

# ANALISA DAN DESAIN PERENCANAAN STRUKTUR MENARA LISTRIK TEGANGAN TINGGI

TEDY FERDIAN  
NRP: 032161

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.  
Pembimbing Pendamping : Ronald Simatupang, ST., M.T

## ABSTRAK

Kebutuhan pasokan listrik di Indonesia khususnya Provinsi Jawa Barat semakin hari semakin besar karena bertambahnya jumlah penduduk serta meningkat aktifitas sosial dan ekonomi dengan ini pemerintah memberikan pasokan listrik kepada masyarakat yang berupa sistem sumber listrik menggunakan konstruksi *tower* Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) karena mudah dirakit terutama didaerah pegunungan dan jauh dari jalan raya serta harga yang relatif lebih murah.

Untuk analisis struktur digunakan program bantu yaitu *SAP 2000* dan untuk kontrol tekan dan tarik pada elemen struktur menggunakan LRFD. Beban yang bekerja pada stuktur *tower* ini terdiri dari beban mati yang berupa berat menara sendiri, berat insulator, dan berat kabel. Beban angin dihitung berdasarkan *TIA/EIA-222-F Standard : Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisa desain perencanaan stuktur menara listrik tegangan tinggi yang berdasarkan dari Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN).

Dari hasil perhitungan beban struktur yang didapatkan beban berat sebesar 40,7 ton untuk model *pyramid tower double circuit* yang didesain oleh perusahaan listrik Negara (PLN) mampu menahan beban angin yang ada sehingga memenuhi persyaratan berdasarkan standar SPLN.

**Kata kunci:** *Tower, SUTET, Pile Cap, Baja.*

# **STRUCTURE ANALYSIS AND DESIGN PLANNING HIGH VOLTAGE ELECTRICITY TOWERS**

**TEDY FERDIAN**  
**NRP: 0321061**

**Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.**  
**Co Supervisor : Ronald Simatupang, S.T., M.T.**

## **ABSTRACT**

The need for power supply in Indonesia, especially in West Java Province is increasingly greater as the increase of population and the increase of social and economic activities in which give electricity supply the government to the public in the form of a power source system using tower construction called Extra High Voltage Air Line (SUTET) and the Air Line High Voltage (SUTT) because it is easily assembled mainly in t uses assistive mountainous and remote areas of the highway as well as a relatively cheaper price.

For the structural analysis programs called SAP 2000 and for the tap and drag control on the element structures using LRFD. The load on the tower is structure consist of dead load weight of the tower itself in the form, insulation weight, and cable weight. Wind load is calculated based on TIA/EIA-222-F Standard: Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures. The purpose of this thesis is to analyze the structure of the planning design of high voltage electrical tower based State's Electric Power Company Standards (SPLN).

Based on the calculation results of structural load it obtained 40.7 tons of weight for the pyramid model of double circuit tower designed by the states electricity company (PLN) which able to withstand the wind loads, there force it can full fil the SPLN standard requirements.

Keywords: Tower, SUTET, Pile Cap, Steel.

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	v
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penelitian.....	2
1.5 Lisensi Perangkat Lunak.....	2
1.6 Metodologi Penelitian.....	2

## BAB II TINJAUAN LITERATUR

2.1 <i>Tower</i> dan Tipe.....	4
2.1.1 <i>Tower</i> Telekomunikasi.....	4
2.1.2 <i>Tower</i> Listrik.....	7
2.1.2.1 Saluran udara Tegangan Tinggi (SUTT).....	8
2.1.2.2 Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).....	9
2.1.3 Tinggi <i>Tower</i> .....	11
2.2 Kriteria Desain.....	11
2.3 Pembebanan pada <i>Tower</i> Listrik.....	12
2.3.1 Beban Permanen.....	12
2.3.2 Beban Acak.....	13
2.3.3 Beban Khusus.....	13
2.3.4 Kombinasi Beban.....	14
2.3.5 Beban Normal.....	14
2.3.6 Beban Abnormal.....	14
2.3.7 Diagram Kombinasi Beban.....	15
2.3.8 Metoda Analisis Struktur <i>Tower</i> .....	16
2.3.9 Faktor Beban Dan Faktor Beban Lebih.....	16
2.3.10 Kombinasi Pembebanan.....	17
2.4 Material.....	18

2.4.1 Ukuran Minimum.....	18
2.4.2 Nisbah Kelangsingan.....	18
2.4.3 Gambar Detail.....	19
2.4.4 Galvanis.....	19
2.4.5 Standar Pembebanan Angin Dan Es.....	19
2.4.6 Nilai Faktor Respon.....	20
2.4.7 Nilai Koefisien Kekuatan Struktur.....	20
2.4.8 Analisis Menara Dan Struktur.....	25
2.5 Sambungan.....	26
2.5.1 Kuat Tarik Rencana.....	27
2.5.2 Perencanaan Akibat Gaya Tekan.....	30
2.5.3 Perencanaan Sambungan Baut.....	36
2.6 Pondasi.....	39

### **BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN**

3.1 Data Struktur.....	44
3.1.1 Data <i>Tower</i> .....	44
3.1.2 Data Material.....	50
3.1.3 Data Tanah.....	50
3.2 Perencanaan <i>Tower</i> SUTET 500 kV.....	50
3.2.1 Pemodelan 3D.....	50
3.2.2 Pemodelan Beban.....	57
3.3 Sambungan <i>Redudant</i> Dan <i>Leg tower</i> .....	66
3.4 Perencanaan <i>Pile Cap</i> Dan Pondasi.....	79
3.4.1 Perencanaan <i>Pile Cap</i> .....	81
3.4.2 Perencanaan Pondasi.....	85

### **BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN**

4.1 Kesimpulan.....	86
4.2 Saran.....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Alir Keseluruhan .....	3
Gambar 2.1	<i>Minitower</i> .....	5
Gambar 2.2	<i>Monopole</i> .....	5
Gambar 2.3	<i>Rooftop Pole</i> .....	6
Gambar 2.4	<i>Guyed Mast</i> .....	6
Gambar 2.5	<i>Camouflage</i> .....	7
Gambar 2.6	Konstruksi Tiang Beton / Baja Sirkuit Fungsi Dengan Isolator “V” .....	8
Gambar 2.7	Konstruksi Tiang Beton / Baja Sirkuit Tunggal Dengan Isolator Tongak .....	8
Gambar 2.8	Konstruksi Tiang Beton / Baja Sirkuit Tunggal Dengan Insulator “Vee” .....	9
Gambar 2.9	Konstruksi Tiang Beton / Baja Sirkuit Ganda .....	9
Gambar 2.10	Tiang Delta .....	10
Gambar 2.11	Tiang Zig - Zag .....	10
Gambar 2.12	Tiang <i>Pyramida</i> .....	10
Gambar 2.13	Ketebalan Es .....	21
Gambar 2.14	Gaya Angin .....	25
Gambar 2.15	Luas Penampang Netto .....	28
Gambar 2.16	Blok Keruntuhan Geser .....	29
Gambar 2.17	Sumbu Bahan .....	35
Gambar 2.18	Ciri – Ciri Baut Mutu Tinggi ASTM-A490 .....	37
Gambar 2.19	<i>Lap Joint</i> Dengan Alat Penyambung Baut .....	38
Gambar 2.20	<i>Lap Joint</i> Dengan Alat Penyambung Las .....	38
Gambar 2.21	Pondasi Normal .....	40
Gambar 2.22	Pondasi Spesial .....	41
Gambar 2.23	Halaman <i>tower</i> .....	41

Gambar 2.24	<i>Leg Tower</i> .....	42
Gambar 3.1	Tampak Depan <i>Tower</i> SUTET.....	49
Gambar 3.2	Tampilan <i>Quick Grid Lines</i> .....	51
Gambar 3.3	Tampilan <i>Default Grid SAP2000</i> .....	51
Gambar 3.4	Tampilan <i>Define Grid System Data</i> .....	52
Gambar 3.5	Mendefinisikan Material Baja .....	52
Gambar 3.6	Mendefinisikan <i>Horizontal Tower</i> ( L 90.90.7) .....	53
Gambar 3.7	Mendefinisikan <i>Leg Tower</i> (L150.150.19).....	53
Gambar 3.8	Mendefinisikan <i>Bracing</i> (L90.90.13).....	54
Gambar 3.9	Mendefinisikan <i>Sub Brancing</i> (L65.65.6).....	54
Gambar 3.10	Mendefinisikan <i>Redudant</i> (L65.65.6).....	55
Gambar 3.11	Jenis Perletakan .....	55
Gambar 3.12	Pemodelan <i>Tower</i> SUTET Tinggal 3-D.....	56
Gambar 3.13	Tampilan <i>Define Load Patterns</i> .....	57
Gambar 3.14	Tampilan <i>Load Combination Data</i> .....	57
Gambar 3.15	<i>Input</i> Nilai Beban SDL <i>Tower</i> SUTET .....	59
Gambar 3.16	Penampang <i>Tower</i> SUTET Pada Segmen T.....	60
Gambar 3.17	Tabel TIA/EIA-222-F.....	61
Gambar 3.18	Arah Angin Untuk Faktor Arah Angin.....	62
Gambar 3.19	Arah Angin Untuk Faktor Arah Angin.....	63
Gambar 3.20	Diagram Tekanan Angin .....	65
Gambar 3.21	<i>Input</i> Nilai Beban Wind <i>Tower</i> SUTET.....	66
Gambar 3.22	Gaya Dalam <i>Tower</i> SUTET .....	66
Gambar 3.23	Lokasi Aksial Pada <i>Redundant</i> 108-1 .....	67
Gambar 3.24	Sambungan Profil L 65.65.6.....	68
Gambar 3.25	Lokasi Aksial Pada <i>Leg Tower</i> 76-1 .....	70
Gambar 3.26	Sambungan Profil L 150.150.19.....	73
Gambar 3.27	Lokasi Aksial Pada <i>Leg Tower</i> 80-1 .....	74
Gambar 3.28	Sambungan Profil L 150.150.19.....	77
Gambar 3.29	Sambungan Antara <i>Leg Tower</i> 76-1 Dan <i>Leg Tower</i> 80-1 Dengan <i>Redundant</i> 108-1 .....	78
Gambar 3.30	Hasil Analisis <i>Tower</i> Desain PLN (Batang 76-1) .....	78

Gambar 3.31 Hasil Analisis <i>Tower</i> Desain Profil Baru (Batang 76-1).....	79
Gambar 3.32 Lokasi Kolom 29 Pada Denah.....	80
Gambar 3.33 Tampilan <i>Joint Reactions Forces</i> .....	80
Gambar 3.34 <i>Joint Reactions</i> Kolom 29 .....	81
Gambar 3.35 Tampilan Program <i>Concrete PileCap Design</i> .....	82
Gambar 3.36 Ukuran <i>PileCap</i> Berdasarkan Program <i>Concrete PileCap Design</i> .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sudut Belok <i>Type Tower</i> SUTT 66 kV Dan 150 kV.....	12
Tabel 2.2	<i>Type Tower</i> SUTET 275 kV Dan 500 kV .....	12
Tabel 2.3	Tarikan Kerja Maksimum Kawat Penghantar .....	15
Tabel 2.4	Besaran Minimum Dari Faktor Beban Dan Faktor Beban Lebih.....	16
Tabel 2.5	Rentang Dasar, Rentang Berat Dan Rentang Angin .....	17
Tabel 2.6	Kekuatan Struktur Koefisien .....	22
Tabel 2.7	Koefisien Gaya .....	23
Tabel 2.8	Aspek Rasio.....	22
Tabel 2.9	Faktor Reduksi ( $\emptyset$ ) Untuk Keadaan Kekuatan Batas.....	31
Tabel 2.10	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal Untuk Elemen Tertekan.....	32
Tabel 2.11	Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal Untuk Elemen Tertekan (Lanjutan).....	33
Tabel 3.1	Data Profil <i>Tower</i> SUTET.....	45
Tabel 3.2	Data Profil <i>Tower</i> SUTET (lanjutan) .....	46
Tabel 3.3	Data Profil <i>Tower</i> SUTET (lanjutan) .....	47
Tabel 3.4	Data Profil <i>Tower</i> SUTET (lanjutan) .....	48
Tabel 3.5	Spesifikasi Instalasi <i>Tower</i> SUTET (500 kV).....	58
Tabel 3.2	Gaya Angin (kg).....	64



## DAFTAR NOTASI

$A$	Luas penampang.
$A_A$	Luas proyeksi linier.
$A_b$	Luas bruto penampang baut .
$A_f$	Luas bersih untuk permukaan segmen satu sisi <i>tower</i> yang ditinjau.
$A_e$	Luas penampang efektif.
$A_g$	Luas penampang brutto.
$A_{gs}$	Luas kotor akibat geser.
$A_{gt}$	Luas kotor akibat tarik.
$A_{ns}$	Luas netto akibat geser.
$A_{nt}$	Luas netto akibat tarik.
$b$	Lebar bagian penampang.
$C_A$	Aspek rasio.
$C_f$	Koefisien gaya struktur.
$d$	Diameter.
$d_b$	Diameter baut.
$D_f$	Faktor arah angin.
$d_{lubang}$	Diameter lubang.
$e$	Rasio kepadatan.
$F$	Gaya angin.
$f_u$	Tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau pelat.
$f_u^b$	Tegangan tarik putus baut.
$f_{cr}$	Tegangan kritis penampang.
$f_y$	Tegangan leleh material.
$f_u$	Kuat tarik.
$f_y$	Tegangan leleh.
$f_u$	Tegangan tarik putus.
$G_h$	Faktor respon hembusan angin.

$h$	Tinggi total penampang.
$I_y$	Momen inersia terhadap sumbu $y$ .
$k_z$	Koefisien terlindung / tidak terhadap udara.
$k_c$	Faktor panjang tekuk.
$L$	Panjang teoritis batang tekan .
$L_{ky}$	Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu $y-y$ , dengan memperhatikan pengekang lateral yang ada dan kondisi jepitan ujung – ujung komponen struktur.
$L_{kx}$	Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu $x-x$ , dengan memperhatikan pengekang lateral yang ada, dan kondisi jepitan ujung – ujung komponen struktur.
$L_1$	Spasi antar pelat kopel pada arah komponen struktur tekan.
$L$	Panjang sambungan dalam arah gaya tarik yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dal arah gaya tarik.
$l-l$	Sumbu minimum dari elemen komponen struktur.
$m$	Jumlah bidang geser.
$m$	Konstanta seperti tercantum pada gambar sumbu bahan.
$n$	Banyaknya lubang dalam garis potongan.
$q_z$	Tekanan percepatan.
$R_n$	Kuat nominal baut.
$r_1$	0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser.
$r_2$	0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser.
$r$	Jari – jari girasi penampang batang tekan.
$r_y$	Jari – jari girasi dari komponen struktur tersusun terhadap sumbu $y-y$ .
$r_{min}$	Jari – jari girasi elemen komponen struktur terhadap sumbu yang memberikan nilai yang terkecil (sumbu $l-l$ ).
$r_x$	Jari – jari girasi komponen struktur tersusun terhadap sumbu $x-x$ .
$s$	Jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur.
$t_f$	Tebal sayap.

$t_p$	Tebal pelat.
$t$	Tebal penampang.
$u$	Jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur.
$U$	Faktor reduksi.
$\omega$	Faktor tekuk.
$x-x$	Sumbu bahan.
$y-y$	Sumbu bebas bahan.
$\lambda$	Kelangsingan penampang.
$\phi_f$	Faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.
$\phi$	Faktor reduksi kekuatan.
$\phi_n$	Faktor reduksi kekuatan.
$\theta$	Sudut searah jarum jam untuk vektor arah angin.

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah <i>Tower</i> Yang Ditinjau.....	88
Lampiran 2 Data Tanah.....	112
Lampiran 3 Gambar Detail pondasi .....	125
Lampiran 4 <i>Column Design Chart</i> .....	126