribusi tegangan.
3. Boom menara transmisi.
4. Sangkar menara transmisi: Bagian antara badan menara dan puncaknya dikenal sebagai sangkar menara transmisi. Bagian menara ini memegang lengan silang.
5. Tubuh menara transmisi: Bagian dari lengan lintas bawah hingga permukaan tanah disebut tubuh menara transmisi. Bagian menara ini memainkan peran penting untuk mempertahankan *ground clearance* yang diperlukan dari konduktor bawah saluran transmisi.
6. Kaki menara transmisi.
7. Rakitan stub / jangkar baut dan pelat dasar menara transmisi.



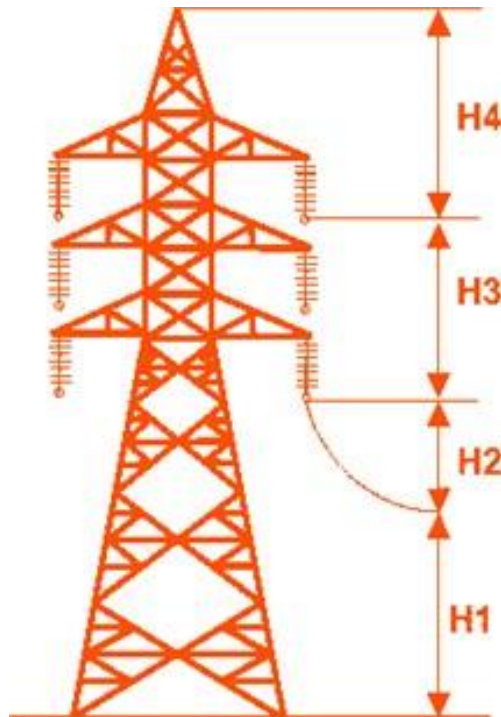
Gambar 2.1: Bagian utama menara transmisi daya.

Konfigurasi menara saluran transmisi tergantung pada titik-titik berikut:

- a) *Ground clearance minimum* dari titik konduktor terendah di atas permukaan tanah.
- b) Panjang string isolator.
- c) Jarak minimum yang harus dipertahankan antara konduktor dan antara konduktor dan menara.
- d) Lokasi kawat tanah sehubungan dengan sebagian besar konduktor luar.
- e) Jarak tengah rentang diperlukan dari pertimbangan perilaku dinamis konduktor dan perlindungan garis yang meringankan.

Untuk menentukan ketinggian menara transmisi yang sebenarnya dengan mempertimbangkan titik-titik di atas, ketinggian total menara dibagi menjadi empat bagian sebagai berikut

- a) *Minimum ground clearance* yang diizinkan (H1)
- b) Kedok maksimum konduktor (H2)
- c) Jarak vertikal antara konduktor atas dan bawah (H3)
- d) Jarak vertikal antara kabel arde dan konduktor atas (H4).



Gambar 2.2: Tinggi menara transmisi.

### 2.2.1 Tipe Menara

Menurut fungsinya, tiang / *tower* terbagi beberapa macam, yaitu:

- a) *Tower* sudut (*angle tower*)



Gambar 2.3: *Tower* sudut.

*Tower* sudut adalah tiang penegang yang berfungsi menerima gaya tarik akibat perubahan arah jalur *transmisi* yang mempunyai sudut belok sampai  $90^\circ$  untuk Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET).

- b) *Tower* gantung (*suspension tower*)



Gambar 2.4: *Suspension tower*.

*Tower* yang digunakan untuk menyangga penghantar atau konduktor pada kedua bentang untuk jalur transmisi yang relatif lurus dengan sudut belok antara  $0$  sampai dengan  $3$  derajat untuk SUTT dan  $0$  sampai  $5$  derajat untuk SUTET.

c) *Tower* akhir (*dead end tower*)

*Tower* akhir adalah *Tower* penegang yang direncanakan sedemikian rupa sehingga kuat untuk menahan gaya tarik konduktor-konduktor dari satu arah saja. Tiang akhir ditempatkan di ujung Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET) yang akan masuk ke *switch yard* Gardu Induk (GI).



Gambar 2.5: *Dead end tower*.

Menurut bentuknya, tipe menara digolongkan seperti berikut :

1) Tiang pole

Konstruksi SUTT dengan tiang beton atau tiang baja, pemanfaatannya digunakan pada perluasan SUTT dalam kota yang padat penduduk dan memerlukan lahan relatif sempit.

Berdasarkan materialnya, terbagi menjadi:

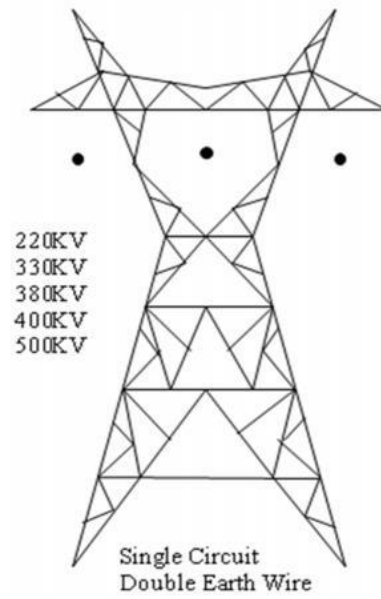
- a. Tiang pole baja
- b. Tiang pole beton

2) Tiang pole kisi – kisi (*Lattice Tower*)

Terbuat dari baja profil, disusun sedemikian rupa sehingga merupakan suatu menara yang telah diperhitungkan kekuatannya disesuaikan dengan kebutuhannya.

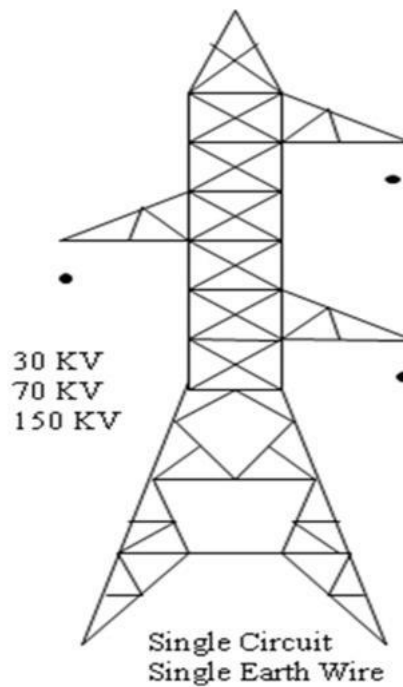
Berdasarkan susunan/ konfigurasi penghantarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok besar, yaitu:

1. Tiang delta (delta *tower*)



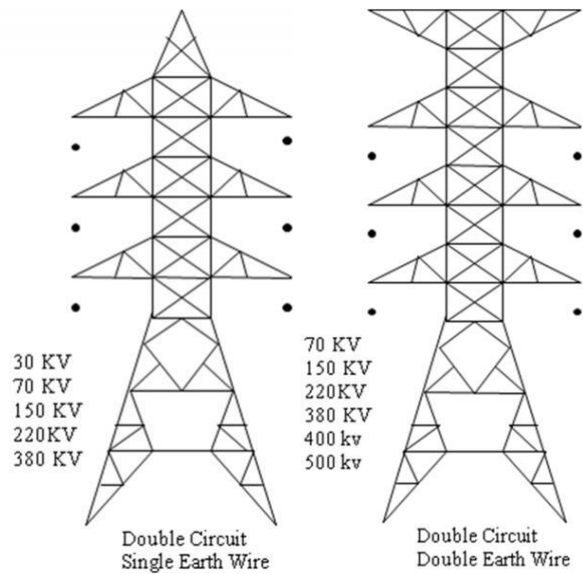
Gambar 2.6: Tiang delta.

2. Tiang zig-zag (zig-zag *tower*)



Gambar 2.7: Tiang zig-zag.

3. Tiang piramida (*pyramid tower*)



Gambar 2.8: Tiang pyramid

Menurut sudut belok, tipe menara digolongkan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1: Tipe sudut belok menara SUTT 66 kV dan 150 kV.

No	Tipe Tower	Sudut Belok	Tipe insulator
1	AA	0 – 3	Gantung
2	BB	0 – 20	Tarik
3	CC	20 – 40	Tarik dengan Jumper
4	DD	40 – 60	Tarik dengan Jumper
5	EE	60 - 90	Tarik dengan Jumper
6	DDR	0 - 60	Tarik dengan Jumper

Tabel 2.2: Tipe sudut belok menara SUTT 275 kV dan 500 kV (SPLN T5.004: 2010).

No	Tipe Tower	Sudut Belok	Tipe insulator
1	AA	0 – 5	Gantung
2	BB	0 – 10	Tarik
3	CC	10 – 30	Tarik dengan Jumper
4	DD	30 – 60	Tarik dengan Jumper
5	EE	60 -90	Tarik dengan Jumper
6	FF	<i>Terminal tower tension</i> 45 entry	Tarik dengan Jumper

### 2.3 Struktur Rangka Menara

Struktur rangka meliputi baja, yang dimana terdapat ukuran batang dan simpul hubung atau sambungan baut dari rangka batang baja dan komponen penunjang lainnya.

#### 2.3.1 Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon dan memiliki beragam bentuk dan ukuran sesuai dengan pengaplikasiannya. Dalam menara transmisi digunakan baja dengan profil siku. Adapun perhitungan yang didasarkan pada SNI 1729-2015, yang meliputi desain kekuatan tarik dan tekan dari baja yang digunakan nantinya dengan perumusan sebagai berikut :

1. Desain kekuatan berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan.

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali untuk Pasal B3.4 ini, harus digunakan Pers. 2.1 dibawah ini:

$$R_u \leq \Phi R_n \quad (2.1)$$

Di mana:

$R_u$  = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

$R_n$  = kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K

$\Phi$  = faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K

$\Phi R_n$  = kekuatan desain

## 2. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin

Desain yang sesuai dengan ketentuan Desain Kekuatan Izin (DKI) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan izin dari setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DKI. Semua ketentuan spesifikasi ini, kecuali pasal B3.3, harus digunakan Pers. 2.2 dibawah ini:

$$R_a \leq \Phi R_n / \Omega_a \quad (2.2)$$

Di mana:

$R_a$  = kekuatan perlu yang menggunakan kombinasi beban DKI

$R_n$  = kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K

$\Omega$  = faktor keamanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K

$R_n / \Omega$  = kekuatan izin

## 3. Persyaratan Desain

Luas neto efektif dari komponen struktur tarik harus di tentukan sesuai dengan yang dijelaskan Menurut *SNI 1729-2015 Pasal D3* sebagai berikut:

Luas *neto*,  $A_n$ , dari komponen struktur adalah jumlah dari produk ketebalan dan lebar neto dari setiap elemen yang dihitung sebagai berikut:

Dalam penghitungan luas neto untuk tarik dan geser, lebar lubang baut harus diambil sebesar 1/16 in. (2 mm) lebih besar dari *dimensi nominal* dari lubang.

Catatan: Pasal J4.1(b) batas  $A_n$  sampai maksimum sebesar  $0,85A_g$  untuk sambungan pelat dengan lubang-lubang.



#### 4. Desain Batang.

##### a. Pembatasan Kelangsingan Komponen Struktur Tarik

Tidak ada batasan kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsingan  $L/r$  lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik. (*SNI 1729-2015 Pasal D*).

##### b. Desain Kekuatan Tarik

Perencanaan batang tarik pada hakekatnya menentukan luas penampang lintang yang cukup untuk menahan beban yang diberikan batang tarik tanpa lubang akan mencapai kekuatan maksimum apabila semua serat penampang lintang batang leleh, dengan kata lain distribusi tegangan tarik sudah merata pada penampang.

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal B4.3*) desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK. Desain kekuatan tarik ditentukan menggunakan Pers. 2.3 dibawah ini:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.3)$$

Dimana :

$R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

$R_n$  = Kekuatan nominal, di syartkan dalam bab B sampai Bab K

$\phi$  = Factor ketahanan, di syartkan dalam bab B sampai Bab K

$\phi R_n$  = Kekuatan desain

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal D2*). Kekuatan tarik desain,  $\Phi_t.P_n$ , dan Kekuatan tarik tersedia,  $P_n/\Omega_t$ , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang *netto*.

##### a. Menghitung tegangan leleh tarik pada penampang Bruto.

Tegangan leleh tarik pada penampang bruto dihitung menggunakan Pers. 2.4 dibawah ini:

$$P_n = F_y \times A_g \quad (2.4)$$

$$\phi_t = 0,90(\text{DFBK}) \quad \Omega_t = 1.67(\text{DKI})$$

b. Untuk keruntuhan Tarik (Putus) pada penampang Netto.

Keruntuhan tarik pada penampang Netto dihitung menggunakan Pers. 2.5 dibawah ini:

$$P_n = F_u \times A_n \quad (2.5)$$

$$\phi_t = 0,75(\text{DFBK}) \quad \Omega_t = 2.00(\text{DKI})$$

Dimana :

$A_e$  = Luas Neto Efektif,  $\text{in}^2$  ( $\text{mm}^2$ )

$A_g$  = Luas Bruto dari komponen Struktur,  $\text{in}^2$  ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

$f_u$  = Kekuatan Tarik Minimum yang disyaratkan, ksi (MPa)

$P_n$  = Tegangan nominal aksial, ksi(MPa)

c. Desain Kekuatan Tekan

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (*SNI 1729-2015 Pasal E1*) Kekuatan tekan desain,  $\phi_c P_n$ , dan Kekuatan Tekan tersedia,  $P_n/\Omega_c$ , di tentukan sebagai berikut: Ketentuan tekan nominal,  $P_n$  harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur. Desain kekuatan tekan dihitung menggunakan Pers. 2.6 dibawah ini:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.6)$$

$$\phi_t = 0,90(\text{DFBK}) \quad \Omega_t = 1.67(\text{DKI})$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen

nonlangsing atau penampang elemen langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$ . Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$  di sebut penampang dengan elemen-langsing

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$  yang dapat dihitung menggunakan Pers. 2.7. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_p$ . Tetapi tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  yang dapat dihitung menggunakan Pers. 2.8 dibawah ini, maka penampang tersebut di sebut nonkompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , di sebut penampang dengan elemen langsing.

Rasio tebal-terhadap-lebar: Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk kaki dari siku tunggal:

Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar b/t.

$$\text{Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar} = 0,45 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Rasio tebal-terhadap-lebar Elemen tekan Komponen Struktur Menahan Lentur untuk kaki siku tunggal :

a) Rasio ketebalan terhadap lebar b/t

$$\lambda_p = 0,54 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \tag{2.7}$$

$$\lambda_r = 0,91 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \tag{2.8}$$

Di mana:

$E$  = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)

b) Panjang efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi Pers. 2.9 sebagai berikut:

$$(K \times L)/r < 200 \tag{2.9}$$

Kekuatan tekan nominal,  $P_n$ , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai untuk menghitung nilai  $P_n$  digunakan Pers. 2.10 dibawah ini:

$$P_n = A_g \times f_{cr} \quad (2.10)$$

Tegangan Kritis,  $F_{cr}$ , harus di tentukan menggunakan Pers. 2.11 atau 2.12 sebagai berikut :

$$(a) \text{ Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}} \quad \text{atau} \quad \frac{QF_y}{F_e} \leq 2,25$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{QF_y}{F_e} \right] \quad (2.11)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{QF_y}} \quad \text{atau} \quad \frac{QF_y}{F_e} > 2,25$$

$$F_{cr} = 0,887 F_e \quad (2.12)$$

Keterangan:

$F_e$  = tegangan tekuk elastis

$Q$  = faktor reduksi neto yang menghitung untuk semua elemen tekan langsing (1,0 untuk komponen struktur tanpa elemen langsing untuk elemen tekan merata)

$A_g$  = Luas penampang bruto

$K$  = Faktor panjang efektif

$L$  = Panjang batang tekuk

$r$  = Radius girasi atau jari – jari girasi

## 2.4 Pembebanan Pada Struktur Menara

Dalam merencanakan beban untuk suatu bangunan diharuskan memperhatikan penggunaan beban-beban yang diijinkan dalam perencanaan tersebut. Beban yang terjadi pada konstruksi menara rangka baja SUTT dan SUTET digunakan untuk menentukan dimensi batang dan baut dari *tower* yang menentukan kekuatan menara pada kondisi rencana pembebanan normal dan - abnormal. Terdapat beberapa beban yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur menara :

1) Beban Mati

Beban mati dari suatu menara transmisi adalah berat sendiri menara dengan seluruh kelengkapannya, berat kawat penghantar dan kawat tanah, insulator berikut serta beban lainnya jika ada, yang setiap saat selalu berada pada *tower* tersebut.

2) **Beban Hidup.**

Menurut *SNI 1727-2013 Pasal 4*, Beban hidup adalah beban yang di akibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati dan beban hidup atap adalah beban pada atap yang diakibatkan oleh pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan dan material pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan dan material.

3) **Beban Angin**

Menentukan besar beban angin pada bangunan gedung dan struktur lain dari semua ketinggian, seperti dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame berdiri bebas, cerobong asap, tangki, papan reklame terbuka, rangka kisi dan menara rangka batang, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lainnya yang terdapat dalam SNI 1727- 2013.

Langkah langkah yang diperlukan untuk penentuan beban angin dijelaskan pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3: Langkah langkah penentuan beban angin pada SPBAU dan struktur lain atas-atap (SNI-1727 2013).

Langkah langkah untuk menentukan beban angin pada SPBAU peralatan dan struktur lain Atas-atap
Langkah 1 : Tentukan kategori resiko bangunan dan struktur lain, Lihat tabel 1.5-1
Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar, V, untuk kategori resiko yang sesuai
Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faktor arah angin, Kd lihat pasal 26.6 dan tabel 26.6-1</li> <li>- Kategori eksposur B, C atau D, Lihat Pasal 26.7</li> <li>- Faktor topografi, Kzt, Lihat Pasal 26.8 dan gambar 26.8-1</li> <li>- Faktor efek Tiupan Angin,G, Lihat Pasal 26.9</li> </ul>

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

Langkah 4 : Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas, $K_z$ atau $K_h$ Lihat tabel 29.3-1
Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas $Q_z$ atau $Q_h$ lihat Persamaan 29.3-1
Langkah 6 : Tentukan Koefisien Gaya $c_f$ : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Papan reklame berdiri bebas atau dinding pejal berdiri bebas, Gambar 29.4-1</li> <li>- Cerobong asap, tangki, perlengkapan atas-atap gambar 29.5-1</li> <li>- Papan reklame terbuka, rangka kisi gambar 29.5-2</li> <li>- Menara rangka batang Gambar 29.5-3</li> </ul>
Langkah 7 : Hitung gaya angin, $F$ : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Persamaan 29.4-1 untuk tanda dan dinding</li> <li>- Persamaan 29.5-2 dan persamaan 29.5-3 untuk struktur dan perlengkapan atas-atap</li> <li>- Persamaan 29.5-1 untuk struktur lain</li> </ul>

a) Menentukan Kategori Resiko

Faktor kategori resiko mempengaruhi besar kecilnya kategori yang digunakan, sehingga untuk menentukan kategori resiko suatu bangunan dapat ditentukan pada tabel 2.4 di bawah ini :

Tabel 2.4: Kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban banjir, angin, salju, gempa dan es (SNI 1727-2013).

<b>Penggunaan atau pemamfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia. Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	III

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

<p>Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.</p>	<p>III</p>
<p>Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.                  Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.                  Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis<sup>a</sup>.                  Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	<p>IV</p>

b) Arah Angin

Faktor arah angin,  $K_d$ , harus ditentukan dari tabel 2.5. Faktor arah ini hanya akan dimasukkan dalam menentukan beban angin bila kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan 2.4 SNI 1727-2013 digunakan untuk desain. Pengaruh arah angin dalam menentukan beban angin sesuai dengan Pasal 31 harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratan Pasal 26.5.3 SNI 1727-2013.

Tabel 2.5: Faktor arah angin,  $K_d$ .

<b>Tipe Struktur</b>	<b>Faktor Arah Angin <math>K_d^*</math></b>
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

c) Menentukan Kecepatan Angin Dasar.

Kecepatan angin dasar  $V$ , yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari instansi yang berwenang, sesuai dengan kategori resiko bangunan gedung dan struktur.

Angin harus diasumsikan datang dari segala arah horizontal. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan.

d) Kategori Eksposur.

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekerasan permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas di bangunan. Lokasi dari bangunan merupakan faktor untuk menentukan kategori Ekspour.

Karena lokasi bangunan merupakan di daerah dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki ketinggian umumnya kurang dari 30ft (9,1m). Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

e) Faktor Topografi

Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi umum, terletak dalam setiap kategori eksposur, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokasi dan lokasi struktur memenuhi kondisi pada pasal 26.8.1 (*SNI 1727-2013*).



Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan factor  $K_{zt}$  dihitung menggunakan Pers. 2.13 dibawah ini:

$$K_{zt} = (1+K_1.K_2.K_3)^2 \quad (2.13)$$

Dimana :  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  di tentukan pada Gambar 26.8-1 (*SNI 1727-2013*)

f) Faktor Efek Tiupan Angin

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0.85.

g) Klasifikasi Ketertutupan

Untuk menentukan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian, atau terbuka.

h) Tekanan Velositas

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  atau  $K_h$ , sebagaimana yang berlaku, harus ditentukan dari Tabel 2.6 di bawah ini:

Tabel 2.6: Koefisien Eksposur tekan Velositas,  $K_h$  dan  $K_z$  (*SNI 1727-2013*).

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
Ft	(m)			
0-15	0-4.6	0.57	0.85	1.03
20	6.1	0.62	0.90	1.08
25	7.6	0.66	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18	0.85	1.13	1.31

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		A	B	C
Ft	(m)			
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

Tekanan Vesolitas,  $q_z$ , di evaluasi pada ketinggian Z harus di hitung dengan Pers. 2.14 berikut :

$$q_z = 0.00256 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 (\text{lb/ft}) \quad (2.14)$$

[Dalam SI  $q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2$  (N/m<sup>2</sup>); V dalam m/s]

Dimana :

$K_d$  = Faktor Arah angin

$K_z$  = Koefisien Eksposur tekanan velositas

$K_{zt}$  = Faktor topografi tertentu

V = Kecepatan angina dasar

$q_z$  = Tekanan velositas

$q_h$  = Tekanan velositas pada ketinggian atap rata-rata h.

#### 4. Kombinasi Beban

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi menurut SNI 1727-2013 pasal 2.3, sebagai berikut:

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1.2 + 1.6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + 0.5 (L_r \text{ atau } 0.5W)$
4.  $1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1.2 D + 1.0E + L + 0.25S$
6.  $0.9D + 1.0W$
7.  $0.9D + 1.0E$

Di mana:

$D$  = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan layantetap.

$L$  = Beban hidup yang di timbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain – lain. Faktor beban untuk  $L$  harus sama dengan 1.0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5.0kPa

$L_r$  = Beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

$H$  = Beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah atau tekanan dari material dalam jumlah besar.

$W$  = Beban angin

$E$  = Beban gempa

.

## 2.5 Perlengkapan *Tower*

### 2.5.1 Konduktor

Konduktor membawa energi listrik dan merupakan komponen terpenting dari-saluran listrik overhead. Pengeluaran yang diperlukan untuk membeli dan menginstalnya adalah sekitar 30 hingga 50% dari total investasi untuk saluran-

overhead. Berbagai jenis konduktor telah digunakan sejak saluran udara dipasang pertama kali. Di banyak negara industri ada standar untuk konduktor, dan juga yang internasional dari IEC dan CENELEC. Standar Amerika AS. Standar Eropa (standar EN) menggantikan standar Nasional yang berlaku hingga sekarang di negara-negara Eropa, misalnya di Jerman standar konduktor seri DIN 48200. Dari standar, konduktor yang paling cocok dapat dipilih untuk aplikasi tertentu.

Selain itu, konduktor overhead khusus juga dapat diproduksi, kapan pun dianggap perlu. Konduktor telanjang atau tertutup, berisolasi atau kabel yang diarde tergantung di antara penyangga saluran udara, terlepas dari apakah mereka hidup atau tidak. Konduktor bundel adalah pengaturan dua atau lebih sub konduktor yang digunakan sebagai pengganti konduktor tunggal dan biasanya disimpan pada jarak sekitar konstan pada seluruh panjangnya.

Konduktor terbuat dari satu material, yaitu konduktor material tunggal atau dari dua material, konduktor material komposit. Konduktor bahan tunggal bisa dibentuk oleh kabel baja monokromik atau logam. Konduktor komposit meliputi kombinasi kabel baja mono-logam dan baja. Aluminium dan paduan aluminium, tembaga dan paduan tembaga diterapkan sebagai bahan dasar, serta baja.

Konduktor diproduksi dengan setidaknya satu atau lebih lapisan berturut-turut dengan mengubah arah lapisan, diatur secara heliks di sekitar kawat inti. Arah lapisan dirancang sebagai tangan kanan atau tangan kiri. Dengan lapisan kanan, kabel sesuai dengan arah bagian tengah huruf Z ketika konduktor dipegang secara vertikal. Dengan lapisan kiri, kabel menyesuaikan dengan bagian tengah huruf S ketika konduktor dipegang secara vertikal. Lapisan terluar lebih disukai tangan kanan.

Selain komposisi dan struktur konduktor yang disebutkan di sana, desain lain dapat ditemukan dalam standar nasional. Jenis konduktor khusus yang tidak standar, khususnya jenis dengan serat optik terintegrasi, juga diadopsi.

Tabel 2.7: Data untuk jenis konduktor yang digunakan Pada SUTT.

NO.	TYPE KONDUKTOR	JENIS KONDUKTOR	NEGARA ASAL	STANDARD YG. DIGUNAKAN	DATA KONDUKTOR				CURRENT CARRYING CAPACITY (CCC) (Amp)	KETERANGAN
					LUAS PENAMPANG (mm <sup>2</sup> )	DIAMETER (mm)	R. DC 20° C (Ohm/ Km)	BERAT (kg/ Km)		
1.	ACSR	HAWK	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	281,03	21,79	0,1199	465	465	150 kV
2.	ACSR	HEN	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	298,07	22,40	0,1202	1.112	457	150 kV
3.	ACSR	DOVE	CANADA	CSA C.49 - 1965	327,77	23,55	0,1024	1.137	465	150 kV & 500 kV
4.	ACSR	GANNET	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	392,84	25,76	0,0858	1.365	618	150 kV & 500 kV
5.	ACSR	ZEBRA	BRITISH	BS. 215 P.2 - 1956 BS. 215 P.2 - 1970	484,50	28,62	0,0674	1.621	835	150 kV
6.	ACSR	DRAKE	CANADA	CSA C.49 - 1965	468,45	28,11	0,0715	1.024	611	150 kV
7.	ACSR	PEGION	CANADA	CSA C.49-1965	99,22	12,75	0,3306	343	241	70 kV
8.	ACSR	OSTRICH	CANADA	CSA C.49-1965	176,71	17,28	0,1900	613	343	70 kV
9.	ACSR	LINNET	USA CANADA	ASTM B232-69 CSA C49-1965	198,19 198,26	18,31 18,31	0,1099 0,1096	689 687	371 368	70 kV 70 kV
10.	ACSR	ACSR 240/40	GERMANY	DIN 48204	282,50	21,90	0,1188	987	457	150 kV
11.	ACSR	ACSR 340/30	INDONESIA	SII 1134 - 1981 SPLN 41 - 7 - 1981	389,10	25	0,0851	1.180	790	150 kV
12.	THERMAL	TACSR 240	JEPANG	JEC 74 - 1964 JIS C 3110 - 1968 JEC A 234 - 1977	297,60	22,40	0,112	1.024	819	150 kV
13.	THERMAL	TACSR 410	JEPANG	sda	460,80	28,50	0,0671	1.578	1.149	150 kV
14.	THERMAL	TACSR 330	JEPANG	sda	379,60	25,30	0,085	1.239	986	150 kV
15.	THERMAL	TACSR 520	JEPANG	sda	586,85	31,50	0,0568	1.962	1.304	150 kV
1.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	16	4,51	-	-	140	
2.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	25	5,64	-	-	180	
3.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	35	6,68	-	-	220	
4.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	50	7,99	-	-	280	

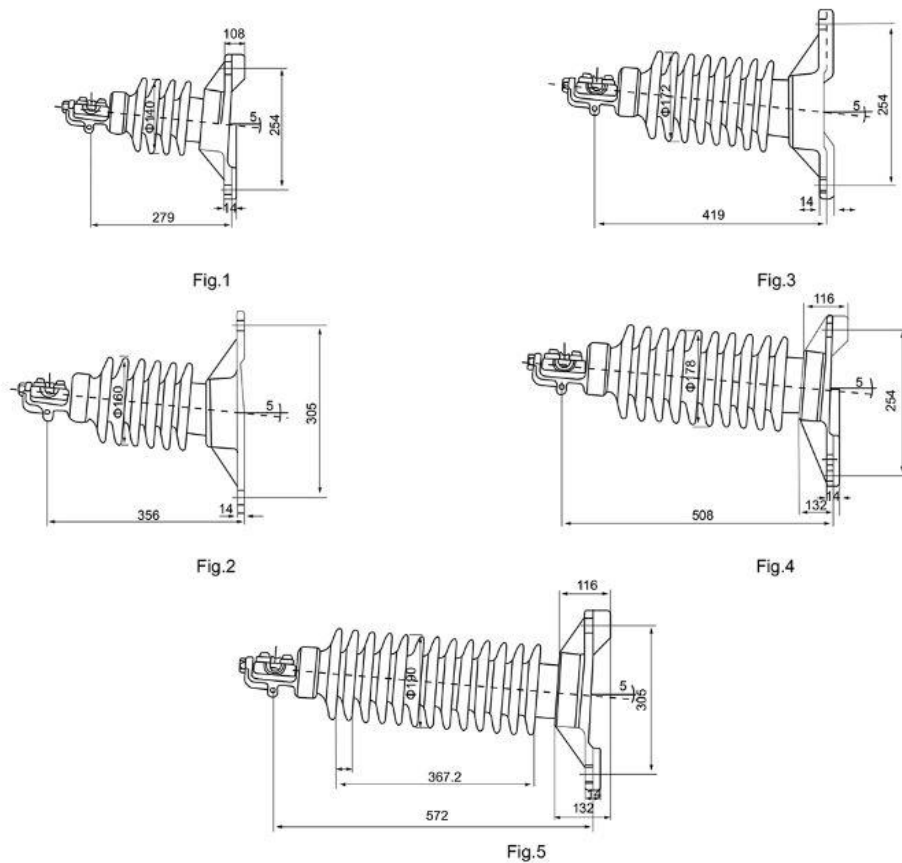
## 2.5.2 Insulator

Insulator adalah komponen saluran udara yang dipasang di antara konduktor hidup dan bagian struktur yang dibumikan, yang secara bersamaan mengalami tekanan mekanis dan listrik. Kinerja isolasi perlu dirancang untuk kondisi operasi paling buruk yang dihasilkan dari dampak iklim, seperti suhu sekitar, kelembaban, embun, kabut, hujan, serta polusi oleh endapan debu, garam, residu cincin dan gas industri. Hambatan mekanis harus sangat tinggi sehingga setiap beban insiden dilakukan dengan keamanan operasional yang cukup. Kekuatan gangguan dan hambatan busur listrik harus cukup besar untuk menahan tekanan yang dihasilkan.

Definisi dapat ditemukan di Komisi Teknis Elektro Internasional IEC 60 050-471. Porcelain sebagai bahan isolator pertama yang dikembangkan telah digunakan hingga saat ini, meskipun dengan desain komposisi yang ditingkatkan. Kaca yang dikeraskan, plastik dari berbagai jenis dan resep, muncul sebagai-

standar yang telah lama digunakan sebagai bahan baku isolator Internasional mencerminkan kualitas tinggi yang tersedia saat ini, tetapi tidak mengecualikan bahan baku baru dan pengembangan lebih lanjut untuk jenis dan desain isolator baru.

Menurut IEC 60 383-1, isolator saluran udara diklasifikasikan masing-masing dalam dua jenis, tipe A dan tipe B. Isolator tipe A dicirikan oleh fakta bahwa panjang jalur tusukan terpendek melalui badan isolasi setidaknya setengah dari lintasan abu pada permukaan isolator. Ini berlaku untuk isolator batang panjang. Isolator semacam itu dianggap sebagai anti bocor. Insulator yang panjang jalur tusukan terpendek melalui tubuh kurang dari setengah lintasan flashover diklasifikasikan sebagai isolator tipe B misalnya isolator cap-and-pin dan isolator post line. Mereka dianggap tidak tahan tusukan. Menurut teknologi saat ini, insulator solid-core anti bocor tidak dapat dibuat dari kaca.



Gambar 2.9: Isolator batang panjang.

Tabel 2.8: Data insulator batang panjang yg digunakan pada SUTT.

**Main dimensions and standard particulars**

Type		57-31	57-32	57-33	57-34	57-35	
Figure No.		1	2	3	4	5	
Creepage distance (min)	mm	356	559	737	1016	1143	
Drying arcing distance	mm	165	241	311	368	438	
Cantilever strength	KN	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
Power frequency flashover voltage	Dry	KV	70	100	125	140	160
	Wet	KV	50	70	95	110	130
Critical impulse flashover voltage	Positive	KV	120	160	200	230	265
	Negative	KV	155	205	260	340	380
Radio interference voltage	Test voltage to ground	KV	15	22	30	44	44
	Max.RIV at 1MHz	V	100	100	200	200	200
Net weight	kg	9.5	12.5	15.7	18.8	21.5	
Applicable standard		ANSI					

## 2.6 Sambungan Baut

Dalam konstruksi baja, setiap bagian elemen dari strukturnya dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan alat pengikat (*fastener*)/penyambung. Pada struktur rangka baik atap maupun jembatan baja, juga pada struktur portal, tempat berkumpulnya batang-batang, yang disebut titik buhul, menggunakan pelat penyambung yang dinamakan pelat buhul, dimana batang-batang tadi diikat dengan menggunakan alat pengikat pada pelat buhul tersebut. Jenis-jenis alat pengikat yang sering digunakan adalah paku keling (*rivet*), baut (*bolt*), dan las (*welded*).

### 1. Baut Mutu Tinggi (*High Strength Bolt*)

Ada dua jenis baut mutu tinggi yang ditetapkan ASTM yaitu A325 dan A490. Baut A325 terbuat dari baja karbon sedang dengan kekuatan leleh (*yield strength*) dari 560 sampai dengan 630 MPa, sedangkan baut A490 terbuat dari baja alloy yang mempunyai kekuatan leleh mendekati 790 sampai dengan 900 MPa.

(Catatan : tergantung juga ukuran diameter).

Ukuran diameter baut berkekuatan tinggi berkisar ½” sampai dengan 1 ½” khusus baut A449 sampai dengan 3”. Ukuran baut yang sering digunakan pada struktur bangunan adalah ¾” dan 7/8”, sedangkan untuk struktur jembatan 7/8” sampai dengan 1”.

Baut kekuatan tinggi dikencangkan untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit (*clamping force*) pada-

sambungan. Oleh karena itu beban kerja sesungguhnya dipikul oleh gaya gesekan antara pelat atau batang yang disambung. Gaya ini disebut *Proof Load*.

Baut yang digunakan dalam penelitian sambungan adalah baut mutu tinggi (*High tension bolt*) dengan jenis A325 dan A490.

Tabel 2.9: Kekuatan baut berdasarkan sifat mekanik (Pedoman Pemasangan Baut Jembatan 2015).

Keterangan	A325	Grade 8.8	A490	Grade 10.9	F10T
Tegangan leleh (MPa) (minimum)	660	640 <sup>(1)</sup> 660 <sup>(2)</sup>	940	940	900
Tegangan tarik (MPa) (minimum)	830	800 <sup>(1)</sup> 830 <sup>(2)</sup>	1040 – 1210	1040	1000 - 1200
Tegangan <i>proof load</i> (MPa)	600	580 <sup>(1)</sup> 600 <sup>(2)</sup>	830	830	-

Catatan: 1) Diameter baut  $\leq$  M16

2) Diameter baut  $>$  M16

### 1. Kekuatan Sambungan

SNI 03-1729-2015. menyatakan, suatu baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$  harus memenuhi syarat sesuai Pers. 2.15 berikut.

$$R_u \leq \phi R_n \tag{2.15}$$

Dimana :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan = 0,75

$R_n$  = kuat nominal baut.

Sesuai dengan cara bekerjanya baut maka baut dibedakan dalam dua type yaitu tipe friksi (*friction type*) dan tipe tumpu (*bearing type*).

#### a. Baut tipe Friksi

Pada baut tipe friksi (*friction type*), kekuatan baut didapat dari gesekan (*friction*) yang terjadi antar pelat atau batang yang disambung. Baut tipe ini sering



dikenal dengan istilah *slip-critical connections*, yaitu baut yang mengandalkan kekuatan slip antara permukaan batang yang disambung. Agar baut tipe ini bekerja maka diperlukan suatu alat yang dapat mengencangkan baut atau memberikan momen torsi pada baut sedemikian hingga baut mengalami prategang tarik.

Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor, dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi

Kuat geser nominal satu baut dalam sambungan tipe friksi yang ditentukan menurut Pers. 2.16 berikut :

$$R_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \quad (2.16)$$

Dengan :

$\mu = 0,35$  = koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih.

$m$  = adalah jumlah bidang geser.

$T_b$  = adalah gaya tarik baut minimum (*proofload*)

$\phi = 1,0$  = untuk lubang standar.

$\phi = 0,85$  = untuk lubang selot pendek dan lubang besar.

$\phi = 0,70$  = untuk lubang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya.

$\phi = 0,60$  = untuk lubang selot panjang sejajar arah kerja gaya.

#### b. Baut tipe tumpu

Pada baut tipe tumpu (*bearing tipe*), kekuatan baut didapat dari adanya gaya tumpu pada bidang kontak antara baut dan pelat yang disambung, atau kemampuan menahan geseran pada penampang baut.

Pada baut tipe tumpu, keruntuhan sambungan dapat terjadi karena keruntuhan geser pada baut atau keruntuhan tumpu pada elemen yang disambung seperti pelat/batang.

#### 2. Kuat geser nominal baut.

Kuat geser nominal yang diberikan oleh satu buah baut yang mengalami geser pada penampangnya dapat dihitung menggunakan Pers. 2.17 Dibawah ini:

$$Rn = m \cdot r_1 \cdot f_b^u \cdot A_b \quad (2.17)$$

Dimana :

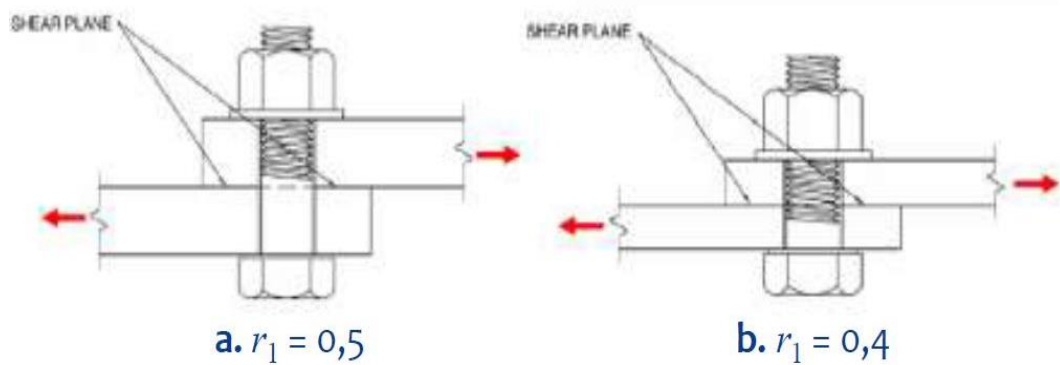
$m$  = jumlah bidang geser (lihat gambar 2.10) .

$r_1$  = 0,5 untuk bidang geser baut tak berulir.

= 0,4 untuk bidang geser berulir.

$f_b^u$  = kuat tarik putus baut (MPa).

$A_b$  = luas bruto penampang tak berulir ( $\text{mm}^2$ ).



Gambar 2.10: bidang geser baut

### 3. Kuat tumpu nominal baut.

Kuat tumpu tergantung pada kondisi terlemah antara baut dan pelat/batang yang disambung, dihitung dengan Pers. 2.18 berikut :

$$Rn = n \cdot d_b \cdot tp \cdot f_u \quad (2.18)$$

Dimana:

$n$  = 2,4 berlaku untuk semua jenis lubang baut

= 2,0 untuk lubang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya.

$d_b$  = diameter baut bagian tidak berulir (mm).

$tp$  = tebal pelat/batang terkecil (mm).

$f_u$  = tegangan tarik putus baut/pelat/batang (MPa).

### 4. Kuat tarik nominal baut

Baut yang memikul gaya tarik, kuat nominalnya dihitung menggunakan Pers-2.19 berikut :

$$Rn = f_b^u \cdot A_b \quad (2.19)$$

Dimana :

$f_b^u$  = kuat tarik putus baut (MPa).

$A_b$  = luas bruto penampang tak berulir ( $\text{mm}^2$ ).

#### 5. Kegagalan pada sambungan

Kekuatan sambungan dengan baut atau paku keling dievaluasi dengan meninjau beberapa kemungkinan kegagalan (*failure*). Kekuatan biasanya dihitung dengan mempertimbangkan jumlah lapis pelat/batang yang disambung. Ada 6 (enam) tipe kegagalan yang mungkin terjadi pada sambungan, yaitu:

- 1) Pelat robek pada daerah sambungan (*tearing failure of pelates*).
- 2) Keruntuhan geser pada baut/paku keling (*shear failure of bolts/ rivets*).
- 3) Keruntuhan geser pada pelat yang disambung (*shear failure of pelate*).
- 4) Keruntuhan tumpu pada pelat (*bearing failure of pelate*).
- 5) Keruntuhan blok geser pada pelat (*shear block failure of pelate*).
- 6) Keruntuhan tumpu pada baut (*bearing failure of bolt*).

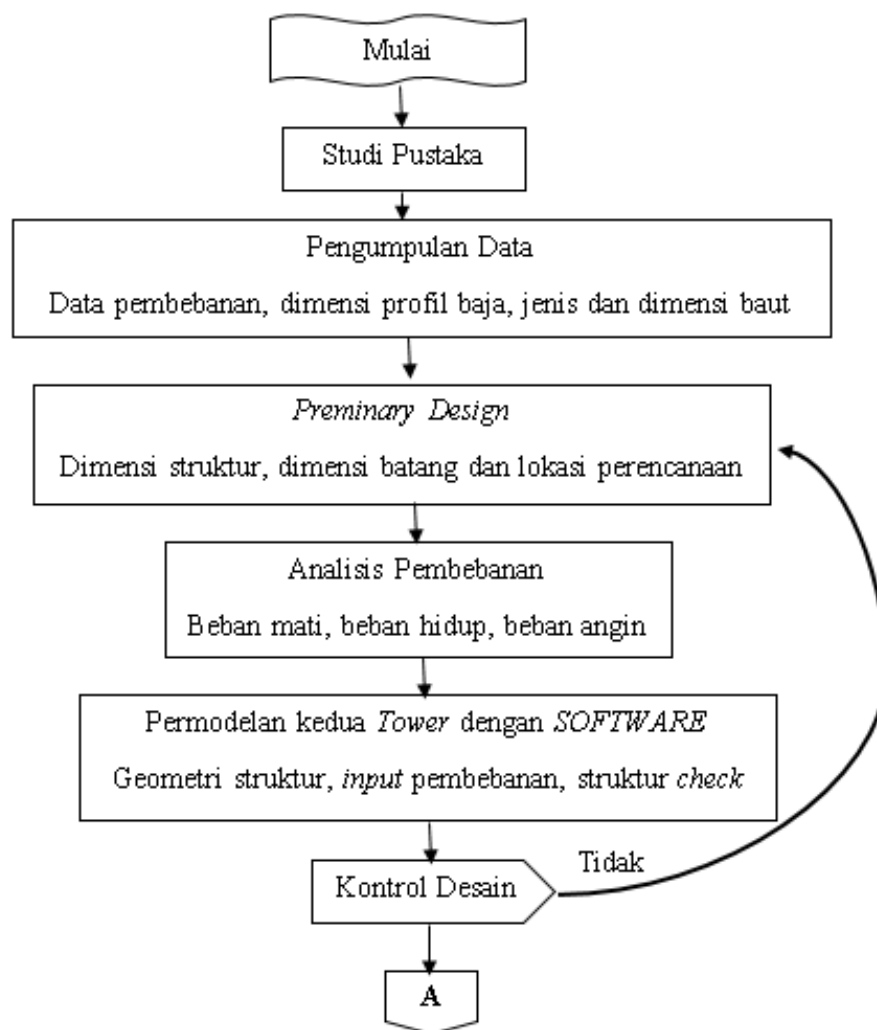
## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

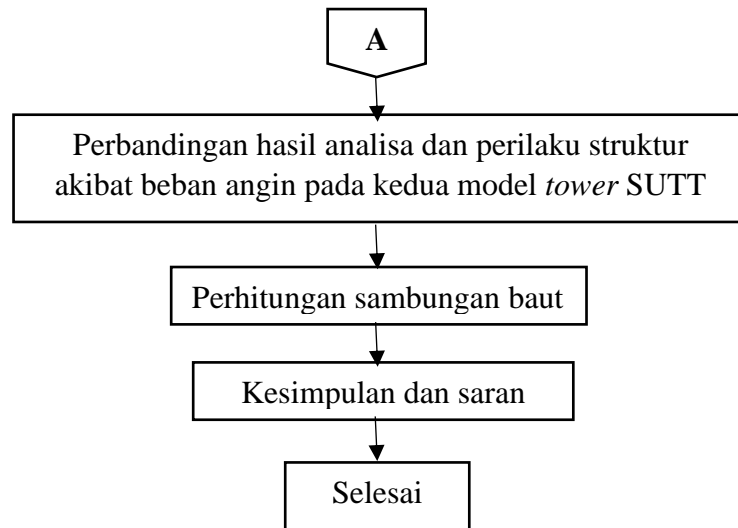
Dalam bab ini akan membahas mengenai prosedur tata cara dalam penelitian tugas akhir ini. Untuk membantu dalam pengerjaan perencanaan dan perhitungan dalam laporan ini, digunakan program komputer tentang struktur.

#### 3.1. Bagan Alir Penelitian

Secara keseluruhan kegiatan tahapan penyusunan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam bagan alir yang ditunjukkan dalam gambar 3.1 dibawah ini.



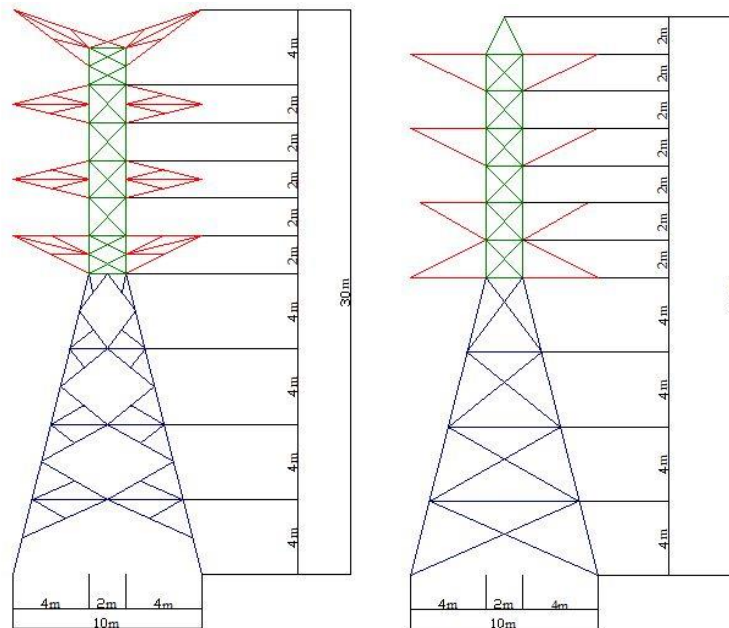
Gambar 3.1: Bagan alir penelitian



Gambar 3.1: Lanjutan

### 3.2. Dimensi Bangunan Struktur Tower

Pada penelitian ini dua model struktur Tower SUTT 150kV yang harus di analisis yaitu jenis *piramyd* dengan *cross arm* berbentuk Y dan T, kedua Tower direncanakan memiliki spesifikasi yang sama. Ketinggian yang direncanakan untuk kedua Tower yaitu 30m, lebar kaki-kakinya 10m. Dimensi Struktur masing-masing model struktur Tower tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2: Tower Y arm dan Tower T arm.

### **3.3. Kondisi Topografi**

Letak Struktur direncanakan berada di daerah kabupaten Tapanuli Utara yang merupakan salah satu daerah Kabupaten di Provinsi Sumatera Utara, terletak di wilayah dataran tinggi Sumatera Utara dan berada pada ketinggian antara 300-1500 meter di atas permukaan laut.

Berdasarkan kondisi Topografi dan kontur tanah untuk Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara, bahwa Kabupaten Tapanuli Utara memiliki karakteristik wilayah bergelombang dan berbukit serta merupakan bagian dari pegunungan Bukit Barisan.

Sebagai salah satu wilayah didataran tinggi, maka Kabupaten Tapanuli Utara sangat potensial untuk pengembangan tanaman hortikultura dan berada pada jalur lintas antara beberapa kabupaten/kota.

Kondisi topografi Kabupaten Tapanuli pada umumnya memiliki karakteristik antara lain;

1. Kondisi lereng yang relatif cembung dengan kemiringan lebih curam dari 200 (40%) untuk daerah lereng bukit/perbukitan, atau lereng gunung/pegunungan, dan lereng relatif landai dengan kemiringan sekitar 100 (20%) hingga 200(40%).
2. Kondisi tanah/batuan penyusun umumnya merupakan lereng yang tersusun oleh tanah lempung yang mudah mengembang apabila jenuh air.
3. Curah hujan mencapai 70 mm/jam atau 100 mm/hari. Curah hujan tahunan mencapai lebih dari 2500 mm.
4. Keairan lereng, sering muncul rembesan-rembesan air atau mata air pada lereng, terutama pada bidang kontak antara batuan kedap dengan lapisan tanah yang lebih permeable.

### **3.4. Data Kecepatan Angin**

Data ini diperoleh dari situs resmi BMKG yang dipublikasikan dan dapat diunduh pada website resminya. Data kecepatan angin yang diambil adalah data dari tahun 2010-2019 dari Stasiun Meteorology FL Tobing dapat dilihat pada table 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1: Data kecepatan angin BMKG Tapanuli Utara.

Tahun	Kecepatan angin maksimum (m/s)	Kecepatan angin rata-rata (m/s)
2010	12	12
2011	8	8
2012	7	6
2013	9	8
2014	13	2
2015	13	2
2016	12	3
2017	11	3
2018	12	2
2019	15	2

Dari tabel diatas maka ditentukan bahwa data yang digunakan adalah data kecepatan angin terbesar yaitu pada tahun 2019 dengan kecepatan  $15 \text{ m/s} = 42,5 \text{ Mph}$ .

### 3.5 Analisa Pembebanan

#### 1. Beban Mati.

Beban mati adalah beban dari berat sendiri suatu *tower*, dipengaruhi oleh jenis dan profil yang digunakan dalam rangka batangnya. Semakin lebar atau tinggi struktur *towernya* tentu berat sendiri *tower* tersebut akan bertambah.

Profil penampang baja yang digunakan adalah profil baja siku sama kaki, berikut data profil yang digunakan untuk kedua *tower* yang di analisa:

Tabel 3.2: Data profil baja untuk kedua *tower*.

<i>Frame section</i>	Dimensi (mm)	Berat (kg/m)
L1	150 x 150 x 15	33,55
L2	70 x 70 x 7	7,38
L3	140 x 140 x 13	27,5
L4	80 x 80 x 8	9,66
L5	80 x 80 x 10	11,9
L6	55 x 55 x 6	4,95
L7	100 x 100 x 10	15,1

## 2. Beban Mati Tambahan.

Beban mati tambahan adalah beban dari komponen komponen yang selalu ada pada struktur *tower* transmisi, yaitu kabel penghantar dan Insulator.

### a) Berat Penghantar

Berat penghantar merupakan berat dari kabel penghantar yang berhubungan dari satu *tower* ke *tower* lain. Jarak bentang kabel penghantar yang digunakan pada kedua *tower* yaitu 500m.

Data kabel penghantar yang digunakan untuk *tower* transmisi 150 kV:

Type konduktor	: ACSR
Jenis konduktor	: ACSR 240/40
Luas penampang	: 282,50 mm <sup>2</sup>
Diameter	: 21,90 mm
R DC 20 <sup>o</sup> c	: 0,1188 Ohm/Km
Berat	: 987 kg/Km
Current Carrying Capacity	: 457 Amp
Keterangan penggunaan	: 150 kV

### b) Berat Insulator.

Insulator yang digunakan yaitu insulator batang panjang type 57-33. Berat tiap insulator 15,7 kg, (Lihat Tabel 2.8). Tiap ujung *cross arm* menggunakan 1 buah Insulator.

## 3. Beban angin.

Beban angin pada Struktur *tower* yang ditinjau adalah beban angin arah x dan arah y. Perhitungan untuk besarnya beban angin dibuat secara otomatis oleh software dengan memasukkan data-data yang diperlukan sesuai peraturan yang digunakan dan jenis bangunan.

Berikut ini data yang diperlukan dalam perhitungan beban angin untuk *tower* transmisi dengan menggunakan software :

Jenis Struktur	: Rangka batang struktur terbuka
Sudut angin datang	: 0 <sup>o</sup> untuk angin arah X : 90 <sup>o</sup> untuk angin arah Y
Wind speed	: 42,5 mph. Diambil dari data BMKG Kabupaten Tapanuli Utara
Exposure	: C. (Karena wilayah Pembangunan berada di area



terbuka dengan penghalang rendah. SNI 1727-2013 pasal 26.7)

- Factor topografi (Kzt) : 1 (SNI 1727-2013 pasal 26.8).  
Faktor Arah angin (Kd) : 0,85 (untuk rangka batang Menara segi empat SNI 1727-2013 pasal 26.6).  
Factor efek tiupan angin : 0,85 (SNI 1727-2013 pasal 26.9).  
Solid Ratio : 0,2

#### 4. Beban hidup

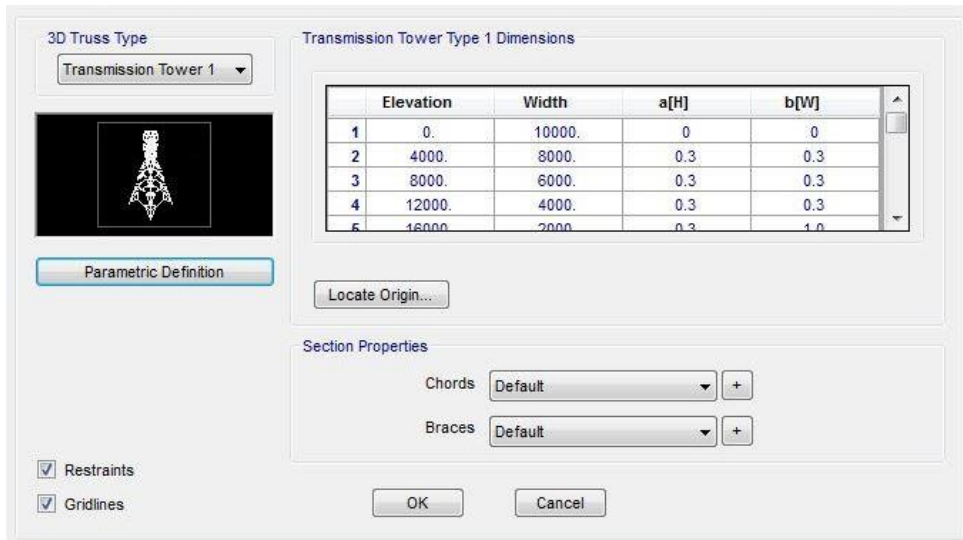
Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban orang yang bekerja baik pada proses perawatan menara *tower*. Beban pekerja yang terjadi saat penggunaan *tower* pada umumnya direncanakan sebesar 100 kg terdistribusi pada tiap *joint-joint* utama struktur *Cross-arm* dan diujung *Cross arm*.

### 3.6 Modelling Transmission Tower

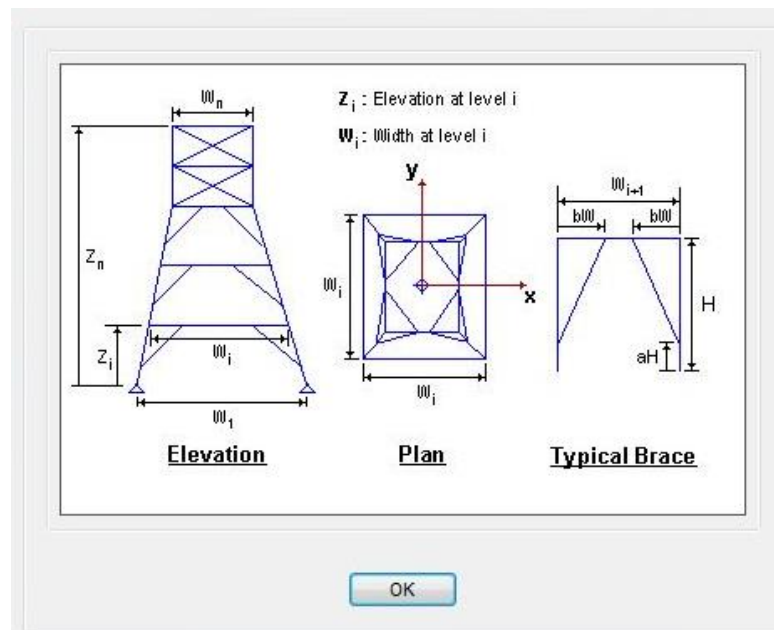
Untuk mengetahui perilaku struktur *Tower* SUTT jenis *Pyramid* terhadap beban angin maka, perlu analisis terhadap kedua model struktur tersebut. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *software* prangkat lunak dan perhitungan manual menggunakan data hasil dari desain dan analisis *Software* yang digunakan

Langkah - langkah yang dilakukan dalam pemodelan ini antara lain :

1. *Input 1 : File>New Model> 3D Trusses*
  - a) Pada bagian 3D Truss type, pilih *Transmission Tower 1*
  - b) Input tinggi dan lebar badan *Tower*, serta rasio jarak lebar “b[W]” dan tinggi “a[H]” *bracing* terhadap bagian *Tower* (lihat Gambar 3.3 dan 3.4)

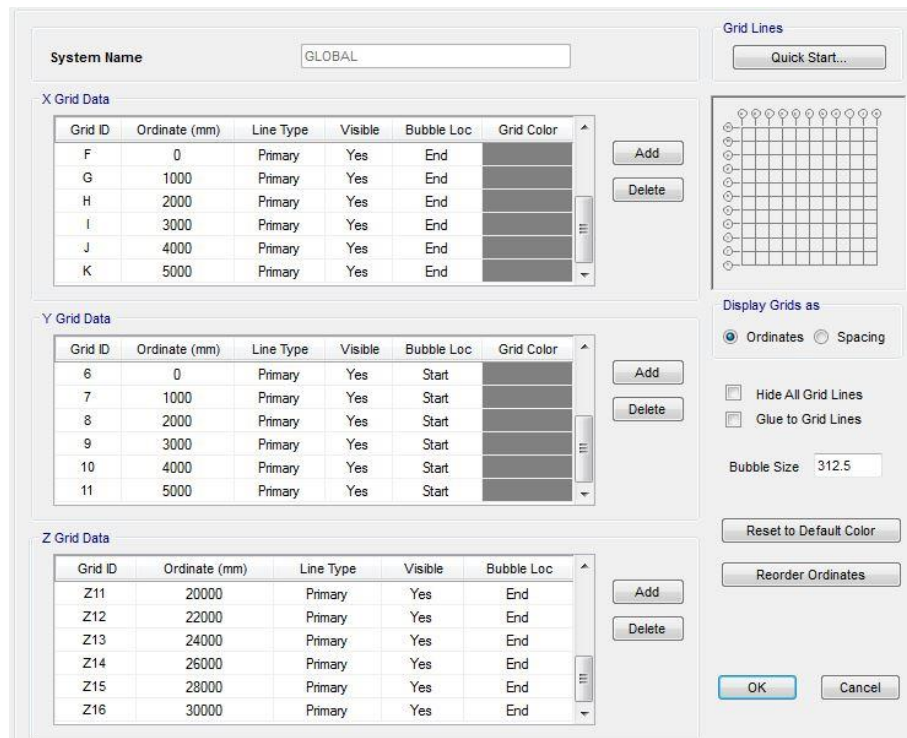


Gambar 3.3: *New Model Truss and Setting Dimension.*



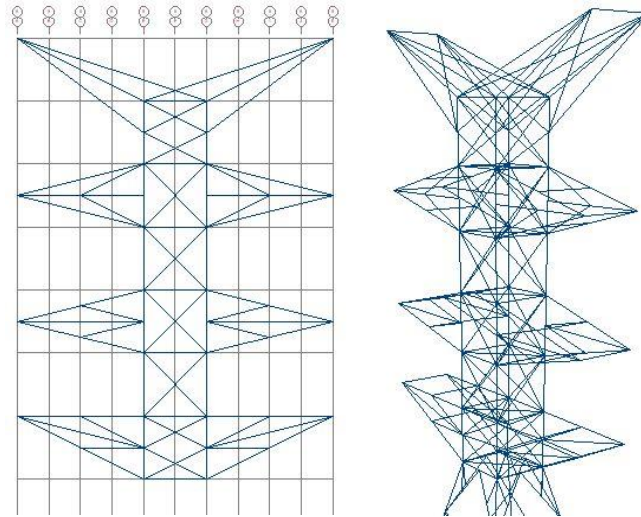
Gambar 3.4: Penjelasan *Input* Spesifikasi.

- c) Kemudian pilih *Ok*.
2. Input 2 : Klik kanan pada layar > *Edit Grid Data* > *Global* > *Modify/show grid data*.
- a) Ubah jarak Grid untuk memudahkan pembuatan *Cross Arm* (lihat Gambar 3.5).

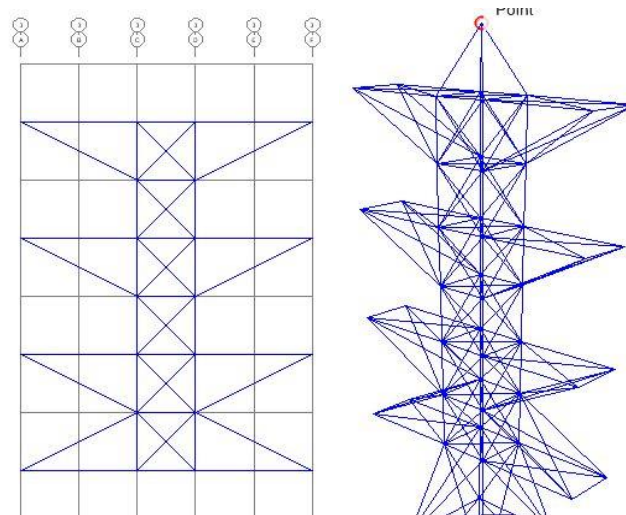


Gambar 3.5: Edit Grid Data.

- b) Pilih *Ok* .
- c) Ubah *View* menjadi 2 dimensi dengan mengklik *Icon XY, XZ* atau *YZ* ,pada toolbar lalu atur posisi *view* dengan toolbar *Move Up In List* atau *Move Down In List*.
- d) Untuk bagian sisi diagonal yang tidak bisa dibuat dengan tampilan 2D ubah *view icon 3D view* pada toolbar dan sambungkan titik yang sudah dibuat pada tampilan 2D
- e) Klik *Draw Frame/Cable* pada toolbar sebelah kiri dan *Momen Release* pilih *pinned* karena sambungan yg digunakan adalah baut.
- f) Gambar bagian *Cross Arm* sesuai desain rencana (lihat Gambar 3.6 dan 3.7)

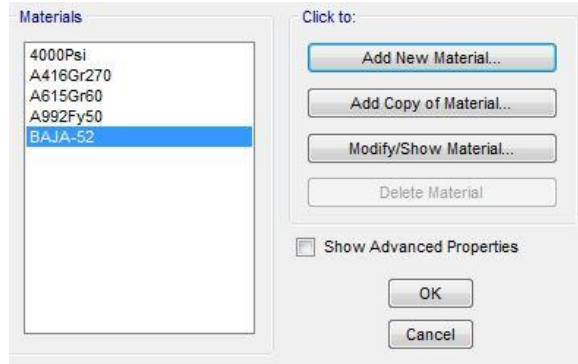


Gambar 3.6: *View crossarm* SUTT model 1 XZ dan Isometric.

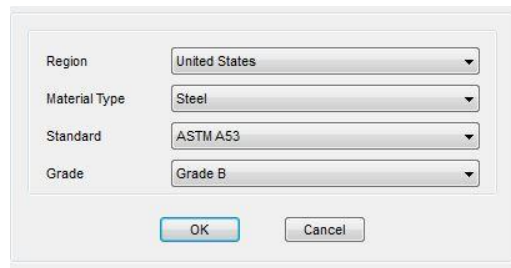


Gambar 3.7: *View crossarm* SUTT model 2 XZ dan Isometric.

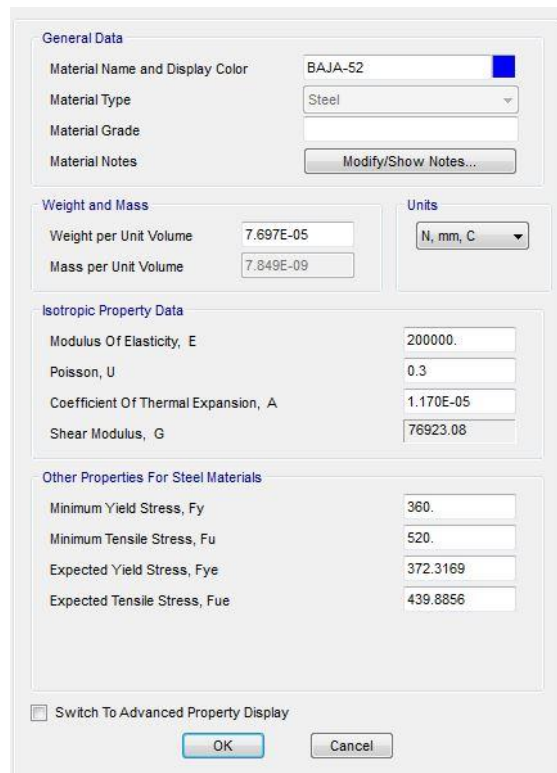
3. Input 3 : *Define > Materials > Add New Material*
  - a) Masukkan: *Region > United States, Material Type > Steel, Standard > ASTM A53, Grade > Grade B > Pilih Ok* ( Lihat gambar 3.8 )
  - b) Masukkan: *Region > User, Material Type > Steel, Pilih Ok*
  - c) Masukkan: *Material Name = BJ37*
  - d) Masukkan: *Strength,  $f_y = 360$  MPa*
  - e) Masukkan: *Strength,  $f_u = 520$  MPa*
  - f) Pilih Ok ( Lihat gambar 3.9 dan Lihat gambar 3.10).
  - g) Pilih Ok ( Lihat gambar 3.9 ).



Gambar 3.8: *Difine materials.*

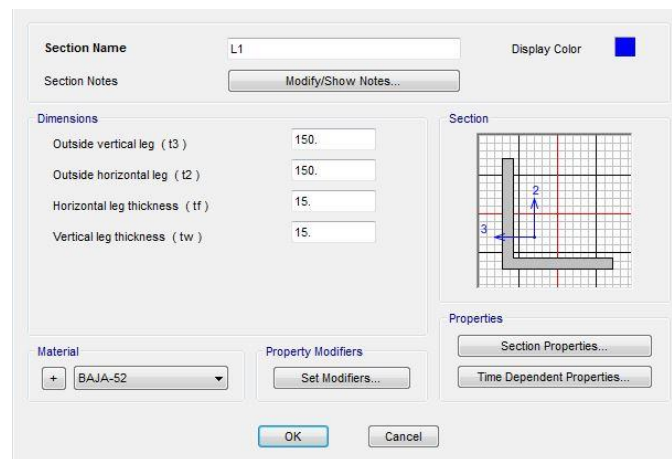


Gambar 3.9: *Add Material Property ASTM A53 Gr B.*

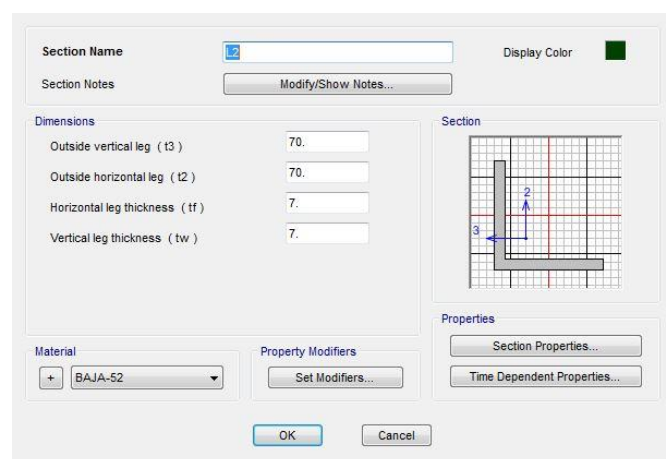


Gambar 3.10: *Input Material Property Data Baja-52.*

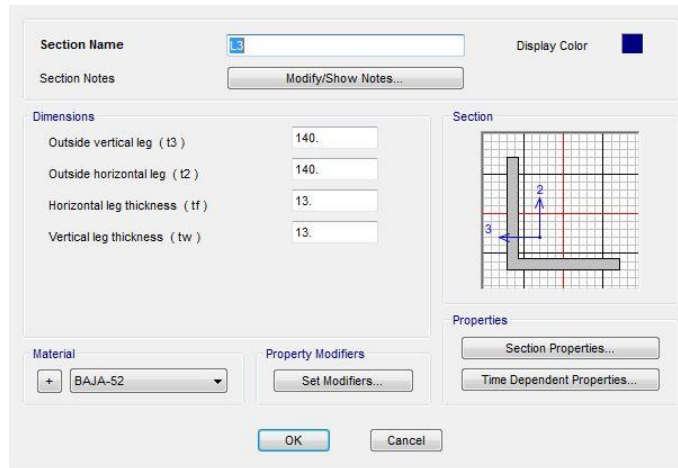
4. Input 4: *Define > Section Properties > Frame Sections > New Sections > Angle*
- Masukkan: L1 :  $t_3 = 150 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 150 \text{ mm}$ ,  $t_f = 15 \text{ mm}$ ,  $t_w = 15 \text{ mm}$
  - Masukkan: L2 :  $t_3 = 70 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 70 \text{ mm}$ ,  $t_f = 7 \text{ mm}$ ,  $t_w = 7 \text{ mm}$
  - Masukkan: L3 :  $t_3 = 140 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 140 \text{ mm}$ ,  $t_f = 13 \text{ mm}$ ,  $t_w = 13 \text{ mm}$
  - Masukkan: L4 :  $t_3 = 80 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 80 \text{ mm}$ ,  $t_f = 8 \text{ mm}$ ,  $t_w = 8 \text{ mm}$
  - Masukkan: L5 :  $t_3 = 80 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 80 \text{ mm}$ ,  $t_f = 10 \text{ mm}$ ,  $t_w = 10 \text{ mm}$
  - Masukkan: L6 :  $t_3 = 55 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 55 \text{ mm}$ ,  $t_f = 6 \text{ mm}$ ,  $t_w = 6 \text{ mm}$
  - Masukkan: L7 :  $t_3 = 100 \text{ mm}$ ,  $t_2 = 100 \text{ mm}$ ,  $t_f = 10 \text{ mm}$ ,  $t_w = 10 \text{ mm}$
  - Masukkan: Material > BJA-52 ( L1 sampai L7 ),
  - Pilih *Ok* ( Lihat gambar 3.11 dan gambar 3.17).



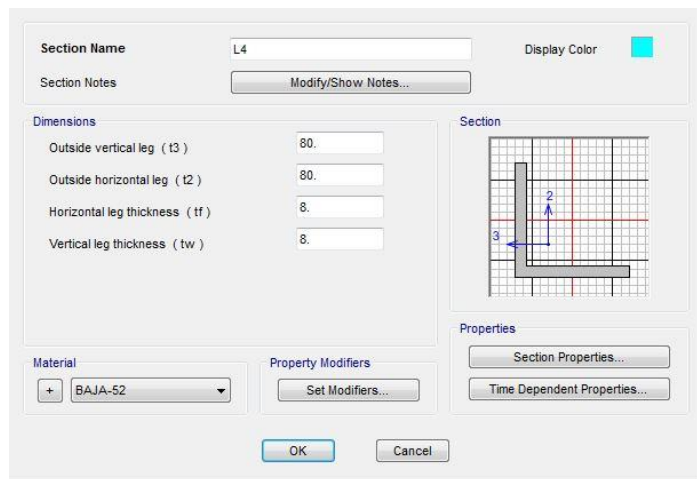
Gambar 3.11: *Input Frame Sections Siku 1.*



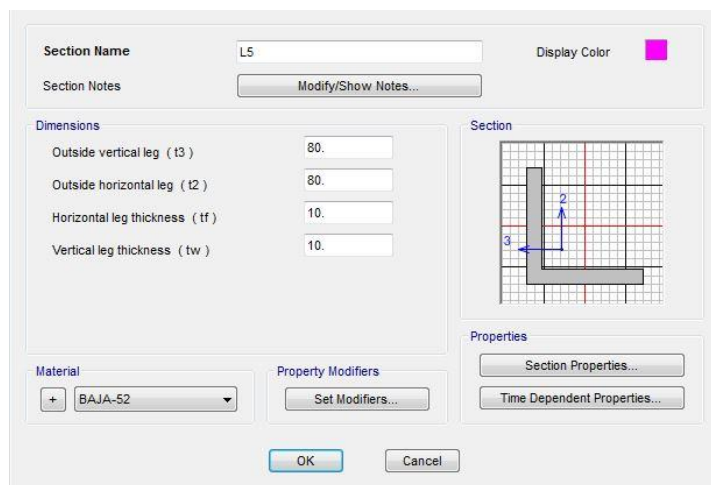
Gambar 3.12: *Input Frame Sections siku 2.*



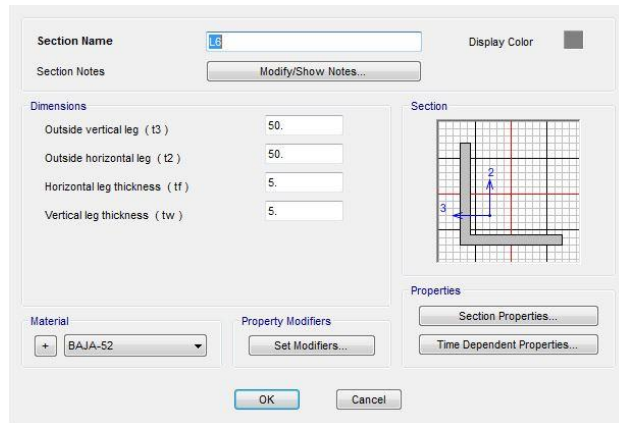
Gambar 3.13: *Input Frame Sections siku 3.*



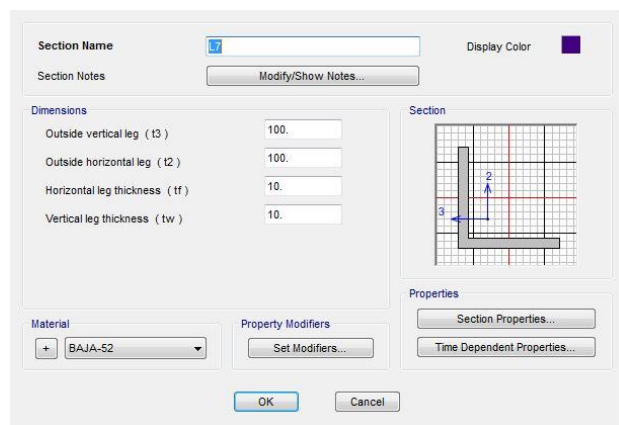
Gambar 3.14: *Input Frame Sections siku 4.*



Gambar 3.15: *Input Frame Sections siku 5.*

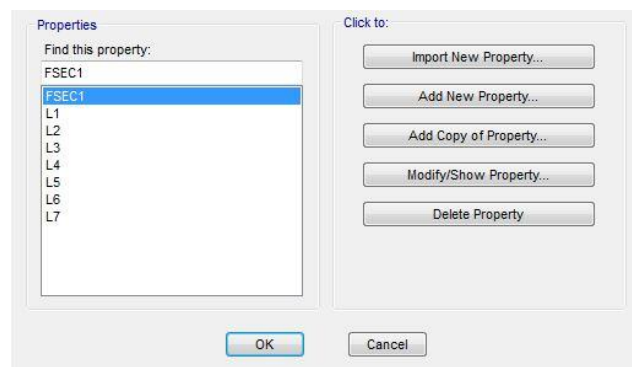


Gambar 3.16: *Input Frame Sections* siku 6.



Gambar 3.17: *Input Frame Sections* siku 7.

5. Pilih *Ok Section Properties* ( Lihat gambar3.18 ).



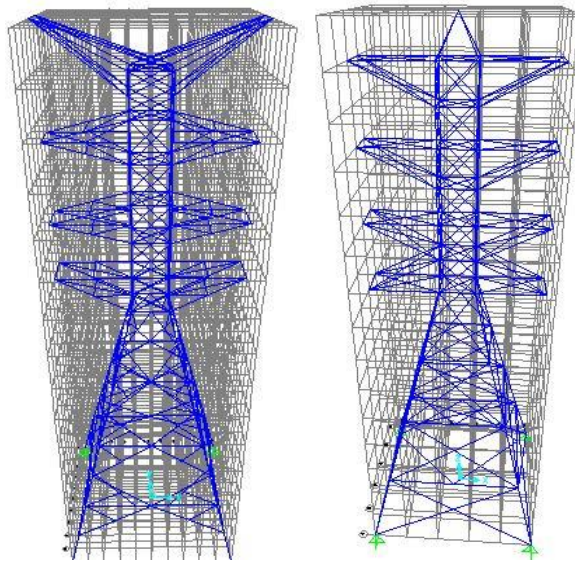
Gambar 3.18: *Input Frame Properties*.

6. Input 5 : klik *frame > assign > frame > frame section*> pilih *frame*> klik *Ok*.
7. Input 6 : *define > joint constraints > select constraint type diapraghm*> *add-*



*new constraint.*

- a) Pada kotak *constrain name* Ketikkan nama untuk *diaphragm*
  - b) *Coordinate system* pilih *global*
  - c) *Constraint axis* pilih *Z axis*
  - d) Ceklis *semi rigid diaphragm*
  - e) Klik ok.
8. *Input 7*: pilih *joint* yang di *bracing* arah *horizontal* pada *body tower* > *assign* > *joint* > *constrains* > pilih *diaphragm* > klik ok.
9. Pembuatan model *Tower* selesai. (Lihat Gambar 3.19).



Gambar 3.19: *Tower* Piramid Y (kiri) dan *Tower* Piramid T (kanan).

### **3.7 Input Pembebanan Pada Struktur *Tower***

1. *Input 1* : *Define* > *Load Pattern*.

Beban mati

- a) Pada kotak *Load pattern name* ketikkan “*DEAD*”.
- b) Pada kotak *type* pilih *Dead*.
- c) Pada kotak *self multiplier* ketik “1” .
- d) Kemudian pilih *Add New Load Pattern* pada sebelah kanan (Lihat Gambar 3.20).

Beban Hidup

- a) Pada kotak *Load pattern name* ketikkan “HIDUP”.
- b) Pada kotak *type* pilih *Live*.
- c) Pada kotak *self multiplier* ketik “0” .
- d) Kemudian pilih *Add New Load Pattern* pada sebelah kanan. (Lihat gambar 3.20).

#### Beban Angin Arah X

- a) Pada kotak *Load pattern name* ketikkan “ANGIN X”.
- b) Pada kotak *type* pilih *WIND*.
- c) Pada kotak *self multiplier* ketik “0”.
- d) Pada kotak *Auto Lateral Load pattern* pilih peraturan pembebanan ASCE 7-10.
- e) Kemudian pilih *Add New Load Pattern* pada sebelah kanan (Lihat Gambar 3.20).
- f) Kemudian pilih “ANGIN X” yang sudah dibuat tadi, lalu klik *Modify Lateral Load Pattern*.
- g) Karena *Tower SUTT* adalah jenis struktur terbuka, di bagian *exposure and pressure coefficients*, Centang *Exposure From Frame And Area Object*, Lalu Centang *Include Frame Object (Open Structure)*.
- h) Pada bagian *Wind Exposure Parameters* ketikkan 90 di kotak *Wind Direction Angle*.
- i) Di bagian *Wind Coefficients* isi kan sesuai data perencanaan beban angin untuk kedua Struktur *tower*.
  - 1) *Wind speed* 42,5.
  - 2) *Exposure C*.
  - 3) *Topographical factor Kzt* 1.
  - 4) *Gust factor* 0,85.
  - 5) *Directional factor*, Kd 0,85 1727-2013 pasal 26.6.
  - 6) *Solid/Gross Area ratio* 0,2.
  - 7) Klik ok. (Lihat Gambar 3.21).

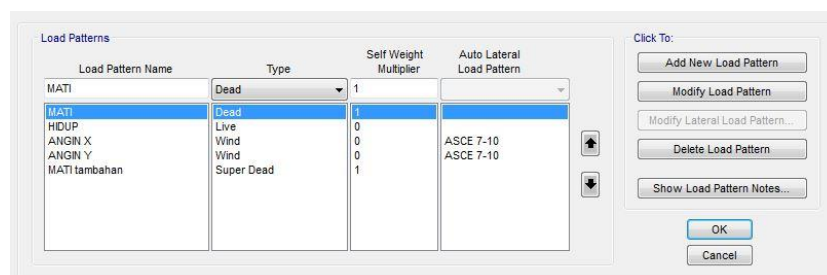
#### Beban Angin Arah Y

- a) Pada kotak *Load pattern name* ketikkan “ANGIN Y”.
- b) Pada kotak *type* pilih *WIND*.
- c) Pada kotak *self multiplier* ketik “0”.

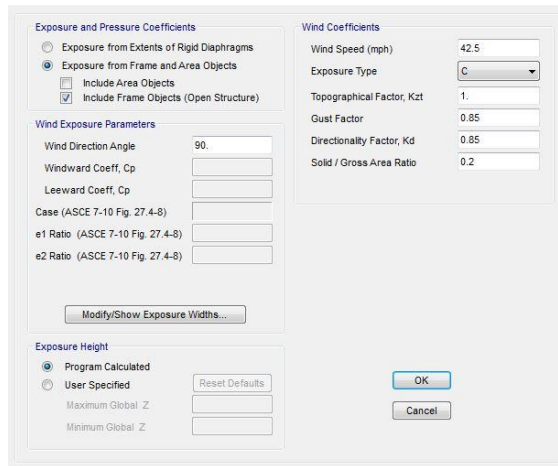
- d) Pada kotak *Auto Lateral Load pattern* pilih peraturan pembebanan ASCE 7-10.
- e) Kemudian pilih *Add New Load Pattern* pada sebelah kanan.
- f) pilih “ANGIN Y” yang sudah dibuat tadi, lalu klik *Modify Lateral Load Pattern*.
- g) Karena *Tower SUTT* adalah jenis struktur terbuka, di bagian *exposure and pressure coefficients*, Centang *Exposure From Frame And Area Object*.Lalu Centang *Include Frame Object (Open Structure)*.
- h) Pada bagian *Wind ExposureParameters* ketikkan 90 di kotak *Wind Direction Angle*.
- i) Di bagian *Wind Coefficients* isi kan sesuai data perencanaan beban angin untuk kedua Struktur *tower*.
  - 1) *Wind speed* 42,5.
  - 2) *Exposure C*.
  - 3) *Topographical factor* Kzt 1
  - 4) *Gust factor* 0,85.
  - 5) *Directional factor*,Kd 0,85 1727-2013 pasal 26.6.
  - 6) *Solid/Gross Area ratio* 0,2.
  - 7) Klik OK. (Lihat gambar 3.22).

Beban mati Tambahan

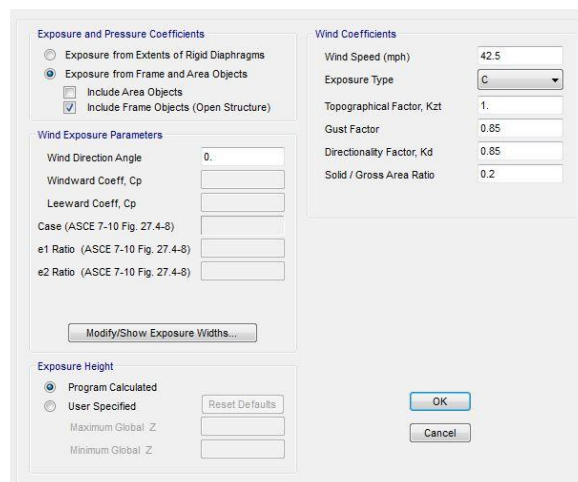
- a) Pada kotak *Load pattern name* ketikkan “MATI tambahan”.
- b) Pada kotak *type* pilih *Super Dead*.
- c) Pada kotak *self multiplier* ketik “0” .
- d) Kemudian pilih *Add New Load Pattern* pada sebelah kanan. Lihat Gambar 3.20 dibawah.



Gambar 3.20: *Load Pattern*.



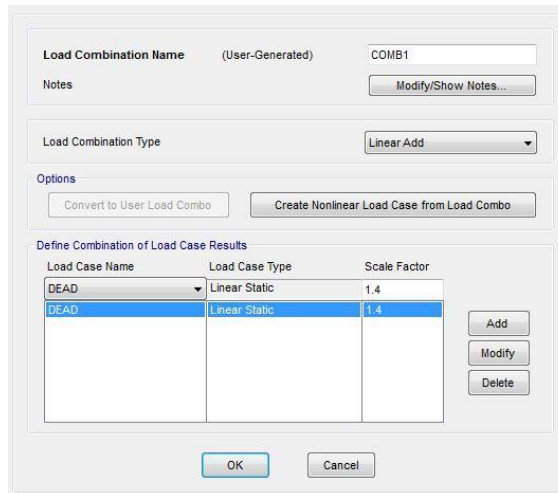
Gambar 3.21: *Modify load pattern* untuk Angin X.



Gambar 3.22: *Modify load Pattern* untuk Angin Y.

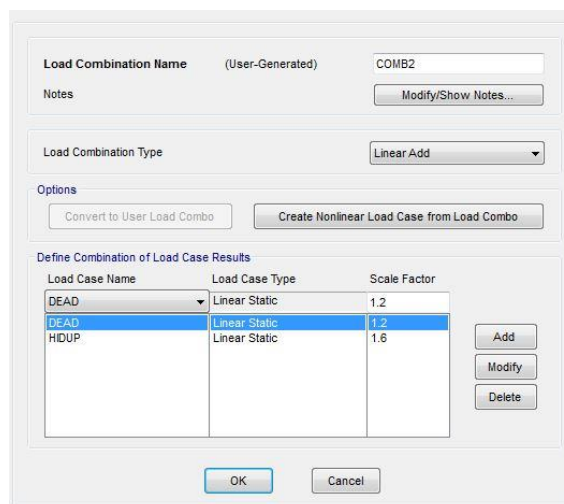
2. *Input 2 : Define > Load Combination*

- a) Kombinasi beban yg digunakan adalah kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam Metode Desain Kekuatan berdasarkan SNI 1727-2013.
- b) Klik *add New Combo*.
- c) Comb 1 : 1,4 D .
- d) Di bagian *define combination load case result*, *Load case name* ubah menjadi Dead dan *scale factor* ketik 1.4 kemudian klik *add* dan klik ok. (Lihat Gambar3.23).



Gambar 3.23: Load Combination 1.

- e) Comb 2 : 1,2 D + 1,6 L.
- f) Di bagian *define combination load case result*, *Load case name* ubah menjadi *Dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Hidup* dan *scale factor* ketik 1.6 kemudian klik *add* klik ok. (Lihat Gambar 3.24).

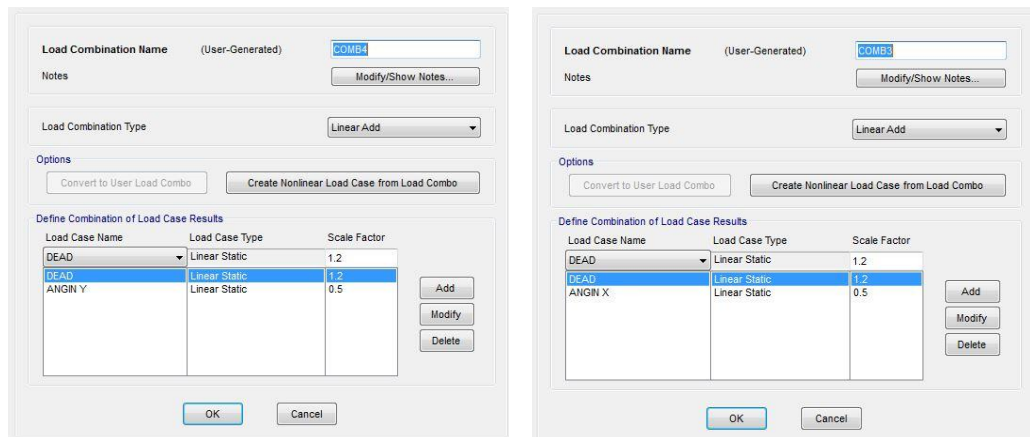


Gambar 3.24: Load Combination 2.

- g) Comb 3 : 1,2 D + 0,5 W arah X.
- h) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah menjadi *dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Angin X* dan *scale factor* ketik 0.5 kemudian klik *add* klik ok.

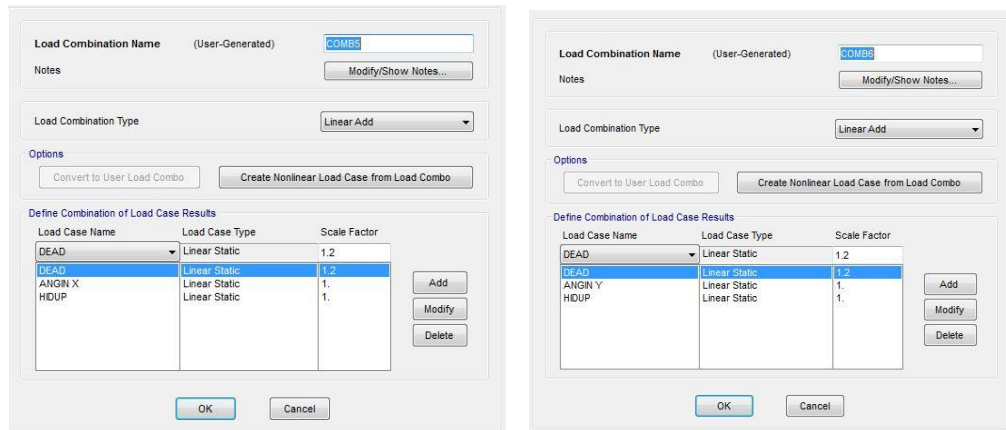
(Lihat Gambar 3.25).

- i) Comb 4 : 1,2 D + 0,5 W arah Y.
- j) Di bagian *define combination loadcase result*, *loadcase name* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Angin Y* dan *scale factor* ketik 0.5 kemudian klik *add* klik ok. (Lihat Gambar 3.25).



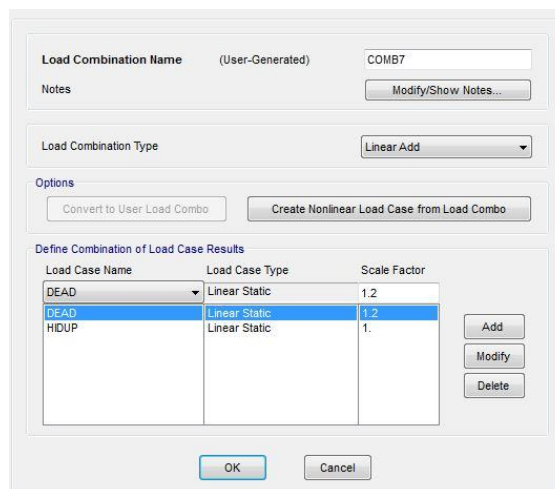
Gambar 3.25: Load combination 3 dan Load combination 4.

- k) Comb 5 : 1,2 D + 1 W arah X + L.
- l) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add*, selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Angin X* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add*, selanjutnya *Load case name* ubah ke *Hidup* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add*, klik ok.(Lihat Gambar 3.26).
- m) Comb 6 : 1,2 D + 1 W arah Y + L.
- n) Di bagian *define combination load case result*, *Load casename* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add*, selanjutnya *Load case name* ubah ke *Angin Y* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add*, selanjutnya *Load case name* ubah ke *Hidup* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add*, klik ok. (Lihat Gambar 3.26).



Gambar 3.26: Load Combination 5 dan load combination 6.

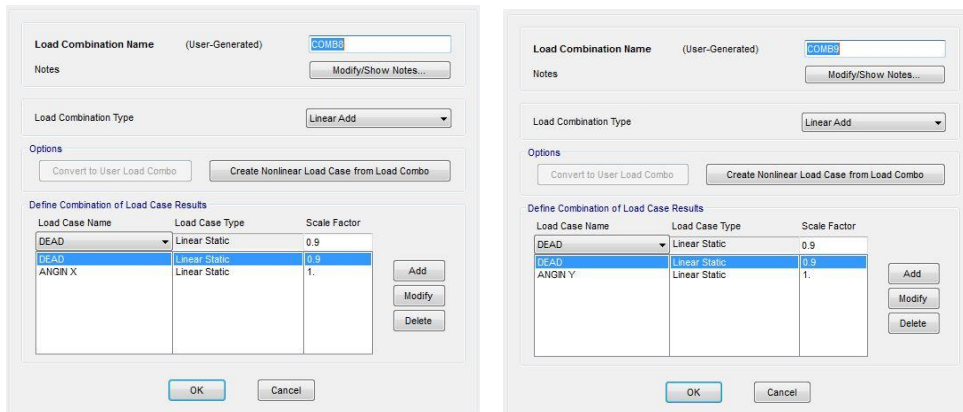
- o) Comb 7 : 1,2 D + L.
- p) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 1.2 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Hidup* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add* klik ok. (Lihat Gambar 3.27).



Gambar 3.27: Load Combination 7.

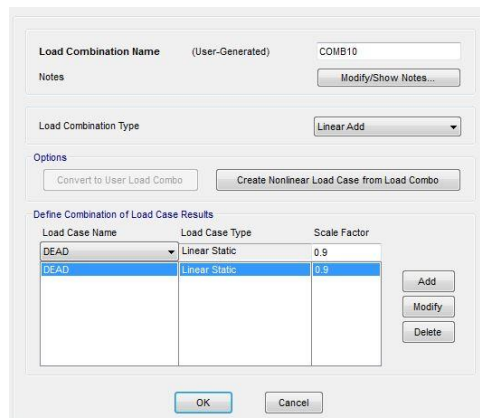
- q) Comb 8 : 0,9 D + 1 W arah X.
- r) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 0.9 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Angin X* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add* klik ok. (Lihat Gambar 3.28).

- s) Comb 9 : 0,9 D + 1 W arah Y.
- t) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah ke *Dead* dan *scale factor* ketik 0.9 kemudian klik *add* dan selanjutnya *Loadcase name* ubah ke *Angin Y* dan *scale factor* ketik 1 kemudian klik *add* klik ok. (Lihat Gambar 3.28).



Gambar 3.28: Load combination 8 dan Load combination 9.

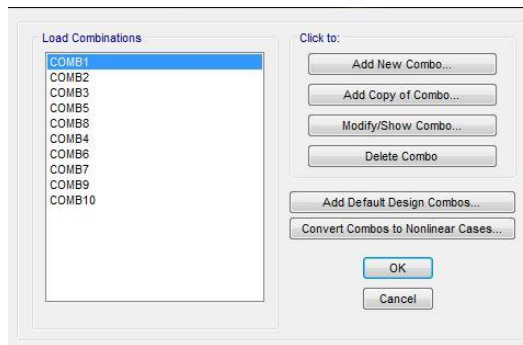
- u) Comb 10 : 0.9 D .
- v) Di bagian *define combination loadcase result*, *Loadcase name* ubah menjadi *Dead* dan *scale factor* ketik 0.9 kemudian klik *add* dan klik ok. (Lihat Gambar- 3.29).



Gambar 3.29: Load Combination 10.

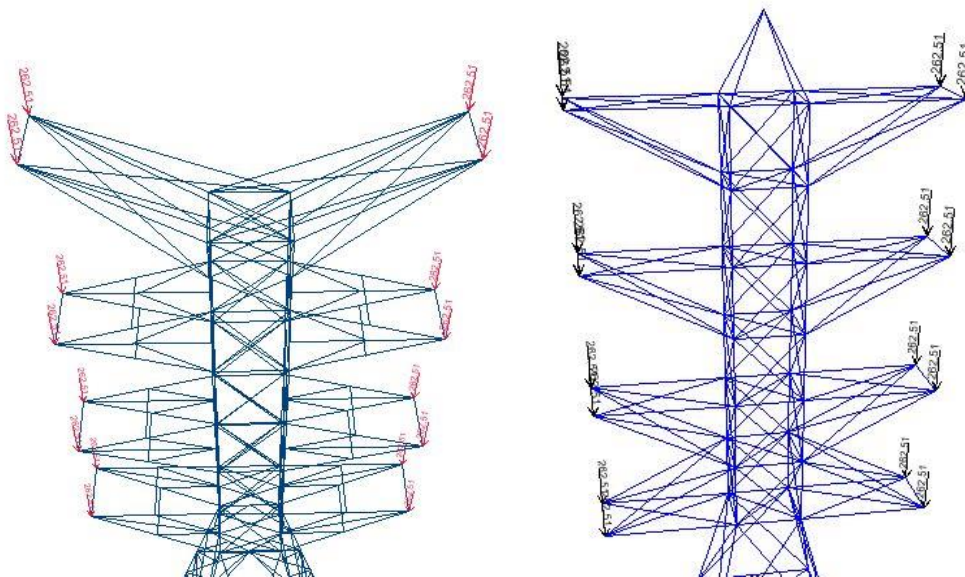
- w) Setelah semua selesai dimasukkan klik OK. (Lihat Gambar 3.30).





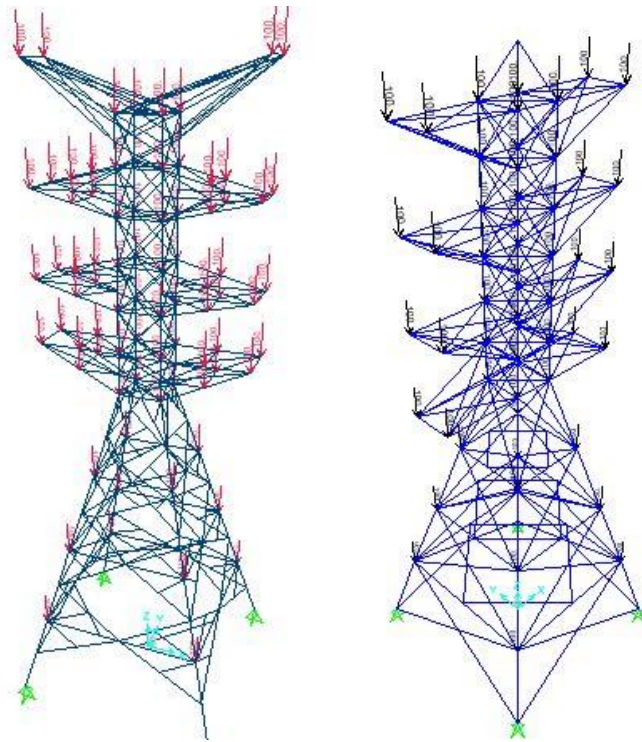
Gambar 3.30: *Load Combinations*.

3. Input 3 : klik *joint-joint* pada ujung *crossarm* > *Assign* > *Joint Loads* > *forces*
  - a) Pada kotak *load pattern* pilih “MATI TAMBAHAN”
  - b) Pada kotak *Foces Global Z* isikan -262,51 kgf (minus untuk arah gaya kebawah) beban sudah termasuk berat konduktor dan berat insulator.
  - c) Klik ok. (Lihat Gambar 3.31).



Gambar 3.31: *Beban Mati Tambahan*.

4. Input 4 : klik *joint-joint* pada struktur menara > *Assign* > *JointLoads* > *forces*
  - a) *Joint* yang dipilih adalah yang terkena beban hidup pada saat perawatan.
  - b) Pada kotak *load pattern* pilih HIDUP.
  - c) Pada kotak *forces* global z isikan -100 kgf (minus untuk arah gaya kebawah).
  - d) Klik ok.(Lihat Gambar 3.32).



Gambar 3.32: Beban Hidup.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Analisis Software

##### 4.1.1 Berat Struktur

Berat dari struktur *tower* transmisi ditampilkan pada table 4.1 dan 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.1: Berat sendiri *tower* Y.

<i>GroupName</i>	<i>SelfMass</i>	<i>Self Weight</i>	<i>Total MassX</i>	<i>Total MassY</i>	<i>Total MassZ</i>
<i>Text</i>	kgf-s2/mm	Kgf	kgf-s2/mm	kgf-s2/mm	kgf-s2/mm
<i>ALL</i>	1.6621	16299.21	1.6621	1.6621	1.6621
<i>Lower Body</i>	0.2212	2168.93	0.2212	0.2212	0.2212
<i>Upper Body</i>	1.0451	10248.72	1.0451	1.0451	1.0451
<i>CrossArm</i>	0.3732	3659.45	0.3732	0.3732	0.3732

Tabel 4.2: Berat sendiri *tower* T.

<i>GroupName</i>	<i>Self Mass</i>	<i>Self Weight</i>	<i>Total MassX</i>	<i>Total MassY</i>	<i>Total MassZ</i>
<i>Text</i>	kgf-s2/mm	kgf	kgf-s2/mm	kg-s2/mm	kgf-s2/mm
<i>ALL</i>	1.5755	15450.74	1.5755	1.5755	1.5755
<i>Lower Body</i>	0.7782	7631.49	0.7782	0.7782	0.7782
<i>Upper Body</i>	0.1908	1871.57	0.1908	0.1908	0.1908
<i>CrossArm</i>	0.4616	4527.08	0.4616	0.4616	0.4616

##### 4.1.2 Base Reactions

Nilai reaksi tumpuan pada struktur *tower* dapat dilihat pada table 4.3 dan 4.4-

dibawah ini:

Tabel 4.3: *Base reaction tower Y arm.*

<b>Output Case</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>	<b>GlobalMX</b>	<b>GlobalMY</b>	<b>GlobalMZ</b>
<b>text</b>	<b>kgf</b>	<b>Kgf</b>	<b>kgf</b>	<b>kgf-mm</b>	<b>kgf-mm</b>	<b>kgf-mm</b>
ANGIN X	-2427.35	-2.728E-11	3.365E-11	-529606.4	-29444872.3	125334.61
ANGIN Y	2.274E-13	-2963.65	-3.638E-11	39971056.89	1462011.82	120466.23
COMB5	-2427.35	-8.595E-12	32599.24	-455563.99	-29619357.7	73766.04
COMB6	-6.141E-11	-2963.65	32599.24	40045099.29	1287526.48	68897.65

Tabel 4.4: *Base reaction tower T arm.*

<b>Output Case</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>	<b>GlobalMX</b>	<b>GlobalMY</b>	<b>GlobalMZ</b>
<b>text</b>	<b>kgf</b>	<b>Kgf</b>	<b>kgf</b>	<b>kgf-mm</b>	<b>kgf-mm</b>	<b>kgf-mm</b>
ANGIN X	-2283.84	4.121E-13	3.425E-12	-262694.94	-30212709.4	139280.99
ANGIN Y	6.821E-13	-2713.42	3.006E-12	39186782	412050.59	200337.84
COMB5	-2283.84	8.729E-13	29181.08	-637744.06	-30587483.8	173678.69
COMB6	-5.676E-12	-2713.42	29181.08	38811732.87	37276.23	234735.54

#### 4.1.3 Hasil Cek Terhadap Beban Angin

##### 1. *Transmission Tower Y Arm*

Untuk melihat pengaruh beban angin arah X dan arah Y terhadap batang-

batang pada struktur *Transmission Tower* dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.5: *Frame loads - open structure wind transmission tower Y arm.*

<b>FrameLoads - Open Structure Wind</b>												
<b>No.</b>	<b>Frame</b>	<b>Load Pat</b>	<b>Coord Sys</b>	<b>Type</b>	<b>Dir</b>	<b>Dist Type</b>	<b>Rel DistA</b>	<b>Rel Dist B</b>	<b>Abs DistA</b>	<b>Abs DistB</b>	<b>F OverLA</b>	<b>F OverLB</b>
	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Unit less</i>	<i>Unit less</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kgf/m</i>	<i>kgf/m</i>
1	543	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.16	5.01
2	545	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.16	5.01
3	556	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.16	5.01
4	529	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.01	4.85
5	532	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.01	4.85
6	537	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.01	4.85
7	539	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.01	4.85
8	547	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	2.55	5.01	5.16
9	516	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	1.27	4.85	4.77
10	521	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	1	0	1.27	4.85	4.77

Dari tabel hasil *check* struktur *Tower Y arm* terhadap beban angin terbesar terhadap luas area yang terpapar arah X adalah batang no.545 dan beban angin terbesar terhadap luas area yang terpapar arah Y adalah batang no.543.

## 2. *Transmission Tower T Arm*

Untuk melihat pengaruh beban angin arah X dan arah Y terhadap batang-batang pada struktur *Transmission Tower* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6: *Frame Loads - Open Structure Wind Transmission Tower T Arm.*

<b>FrameLoads - Open Structure Wind</b>												
No	Frame	Load Pat	Coord Sys	Type	Dir	Dist Type	Rel DistA	Rel Dist B	Abs DistA	Abs DistB	F OverLA	F OverLB
	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unit less	Unit less	m	m	kgf/m	kgf/m
1	38	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.55	5.10	5.01	5.16
2	44	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.55	5.10	5.01	5.16
3	45	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.55	5.10	5.01	5.16
4	48	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.55	5.10	5.01	5.16
5	38	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	0.5	0.00	2.55	4.85	5.01
6	44	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0	0.5	0.00	2.55	4.85	5.01
7	45	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	0.5	0.00	2.55	4.85	5.01
8	48	ANGIN Y	Local	Force	3	Rel Dist	0	0.5	0.00	2.55	4.85	5.01
9	37	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.12	4.24	4.60	4.73
10	43	ANGIN X	Local	Force	3	Rel Dist	0.5	1	2.12	4.24	4.60	4.73

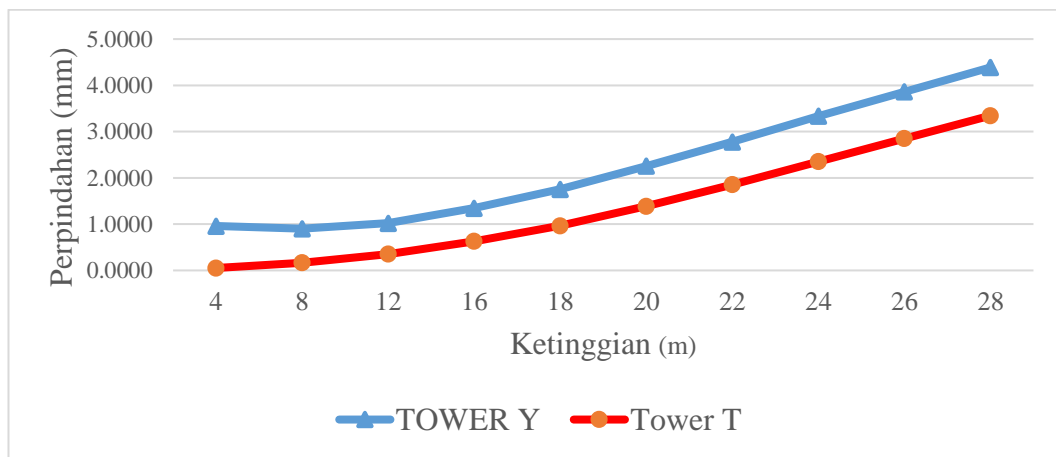
Dari tabel hasil *check* struktur *Tower Yarm* terhadap beban angin terbesar terhadap luas area yang terpapar arah X adalah batang no.38 dan beban angin terbesar terhadap luas area yang terpapar arah Y adalah batang no.48

#### 4.2 Perbandingan Perpindahan (*Displacement*)

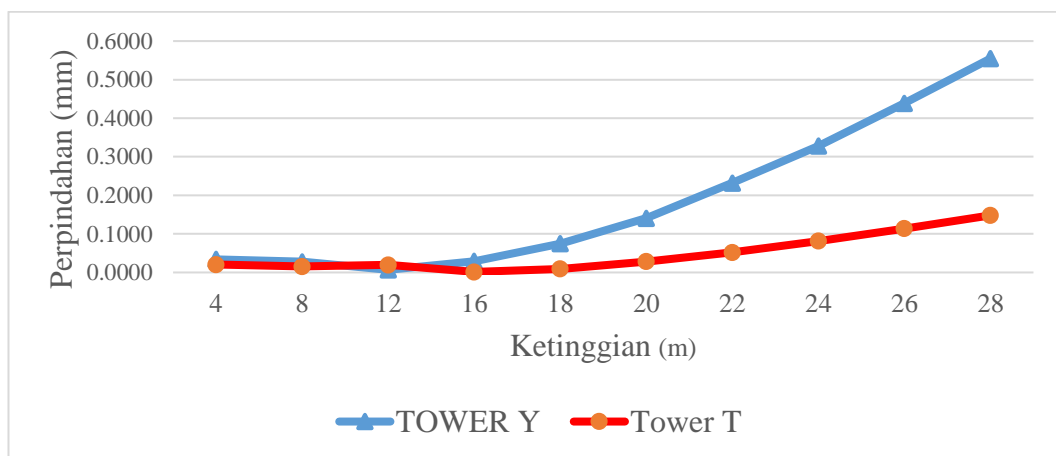
Perbandingan perpindahan pada *tower* transmisi untuk beban Angin arah X dan arah Y, beban kombinasi 5 dan kombinasi 6 disajikan pada tabel 4.7 - 4.10 dan grafik perbandingan 4.1 - 4.8 dibawah ini:

Tabel 4.7: Perbandingan perpindahan pada kaki tower akibat beban angin arah x.

Ketinggian	Tower Y		Tower T	
	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
4	0.9591	0.0341	0.0528	0.0205
8	0.9025	0.0281	0.1675	0.0156
12	1.0200	0.0069	0.3521	0.0194
16	1.3469	0.0290	0.6309	0.0015
18	1.7554	0.0749	0.9663	0.0091
20	2.2576	0.1408	1.3868	0.0282
22	2.7769	0.2319	1.8548	0.0519
24	3.3349	0.3280	2.3519	0.0815
26	3.8627	0.4389	2.8507	0.1136
28	4.3872	0.5546	3.3452	0.1480



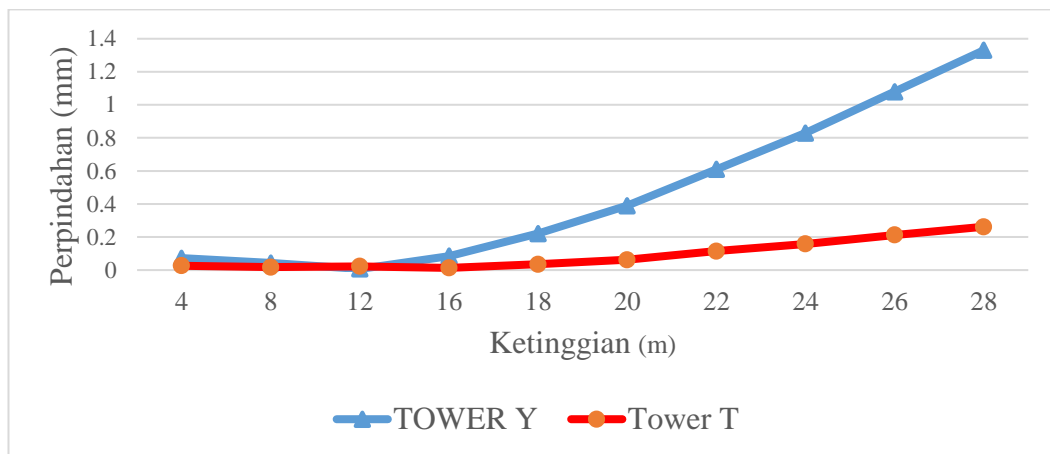
Grafik 4.1 Perbandingan perpindahan arah x akibat beban angin arah x.



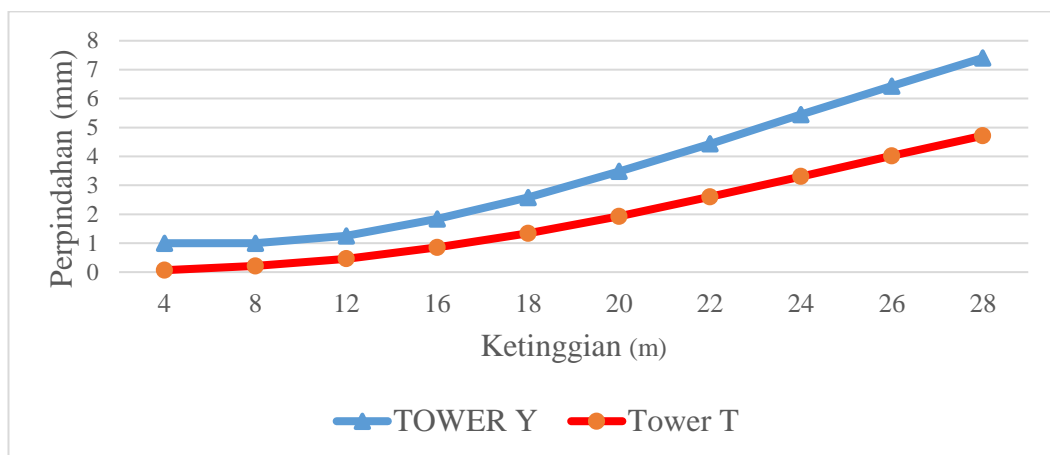
Grafik 4.2 Perbandingan perpindahan arah y akibat beban angin arah x.

Tabel 4.8: Perbandingan perpindahan pada kaki tower akibat beban angin arah y.

Ketinggian	Tower Y		Tower T	
	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
4	0.072148	0.998843	0.0269	0.0662
8	0.043166	0.998907	0.0176	0.2128
12	0.006904	1.25284	0.0223	0.4640
16	0.084282	1.841191	0.0134	0.8536
18	0.221286	2.583038	0.0348	1.3398
20	0.38989	3.484927	0.0623	1.9275
22	0.609203	4.434776	0.1149	2.6041
24	0.829502	5.448411	0.1582	3.3046
26	1.079768	6.435118	0.2124	4.0176
28	1.330005	7.405	0.2623	4.7153



Grafik 4.3 Perbandingan perpindahan arah x akibat beban angin arah y.

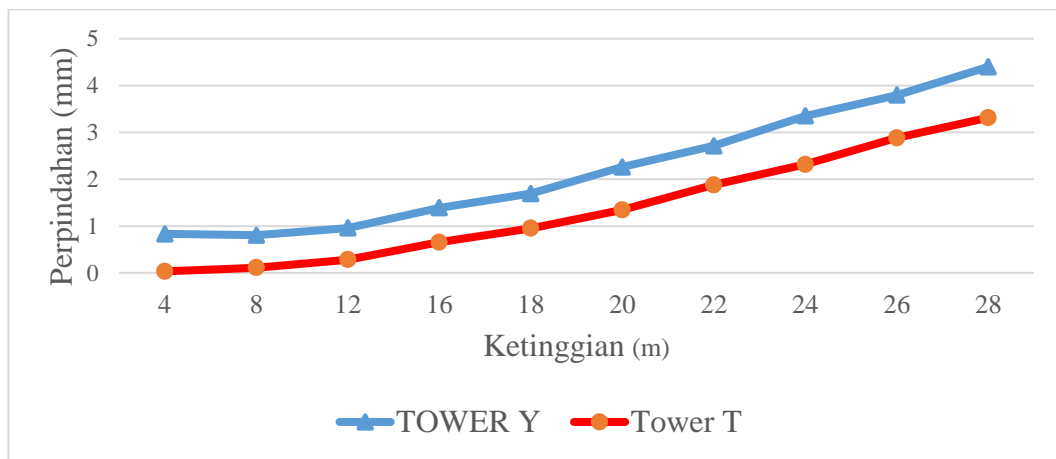


Grafik 4.4 Perbandingan perpindahan arah y akibat beban angin arah y.

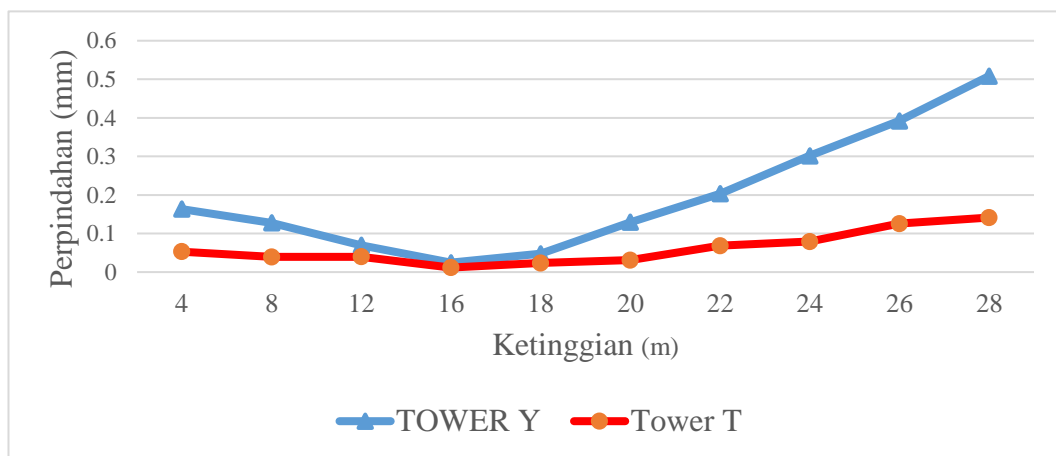


Tabel 4.9: perbandingan perpindahan pada kaki tower akibat kombinasi beban COMB-5.

Ketinggian	Tower Y		Tower T	
	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
4	0.831079	0.163575	0.0316	0.0530
8	0.80438	0.127577	0.1101	0.0394
12	0.958723	0.069565	0.2818	0.0395
16	1.388681	0.024532	0.6536	0.0116
18	1.691545	0.047517	0.9497	0.0234
20	2.261405	0.129294	1.3446	0.0309
22	2.711988	0.203175	1.8782	0.0682
24	3.348373	0.301691	2.3137	0.0791
26	3.792928	0.392134	2.8801	0.1257
28	4.399325	0.508413	3.3127	0.1414



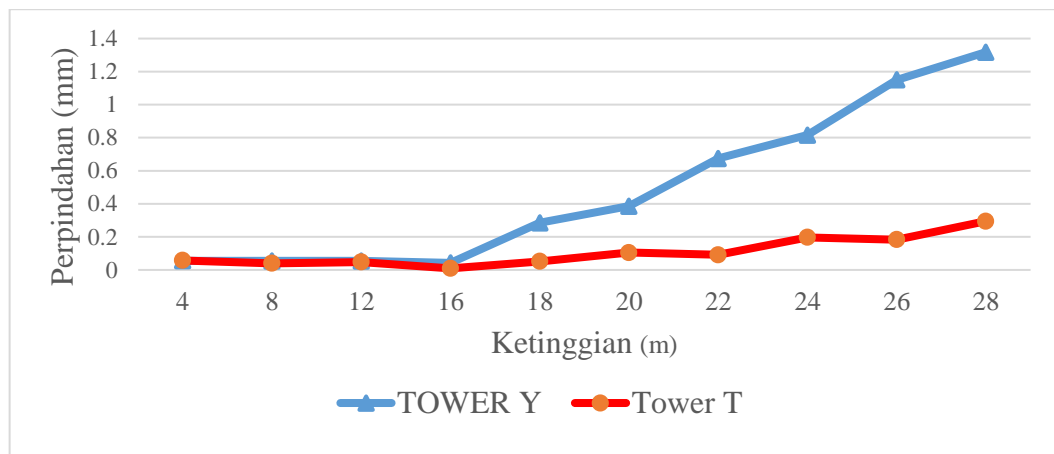
Grafik 4.5 Perbandingan perpindahan arah x akibat comb-5.



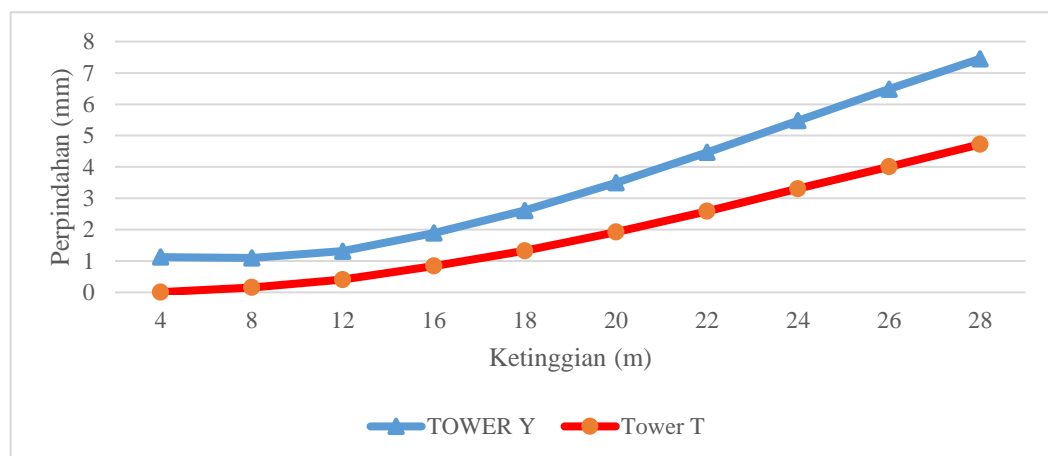
Grafik 4.6 perbandingan perpindahan arah y akibat comb-5.

Tabel 4.10: Perbandingan perpindahan pada kaki *tower* akibat kombinasi beban COMB-6.

Ketinggian	Tower Y		Tower T	
	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
4	0.055829	1.128333	0.0575	0.0074
8	0.054999	1.098419	0.0398	0.1578
12	0.054363	1.315545	0.0480	0.4051
16	0.042503	1.894741	0.0094	0.8435
18	0.285163	2.610463	0.0515	1.3254
20	0.386116	3.496449	0.1045	1.9248
22	0.674105	4.46354	0.0915	2.5877
24	0.816047	5.474712	0.1964	3.3070
26	1.149508	6.481883	0.1830	4.0056
28	1.317907	7.451187	0.2949	4.7219



Grafik 4.7 Perbandingan perpindahan arah x akibat comb-6



Grafik 4.8 Perbandingan perpindahan arah y akibat comb-6.

### 4.3 Kontrol Batang Tarik dan Tekan

#### 4.3.1 Kontrol Batas Leleh Dan Keruntuhan Tarik *Tower Y Arm*

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desain.

Untuk menentukan batas leleh tarik batang dan batas keruntuhan tarik batang profil L1 dapat dilihat hasil dari data perhitungan dilakukan awal untuk menentukan nilai kekuatan tarik nominal  $P_n$ :

Profile batang L1	: 150 x 150 x 15
Pu	: 2224,15 kg
Jumlah baut sambungan	: 6 buah ,disusun dalam 2 baris
Jarak baut (l)	: 75mm
Fy	: 360 MPa
Fu	: 520 MPa
Luas kotor (Ag)	: 2339mm <sup>2</sup>
Luas Neto (An)	: 1554.79 mm <sup>2</sup>

a. Menghitung luas neto efektif ( $A_e$ )

Dimana nilai *factor shear lag*  $U$  untuk siku tunggal dengan kurang dari 3 sarana penyambung perbaris diarah pembebanan SNI 1729-2015 tabel D3.1. Berikut perhitungan untuk mencari nilai  $U$  dan  $A_e$ :

$$U = 1 - \frac{42.5}{75} = 0.433$$

$$A_e = 1554.79 \times 0.433$$

$$A_e = 673.74 \text{ mm}^2$$

b. Leleh tarik untuk penampang bruto

Perhitungan leleh penampang bruto dihitung dibawah ini:

$$P_n = 360 \times 2339 = 841965.84 \text{ N} = 8585.62 \text{ kg}$$

c. Runtuh Tarik penampang neto

Perhitungan runtuh tarik penampang bruto :

$$P_n = 520 \times 673.4 = 350346,91 \text{ N} = 35725,44 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dilakukan kontrol leleh tarik dan keruntuhan tarik sebagai berikut:

d. Kontrol batas leleh tarik penampang bruto

Berikut perhitungan untuk kontrol batas leleh Tarik penampang bruto:

$$P_u \leq 0.9 \times P_n$$

$$2224,15 \text{ kg} \leq 0.9 \times 85856,62 \text{ kg}$$

$$2224,15 \text{ kg} \leq 77271 \text{ kg} \quad \text{Ok}$$

e. Kontrol batas keruntuhan tarik pada penampang neto

Berikut ini perhitungan untuk kontrol batas keruntuhan tarik pada penampang netto:

$$2224,15 \text{ kg} \leq 0.75 \times 35725,44 \text{ kg}$$

$$2224,15 \text{ kg} \leq 26794,1 \text{ kg} \quad \text{Ok}$$

Tabel 4.11: Rekapitulasi perhitungan kontrol batas leleh tarik dan runtuh Tarik tower Y Arm.

Profil	Dimensi profil (mm)	No frame	L (mm)	Ag (mm <sup>2</sup> )	An (mm <sup>2</sup> )	Fy (MPa)	Fu MPa	$\bar{X}$ (mm)
L1	150x150x15	7	4242,64	2339	1554.8	360	520	42.5
L2	70x70x7	365	6633.25	827	466.7	360	520	19.7
L3	140x140x13	484	4062,02	2093	1309.3	360	520	39.2
L4	80x 80x8	121	2000	994	634.3	360	520	22.6
L5	80x80x10	55	2000	1005	500.7	360	520	23.4
L6	55x55x6	197	2828.43	559	379.0	360	520	15.6
L7	100x100x10	19	4242,64	1323	1042.8	360	520	28.2

Tabel 4.11: Rekapitulasi Perhitungan kontrol batas leleh Tarik dan runtuh Tarik tower Y Arm lanjutan.

Profil	U	Ae (mm <sup>2</sup> )	Pn Leleh (kg)	Pn Runtuh (kg)	$\phi$ Pn Leleh (kg)	$\phi$ Pn Runtuh (Kg)	Pu (Kg)	Status
L1	0.433	674	85856.6	35725.4	77271	26794.1	2224.2	Aman
L2	0.590	275	30348.0	14590.4	27313.2	10942.8	540.01	Aman
L3	0.477	1309	76843.2	69424	69158.9	52068	528.5	Aman
L4	0.529	634	36499.8	33632.9	32849.8	25224.7	363.5	Aman
L5	0.513	501	36883.8	26551.9	33195.5	19914	1985.4	Aman
L6	0.675	379	20521.3	20097.3	18469.1	15073	434.5	Aman
L7	0.624	1043	48559.6	55294.5	43703.6	41470.9	2129.8	Aman

#### 4.3.2 Kontrol Kuat Tekan Profile batang Tower Y Arm

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desain.

Untuk mengetahui kuat tekan batang maka perlu data analisis dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut:

Tabel 4.12: Tabel data untuk analisis kuat tekan.

No.	Diketahui	Profil L1
1	$Pu$ (Kg)	10879,2
2	$L$ (mm)	2121,32
3	$r$ (mm)	46,1696
4	$(K \times L)/r < 200$	45,946
5	$Fe$ (MPa)	934,0909
6	$Fcr$ (MPa)	306,37
7	$Pn$ (Kg)	73066.41

Hasil dari tabel 4.12 diatas maka dapat dilakukan kontrol kuat tekan pada Tower Yarm Profil L1 sebagai berikut:

a. Kontrol Kekuatan tekan Profil L1

Berikut perhitungan untuk kontrol kekuatan tekan profil L1:

$$10879,2 \text{ kg} \leq 0,9 \times 73066,41 \text{ kg}$$

$$10879,2 \text{ kg} \leq 65759,77 \text{ kg(Ok)}$$

Analisa data dari tabel 4.12 dapat dilihat pada halaman lampiran.

Untuk profil batang *Tower Y Arm* yang lain hasil perhitungan disajikan dalam tabel 4.13 dan 4.14 dibawah ini :

Tabel 4.13: Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan *tower y Arm*.

Profil	Dimensi profil (mm)	No frame	L (mm)	L section (mm)	k	R (mm)	Fy (MPa)	$\frac{KL}{r}$ (mm)
L1	150x150x15	4	4242,64	2121.32	1	46.17	360	45.946
L2	70 x 70 x 7	260	2236,07	1118.03	1	21.55	360	51.886
L3	140x14x13	17	4062,02	2031.01	1	43.23	360	46.982
L4	80 x 80 x 8	48	2000	500	1	24.62	360	20.306
L5	80 x 80 x10	52	2000	1000	1	24.36	360	41.057
L6	55 x 55 x 6	293	2236,07	1118.03	1	16.86	360	66.309
L7	100x100x10	16	4242,64	2121.32	1	30.78	360	68.919

Tabel 4.14: Rekapitulasi perhitungan Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan *tower y Arm lanjutan*.

Profil	Q	$\frac{Q \cdot Fy}{Fe}$	Fcr (MPa)	Pn Leleh (kg)	$\phi Rn$ (kg)	Ru (kg)	Status
L1	1	0.385	306.37	73066.41	65759.77	10879.2	Aman
L2	1	0.491	293.065	24705.43	22234.89	510.16	Aman
L3	1	0.403	304.125	64916.59	58424.93	758.45	Aman
L4	1	0.075	348.835	35367.79	31831.01	1967.13	Aman
L5	1	0.308	316.491	32426.17	29183.56	5791.6	Aman
L6	1	0.803	257.271	14665.34	13198.81	978.06	Aman
L7	1	0.867	250.424	33779.14	30401.22	9685.21	Aman

### 4.3.3 Kontrol Batas Leleh Dan Keruntuhan Tarik *Tower T Arm*

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desain.

Untuk menentukan batas leleh tarik batang dan batas keruntuhan tarik batang profil L1 dapat dilihat hasil dari data perhitungan dilakukan awal untuk menentukan nilai kekuatan tarik nominal  $P_n$ :

Profile batang L1	150 x 150 x 15
Pu	: 1977.97 kg
Jumlah baut sambungan	: 6 buah, disusun dalam 2 baris
Jarak baut (l)	: 50 mm
Fy	: 360 MPa
Fu	: 520 MPa
Luas kotor ( $A_g$ )	: 2339mm <sup>2</sup>
Luas Neto ( $A_n$ )	: 1554.79 mm <sup>2</sup>

1. Menghitung luas neto efektif ( $A_e$ )

Dimana nilai *factor shear lag*  $U$  untuk siku tunggal dengan kurang dari 3 sarana penyambung perbaris diarah pembebanan SNI 1729-2015 tabel D3.1

Berikut perhitungan untuk mencari Nilai  $U$  dan  $A_e$ :

$$U = 1 - \frac{42.5}{75} = 0.433$$

$$A_e = 1554.79 \times 0.433$$

$$A_e = 673.74 \text{ mm}^2$$

2. Leleh Tarik untuk penampang bruto

Berikut perhitungan untuk leleh Tarik penampang bruto:

$$P_n = 360 \times 2339 = 841965.84 \text{ N} = 8585.62 \text{ Kg}$$

3. Runtuh Tarik penampang neto

Berikut perhitungan untuk runtuh Tarik penampang netto:

$$P_n = 520 \times 673.4 = 350346,91 \text{ N} = 35725,44 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dilakukan kontrol leleh tarik dan keruntuhan tarik sebagai berikut:

**Kontrol Kekuatan Tarik L1**

- a. Kontrol batas leleh tarik penampang bruto

Kontrol batas leleh Tarik penampang bruto dihitung dibawah ini:

$$1977.79 \text{ kg} \leq 0.9 \times 85856,62 \text{ kg}$$

$$1977.79 \text{ kg} \leq 77271 \text{ kg} \dots \text{Ok}$$

- b. Kontrol batas keruntuhan tarik pada penampang neto

Kontrol batas keruntuhan tarik dihitung dibawah ini:

$$1977.79 \text{ kg} \leq 0.75 \times 35725,44 \text{ kg}$$

$$1977.79 \text{ kg} \leq 26794,1 \text{ kg} \text{ Ok}$$

Untuk profil batang *Tower T Arm* yang lain hasil perhitungan disajikan dalam tabel 4.15 dibawah ini:

Tabel 4.15: Rekapitulasi perhitungan kontrol batas leleh tarik dan runtuh tarik *tower t arm*.

<b>Profil</b>	<b>Dimensi profil (mm)</b>	<b>No frame</b>	<b>L (mm)</b>	<b>Ag (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>An (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fy (MPa)</b>	<b>Fu MPa</b>	<b><math>\bar{X}</math> (mm)</b>
L1	150x150x15	7	4242,64	2339	1554.79	360	520	42.5
L2	70x70x7	314	4898.98	827	466.702	360	520	19.7
L3	140x140x13	45	5099.02	2093	1309.26	360	520	39.2
L4	80x80x8	142	4000	994	634.281	360	520	22.6
L5	80x80x10	154	2000	1005	500.741	360	520	23.4
L6	55x55x6	56	2828.43	559	379.013	360	520	15.6
L7	100x100x10	276	4472.14	1323	1042.8	360	520	28.2



Tabel 4.16: Rekapitulasi perhitungan batas leleh Tarik dan runtuh Tarik *Tower T arm lanjutan*.

Profil	U	Ae (mm <sup>2</sup> )	Pn Leleh (kg)	Pn Runtuh (kg)	$\phi_{rn}$ Leleh (kg)	$\phi_{rn}$ Runtuh (kg)	Pu (kg)	Status
L1	0.433	674	85856.62	35725.44	77271	26794.1	1977.97	Aman
L2	0.590	275	30348.06	14590.41	27313.2	10942.8	434.52	Aman
L3	0.477	1309	76843.22	69423.98	69158.9	52068	562.59	Aman
L4	0.529	634	36499.82	33632.88	32849.8	25224.7	1208.36	Aman
L5	0.513	501	36883.84	26551.94	33195.5	19914	1508.14	Aman
L6	0.675	379	20521.26	20097.27	18469.1	15073	396.18	Aman
L7	0.624	1043	48559.58	55294.55	43703.6	41470.9	993.19	Aman

#### 4.3.4 Kontrol Kuat Tekan Profile batang *Tower T Arm*

Syarat ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) harus memenuhi persyaratan spesifikasi kekuatan desain.

Untuk mengetahui kuat tekan batang maka perlu data analisis dapat dilihat pada tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4.17: Tabel data untuk analisis kuat tekan.

No.	Diketahui	Profil L1
1	$Pu$ (kg)	8928.94
2	$L$ (mm)	2121,32
3	$r$ (mm)	46,1696
4	$(K \times L)/r < 200$	45,946
5	$Fe$ (MPa)	934,0909
6	$Fcr$ (MPa)	306,37
7	$Pn$ (kg)	73066,41

Hasil dari tabel 4.18 diatas maka dapat dilakukan kontrol kuat tekan pada *Tower Y Arm* batang L1 sebagai berikut:

1. Kontrol Kekuatan tekan L1

Kontrol Kekuatan tekan L1 dihitung dibawah ini:

$$10879,2 \text{ kg} \leq 0.9 \times 73066,41 \text{ kg}$$

$$10879,2 \text{ kg} \leq 65759,77 \text{ kg} \quad \text{Ok}$$

Tabel 4.18: Rekapitulasi perhitungan kontrol kekuatan tekan *Tower T Arm*.

Profil	Dimensi profil (mm)	No frame	L (mm)	L section (mm)	k	r (mm)	Fy (MPa)	$\frac{KL}{r}$ (mm)
L1	150x150 x 15	4	4242,64	2121.32	1	46.16	360	45.946
L2	70x70x7	260	2236,07	2449.49	1	21.54	360	113.676
L3	140x140x 13	17	4062,02	2549.51	1	43.22	360	58.976
L4	80x80x8	48	2000	500	1	24.62	360	20.306
L5	80x80x10	52	2000	1000	1	24.35	360	41.057
L6	55x55x6	293	2236,07	1414.21	1	16.86	360	83.875
L7	100x100 x10	16	4242,64	2236	1	30.77	360	72.645

Tabel 4.19: Rekapitulasi Perhitungan kontrol kekuatan tekan *T Arm lanjutan*.

Profil	Q	$\frac{Q \cdot Fy}{Fe}$	Fcr (MPa)	Pn Leleh (kg)	$\phi Rn$ (kg)	P Tekan (kg)	Status
L1	1	0.385	306.37	73066.41	65759.77	8928.94	Aman
L2	1	2.359	134.114	11305.85	10175.27	475.72	Aman
L3	1	0.635	275.981	58908.99	53018.09	2033.11	Aman
L4	1	0.075	348.835	35367.79	31831.01	676.14	Aman
L5	1	0.308	316.491	32426.17	29183.56	4400.81	Aman
L6	1	1.284	210.302	11987.94	10789.14	959.66	Aman
L7	1	0.963	240.532	32444.80	29200.32	1036.95	Aman

## 4.4 Perhitungan Sambungan Baut

### 4.4.1 Perhitungan Sambungan Pada Kaki *Tower Y Arm*

Perhitungan sambungan struktur baja, khususnya pada menara transmisi digunakan sebagai alat pengikat antara satu batang dengan batang lainnya dimana baut yang digunakan haruslah didesain sesuai standar sehingga pada tugas akhir ini desain baut yang direncanakan sesuai dengan gaya yang dipikul pada menara.

*Frame section* : L1 (150 x150 x 15)

No Batang : 4

Diameter rencana baut : 16 mm (M16)

Gaya yang bekerja : 10,88 ton

#### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16$  mm

Diameter lubang  $d_1 = 16$  mm + 2 mm = 18 mm

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung dibawah ini:

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200 \cdot 96) = 47024,64 \text{ N} = 4,8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (4,8) = 3,6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15$  m.

Tinjauan terhadap kuat tumpu kemudian dihitung dibawah ini:

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (30,54) = 22,91 \text{ Ton}$$

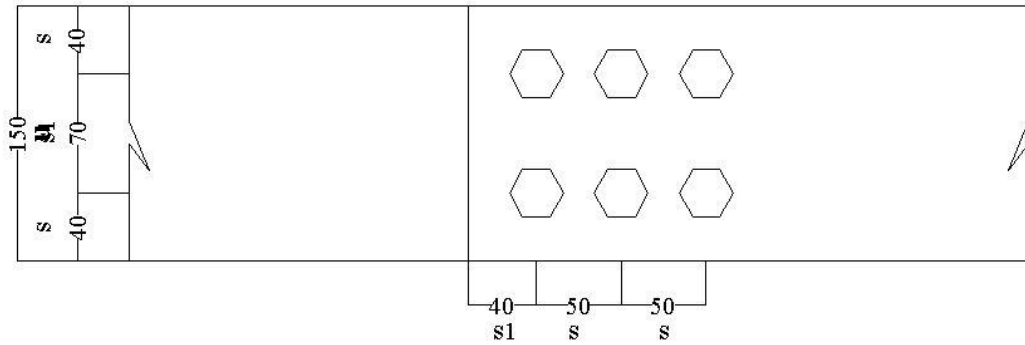
jumlah baut yang menentukan adalah

$$n_b = \frac{10,88}{3,6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6$  buah

#### 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar 4.1: Susunan baut batang no.4 tower Y arm

Keterangan :

$S_1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

### 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut :

$$R_u = 6. (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

21,6 Ton > 10,88 Ton ( memenuhi)

### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag.

Luas penampang bruto:

$$A_g = (15).(150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum dihitung dibawah ini:

$$A_{\min} = (0.85).(2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto:

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2.(18).(15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$
$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan

$$R_u = (0.75).(1710).(520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

68 Ton > 15,2 Ton (memenuhi)

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2.(140).(15)$$
$$= 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2.(2.5).(18).(15)$$
$$= 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2.(40).(15)$$
$$= 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2.(0,5).(18).(15)$$
$$= 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u.A_{nt} = (520).(930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6.f_u.A_{nv} = 0,6 (520).(2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u.A_{nt} < 0,6.f_u.A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 . (520).(2850) + (360) . (1200)$$
$$= 132 \text{ Ton}$$

132 Ton > 68 Ton

Tabel 4.20: Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Baut *Tower Y Arm*.

No batang	Ag (mm <sup>2</sup> )	D baut (mm)	tp (mm)	s (mm)	S1 (mm)	D lubang (mm)
4	2250	16	7	50	40	18
10	2250	16	7	50	40	18
7	2250	16	7	50	40	18
1	2250	16	7	50	40	18

Tabel 4.21: Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Baut *Tower Y Arm lanjutan*.

Profil	Luas baut (mm <sup>2</sup> )	Fu baut (MPa)	Periksa kekuatan pelat		Periksa kekuatan baut		N baut
			Leleh	fraktur	Geser	tumpu	
4	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
10	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
7	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
1	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6

Tabel 4.22: Rekapitulasi Perhitungan sambungan baut *Tower Y Arm lanjutan*.

Profil	Periksa keruntuhan geser blok		0.6 Fu Anv (ton)	Fu .Ant (Ton)	Tu (Ton)	Nnt (Ton)	Status
	Anv (mm <sup>2</sup> )	Ant (mm <sup>2</sup> )					
4	2850	930	88.92	48.36	10.88	132.13	Aman
10	2850	930	88.92	48.36	10.8	132.13	Aman
7	2850	930	88.92	48.36	10.34	132.13	Aman
1	2850	930	88.92	48.36	7.07	132.13	Aman

#### 4.4.2 Perhitungan Sambungan Pada Kaki *Tower T Arm*

Perhitungan sambungan struktur baja, khususnya pada menara transmisi digunakan sebagai alat pengikat antara satu batang dengan batang lainnya dimana baut yang digunakan haruslah didesain sesuai standar sehingga pada tugas akhir ini desain baut yang direncanakan sesuai dengan gaya yang dipikul pada Menara.

*Frame section* : L1 (150 x150 x 15)  
No Batang : 4  
Diameter rencana baut : 16 mm (M16)  
Gaya yang bekerja : 10,88 ton

##### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16$  mm

Diameter lubang  $d_1 = 16$  mm +2 mm = 18 mm

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung dibawah ini:.

$$R_n = (1).(0,4).(585).(200.96) = 47024,64 \text{ N} = 4.8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75).(4.8) = 3.6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15$  m.

Tinjauan terhadap kuat tumpu dihitung dibawah ini:.

$$R_n = (2,4).(16).(15).(520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75).(30.54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

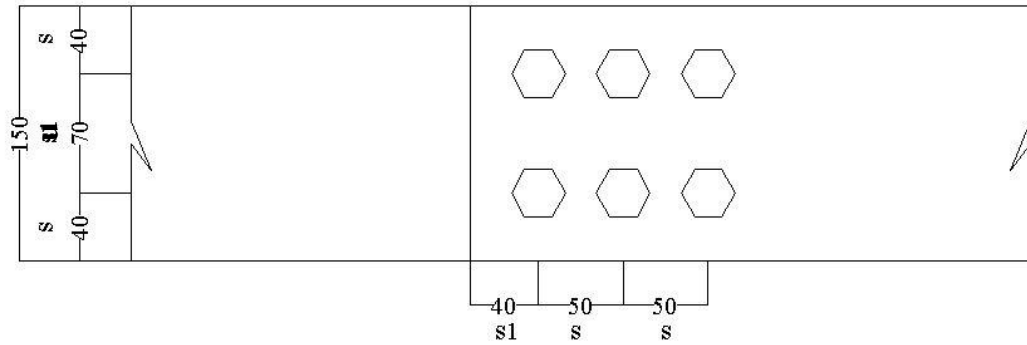
yang menentukan adalah

$$n_b = \frac{10,88}{3.6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6$  buah

##### 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar 4.2: Susunan baut batang no.4 tower T arm

Keterangan :

$S1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

### 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung dibawah ini:

$$R_u = 4. (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

15,2 Ton > 10,88 Ton ( memenuhi)

### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto:

$$A_g = (15).(150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum:

$$A_{\min} = (0.85).(2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto:

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2.(18).(15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear lag



$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1 - x/L = 1 - 7.5/50 =$$

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = (0.75).(1710).(520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

$$68 \text{ Ton} > 15,2 \text{ Ton (memenuhi)}$$

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2 \cdot (140).(15)$$

$$= 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2 \cdot (2.5).(18).(15)$$

$$= 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 \cdot (40).(15)$$

$$= 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2 \cdot (0,5).(18).(15)$$

$$= 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520).(930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 (520).(2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_n = 0,6 \cdot (520).(2850) + (360) \cdot (1200)$$

$$= 132 \text{ Ton}$$

$$132 \text{ Ton} > 68 \text{ Ton}$$

Tabel 4.23: Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Baut *Tower T Arm*.

No batang	Ag (mm <sup>2</sup> )	D baut (mm)	tp (mm)	s (mm)	S1 (mm)	D lubang (mm)
4	2250	16	7	50	40	18
10	2250	16	7	50	40	18
7	2250	16	7	50	40	18
1	2250	16	7	50	40	18

Tabel 4.24: Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Baut *Tower T Arm lanjutan*.

Profil	Luas baut (mm <sup>2</sup> )	Fu baut (MPa)	Periksa kekuatan pelat		Periksa kekuatan baut		n baut
			Leleh	fraktur	Geser	Tumpu	
4	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
10	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
7	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6
1	200.96	585	72.9	66.69	3.6	22.91	6

Tabel 4.25 Rekapitulasi Perhitungan Sambungan Baut *Tower T Arm lanjutan*.

Profil	Periksa keruntuhan geser blok		0.6 Fu Anv (ton)	Fu .Ant (Ton)	Tu (Ton)	Ø.R <sub>bs</sub> (Ton)	status
	Anv (mm <sup>2</sup> )	Ant (mm <sup>2</sup> )					
4	2850	930	88.92	48.36	8.92	132.13	Aman
10	2850	930	88.92	48.36	8.88	132.13	Aman
7	2850	930	88.92	48.36	8.43	132.13	Aman
1	2850	930	88.92	48.36	5.47	132.13	Aman

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan keamanan menggunakan metode LRFD (*load resistance factor design*) SNI-1729 2015 dan hasil dari output *Software* pada tabel *steel design* yang ditunjukkan dengan angka ratio kurang dari 1, kedua *tower* dalam kategori aman.
2. Kedua model menggunakan tujuh dimensi profil baja siku yang sama. Dimensi profil terbesar yaitu 150x150x15 dipakai pada bagian kaki *tower* dengan sambungan baut mutu tinggi A325 diameter 16mm (M16) sebanyak 6 buah. *Tower T arm* lebih ekonomis dibanding *tower Y arm* dimana berat *tower T arm* lebih ringan 848,47 kg atau 5,2% dibanding *tower Y Arm*.
3. *Tower T arm* lebih kaku dalam menahan beban angin dan beban kombinasi dibandingkan dengan *tower Y arm*. Dimana perpindahan paling besar terjadi pada pembebanan comb-6 (1,2 D + 1 W arah y + L) yaitu 7.451 mm pada *joint no.73 tower Y arm* dan 4.722 mm pada *joint no.41 tower T arm*.

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat memperhitungkan perilaku akibat beban gempa terhadap kestabilan struktur *tower transmisi*.
2. Sangat direkomendasikan untuk menggunakan program komputer yang lain untuk analisa dan desain dari *tower transmisi*.
3. Diharapkan untuk kedepannya muncul penelitian tentang bahan yang dapat dipakai untuk struktur dengan desain yang lebih ekonomis dan kokoh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 03-1727-2013. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2015. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Dianastya, Andhika Nandiwardhana.(2019) Desain Dan Evaluasi Perkuatan Tower SUTT 46 Purwodadi-Kedungombo Dengan Penambahan Pondasi *Bored Pile* Untuk Mengantisipasi Penurunan, Universitas Gajah Mada.
- Gunawan, Rudy.(2006) Tabel Profil Konstruksi Baja. Kanisius,Yogyakarta.
- Gupta, Aman.(2016) *Analysis and Economical Design of Transmission Line Towers of Different Configuration, University of Delhi.*
- Jacob, A. (2014) Sambungan Baut (online). <http://zacoeb.lecture.ub.ac.id>, diakses 21 Juni 2020.
- Mohammed, Omran Elbashir.(2005) *Structural Behavior of Power Transmission Towers, Sudan University of Science and Technology.*
- Pal.Anshu Kumar, M.Suneel,Rambabu.P V. (2019) *Comparative Analysis of Transmission Tower Using XX and XB Bracing Systems in Different Wind Zones.International Journal of Civil Engineering and Technology.*
- Pratama , M.Ikhsan. (2017) Analisa Perencanaan Menara Saluran Udara Tegangan Tinggi Tegangan 150 KV Jenis *Dead End Tower* Tipe DDR2, Universitas Sriwijaya.
- T.Abhiram reddy, K.Muralli, DSVSMRK.Chekravarty, P.Anil Sagar. (2018) *Analysis and Economical Design of Transmission Line Towers of Different Configurations Subjected to Wind Load. International Journal of Civil Engineering and Technology.*

## LAMPIRAN

### 1. Data Analisis Kuat Tekan *Tower Y Arm*

Batang L1

No frame 4

$P_u = 10879,2$  kg

$L = 2121,32$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 46,1696$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 2121,32}{46,1696} = 45,946$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(45,946)^2} = 934,0909$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Q f_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1 \cdot 360}{934,0909} \right] 360 = 306,37$$

Batang L2

No frame 260

$P_u = 510,16$  kg

$L = 1118,03$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 21,55$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1118,03}{21,55} = 51,886$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(51,886)^2} = 732,4809$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Q f_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1 \cdot 360}{732,4809} \right] 360 = 293,08$$

Batang L3

No frame 17

$P_u = 758,45$  kg

$L = 2031,01$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 43,23$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 2031,01}{43,23} = 46,982$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(46,982)^2} = 893,3623$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658^{\frac{1.360}{896,3623}} \right] 360 = 304,125$$

Batang L4

No frame 48

$P_u = 1967,13$  kg

$L = 500$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 24,62$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 500}{24,62} = 20,306$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(20,306)^2} = 4782,549$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658^{\frac{1.360}{4782,549}} \right] 360 = 348,835$$

Batang L5

No frame 52

$P_u = 5791,6$  kg

$L = 1000$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 24,36$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1000}{24,36} = 41,057$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(41,057)^2} = 1169,791$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658^{\frac{1.360}{1169,791}} \right] 360 = 316,491$$

Batang L6

No frame 293

$P_u = 978,06$  kg

$L = 1118,03$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 16,86$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1118,03}{16,86} = 66,309$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(66,309)^2} = 448,4808$$

$$Fcr = Q \left[ 0,658 \frac{Qfy}{Fe} \right] Fy = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{448,4808} \right] 360 = 257,271$$

Batang L7

No frame 16

$P_u = 9685,21$  kg

$L = 2121,32$  mm

$Q = 1$

$Fy = 360$

$K = 1$

$r = 30,78$  mm

$$\frac{KxL}{r} = \frac{1x2121,32}{30,78} = 68,919$$

$$Fe = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(68,919)^2} = 415,1506$$

$$Fcr = Q \left[ 0,658 \frac{Qfy}{Fe} \right] Fy = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{415,1506} \right] 360 = 250,424$$

## 2. Data Analisis Kuat Tekan Tower T Arm

Batang L1

No frame 4

$P_u = 8928,94$  kg

$L = 2121,32$  mm

$Q = 1$

$Fy = 360$

$K = 1$

$r = 46,1696$  mm

$$\frac{KxL}{r} = \frac{1x2121,32}{46,1696} = 45,946$$

$$Fe = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(45,946)^2} = 934,0909$$

$$Fcr = Q \left[ 0,658 \frac{Qfy}{Fe} \right] Fy = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{934,0909} \right] 360 = 306,37$$

Batang L2

No frame 305

$P_u = 475,72$  kg

$L = 2449,49$  mm

$Q = 1$

$Fy = 360$

$K = 1$

$r = 21,548$  mm

$$\frac{KxL}{r} = \frac{1x2449,49}{21,548} = 113,676$$

$$Fe = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(113,676)^2} = 152,599$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{152,599} \right] 360 = 134,114$$

Batang L3

No frame 48

$P_u = 2033,11$  kg

$L = 2549,51$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 43,23$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 2549,51}{43,23} = 58,976$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(58,976)^2} = 566,942$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{566,942} \right] 360 = 275,981$$

Batang L4

No frame 145

$P_u = 676,14$  kg

$L = 500$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 24,62$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 500}{24,62} = 20,306$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(20,306)^2} = 4782,55$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{4782,55} \right] 360 = 348,835$$

Batang L5

No frame 52

$P_u = 4400,81$  kg

$L = 1000$  mm

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 24,36$  mm

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1000}{24,36} = 41,057$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(41,057)^2} = 1169,791$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Qf_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1.360}{1169,791} \right] 360 = 316,491$$



Batang L6

No frame 275

$P_u = 959,66 \text{ kg}$

$L = 1414,21 \text{ mm}$

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 16,86 \text{ mm}$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1414,21}{16,86} = 83,875$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(83,875)^2} = 280,3$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Q f_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1 \cdot 360}{280,3} \right] 360 = 210,302$$

Batang L7

No frame 16

$P_u = 1036,95 \text{ kg}$

$L = 2236 \text{ mm}$

$Q = 1$

$F_y = 360$

$K = 1$

$r = 30,78 \text{ mm}$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 2236}{30,78} = 72,645$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 200000}{(72,645)^2} = 373,658$$

$$F_{cr} = Q \left[ 0,658 \frac{Q f_y}{F_e} \right] F_y = 1 \left[ 0,658 \frac{1 \cdot 360}{373,658} \right] 360 = 240,532$$

### 3. Perhitungan Sambungan Tower Y Arm

Frame section : L1 (150 x150 x 15)

No Batang : 10

Diameter rencana baut : 16 mm (M16)

Gaya yang bekerja : 10,80 ton

#### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_1 = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:.

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200 \cdot 96) = 47024,64 \text{ N} = 4.8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75) \cdot (4.8) = 3.6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15$  m.

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75) \cdot (30.54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

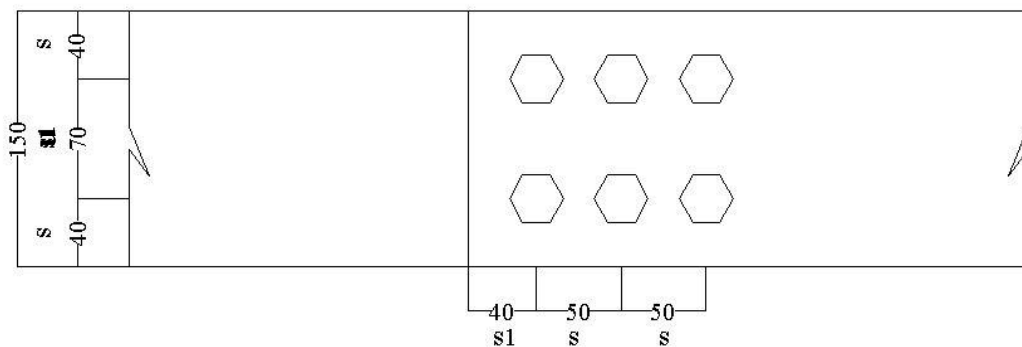
yang menentukan adalah

$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} \quad (4.3)$$
$$= \frac{10,88}{3.6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6$  buah

## 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.10 tower Y arm

Keterangan :

$S_1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

## 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 \cdot \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 \cdot (3.6) = 21,6 \text{ Ton}$$

21,6 Ton > 10,80 Ton ( memenuhi)

## 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

$$68 \text{ Ton} > 15,2 \text{ Ton (memenuhi)}$$

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ = 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ = 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$N_n = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200)$$

$$= 132 \text{ Ton}$$

$$132 \text{ Ton} > 68 \text{ Ton}$$

<i>Frame section</i>	: L1 (150 x150 x 15)
No Batang	: 7
Diameter rencana baut	: 16 mm (M16)
Gaya yang bekerja	: 10,34 ton

### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_1 = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200 \cdot 96) = 47024,64 \text{ N} = 4,8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (4,8) = 3,6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15 \text{ m}$ .

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (30,54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

yang menentukan adalah

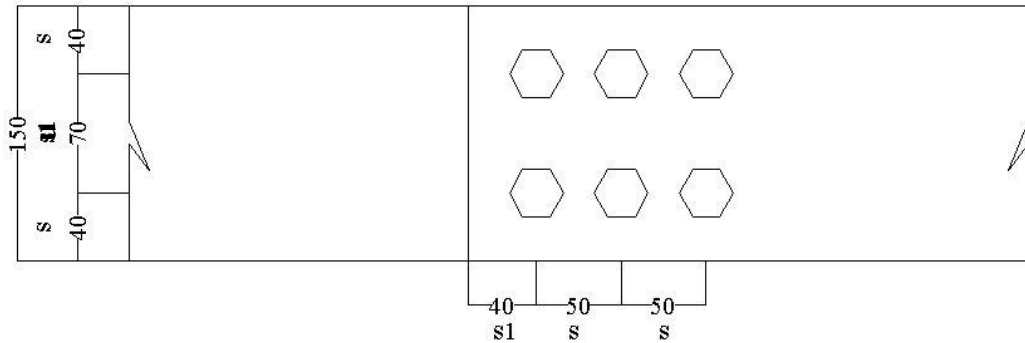
$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} \quad (4.3)$$

$$= \frac{10,88}{3,6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6 \text{ buah}$

### 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.7 tower T arm

Keterangan :

$S_1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

### 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 \cdot \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 \cdot (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

$$21,6 \text{ Ton} > 10,34 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

$$68 \text{ Ton} > 15,2 \text{ Ton (memenuhi)}$$

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ = 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ = 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$N_n = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200) \\ = 132 \text{ Ton}$$

$$132 \text{ Ton} > 68 \text{ Ton}$$

*Frame section* : L1 (150 x150 x 15)

No Batang : 1

Diameter rencana baut : 16 mm (M16)

Gaya yang bekerja : 7,07 Ton

1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_l = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1).(0,4).(585).(200.96) = 47024,64 \text{ N} = 4.8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75).(4.8) = 3.6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15 \text{ m}$ .

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n . d_b . t_p . f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4).(16).(15).(520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0.75).(30.54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

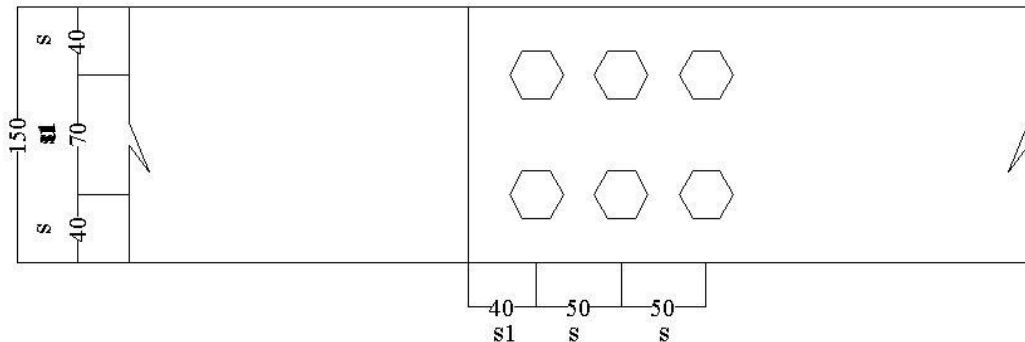
yang menentukan adalah

$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} \quad (4.3)$$
$$= \frac{10,88}{3.6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6$  buah

## 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.1 tower T arm

Keterangan :

$$S_1 = 2d = 32 \text{ mm} , \text{ diambil } 40 \text{ mm}$$

$$S = 3d = 48 \text{ mm} , \text{ diambil } 50 \text{ mm}$$

$$U = 70 \text{ mm}$$

## 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 . \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 . (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

$$21,6 \text{ Ton} > 7.07 \text{ Ton} \text{ ( memenuhi)}$$

#### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

68 Ton > 15,2 Ton (memenuhi)

Kontrol keruntuhan geser blok

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ &= 4200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ &= 2850 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ &= 1200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nt} &= 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ &= 930 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$



$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} N_n &= 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200) \\ &= 132 \text{ Ton} \\ 132n &> 68 \text{ Ton} \end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan Sambungan *Tower T Arm*

<i>Frame section</i>	: L1 (150 x150 x 15)
No Batang	: 10
Diameter rencana baut	: 16 mm (M16)
Gaya yang bekerja	: 8,88 ton

##### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_l = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200 \cdot 96) = 47024,64 \text{ N} = 4,8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (4,8) = 3,6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15 \text{ m}$ .

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (30,54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

yang menentukan adalah

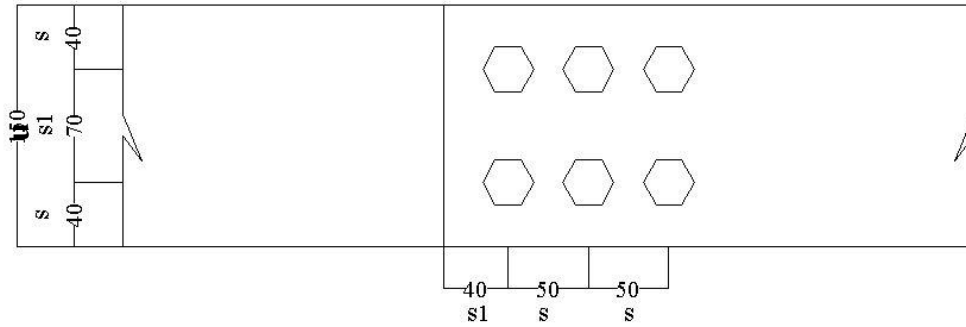
$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} \quad (4.3)$$

$$= \frac{10,88}{3,6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6 \text{ buah}$

##### 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.10 tower T arm

Keterangan :

$S1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

### 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 \cdot \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 \cdot (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

$$21,6 \text{ Ton} > 8,88 \text{ Ton (memenuhi)}$$

### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

$$68 \text{ Ton} > 15,2 \text{ Ton (memenuhi)}$$

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ = 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ = 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$N_n = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200) \\ = 132 \text{ Ton}$$

$$132 \text{ Ton} > 68 \text{ Ton}$$

Frame section : L1 (150 x150 x 15)

No Batang : 1

Diameter rencana baut : 16 mm (M16)

Gaya yang bekerja :5,47 ton

1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_l = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:

$$R_n = m \cdot r_l \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200,96) = 47024,64 \text{ N} = 4,8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (4,8) = 3,6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15 \text{ m}$ .

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (30,54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

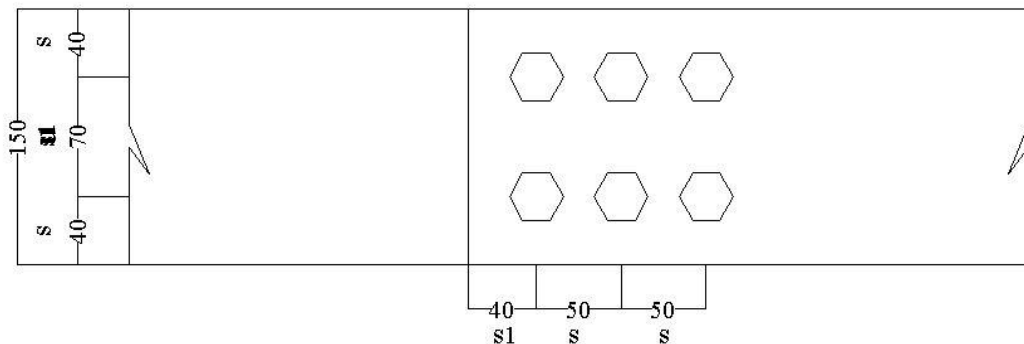
yang menentukan adalah

$$n_b = \frac{R_u}{\phi R_n} \quad (4.3)$$
$$= \frac{10,88}{3,6} = 3,02 \text{ buah}$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6$  buah

## 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.1 tower T arm

Keterangan :

$$S_1 = 2d = 32 \text{ mm}, \text{ diambil } 40 \text{ mm}$$

$$S = 3d = 48 \text{ mm}, \text{ diambil } 50 \text{ mm}$$

$$U = 70 \text{ mm}$$

## 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 \cdot \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 \cdot (3,6) = 21,6 \text{ Ton}$$

$$21,6 \text{ Ton} > 5,47 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

#### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

68 Ton > 15,2 Ton (memenuhi)

Kontrol keruntuhan geser blok

$$\begin{aligned} A_{gv} &= 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ &= 4200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ &= 2850 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ &= 1200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nt} &= 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ &= 930 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} N_n &= 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200) \\ &= 132 \text{ Ton} \\ 132 \text{ Ton} &> 68 \text{ Ton} \end{aligned}$$

*Framesection* : L1 (150 x150 x 15)  
 No Batang : 7  
 Diameter rencana baut : 16 mm (M16)  
 Gaya yang bekerja : 8,43 ton

### 1. Perencanaan baut

Dicoba baut diameter  $d = 16 \text{ mm}$

Diameter lubang  $d_l = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$

Tinjauan terhadap kuat geser dihitung menggunakan Pers. 2.17 dibawah ini:

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u b \cdot A_b \quad (2.17)$$

Maka :

$$R_n = (1) \cdot (0,4) \cdot (585) \cdot (200 \cdot 96) = 47024,64 \text{ N} = 4,8 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (4,8) = 3,6 \text{ Ton}$$

Tinjauan terhadap kuat tumpu

Tebal pelat terkecil  $t_p = 15 \text{ m}$ .

Tinjauan terhadap kuat tumpu digunakan Pers. 2.18 dibawah ini:

$$R_n = n \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.18)$$

Maka :

$$R_n = (2,4) \cdot (16) \cdot (15) \cdot (520) = 299520 \text{ N} = 30,54 \text{ Ton}$$

$$\phi R_n = (0,75) \cdot (30,54) = 22,91 \text{ Ton}$$

jumlah baut

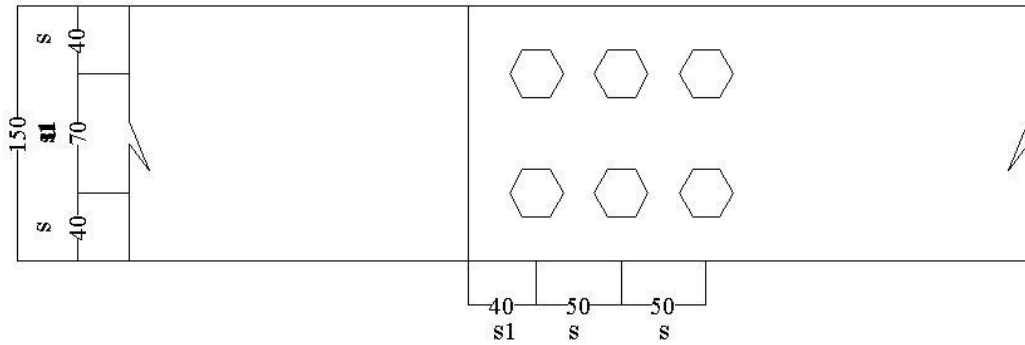
yang menentukan adalah

$$\begin{aligned} n_b &= \frac{R_u}{\phi R_n} \\ &= \frac{10,88}{3,6} = 3,02 \text{ buah} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Diambil jumlah baut  $n_b = 6 \text{ buah}$

### 2. Susunan baut

Sambungan profil dengan pengikat baut



Gambar : Susunan baut batang no.7 tower T arm

Keterangan :

$S_1 = 2d = 32 \text{ mm}$  , diambil 40 mm

$S = 3d = 48 \text{ mm}$ , diambil 50 mm

$U = 70 \text{ mm}$

### 3. Daya dukung Baut

Jumlah daya dukung 6 buah baut dihitung menggunakan Pers. 4.4 dibawah ini:

$$R_u = 6 \cdot \phi R_n \quad (4.4)$$

$$R_u = 6 \cdot (3.6) = 15,2 \text{ Ton}$$

$$21,6 \text{ Ton} > 8,43 \text{ Ton} \text{ (memenuhi)}$$

### 4. Cek kekuatan Pelat

Cek luas penampang minimum dan shear lag

Luas penampang bruto dihitung dengan Pers. 4.5 dibawah ini:

$$A_g = \text{tebal pelat} \times \text{lebar pelat} \quad (4.5)$$

$$A_g = (15) \cdot (150) = 2250 \text{ mm}^2$$

Syarat luas penampang minimum digunakan Pers. 4.6 dibawah ini:

$$A_{\min} = 85\% A_g \quad (4.6)$$

$$A_{\min} = (0.85) \cdot (2250) = 1912,5 \text{ mm}^2$$

Luas penampang netto digunakan Pers. 4.7 dibawah ini

$$A_{\text{netto}} = A_b - 2 \cdot d_1 \cdot t_p \quad (4.7)$$

$$A_{\text{netto}} = (2250) - 2 \cdot (18) \cdot (15) = 1710 \text{ mm}^2$$

Shear leg

$$x = 15/2 = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 1S = 50 \text{ mm}$$

Koefisien reduksi :

$$U = 1.0$$

Maka

$$A_e = A_{\text{netto}}$$

$$A_e = 1710 \text{ mm}^2$$

Cek daya dukung pelat pada daerah sambungan.

$$R_u = \phi \cdot A_{\text{netto}} \cdot f_u \quad (4.8)$$

$$R_u = (0.75) \cdot (1710) \cdot (520) = 666900 \text{ N} = 68 \text{ Ton}$$

$$68 \text{ Ton} > 15,2 \text{ Ton (memenuhi)}$$

Kontrol keruntuhan geser blok

$$A_{gv} = 2 \cdot (140) \cdot (15) \\ = 4200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = 4200 - 2 \cdot (2.5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 2 \cdot (40) \cdot (15) \\ = 1200 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = 1200 - 2 \cdot (0,5) \cdot (18) \cdot (15) \\ = 930 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = (520) \cdot (930) = 48.36 \text{ Ton}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) = 88,92 \text{ Ton}$$

$f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ , maka kondisi geser blok adalah geser fraktur dengan tarik leleh

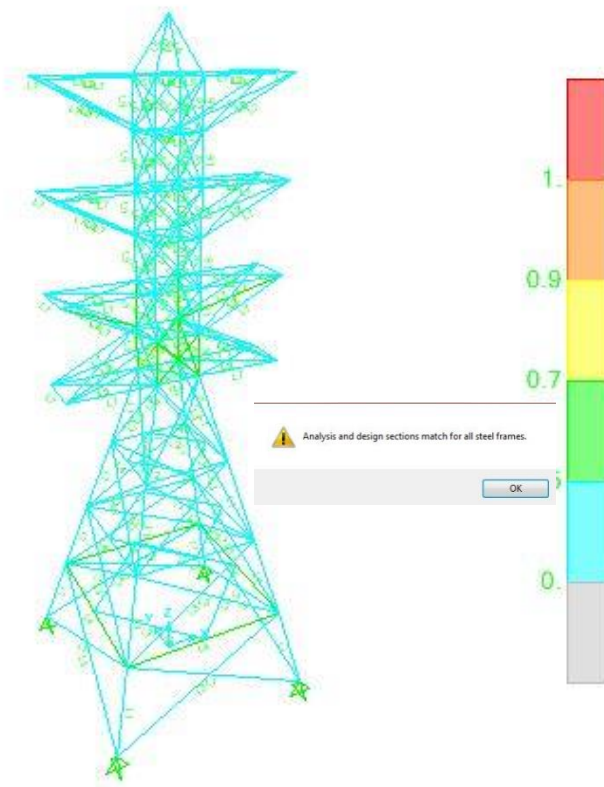
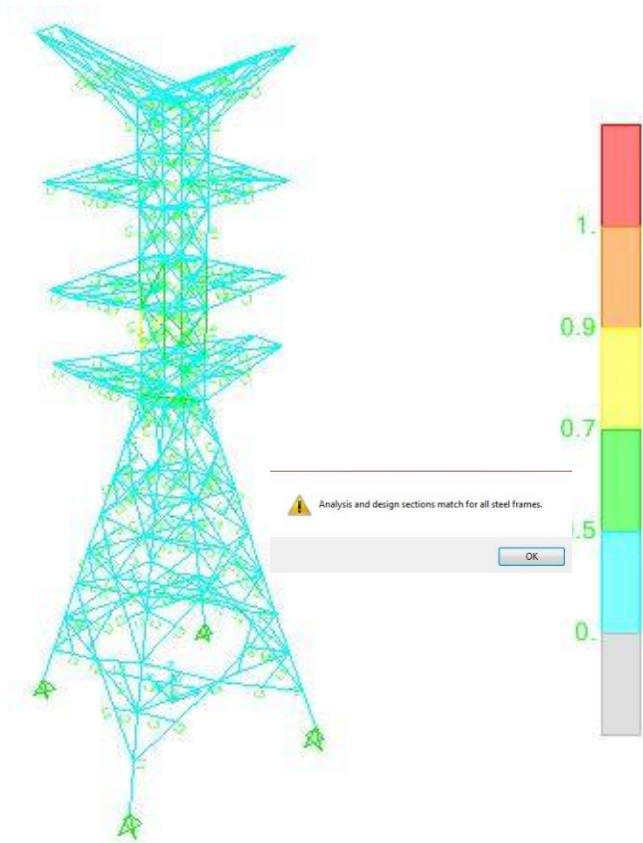
$$N_{nt} = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \quad (4.9)$$

$$N_n = 0,6 \cdot (520) \cdot (2850) + (360) \cdot (1200) \\ = 132 \text{ Ton}$$

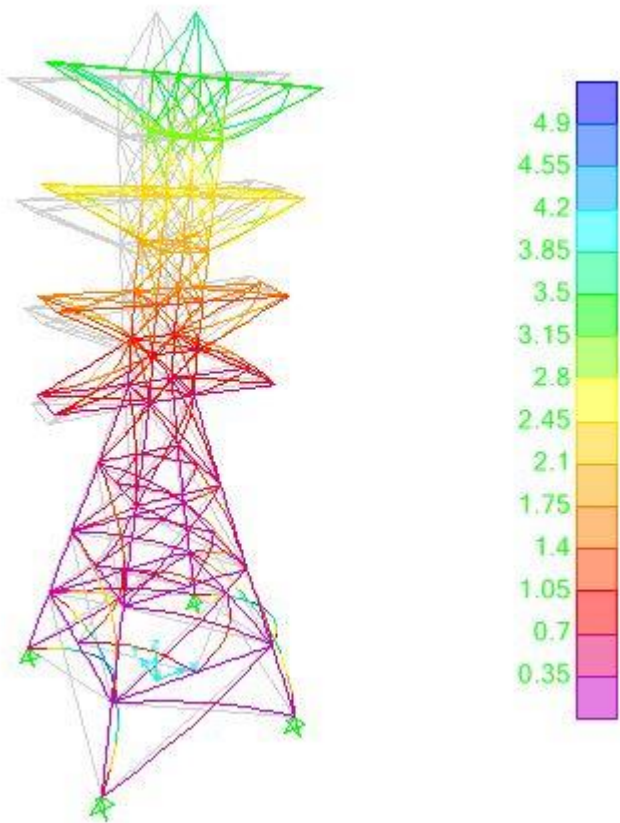
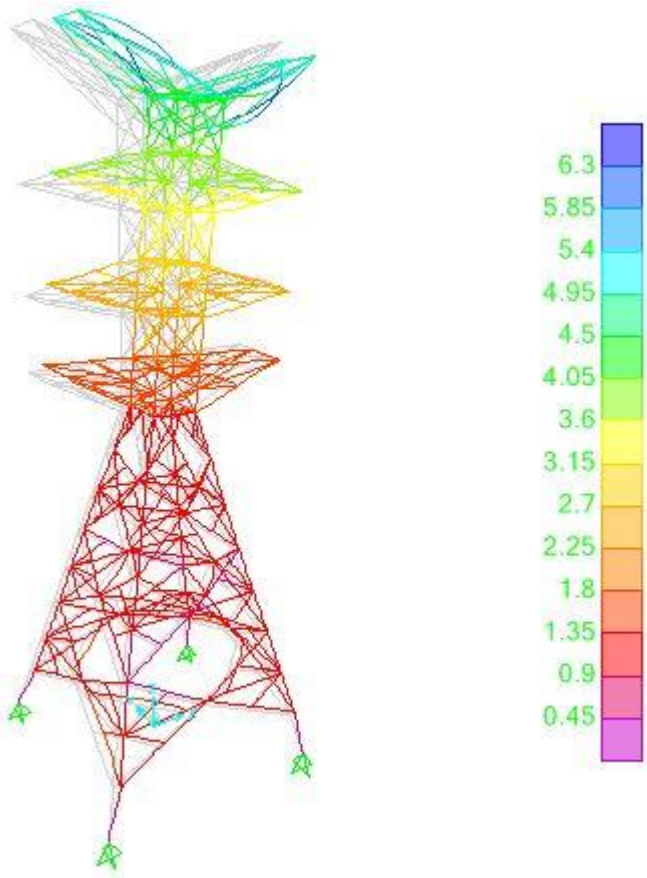
$$132 \text{ Ton} > 68 \text{ Ton}$$



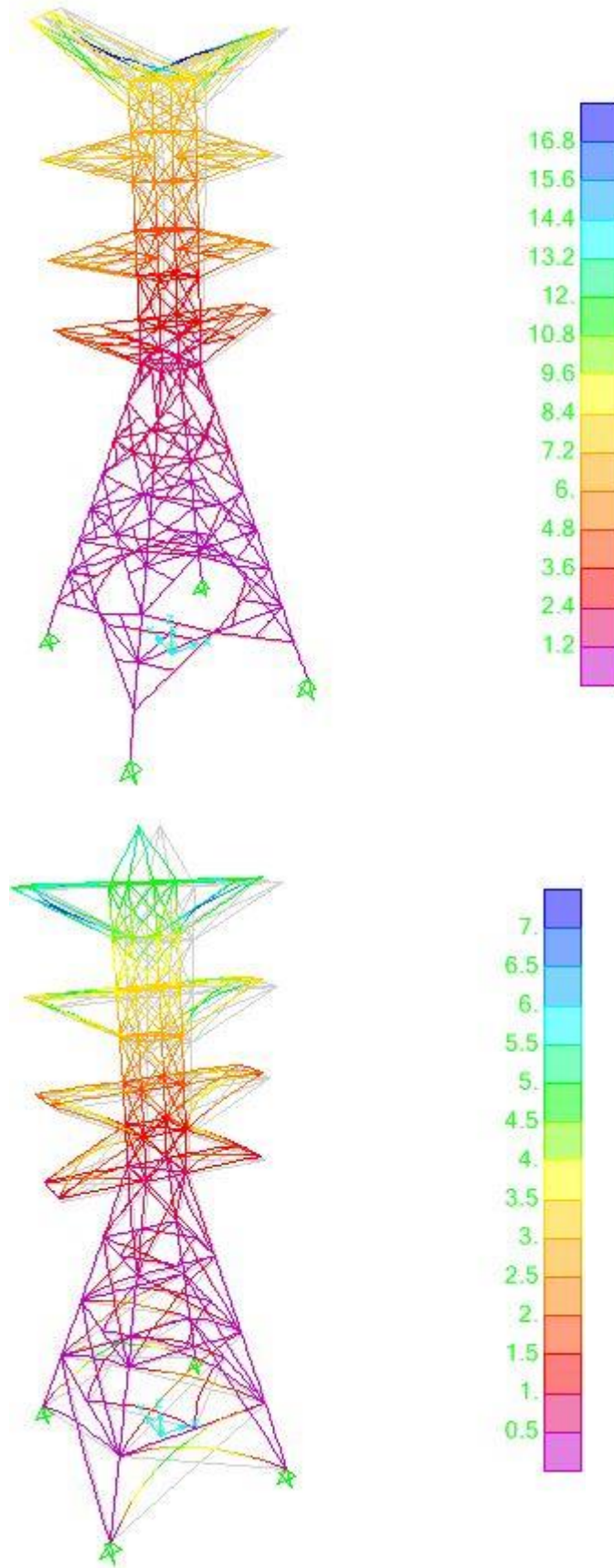
## 5. Gambar Cek Keamanan Struktur Menggunakan Software



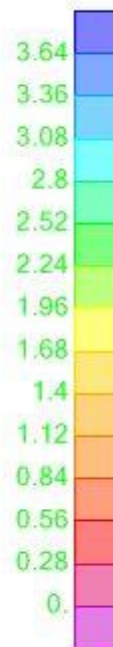
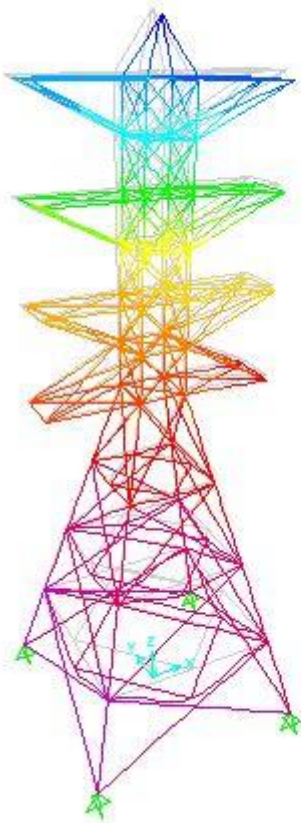
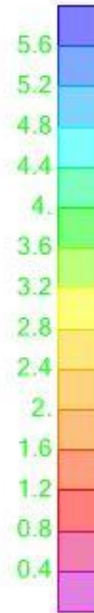
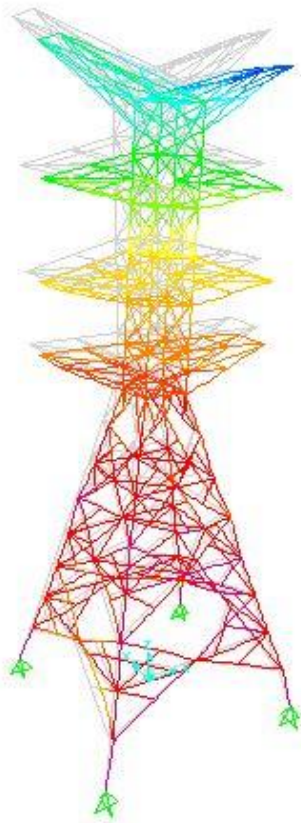
6. Gambar Perpindahan Akibat Beban Angin X



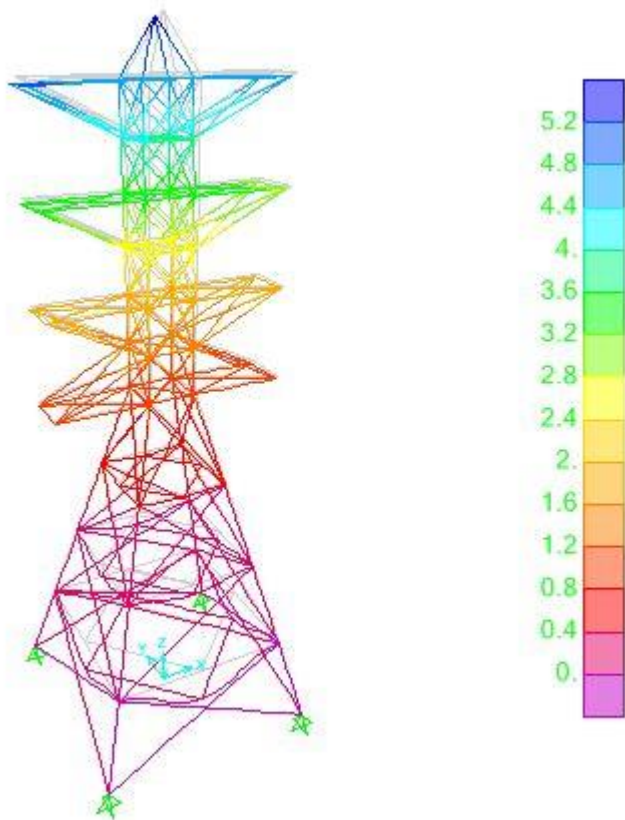
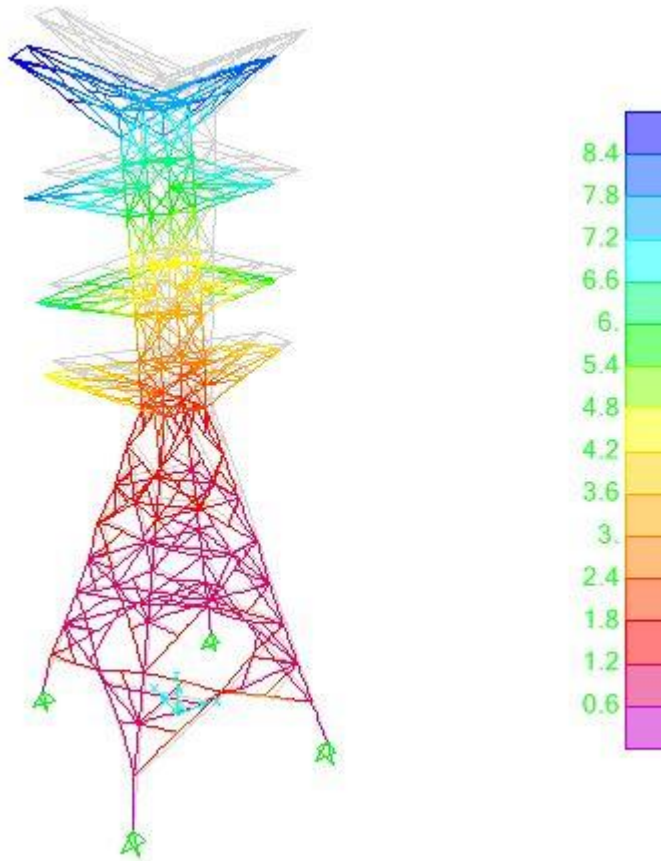
## 7. Gambar Perpindahan Akibat Beban Angin Y



8. Gambar Perpindahan Akibat Beban Comb 5



9. Gambar Perpindahan Akibat Beban Comb 6





## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : Zefrianto Ilhami  
Panggilan : Zefri  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 01-09-1996  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jl. Rotan Raya Ujung Simalingkar A Dsn.IV,  
Medan  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Edi Surianto  
Ibu : Hotmauli Br Pasaribu  
No. HP : 082276738208  
E-mail : zefriantoi@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407210272  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD Negeri 068008 Medan
2.	SMP	SMP Negeri2 Medan
3.	SMK	SMK Negeri 2 Medan
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014	