

**PELATIHAN
PEMBINAAN DAN SERTIFIKASI TEKNISI K3 LISTRIK**

**PERSYARATAN K3 PEMASANGAN INSTALASI
PERLENGKAPAN DAN PERALATAN LISTRIK DI
TRANSMISI TENAGA LISTRIK**

HARTOYO

085640929467

hartoyo@uny.ac.id

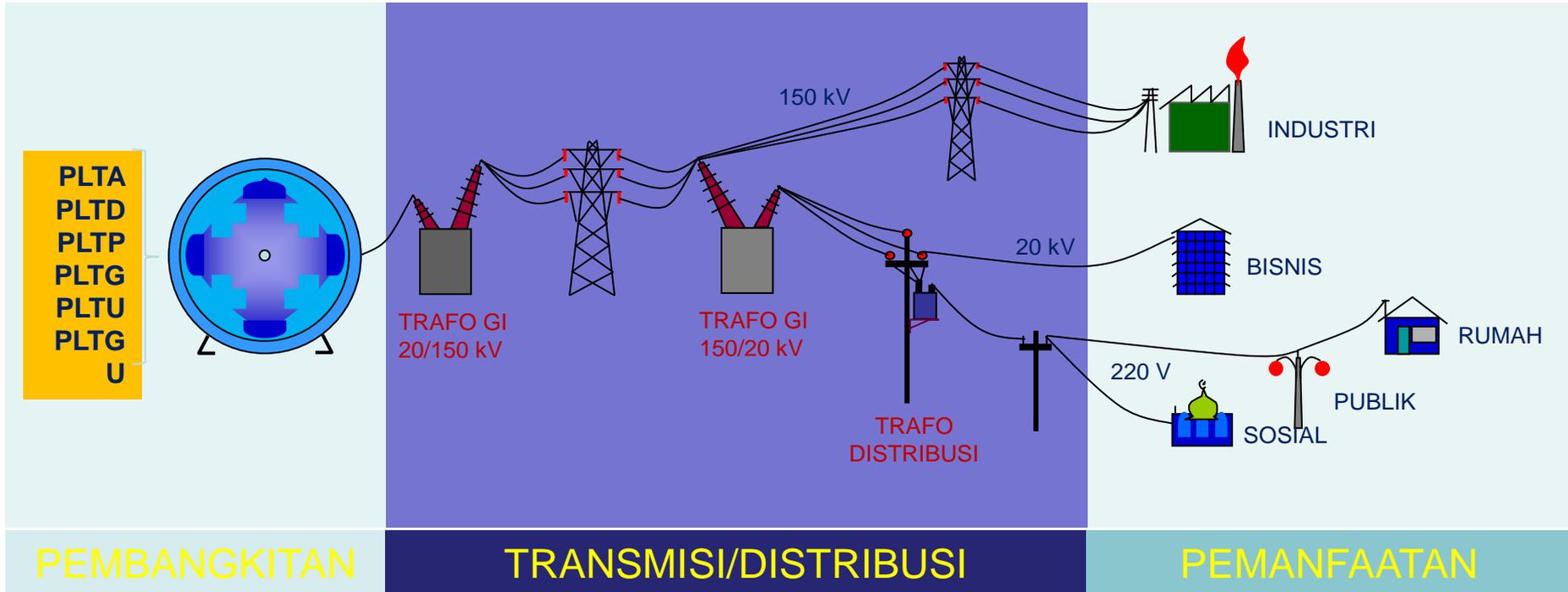
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA



**CENTRA SAFETY CONSULTANT
YOGYAKARTA 11 NOVEMBER 2019**



INSTALASI TENAGA LISTRIK



Instalasi tenaga listrik tenaga listrik terdiri atas:

1. Instalasi penyediaan tenaga listrik, meliputi
 - a. Instalasi pembangkit tenaga listrik;
 - b. Instalasi transmisi tenaga listrik; dan
 - c. Instalasi distribusi tenaga listrik.
2. Instalasi pemanfaatan tenaga listrik, meliputi:
 - a. Instalasi pemanfaatan tegangan tinggi;
 - b. Instalasi pemanfaatan tegangan menengah; dan
 - c. Instalasi pemanfaatan tegangan rendah.

DIAGRAM SATU GARIS STL



PEMBANGKIT



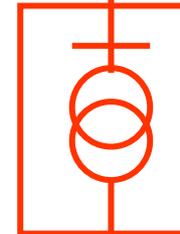
6 KV s/d 24 kv



TRANSMISI 70 / 150 / 500 KV



GARDU INDUK



GARDU INDUK

DISTRIBUSI 20 KV

220 / 380 V

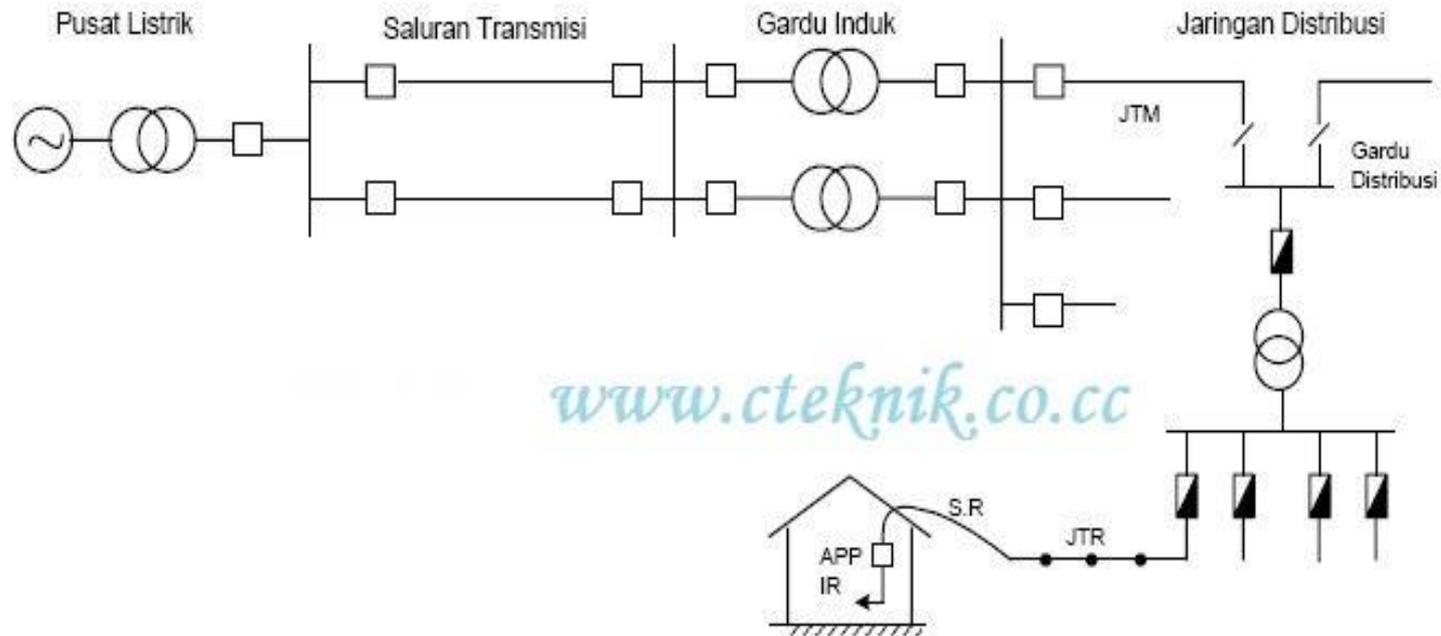


GARDU DISTRIBUSI

PEMANFAAT

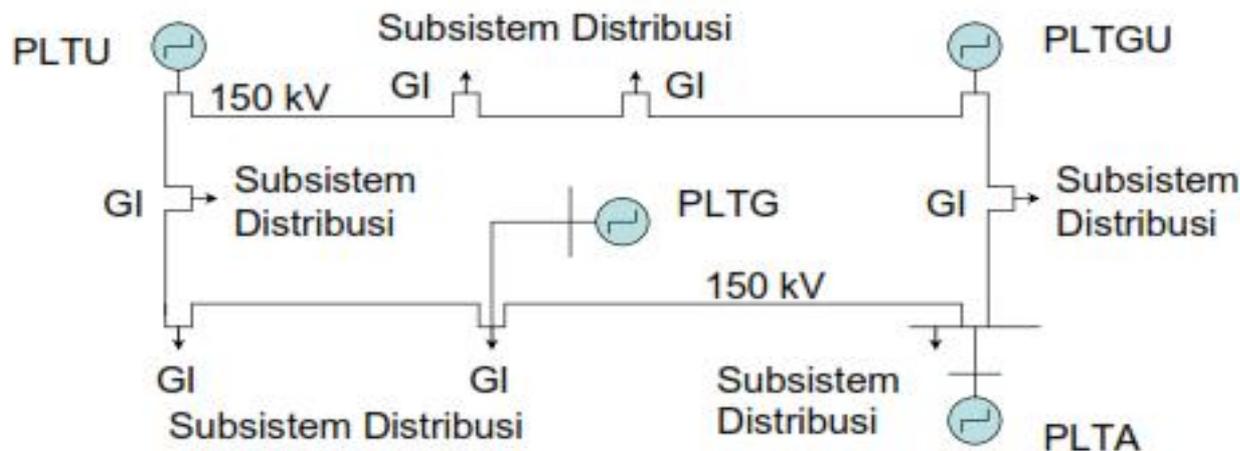


KOMPONEN SISTEM TENAGA LISTRIK



Apa yang Dimaksud dengan Sistem Interkoneksi?

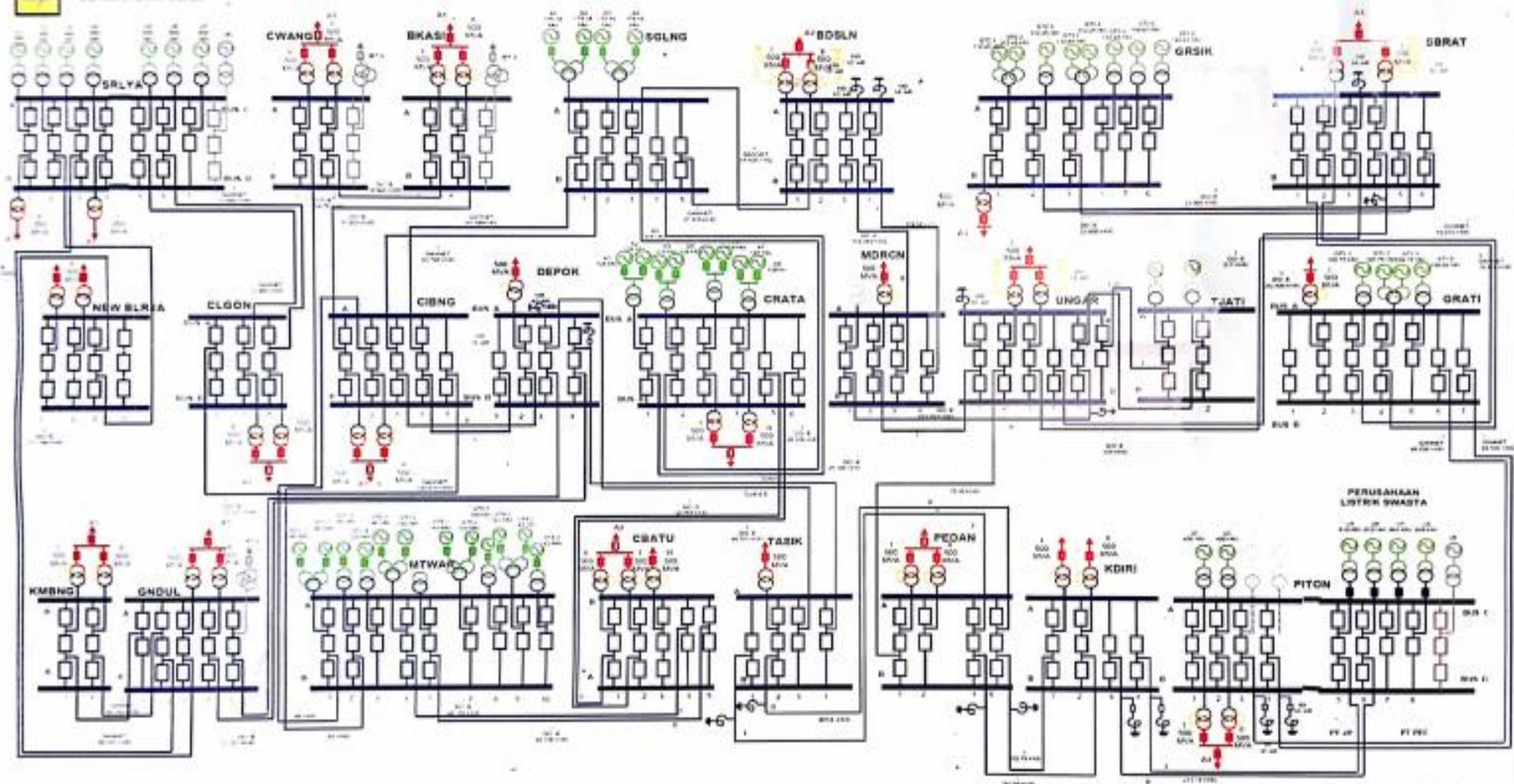
Sistem Interkoneksi : sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat listrik dan gardu induk (GI) yang dihubungkan satu sama lain melalui saluran transmisi dan melayani beban yang ada pada seluruh gardu induk (GI).





PT PLN (PERSERO) PDB JAWA BALI
DIVISI OPERASI SISTEM

KONFIGURASI JARINGAN 500 kV SISTEM JAWA BALI



MENGAPA TEGANGAN TINGGI

- Transmisi listrik menggunakan tegangan yang tinggi, maka **arus listriknya menjadi kecil**
- Efisiensi penyaluran akan naik, karena rugi-rugi daya pada saluran transmisi turun.
- Jatuh tegangan pada saluran juga kecil
- Dapat menggunakan kawat berpenampang relatif lebih kecil, sehingga lebih ekonomis.
- Memperbesar daya hantar saluran transmisi (transmission capability) yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan

MENGAPA LISTRIK AC

- Dibandingkan dengan sistem DC, dalam sistem AC penaikan dan penurunan tegangan mudah dilakukan, dengan menggunakan transformator
- **Transformator** hanya dapat bekerja untuk tegangan AC, tidak bisa untuk tegangan DC
- Pada **sistem DC**, biaya peralatan konverter AC ke DC dan sebaliknya **mahal**

Keuntungan sistem DC :

- Isolasi lebih sederhana
- Efisiensi lebih tinggi, karena faktor dayanya satu
- Tidak ada masalah stabilitas

MENGAPA AC TIGA FASA

Dibandingkan sistem satu fasa :

- Daya yang disalurkan pada sistem tiga fasa lebih besar dan stabil (nilai sesaatnya konstan)
- Untuk mengirimkan daya yang sama pada sistem, besar arus yang dikirimkan ke beban lebih kecil, sehingga rugi-rugi daya juga kecil.
- Medan magnet putarnya mudah diadakan (motor AC satu fasa butuh kumparan bantu)
- Untuk mengirimkan daya yang sama, ukuran konduktor/kabel dan komponen lainnya lebih kecil

Klasifikasi Saluran Transmisi

- **Berdasar Media Penyalurannya :**

1. Saluran Udara (Overhead Lines)
2. Saluran Kabel Tanah (Underground Cable)

- **Berdasarkan Tegangan Kerjanya :**

1. Saluran Tegangan Tinggi (SUTT & SKTT)
saluran tenaga listrik yang bertegangan nominal diatas 35 kV sampai dengan 230 kV
2. Saluran Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) saluran tenaga listrik yang bertegangan nominal diatas 230 kV.

SALURAN UDARA

- Pemasangan SUTT/SUTET sudah melalui proses rancang bangun yang aman bagi lingkungan serta sesuai dengan standar keamanan internasional, diantaranya:
 - Ketinggian kawat penghantar
 - Penampang kawat penghantar
 - Daya isolasi
 - Medan listrik dan medan magnet
 - Desis corona

SALURAN UDARA

- Tenaga listrik yang disalurkan lewat sistem transmisi umumnya menggunakan kawat telanjang, sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya
- Saluran Udara di Sistem ketenagalistrikan PLN Jawa Bali umumnya menggunakan:
 - Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV
 - Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV
 - Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV

- Energi listrik atau daya listrik yang hilang pada kawat transmisi jarak jauh dapat dihitung dengan persamaan energi dan daya listrik sebagai berikut:

$$W = I^2 \times R \times t \quad \text{dan} \quad P = I^2 \times R$$

dimana : W = energi listrik (joule)
I = kuat arus listrik (ampere)
R = hambatan (ohm)
t = waktu
P = daya listrik (watt)

- Contoh: Daya listrik 2 MW ditransmisikan sampai jarak tertentu melalui kabel berhambatan 0,01 ohm. Hitung daya listrik yang hilang oleh transmisi tersebut, jika:
 - a. menggunakan tegangan 200 Volt,
 - b. menggunakan tegangan 400 kiloVolt ?

- Penyelesaian:

Diketahui: $P = 2 \text{ MW} = 2 \cdot 10^6 \text{ watt}$

$R = 0,01 \text{ ohm}$

Ditanyakan: a. P_{hilang} pada tegangan 200 Volt = ?

b. P_{hilang} pada tegangan $V = 4 \cdot 10^5 \text{ volt} = \dots\dots\dots ?$

- Jawab

a. Faktor daya dianggap 1:

$$I = P/V = 2 \cdot 10^6 / 200 = 10 \text{ kA}$$

$$\text{Rugi Daya} = I^2 \cdot R = 100.000.000 / 0,01 = 1 \text{ MW}$$

b. Faktor Daya dianggap 1:

$$I = P/V = 2 \cdot 10^6 / 400 \text{ kv} = 5 \text{ A}$$

$$\text{Rugi Daya} = I^2 \cdot R = 25 \cdot 0,01 = 0,25 \text{ W}$$

B. TRANSMISI

Pengertian transmisi energi listrik :

1. Proses dan cara menyalurkan energi listrik dari pembangkit listrik ke Gardu Induk dan dari satu Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya)
2. Penyaluran dengan menggunakan penghantar yang direntangkan antara tiang-tiang (tower), melalui isolator-isolator dengan sistem tegangan tinggi / ekstra tinggi.

Jenis penyaluran dan kualifikasi tegangan :

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) :
70 kV, 150 kV
2. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) : 500 kV.
3. Saluran kabel Tegangan Tinggi (SKTT) : 150 kV
4. Sub Marine Cable : 150 kV.



B. TRANSMISI

Gardu Induk Transmisi :

Merupakan sub sistem dari sistem penyaluran.

Berfungsi untuk :

- a. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lain (500 kV / 150 kV, 150 kV / 70 kV) atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 kV / 20 kV, 70 kV / 20 kV).
- b. Pengukuran, pengawasan operasi dan pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- c. Pengaturan pelayanan beban (daya) ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu-gardu distribusi setelah melalui transformator penurun tegangan dan diteruskan ke penyulang (feeder) tegangan menengah.
Pengatur beban di Indonesia : P2B gandul, UPB Cawang, UPB Cigelereng, UPB Ungaran dan UPB Waru.



SALURAN TRANSMISI

- Suatu instalasi sistem tenaga listrik yang berfungsi melayani penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai ke sistem distribusi.
- Pusat pembangkit listrik biasanya terletak jauh dari pemukiman atau pelanggan, sehingga memerlukan saluran transmisi cukup jauh/panjang.
- Transmisi energi listrik jarak jauh ini dilakukan dengan menggunakan **Tegangan Tinggi** atau **Tegangan Ekstra Tinggi**

PENYALURAN (TRANSMISI) TENAGA LISTRIK

3.1. DEFINISI/PENGERTIAN



- ⚡ Pengertian penyaluran energi listrik :
Proses dan cara menyalurkan energi listrik pada jarak yang berjauhan dari satu tempat ke tempat lainnya (dari pembangkit listrik ke gardu induk dan dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya), yang terdiri dari konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang (tower), melalui isolator-isolator, dengan sistem tegangan tinggi/ekstra tinggi.
- ⚡ Ruang lingkupnya dimulai dari Gardu Induk di Pembangkitan sampai dengan Gardu Induk (sisi primer) yang ada pusat-pusat beban.

3.2. BESARAN TEGANGAN DAN JENIS PENYALURAN (TRANSMISI)

- ⚡ Besaran tegangan : 66 KV, 70 KV, 132 KV, 150 KV, 245 KV, 275 KV, 350 KV, 500 KV, 1.100 KV, 1300 KV, 1.500 KV, dan lain-lain
- ⚡ Jenis arus : arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC).
- ⚡ Jenis dan ruang lingkup penyaluran :
 - ✓ Saluran udara (Overhead Line).
 - ✓ Saluran bawah tanah (Underground Cable).
 - ✓ Saluran kabel bawah laut (Sub Marine Cable).
 - ✓ Gardu Induk Tegangan Ultra Tinggi.
 - ✓ Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi.
 - ✓ Gardu Induk.
 - ✓ Gardu Hubung.
 - ✓ Pusat Pengatur Beban.
 - ✓ Unit Pengatur Beban.

3.3. SISTEM PENYALURAN (TRANSMISI) DI INDONESIA

- ✦ Besaran tegangan : 70 KV, 150 KV, 275 KV dan 500 KV.
- ✦ Jenis arus : arus bolak-balik (AC).
- ✦ Jenis dan ruang lingkup penyaluran :
 - ✓ Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
 - ✓ Saluran Kabel Tanah Tegangan Tinggi (SKTT).
 - ✓ Saluran Kabel Bawah Laut Tegangan Tinggi (Sub Marine Cable).
 - ✓ Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).
 - ✓ Gardu Induk (GI).
 - ✓ Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET).
 - ✓ Pusat Pengatur Beban (UPB).
 - ✓ Unit Pengatur Beban.
- ✦ Sistem interkoneksi (Interconnection System) :
 - ✓ Telah terpasang di Pulau Jawa-Madura-Bali (Jamali) dan Pulau Sumatera.
 - ✓ Sebagian daerah di Sumatera masih terjadi **bottle neck**.

Lanjutan 3.3

- ⚡ Tingkat pengembangan sistem (menuju ke interkoneksi) :
 - ✓ Sistem penyaluran dari parsial menuju ke interkoneksi.
 - ✓ Terpasang di Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi.

- ⚡ Tingkat perintisan :
 - ✓ Pada umumnya di daerah-daerah yang ratio elektrifikasinya rendah (NTT, Maluku, Maluku Utara, Papua dan lain-lain).
 - ✓ Penyediaan listrik bersifat parsial.

- ⚡ Saluran udara (Overhead Line) dipasang di daerah-daerah yang keadaan ROW-nya memungkinkan, pada umumnya di daerah pinggiran kota dan di luar kota.

- ⚡ Saluran kabel bawah tanah (Underground cable) dipasang di daerah yang ROW-nya tidak memungkinkan, pada umumnya di daerah tengah kota, kota-kota besar yang padat pemukiman dan beban listriknya besar.

Lanjutan 3.3

- ✦ Gardu Induk :
 - ✓ Untuk daerah-daerah yang masih memungkinkan mendapatkan lahan/space tanah yang luas, dipasang Gardu Induk Konvensional, pada umumnya di pinggiran kota atau di kota-kota kecil.
 - ✓ Untuk daerah-daerah perkotaan (Kota Besar) yang padat pemukiman, dipasang Gas Insulated Switchgear SF6 (GIS SF6).

- ✦ Pusat Pengatur Beban (P2B) dan Unit Pengatur Beban (UPB) :
 - ✓ Dipasang di daerah-daerah yang jaringannya telah terinterkoneksi, area pelayanan luas dan beban yang dilayani besar, contoh : P3B & UPB yang ada di Sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali).
 - ✓ Tujuannya adalah untuk pengaturan beban maupun melakukan manuver beban jika terjadi masalah di sistem, misal : jika terjadi gangguan di sistem pembangkit atau di sistem transmisi.

3.4. PEMBANGUNAN DAN PENGEMBANGAN PENYALURAN (TRANSMISI)

- ✦ ***Secara teknis***, pembangunan dan pengembangan sistem penyaluran tenaga listrik, tidak ada masalah dan tidak ada kesulitan.
- ✦ Masalah-masalah yang sering timbul dalam pembangunan sistem penyaluran (transmisi) adalah masalah non teknis, antara lain :
 - ✓ Kesulitan mendapatkan lahan untuk tapak tower.
 - ✓ Harga tanah yang sangat (terlalu) mahal.
 - ✓ Proses perijinan yang sulit dan berbelit.
 - ✓ Reaksi dari masyarakat yang tidak mau dilalui jalur transmisi.
 - ✓ Beberapa waktu terakhir ini, muncul fenomena baru, masyarakat minta kompensasi (ganti rugi) di sepanjang ROW jalur transmisi.
 - ✓ Biaya ganti rugi kerusakan bangunan, tanaman dan lain-lain yang mahal, bahkan terkadang jauh melampaui harga standar.
 - ✓ Koordinasi dengan berbagai pihak / instansi terkait, yang merupakan kesulitan tersendiri dan tak jarang membutuhkan biaya besar.
 - ✓ Isue lingkungan hidup.
 - ✓ Dan berbagai hambatan/kendala lainnya.

Lanjutan 3.4

- ✦ Berbagai permasalahan tersebut mengakibatkan proses pembangunan dan pengembangan sistem penyaluran menjadi terhambat, bahkan ada pembangunan transmisi yang terhenti/tertunda bertahun-tahun.
- ✦ Mengingat dari waktu ke waktu beban akan terus berkembang (mengalami pertumbuhan), sedangkan di sisi lain untuk membangun transmisi dan gardu induk banyak menghadapi masalah, perlu dipikirkan dan dicarikan solusi dalam pengembangan sistem penyaluran di Indonesia.
- ✦ Harus dicermati bahwa penambahan pembangkit tanpa diimbangi penambahan sistem transmisi akan timbul masalah tersendiri.

3.5. UP-RATING SISTEM PENYALURAN (TRANSMISI)

- ✦ Up-rating berarti menaikkan rate/menaikkan kemampuan/menaikkan kapasitas.
- ✦ Up-rating sistem penyaluran, berarti menaikkan rate/menaikkan kemampuan/menaikkan kapasitas penyaluran, antara lain :
 - ✓ Dari SUTT 70 KV menjadi 150 KV.
 - ✓ SUTT 150 KV yang ditingkatkan kemampuannya dalam menyalurkan energi listrik.
 - ✓ SUTT single circuit ditingkatkan menjadi double circuit.
 - ✓ Gardu induk yang berkapasitas 10 MVA dinaikkan menjadi 30 MVA, dari 1 trafo menjadi 2 trafo, dari 30 MVA menjadi 60 MVA atau 100 MVA.
 - ✓ Dan lain sebagainya.
- ✦ Up-rating bisa dilakukan dengan cara :
 - ✓ Membangun SUTT baru, membangun (memperluas) Gardu Induk Eksisting.
 - ✓ Mengganti konduktor (re-conductoring) SUTT eksisting, mengganti trafo pada Gardu Induk Eksisting, dari kapasitas kecil diganti dengan kapasitas yang lebih besar.
 - ✓ Menambah jumlah sirkit SUTT eksisting, menambah jumlah trafo dan peralatan pada Gardu Induk eksisting.

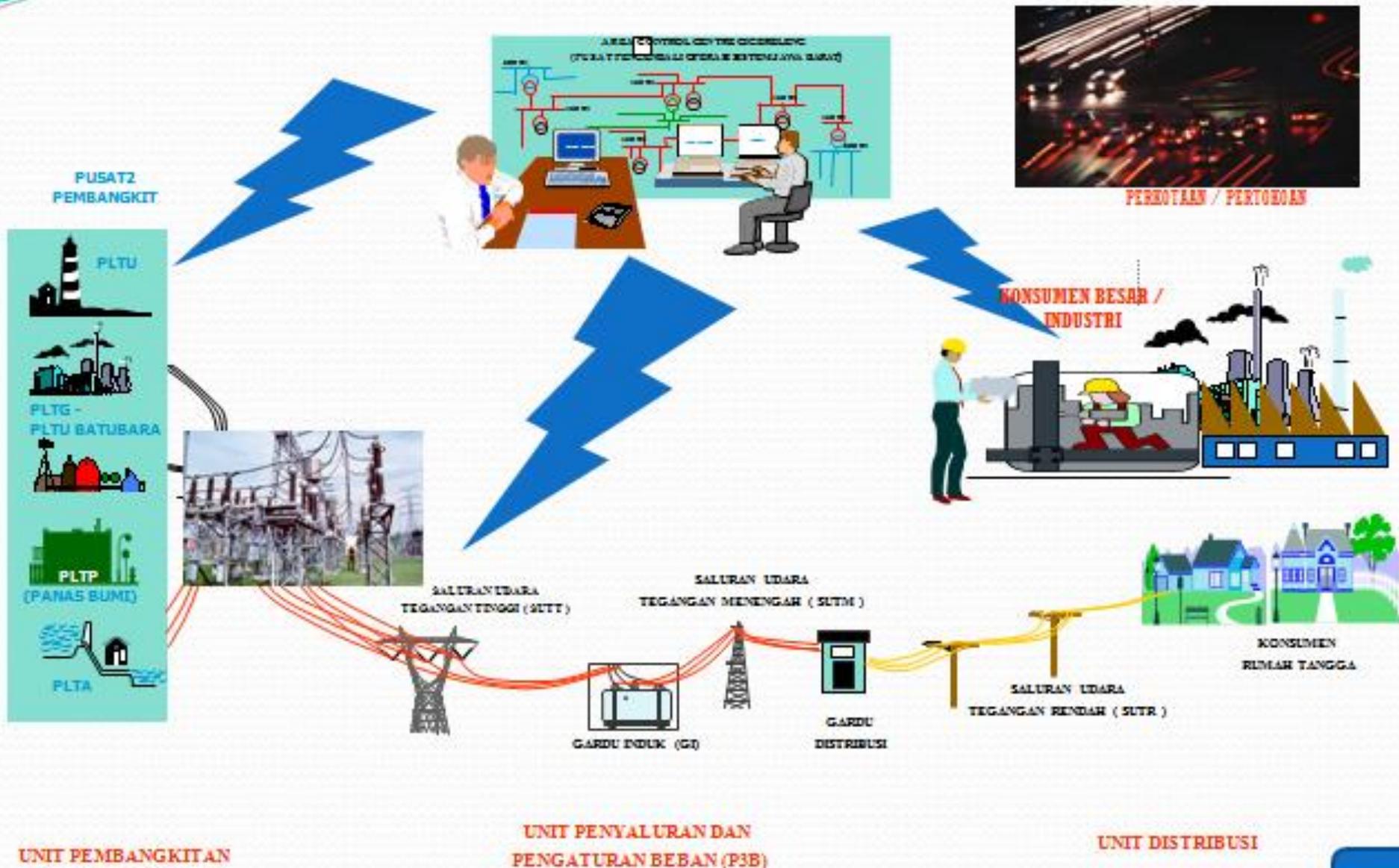


SUTT 70 KV & 150 KV

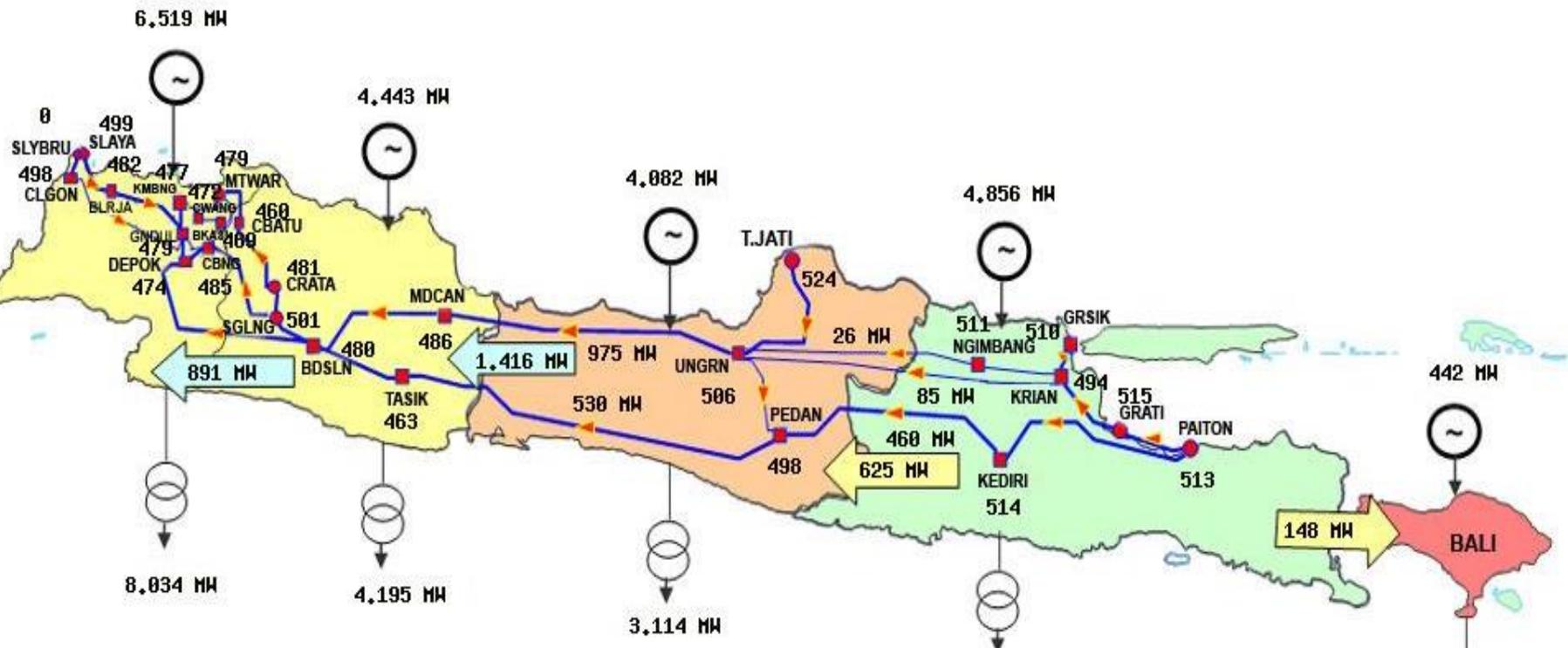


SUTET 500 KV

BAGAN PENGATURAN & PENYAMPAIAN SISTEM TENAGA LISTRIK KEPADA KONSUMEN



Gambaran : Load Flow saat Beban Puncak malam 24 April 2012



APB JBR - APB	MW
GI CIANJUR - LEMBUR SITU	56
GI BUNGUR BARU - CIANJUR	-52
GI BEKASI - KOSAMBI BARU	0
GI CIBINONG - MUARATAWAR	99
GITET CIBINONG - SAGULING	-312
GI TAMBUN - PONDOK KELAPA	0
GITET CAWANG - MUARATAWAR	808
GITET DEPOK - TASIKMALAYA	292

APB JTD - APB JBR	MW
GI SUNYARAGI - BREBES	53
GI BANJAR - MAJENANG	-36
GITET MANDIRANCAN - UNGARAN	975
GITET TASIKMALAYA - PEDAN	530

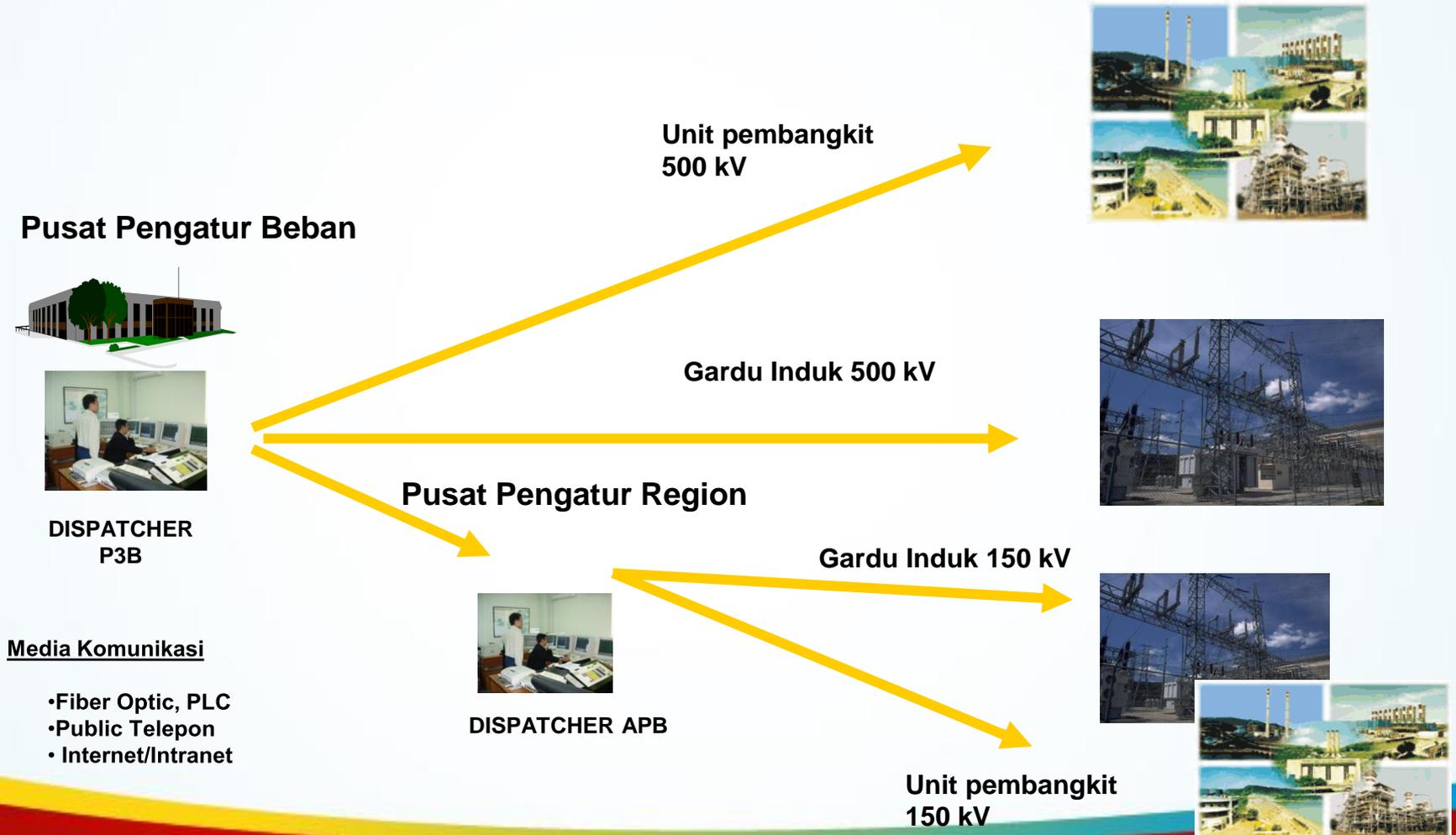
APB JTB - APB JTD	MW
GI CEPU - BOJONEGORO	54
GI SRAGEN - MANISREJO/NGAWI	0
GITET UNGARAN - KRIAN	85
GITET PEDAN - KEDIRI	460
GITET UNGARAN - NGIMBANG	26

APB JTB - APB	MW
GI BANYUWANGI - GILIMANUK	148

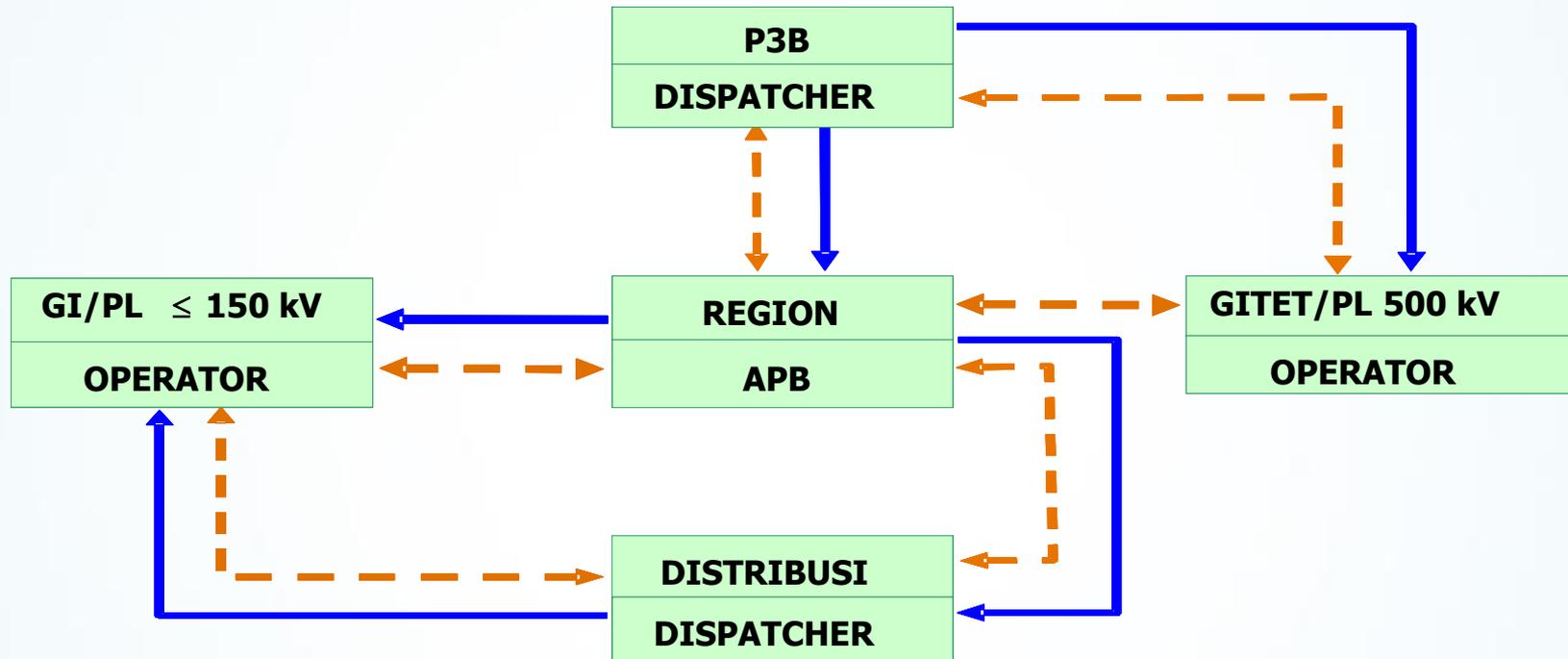
TRANSMISI 150 KV DAN 500 KV



Pelaksanaan Pengendalian Operasi Sistem



Alur Komunikasi Operasi Sistem Jawa



Keterangan :



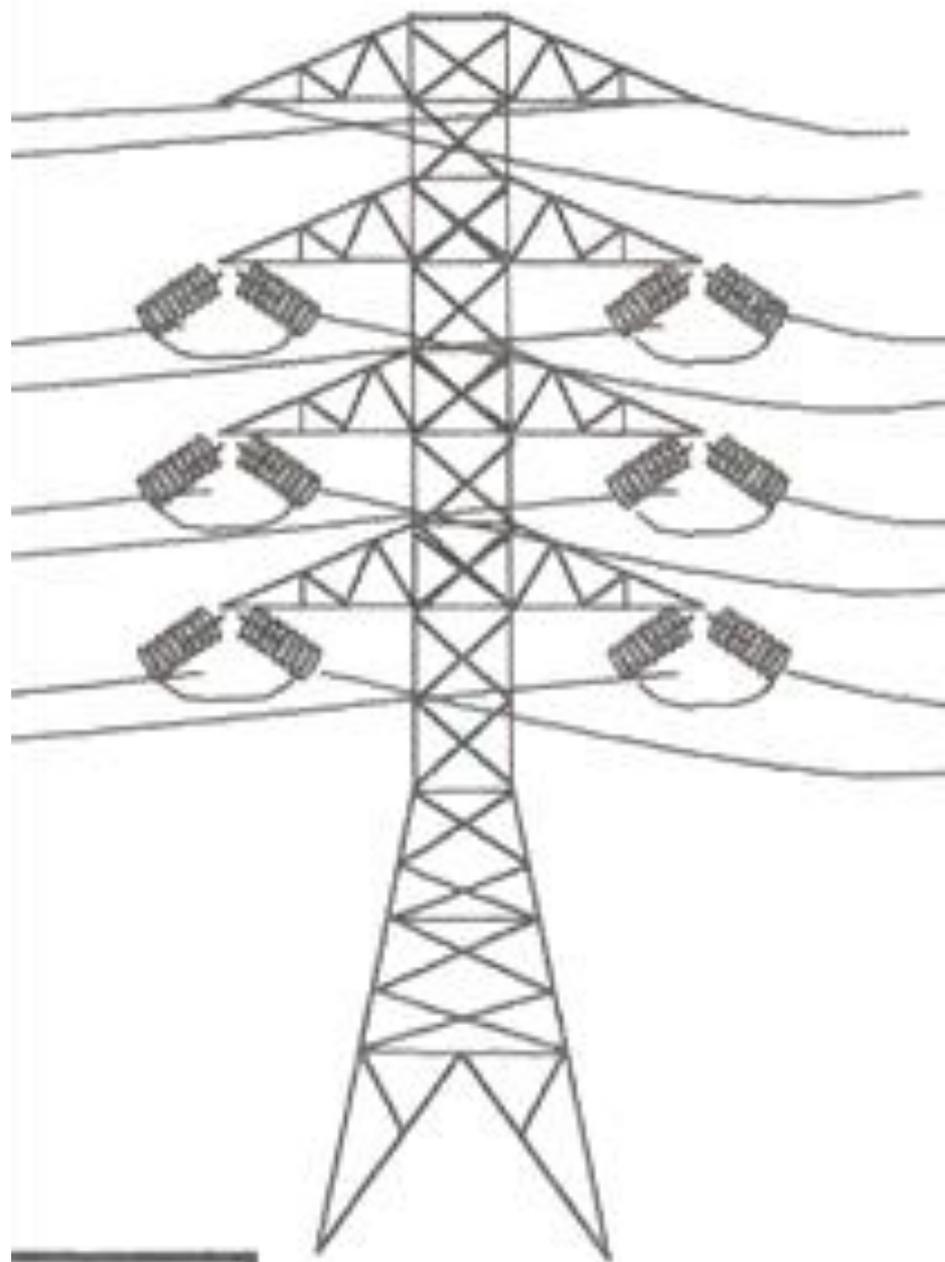
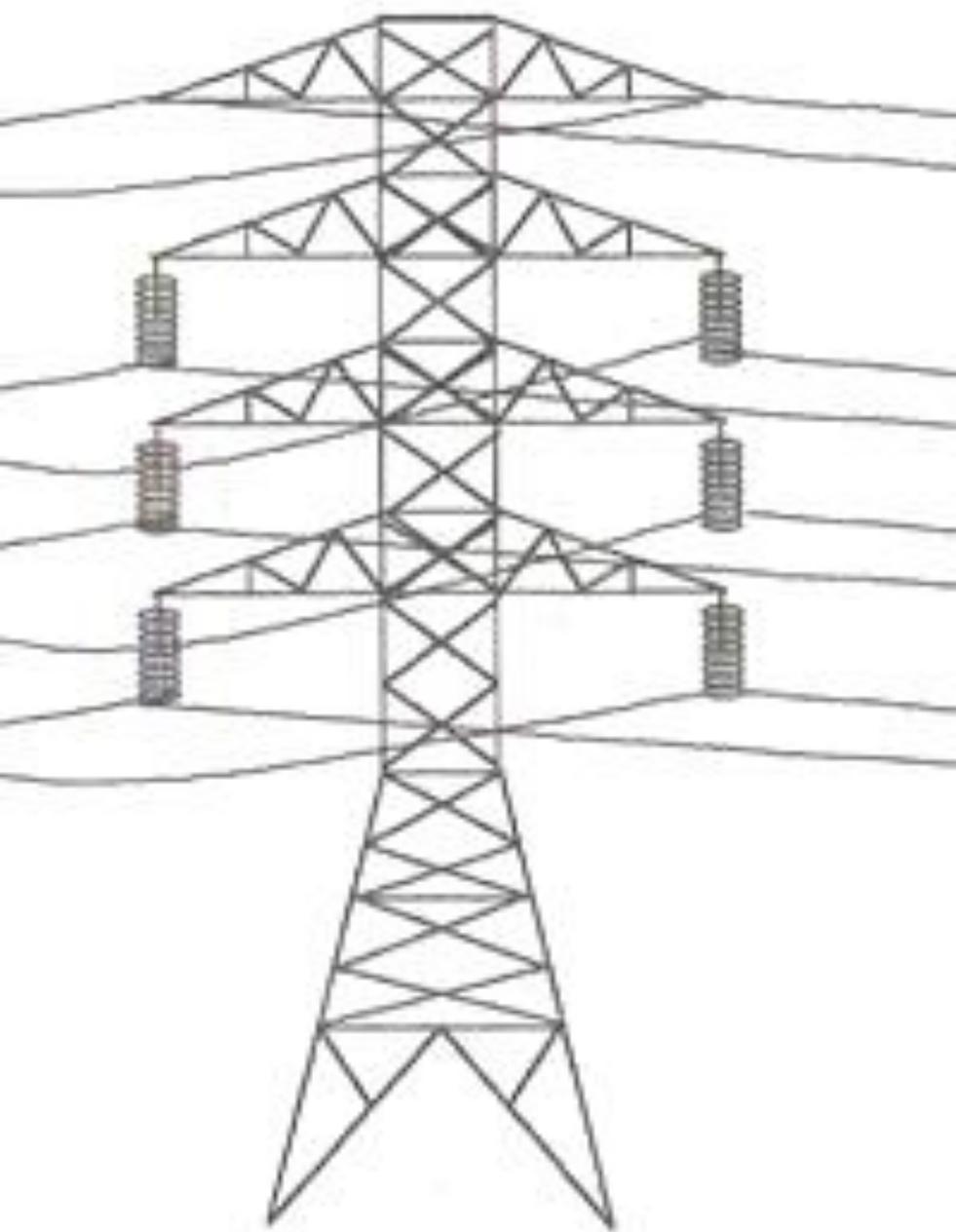
: Instruksi



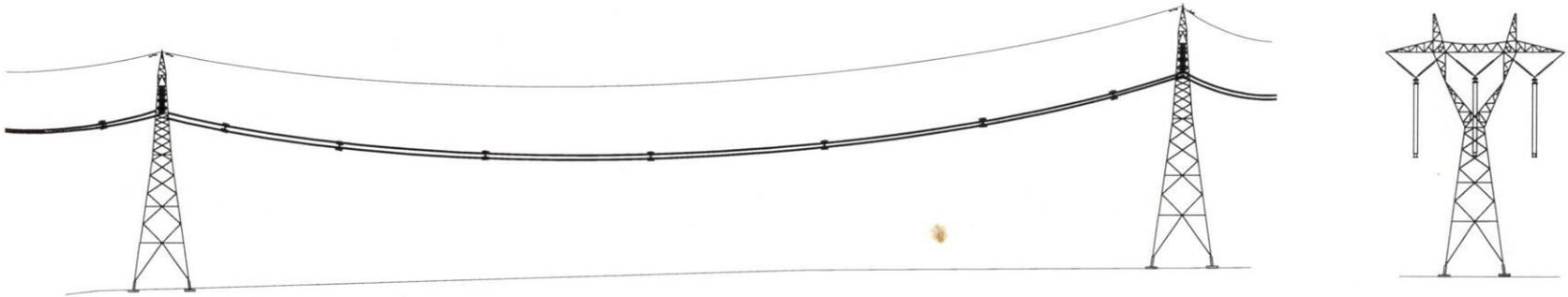
: Koordinasi/laporan

PL : Pusat Listrik

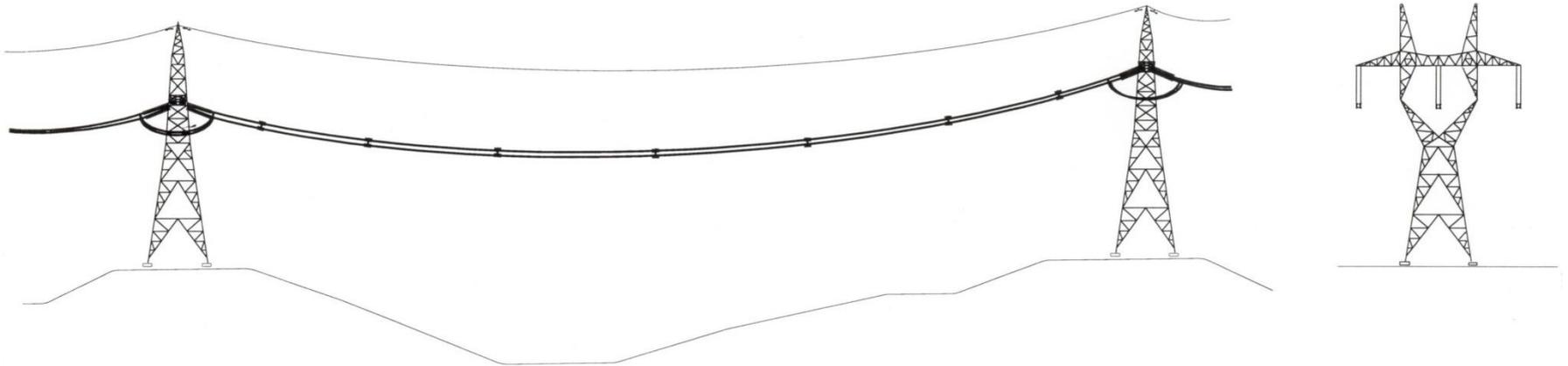
GI/TET : Gardu Induk / Tegangan Ekstra Tinggi



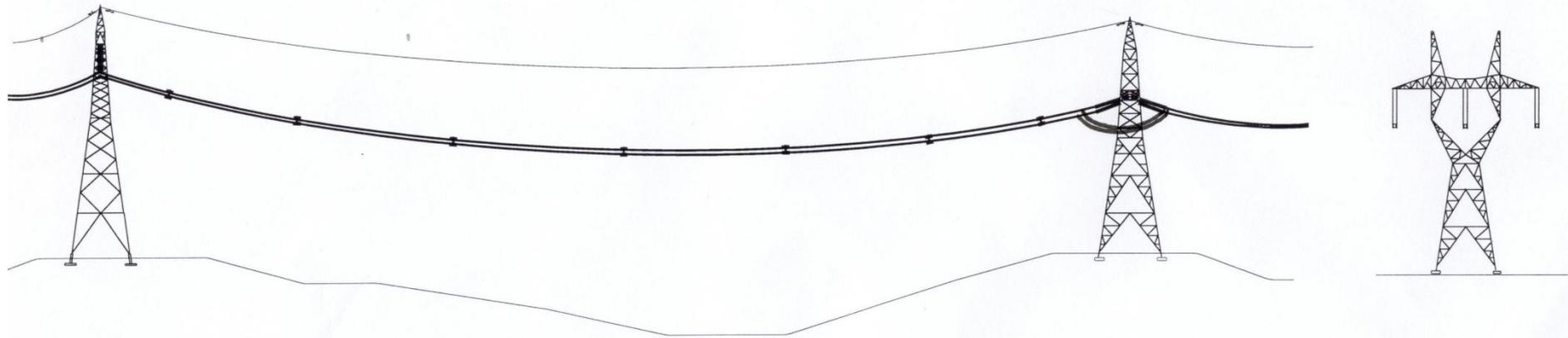
GAMBAR SPAN SUTET 500KV ANTARA TIANG TIPE SUSPENSION DAN SUSPENSION



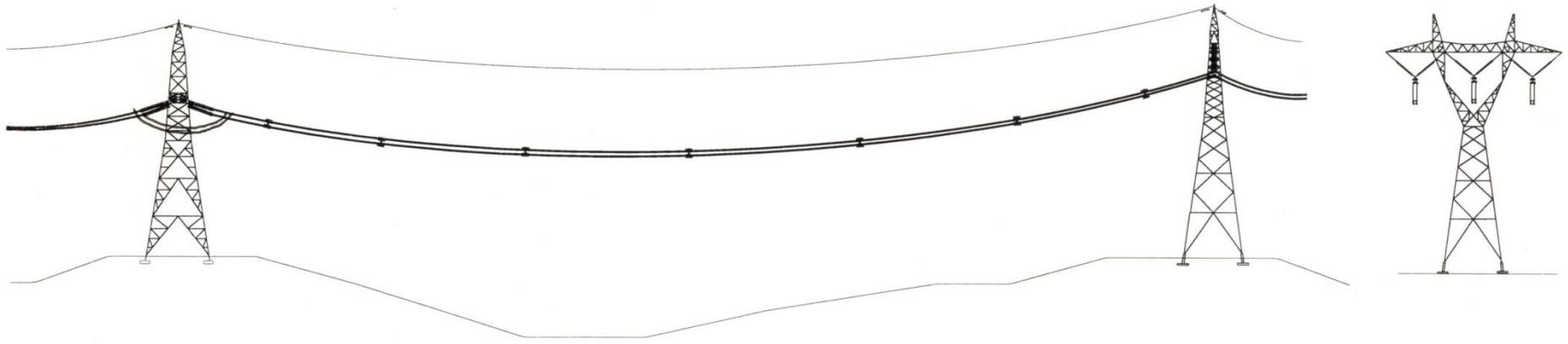
GAMBAR SPAN SUTET 500KV ANTARA TIANG TIPE TENSION DAN TENSION



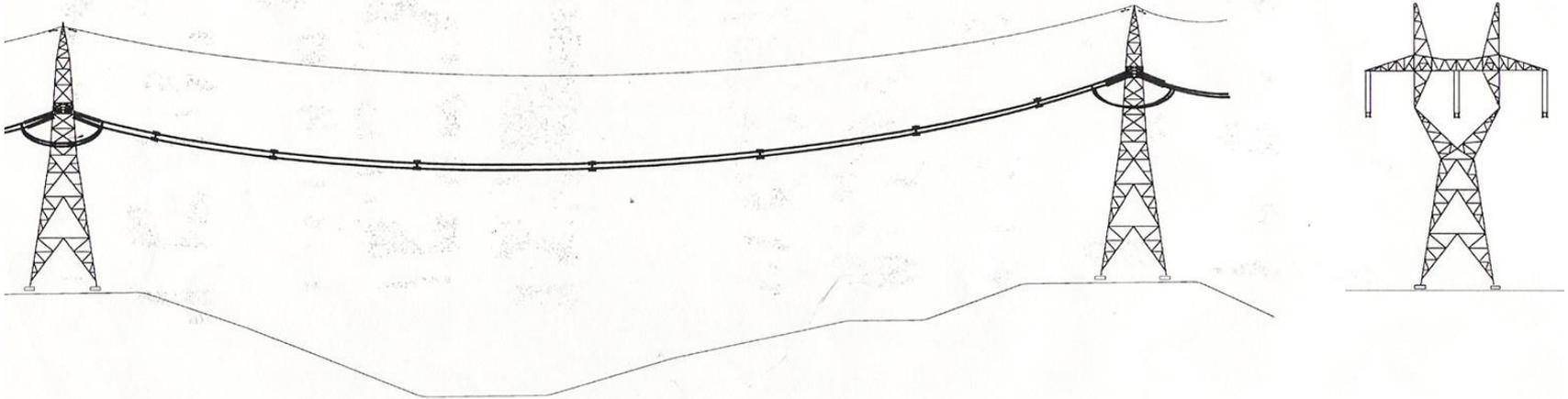
GAMBAR SPAN SUTET 500KV ANTARA TIANG TIPE TENSION DAN SUSPENSION



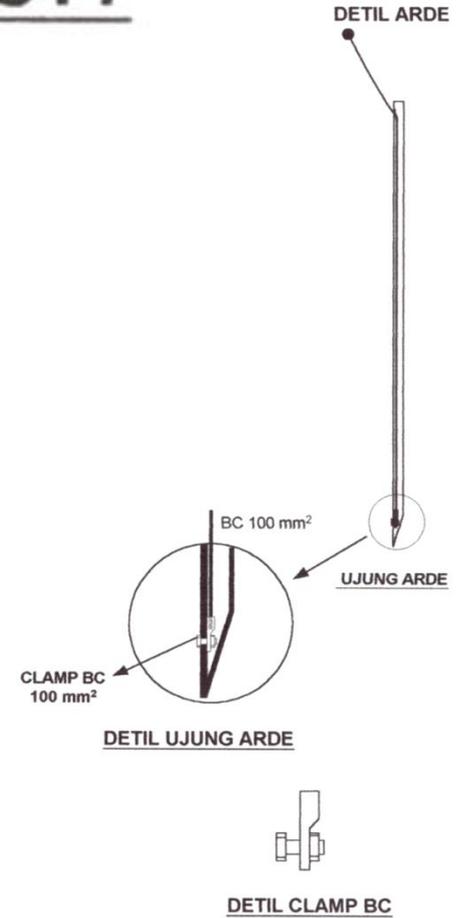
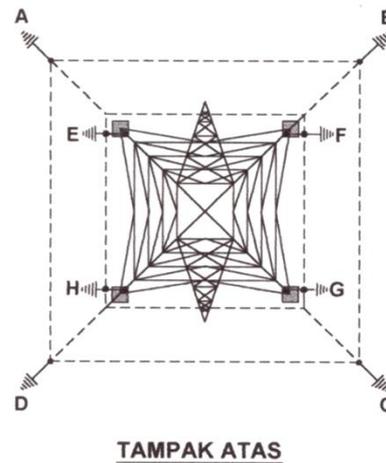
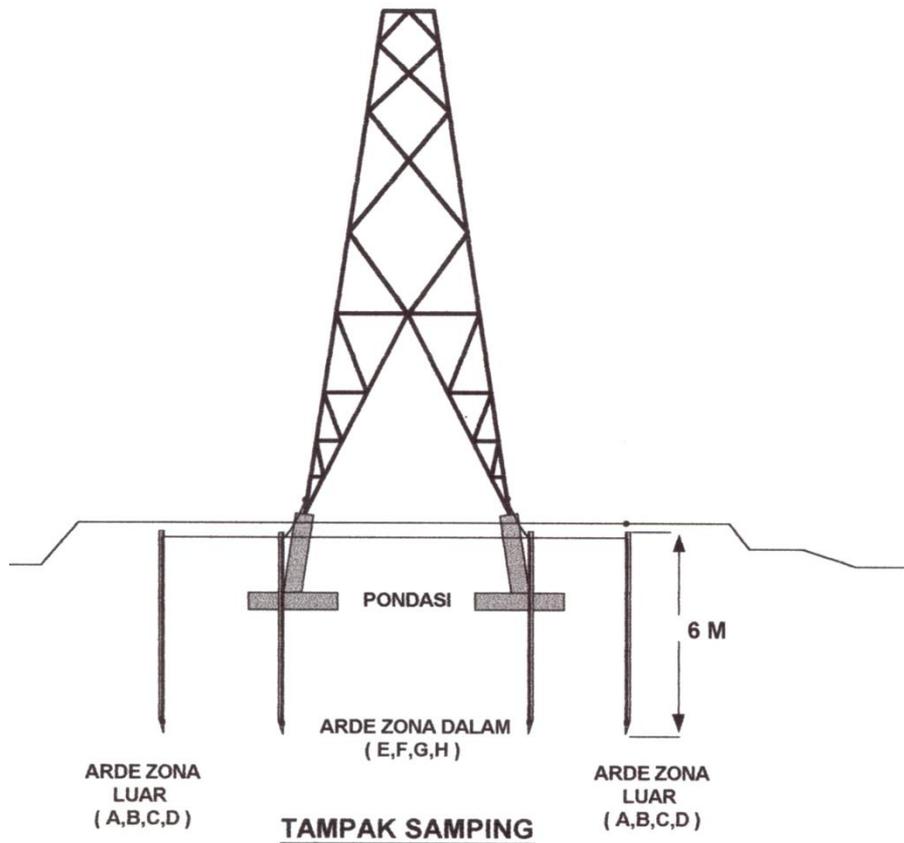
GAMBAR SPAN SUTERA 500KV ANTARA TIANG TIPE SUSPENSION DAN TENSION

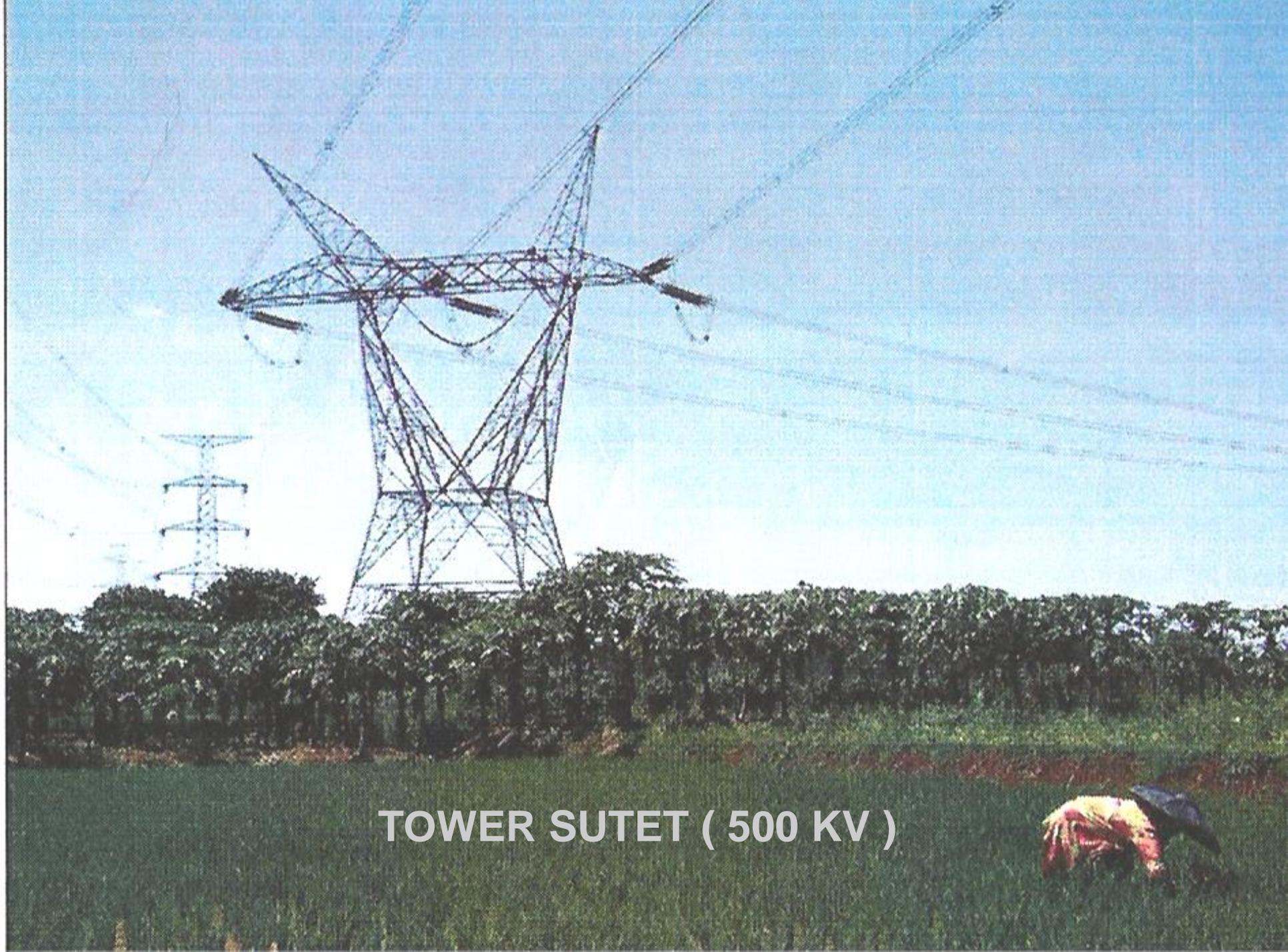


GAMBAR SPAN SUTET 500KV ANTARA TIANG TIPE TENSION DAN TENSION

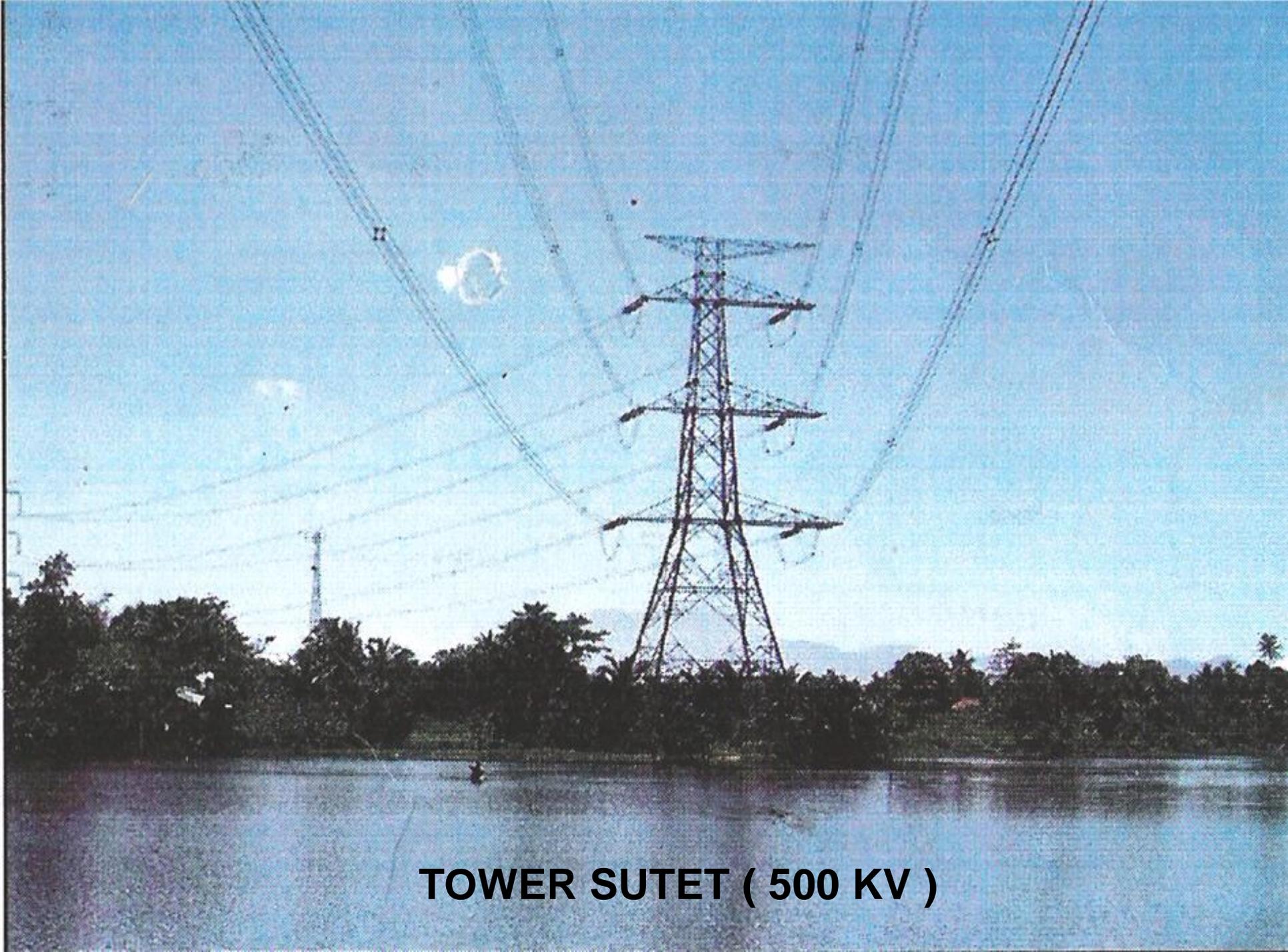


PENTANAHAN KAKI TIANG SUTT





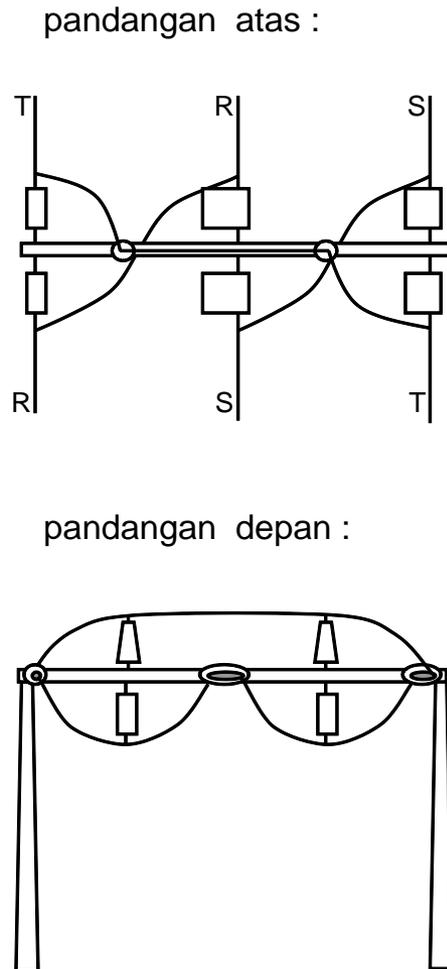
TOWER SUTET (500 KV)



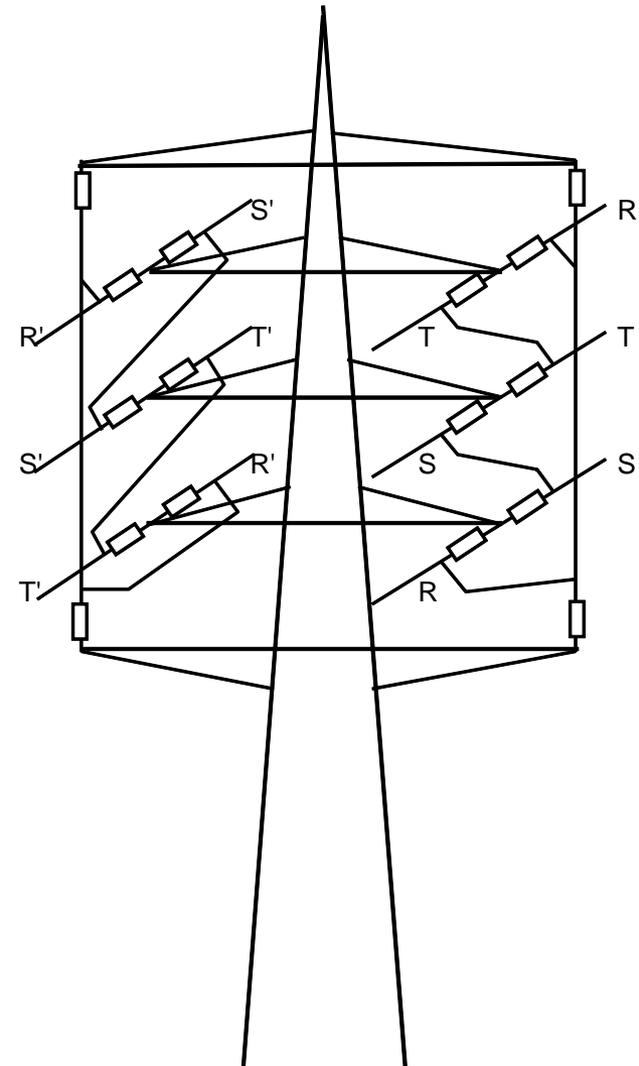
TOWER SUTET (500 KV)

4.4. TIANG/MENARA TRANSPOSISI

- Model Tiang / Menara Transposisi 1 sirkit horisontal



- Model Tiang / Menara Transposisi 2 sirkit vertikal



SALURAN KABEL

- Pada daerah tertentu (umumnya perkotaan) yang mempertimbangkan masalah estetika, lingkungan yang sulit mendapatkan ruang bebas, keandalan yang tinggi, serta jaringan antar pulau, dipasang Saluran Kabel :
 - Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 70 kV
 - Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV
 - Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLTT) 150 kV



Kabel Bawah Tanah



Kabel Bawah Laut

Perlengkapan SUTT/SUTET

1. **Tower** (Menara/Tiang)

Bangunan penopang saluran transmisi

2. **Konduktor** (Penghantar)

Media penyaluran tenaga listrik

3. **Isolator** (Penyekat)

Penyekat antara tower & konduktor

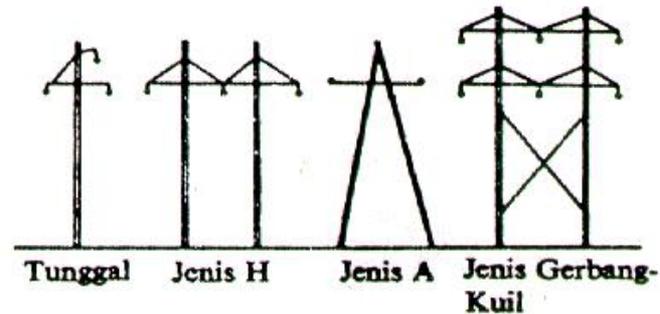
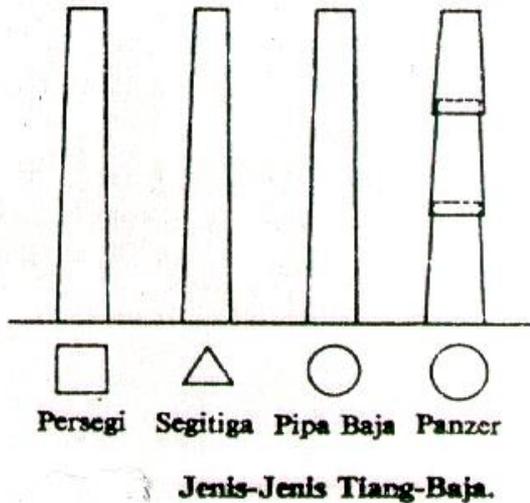
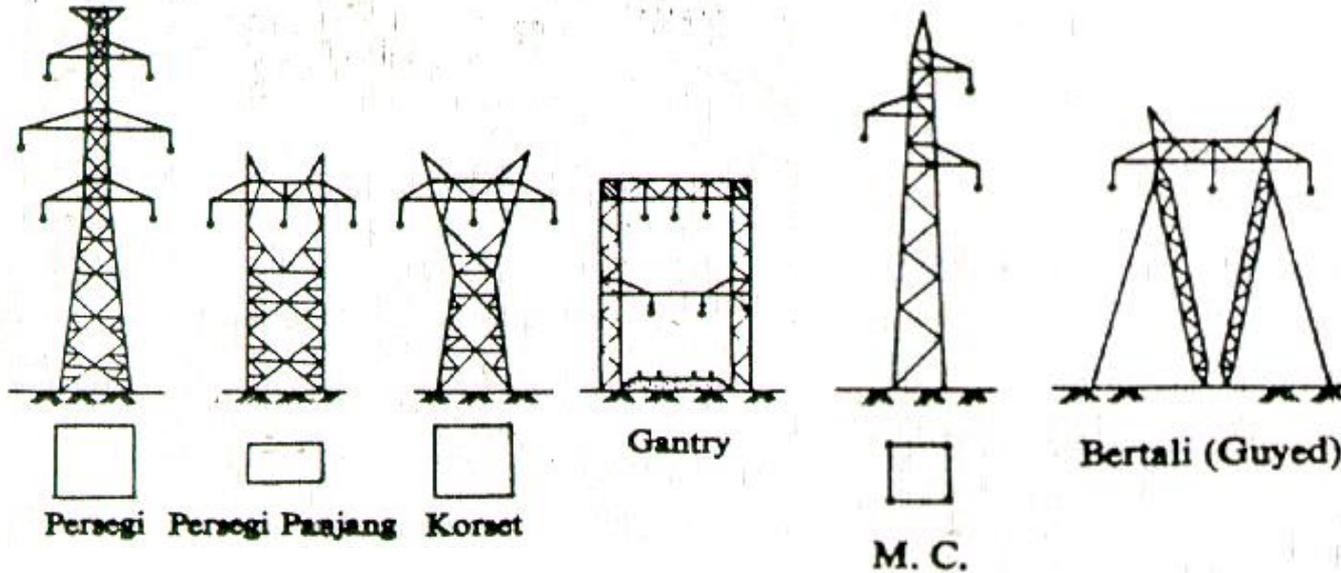
4. **Kawat tanah** (Ground Wire)

Penyalur gangguan petir & surja hubung

1. TOWER (MENARA)

- Tower adalah konstruksi baja yang berfungsi untuk menyangga/merentang kawat penghantar dengan **ketinggian dan jarak yang cukup agar aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya.**
- Tower harus kuat terhadap beban yang bekerja padanya yaitu:
 - Gaya berat tower, isolator dan kawat penghantar (gaya tekan)
 - Gaya tarik akibat rentangan kawat penghantar
 - Gaya angin akibat terpaan angin pada kawat maupun badan tower

Jenis Penopang (Tower)



Klasifikasi Tiang Baja Bertulang dan Tiang Kayu menurut Cara Menghimpunnya.

Jenis Penopang (Tower)

- Menurut bentuk konstruksinya dibagi atas :
 1. Lattice tower (menara baja)
 2. Steel pole (tiang baja) → pipa baja
 3. Concrete pole (tiang beton bertulang)
 4. Wooden pole (tiang kayu)
- Tower (menara) mempunyai empat pondasi.
Konstruksi tower merupakan jenis konstruksi SUTT/SUTET yang paling banyak digunakan karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya.
- Pole (tiang) mempunyai satu pondasi.

Jenis Tower

- Menurut fungsinya tower dibagi atas :
 1. **Dead end tower (tiang akhir):** yang berlokasi di dekat Gardu Induk, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya tarik
 2. **Suspension tower (tower penyangga):** tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya berat, umumnya tidak mempunyai sudut belokan
 3. **Section tower (tiang penyekat):** antara sejumlah tower penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan kawat), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.

Jenis Tower

- 4. Tension tower (tower penegang):** tower ini menanggung gaya tarik yang lebih besar daripada gaya berat, umumnya mempunyai sudut belokan
- 5. Transposition tower:** tower penegang yang digunakan sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi.
- 6 Gantry tower:** tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi, dibangun di bawah saluran transmisi existing.
- 7 Combined tower:** tower yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya

Jenis Tower

- Menurut susunan/konfigurasi kawat fasa tower dikelompokkan atas.
 - **Tower jenis delta:** digunakan pada konfigurasi horisontal/mendatar
 - **Tower jenis piramida:** digunakan pada konfigurasi vertikal/tegak.
 - **Tower jenis zig-zag:** kawat fasa tidak berada pada satu sisi lengan tower.

Type Tower

- Tower 150 KV

TYPE TOWER	FUNGSI	SUDUT
Aa	Suspension	0° – 3°
Bb	Tension / section	3° – 20°
Cc	Tension	20° – 60°
Dd	Tension	60° – 90°
Ee	Tension	> 90°
Ff	Tension	> 90°
Gg	Transposisi	



Tower Suspensi



Tower Tension

Type Tower

- Tower 500 KV

TIPE TOWER		FUNGSI	SUDUT
SIRKIT TUNGGAL	SIRKIT GANDA		
A	AA	Suspension	0° – 2°
A R	AA R	Suspension	0° – 5°
B	BB	Tension	0° – 10°
C	CC	Tension	10° – 30°
D	DD	Tension	30° – 60°
E	EE	Tension	60° – 90°
F	FF	Dead end	0° – 45°
G	GG	Transposisi	



Tower Suspensi



Tower Tension

Bagian-bagian Tower

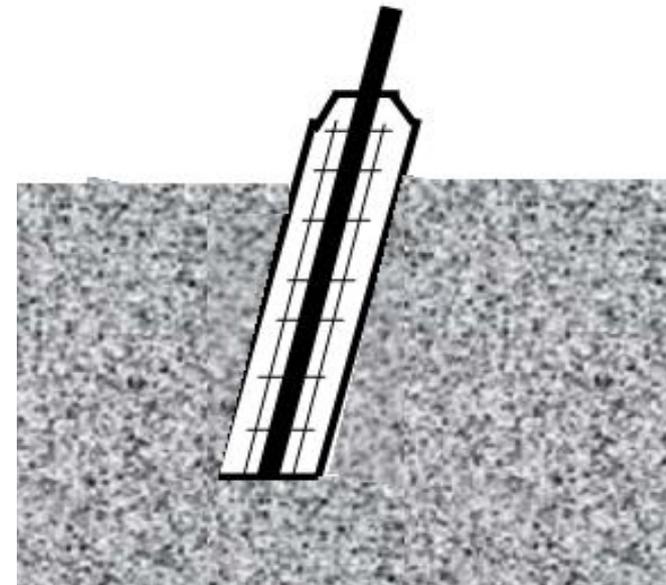
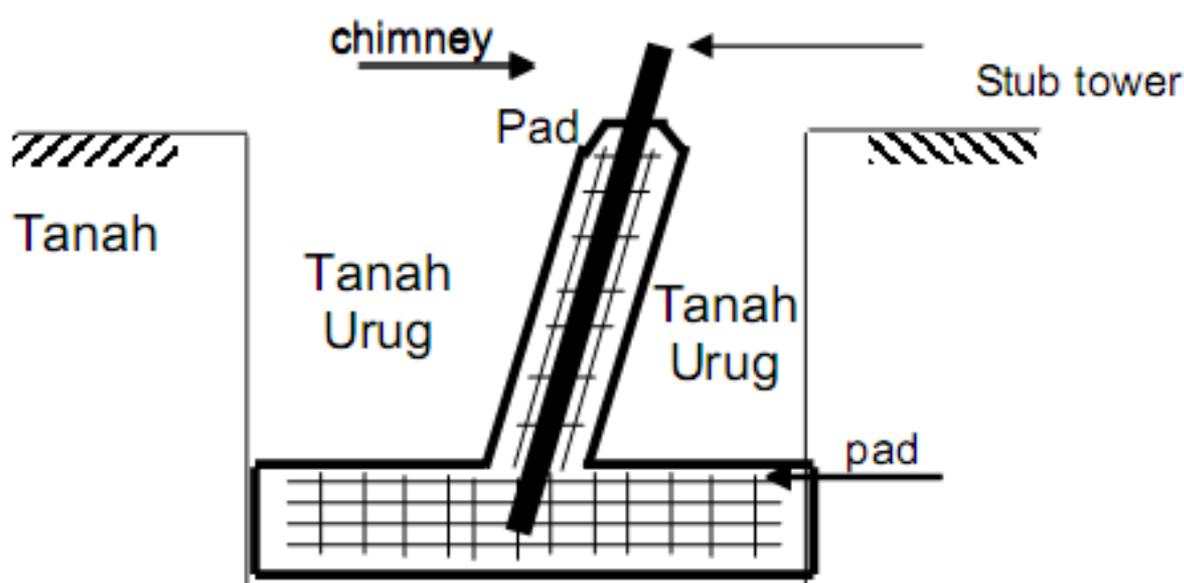
1. Pondasi: konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki tower (stub) dengan bumi.

Jenis pondasi tower :

- **Normal** dipilih untuk daerah yang cukup keras
- **Pancang** dipilih untuk daerah yang lembek (sawah) sehingga harus diupayakan mencapai tanah keras yang lebih dalam
- **Raft** dipilih untuk daerah berawa/berair
- **Rock drilled** dipilih untuk daerah berbatuan
- **Auger** dipilih karena mudah pengerjaannya dengan mengebor dan mengisinya dengan semen

Bagian-bagian Tower

Jenis pondasi yang dipilih tergantung kondisi tanah tempat tapak tower berada dan beban yang akan ditanggung oleh tower (tower yang menanggung beban tarik dirancang lebih kuat/besar daripada tower tipe suspension).



Bagian-bagian Tower

- 2. Stub:** bagian paling bawah dari kaki tower, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi.



Bagian-bagian Tower

- Bagian atas stub muncul dipermukaan tanah sekitar 0,5 sampai 1 meter dan dilindungi semen serta dicat agar tidak mudah berkarat.
- Pemasangan stub harus memenuhi syarat:
 - Jarak antar stub harus benar
 - Sudut kemiringan stub harus sesuai dengan kemiringankaki tower
 - Level titik hubung stub dengan kaki tower tidak boleh beda 2 mm

Bagian-bagian Tower

3. Leg: kaki tower yang terhubung antara stub dengan body tower.

Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg. Sedangkan body harus tetap sama tinggi permukaannya.

- Pengurangan leg ditandai: -1; -2; -3
- Penambahan leg ditandai: +1; +2; +3

Bagian-bagian Tower

4. Common body: badan tower bagian bawah yang terhubung antara leg dengan badan tower bagian atas (super structure).

Kebutuhan tinggi tower dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi common body dengan cara penambahan atau pengurangan.

- Pengurangan common body ditandai: -3
- Penambahan common body ditandai: +3; +6; +9; +12; +15

Bagian-bagian Tower

5. Super structure: badan tower bagian atas yang terhubung dengan common body dan cross arm kawat fasa maupun kawat petir.

Pada tower jenis delta tidak dikenal istilah super structure namun digantikan dengan “K” frame dan bridge.

Bagian-bagian Tower

6. Cross arm: bagian tower yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta clamp kawat petir.

Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali tower jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.

Bagian-bagian Tower

7. **K frame**: bagian tower yang terhubung antara common body dengan bridge maupun cross arm
 - K frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri.
 - K frame tidak dikenal di tower jenis pyramid

Bagian-bagian Tower

- 8. Bridge:** penghubung antara cross arm kiri dan cross arm tengah.
- Pada tengah-tengah bridge terdapat kawat penghantar fasa tengah.
- Bridge tidak dikenal di tower jenis pyramida

Bagian-bagian Tower

- 9. Rambu tanda bahaya:** berfungsi untuk memberi peringatan bahwa instalasi SUTT/SUTET mempunyai resiko bahaya.
- Rambu ini bergambar petir dan tulisan **AWAS BERBAHAYA TEGANGAN TINGGI.**
 - Rambu ini dipasang di kaki tower lebih kurang 5 meter diatas tanah sebanyak dua buah disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar.

Bagian-bagian Tower

10. Rambu identifikasi tower & penghantar/jalur

Berfungsi untuk memberitahukan identitas

tower: - Nomor tower

- Urutan fasa

- Penghantar/Jalur

- Nilai tahanan pentanahan kaki tower

- Rambu ini dipasang bersebelahan dengan rambu tanda bahaya.
- Rambu penghantar/jalur berfungsi untuk mengenali penghantar/jalur yang boleh dikerjakan petugas

Bagian-bagian Tower

11. Anti Climbing Device (ACD)

disebut juga penghalang panjat berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik tower.

- ACD dibuat runcing, berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawah rambu tanda bahaya.

Bagian-bagian Tower

12. Step bolt:

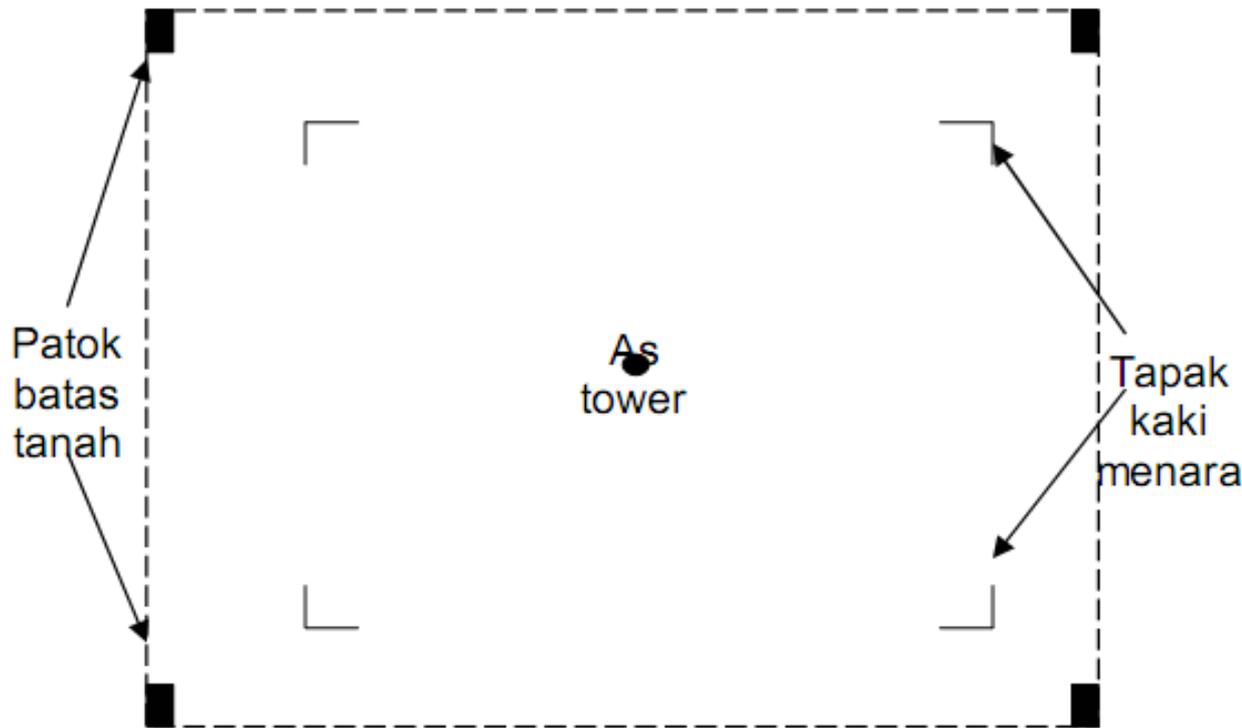
Baut yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan tower hingga super structure dan arm kawat petir.

- Berfungsi untuk pijakan petugas sewaktu naik maupun turun dari tower.

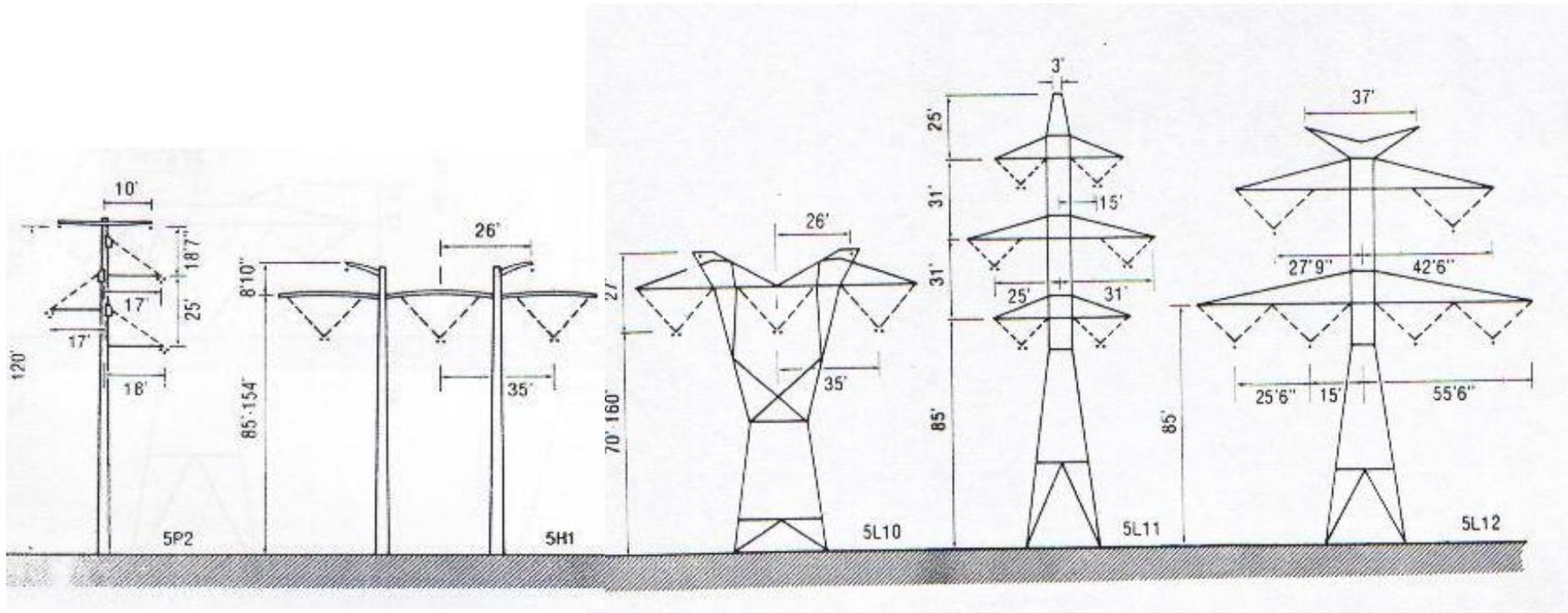
Bagian-bagian Tower

- **Halaman tower**

daerah tapak tower yang luasnya diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi (3 hingga 8 meter di luar stub tergantung jenis tower) .



1.1. TIANG / MENARA TRANSMISI



1.2. TYPE DAN FUNGSI TIANG

NO	Tipe Tiang	Notasi	Istilah asing	Fungsi
1	Penyangga	(D)	Draagmast	Menyangga konduktor, jalur saluran lurus
			Suspension tower	
			Angle susp.tower	
2	Penegang	(A)	Afspanmast	Menambat dan menahan tarikan konduktor dari 2 sisi seksi saluran (1 seksi ≤ 3 km, ≤ 12 gawang)
			Tension tower	
			Tension tower	
3	Ahir	(E)	Eindmast	Menahan tarikan konduktor, 1-sisi
			Dead-end tower	
4	Sudut	(H)	Hoekmast	Menahan tarikan konduktor dari 2 arah sudut
			Angle tower	
5	Cabang	(T)	Aftakmast	Pencabangan saluran
			Branch line tower	
6	Pelintasan	(K)	Kruisingen	Melintasi jalur fasilitas lain
	Transportasi	(WA)	Transposition tower	Merubah posisi kawat fasa

1.3. GAYA-GAYA YANG BEKERJA PADA TIANG

1.3.1. BEBAN KERJA NORMAL

- ⚡ Beban berat tiang & lengannya, konduktor, isolator & asesorisnya.
- ⚡ Tekanan angin datar tegak lurus arah saluran pada tiang dan $\frac{1}{2}$ panjang saluran kedua sisi tiang.
- ⚡ Tekanan angin searah saluran pada tiang, isolator & asesoris.
- ⚡ Gaya tarik kerja maksimum dari seluruh konduktor.

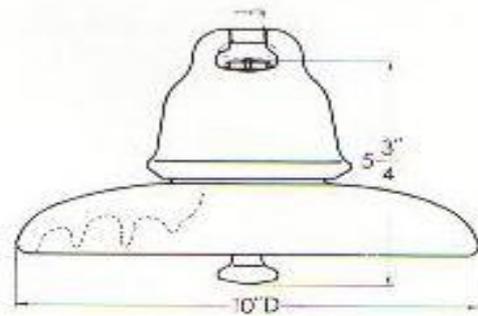
1.3.2. BEBAN KHUSUS KARENA TIMBUL KETIDAK SEIMBANGAN GAYA DARI KONDUKTOR

- ⚡ Tiang harus diperhitungkan pula terhadap kemungkinan timbulnya gaya torsi karena ketidak seimbangan, oleh gaya-tarik-kerja maksimum dari satu konduktor.
- ⚡ Tiang tipe D : 50% gaya tarik kerja maksimum dari satu konduktor pada satu sisi, tanpa tekanan angin.
- ⚡ Tiang tipe A, H dan E : 100% gaya-tarik-kerja maksimum dari satu konduktor pada satu sisi, tanpa tekanan angin.
- ⚡ Gaya torsi maksimum yang dapat terjadi pada tiang dan lengannya karena ketidak seimbangan gaya tsb.diatas.

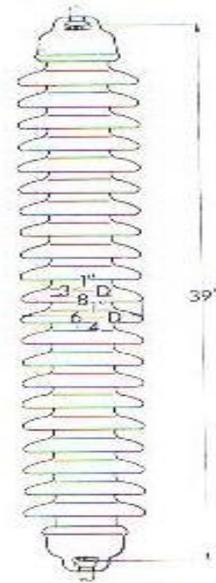
1.4. ISOLATOR

1.4.1. CONTOH BEBERAPA JENIS ISOLATOR

Contoh Isolator Batang

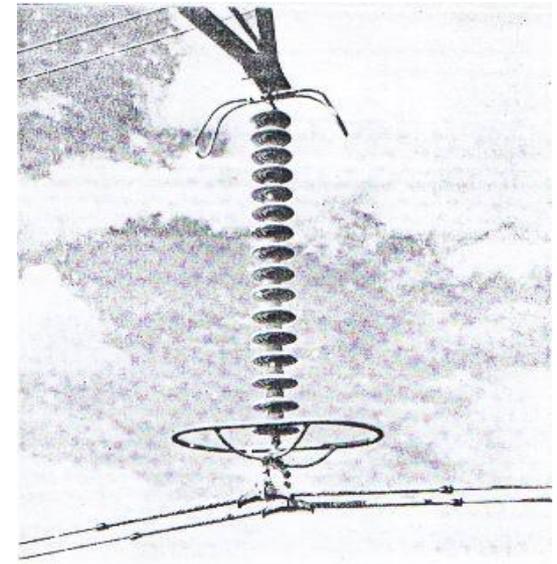


CA-500MG



CA-43207M

Satu Untai Isolator
Gantung 230 kV:



1.4.2. JUMLAH ISOLATOR MENURUT TEGANGAN SALURAN

➤ Jumlah Isolator Standar (10"x 5³/₄")

CA-43207M

Teg.nom.	69 kV	115 kV	138 kV	150-161kV	230 kV	345 kV	500 kV
Jumlah	4	6	8	9	14	I 22	V 28
Isolator	6	8	10	11	16	I 25	V 34
/ untai	8	10	12	14	20	V 30	V 42

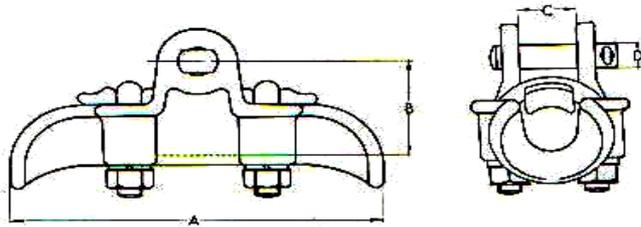
➤ Catatan : * = tipe khusus.

Sumber : T & D Westinghous.

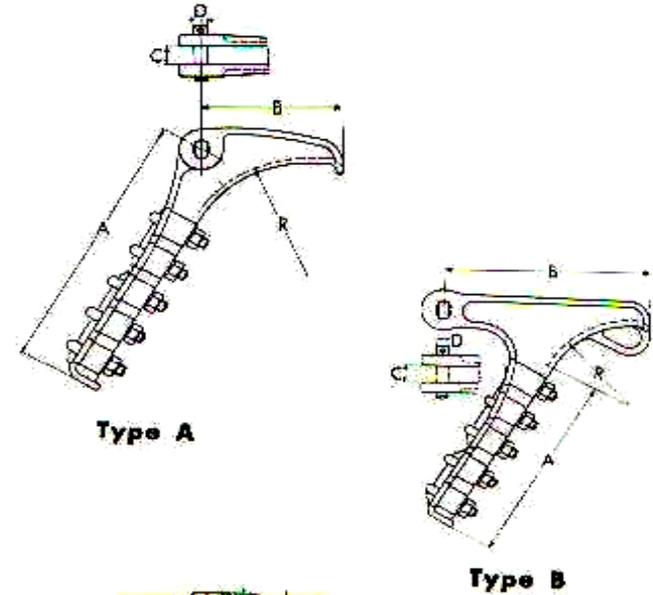
➤ Keterangan : isolator kondisi ringan, sedang, berat (baris atas-bawah),
tergantung pada : intensitas petir, tahanan kaki tiang dan polusi

1.4.3. PERLENGKAPAN ISOLATOR

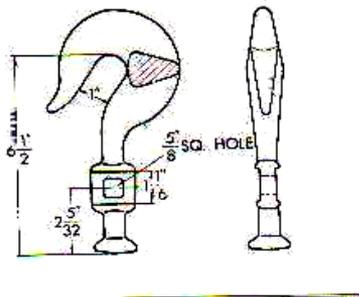
KLEM GANTUNG



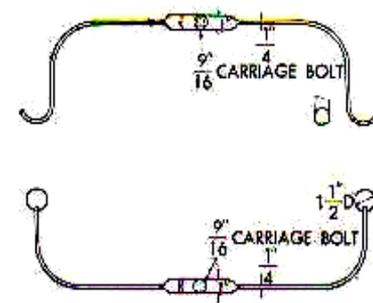
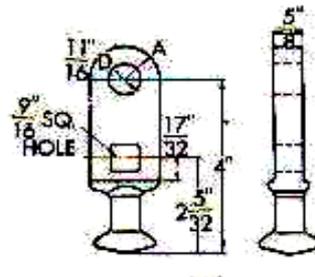
KLEM TEGANGAN TARIK



KAIT GANTUNG ATAS



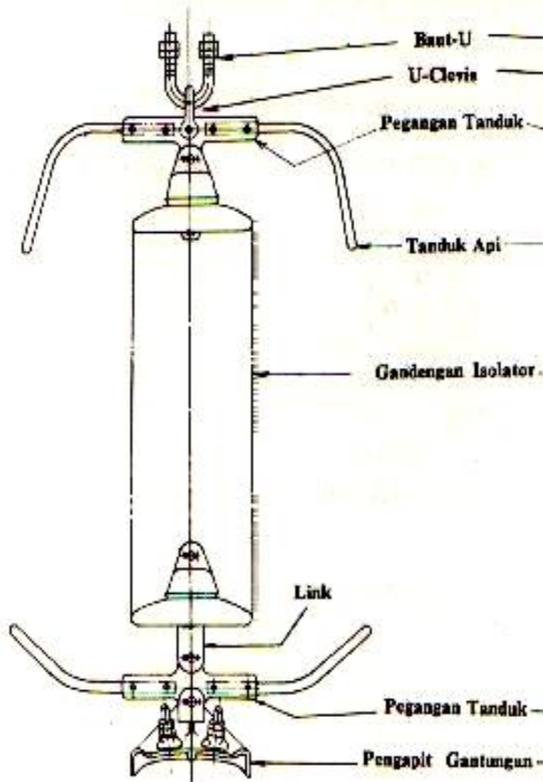
KAIT GANTUNG BAWAH



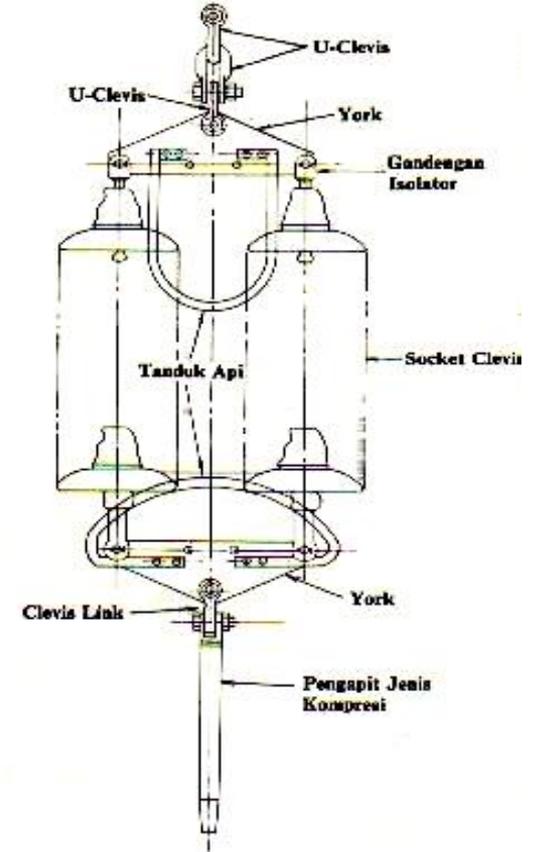
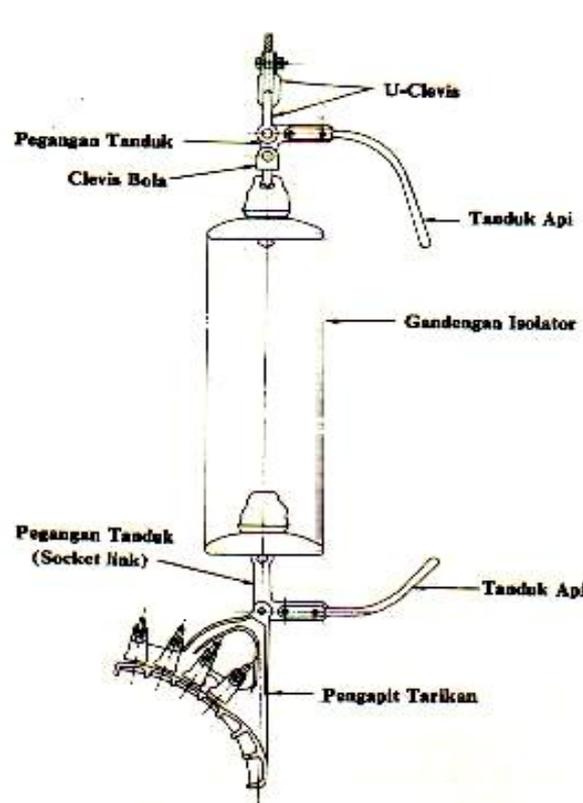
For suspension strings

TANDUK BUSUR (ARCHING HORN)

CONTOH : UNTAIAN (STRING)
ISOLATOR GANTUNG



UNTAIAN TARIK TUNGGAL & GANDA



1.5. JARAK BEBAS

1.5.1. JARAK ANTAR KONDUKTOR

⚡ Menurut VDE :

$$\delta = k \sqrt{b + l_k} + \frac{U_n}{150}$$

⚡ Menurut VAB :

(Voorschriften voor den Aanleg van Buitenleidingen)

$$\delta = \frac{6D}{g} b + \frac{U_n}{150}$$

dimana : δ = jarak antara kawat di andongan terendah [m]

k = faktor ayun tergantung angin & D_{kawat}
datar 0,7 - 0,6 ; vertikal : 0,95 - 0,7

b = panjang andongan [m]

l_k = panjang renteng isolator [m]

dimana : U_n = tegangan nominal antar kawat [kV]

δ = jarak antara kawat di andongan terendah [m]

D = diameter kawat [mm]

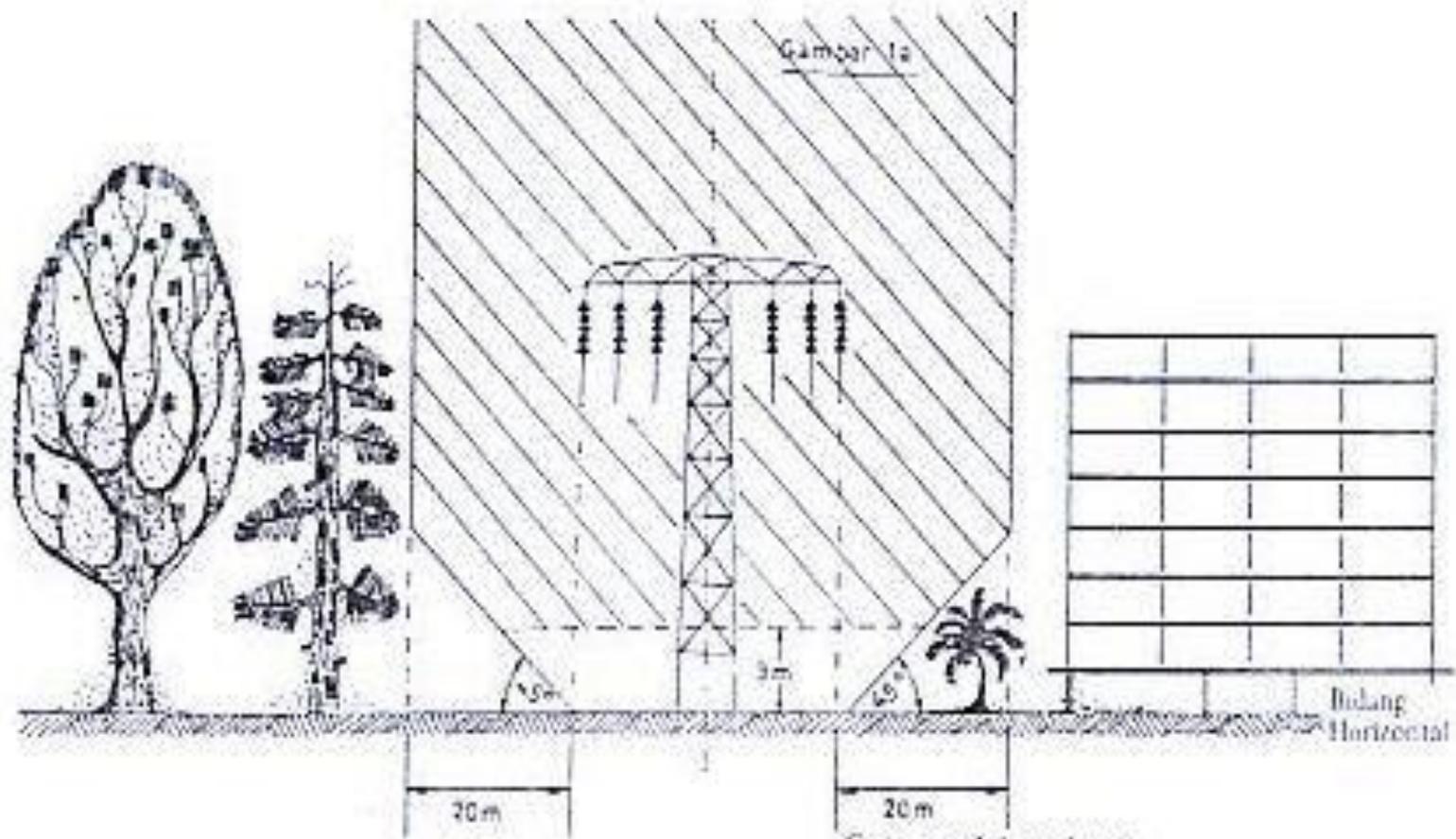
b = panjang andongan [m]

g = berat konduktor [kg/km]

1.5.2. JARAK BEBAS UNTUK MACAM-MACAM LINTASAN

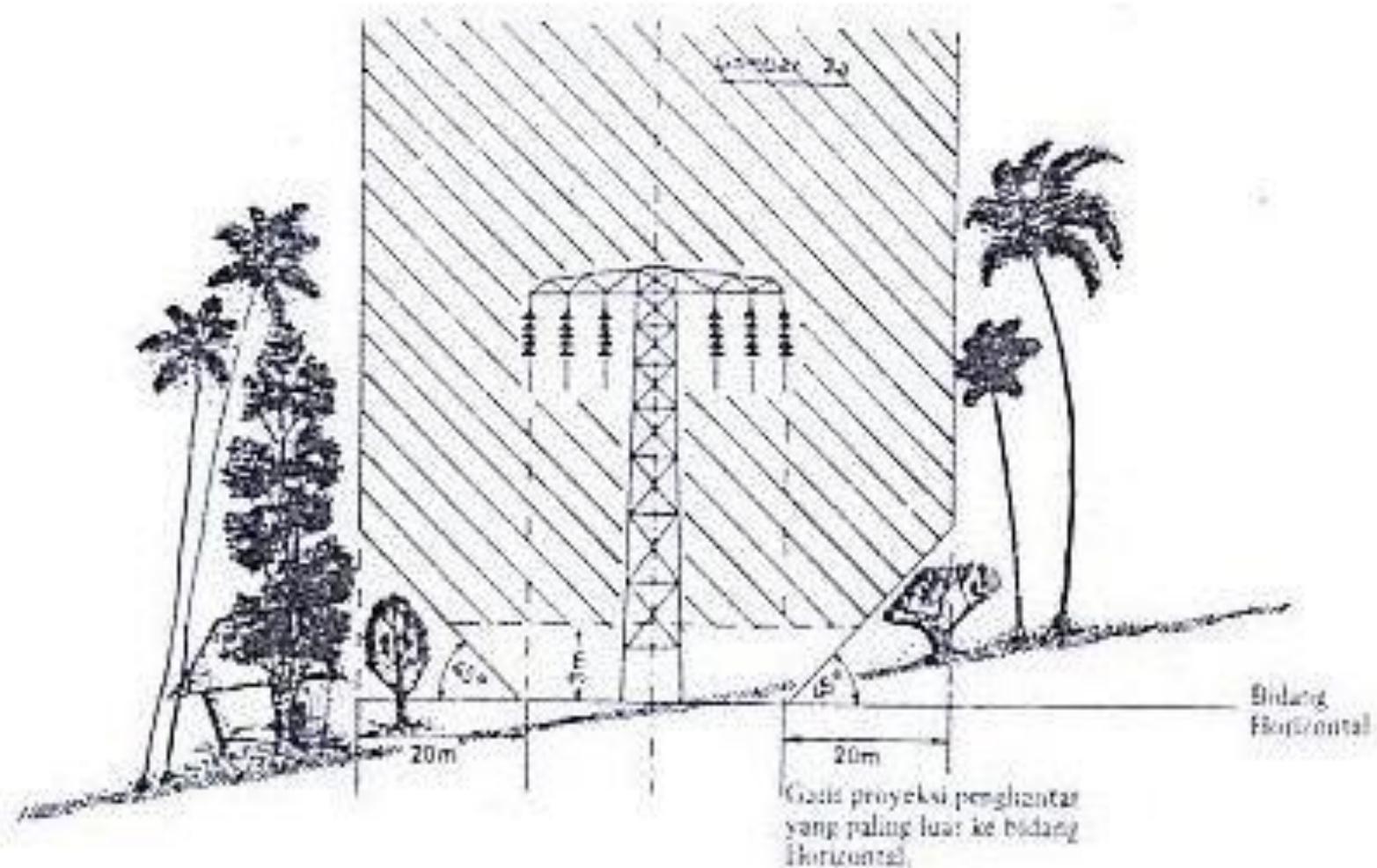
- ✈ Jarak hantaran udara tegangan tinggi dengan bagian benda di sekitarnya sekurang-kurangnya harus memenuhi angka-angka seperti dalam tabel berikut :

Tempat	Teg.Saluran	Jarak Ruang Bebas Min. [m]				doubl.-singl. Merz-Mc.Lell. 500 kV
		PUIL 77			PUIL + PLN	
		70 kV	150 kV	380 kV	500 kV	
Lapangan terbuka luar kota		6,5	7,5	8,5	9,3	10 - 11
Jalan raya		8	9	10	10,8	15
Pepohonan		3,5	4	5	5,8	8,5
Bangunan tidak tahan api		12,5	13,5	14,5	15,3	14 - 15
Bagian bangunan tahan api		3,5	4,5	5,5	6,2	8,5
SUTT lain, SUTR, telekomunikasi		3	4	5	5,8	8,5
Rel kereta api biasa		8	9	10	10,8	15
Jembatan besi, kerangka besi k.a		3	4	5	5,8	8,5
Tiang kapal saat air pasang		3	4	5	5,8	8,5



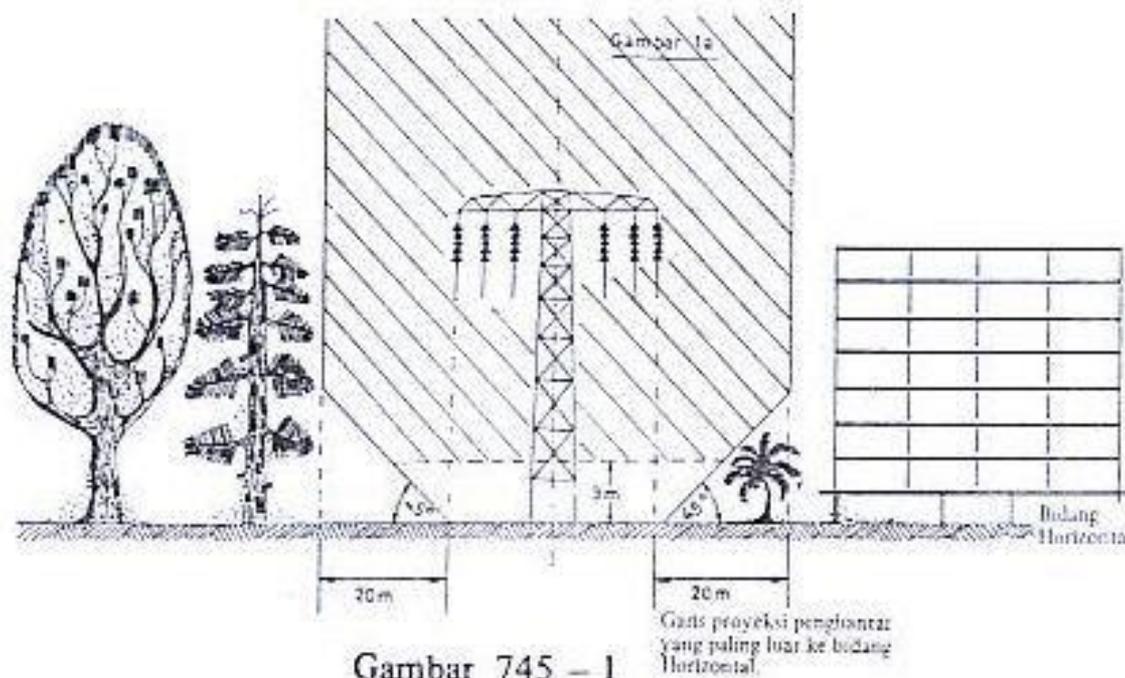
Gambar 745 - 1

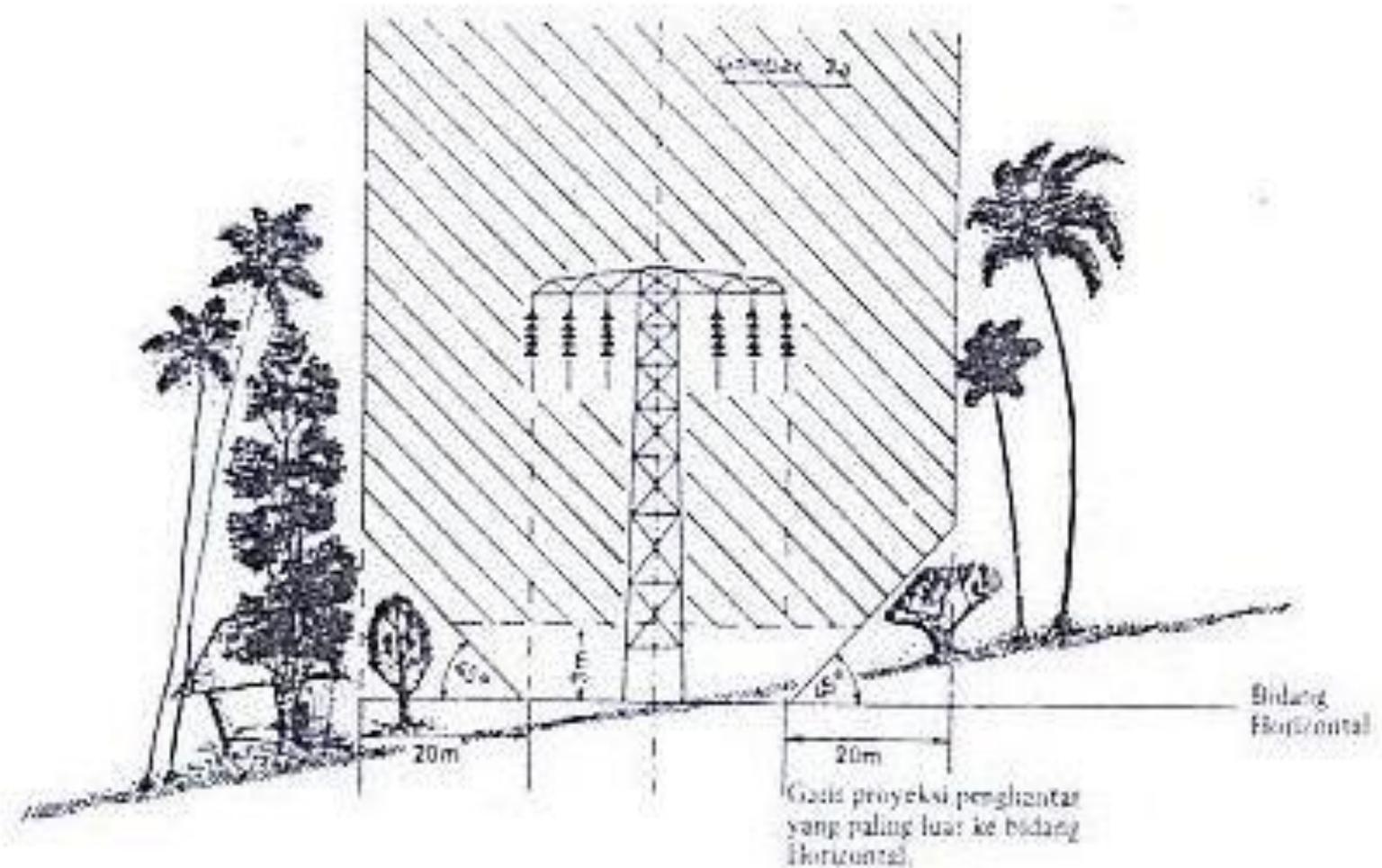
Garis proyeksi pengantar yang paling luar ke bidang Horizontal.



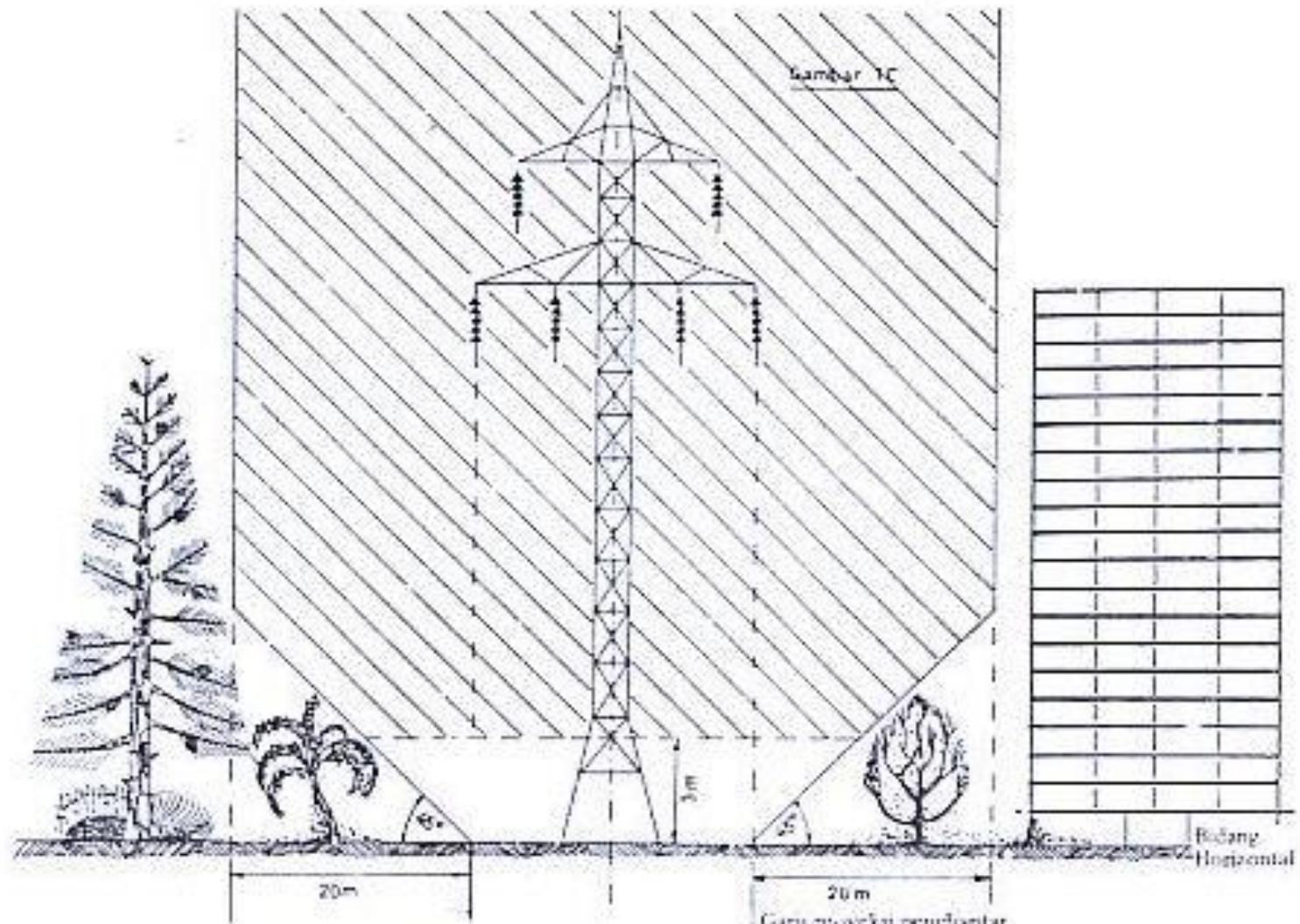
Gambar 745 - 2

- ✎ Untuk perlindungan terhadap bahaya kebakaran, maka jarak minimum antara gedung dengan proyeksi proyeksi hantaran paling luar pada bidang datar yang melewati bagian bawah kaki tiang adalah :
 - ✓ 20 m bagi pondasi yang letaknya terdekat dengan SUTT
 - ✓ 20 m bagi pompa pompa/tangki bensin diukur sampai bagian yang menonjol terdekat dengan SUTT.
 - ✓ 50 m bagi tempat penimbunan bahan bakar diukur dari sisi tangki terdekat dengan SUTT.
 - ✓ 3 m bagi pagar.





Gambar 745 - 2



Gambar 745 – 5

Garis proyeksi penghantar yang paling luar ke bidang Horizontal.

1.5.4. PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNET PADA MANUSIA

⚡ Pengaruh Medan Elektromagnet pada Manusia

(Abd.Kadir)

Pengaruh medan terhadap manusia, tergantung dari besarnya kuat medan itu sendiri. Pada tingkat rendah (kuat medan < 8 kV/m, mulai terasa seolah-olah ada yang merayap pada kulit, bulu badan mulai berdiri; kuat medan yang lebih tinggi lagi rambut kepalapun mulai berdiri. Kuat medan listrik yang tinggi akan membahayakan manusia, apalagi bila lama berada dalam medan tersebut.

⚡ Kuat Medan Elektromagnet dibawah Saluran (Merz & Mc.Lellan)

Tegangan nom.: 500 kV	2-sirkit	1-sirkit
Jarak bebas ke tanah	[kV/m]	[kV/m]
11 m	7,4	9,1
15 m	4,2	5,7
18 m	3	4,2

⚡ Pengaruh Medan Elektromagnet

(Abd.Kadir)

Kuat Medan Listrik [kV/m]	Batas Waktu Aman per 24 jam
hingga 5	tidak terbatas
5 - 10	3 jam
10 - 15	1,5 jam
15 - 20	10 menit
20 - 25	5 menit

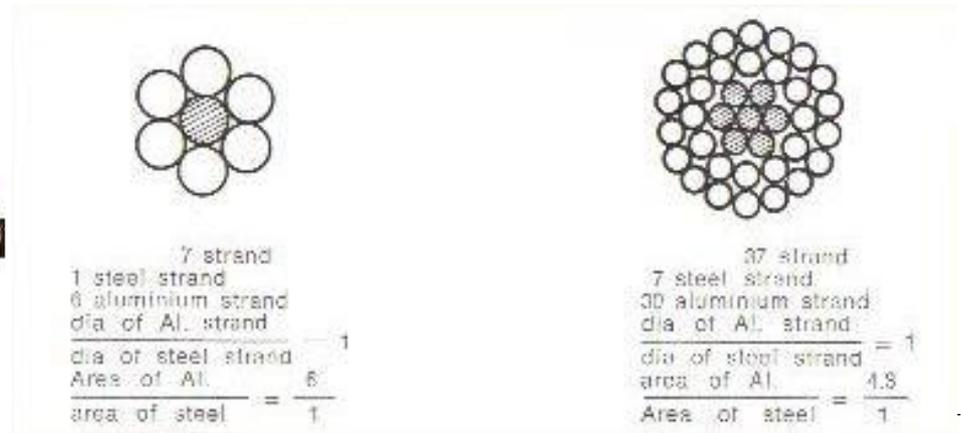
1.6. KONDUKTOR

1.6. 1. JENIS KONDUKTOR

⚡ Contoh beberapa Jenis Konduktor



Konduktor AAAC



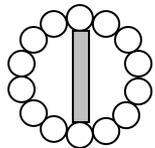
Konduktor ACSR →



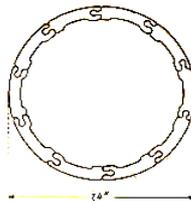
1.6.2. KORONA DAN BENTUK KONDUKTOR KHUSUS

⚡ Gejala Corona dan konduktor berkas

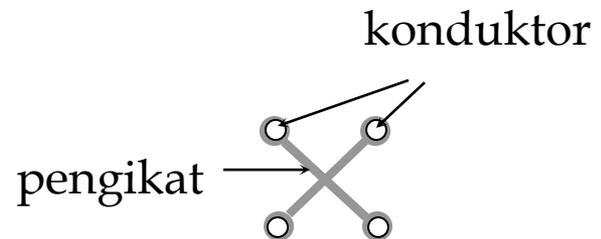
- ✓ Bila tegangan saluran dinaikkan terus menerus, maka pada suatu tegangan kritis visual, pada permukaan konduktor akan tampak cahaya violet yang disertai suara mendesis dan tercium bau ozon. Gejala ini disebut korona, yang dapat menimbulkan rugi daya dan gangguan komunikasi radio.
- ✓ Korona mulai terjadi pada gradien tegangan 30 kV/cm, dimana tegangan tembus udara terjadi. Tegangan kritis, dimana korona mulai timbul (V_0), dipengaruhi oleh : kepadatan udara, tekanan udara, cuaca dan jari-jari konduktor, serta kondisi permukaan konduktor.
- ✓ Maka untuk mengurangi pengaruh corona, diameter elektrik kawat diperbesar dengan cara penggunaan konduktor berkas atau konduktor bolong ; serta diusahakan agar permukaan konduktor tetap halus (tidak tergores). Demikian pula tanduk isolatornya berbentuk gelang atau bola untuk memperbesar diameter elektriknya.



Konduktor bolong
"Anaconda"



Konduktor bolong
(hollow conductor)



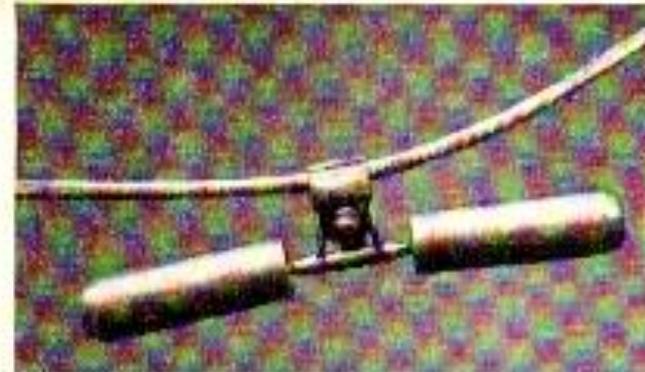
Berkas a' 4 konduktor

1.6.3. PENGARUH GETARAN KARENA ANGIN PADA KONDUKTOR

✦ Angin dan getaran pada konduktor

- ✓ Angin yang bertiup terus menerus menimbulkan getaran dan goyangan pada konduktor yang dapat menyebabkan kelelahan pada ujung klem, dan lama kelamaan merusak konduktor.
- ✓ Untuk itu bagian konduktor pada klem tumpu/gantung diperkuat dengan potongan kawat yang disebut "armor-rods" dan memasang alat peredam getaran "stockbridge damper" diujung

Armor rods



Stockbridge damper

4.9. PENGARUH MEDAN MAGNET ELEKTROMAGNETIK

➤ PENGARUH MEDAN ELEKTROMAGNET :

(A.Kadir)

Pengaruh medan terhadap manusia, tergantung dari besarnya kuat medan itu sendiri. Pada tingkat rendah (kuat medan < 8 kV/m, mulai terasa seolah-olah ada yang merayap pada kulit, bulu badan mulai berdiri; kuat medan yang lebih tinggi lagi rambut kepalapun mulai berdiri, Kuat medan listrik yang tinggi akan membahayakan manusia, apalagi bila lama berada dalam medan tersebut.

Kuat Medan Listrik [kV/m]	Batas Waktu Aman per 24 jam
hingga 5	tidak terbatas
5 - 10	3 jam
10 - 15	1,5 jam
15 - 20	10 menit
20 - 25	5 menit

➤ Kuat Medan Elektromagnet

(Merz & Mc.Lellan)

Tegangan nom.: 500 kV	2-sirkuit	1-sirkuit
Jarak bebas ke tanah	[kV/m]	[kV/m]
11 m	7,4	9,1
15 m	4,2	5,7
18 m	3	4,2

BAHAYA LISTRIK PADA TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI

BAHAYA LISTRIK PADA TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI

BAHAYA LISTRIK PADA INSTALASI TEGANGAN TINGGI / EKSTRA YANG PALING DOMINAN ADALAH GRADIEN TEGANGAN TINGGI ATAU TEGANGAN EKSTRA TINGGI ITU SENDIRI TERHADAP MAHLUK HIDUP MAUPUN TERHADAP BENDA-BENDA LAIN YANG BERADA PADA DAERAH SEKITARNYA

SEBAGAI CONTOH :

SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) KAWAT TELANJANG (PENGHANTAR) DI UDARA BERTEGANGAN ANTARA 35 KV SAMPAI 245 KV

SALURAN UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI (SUTET) KAWAT TELANJANG (PENGHANTAR) DI UDARA BERTEGANGAN DI ATAS 245 KV

UNTUK MENGANTISIPASI BAHAYA LISTRIK PADA TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI MAKA TELAH DITETAPKAN ADANYA JARAK AMAN TERHADAP INSTALASI TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI DIMAKSUD YANG DISEBUT RUANG BEBAS DAN RUANG AMAN TERUTAMA DISEKITAR SUTT / SUTET

RUANG BEBAS

RUANG BEBAS ADALAH RUANG SEKELILING PENGHANTAR (KAWAT LISTRIK) SUTT ATAU SUTET YANG BESARNYA TERGANTUNG TEGANGAN, TEKANAN ANGIN DAN SUHU KAWAT PENGHANTAR

RUANG TERSEBUT HARUS DIBEBASKAN DARI ORANG, MAHLUK HIDUP LAIN, MAUPUN BENDA APAPUN DI BAWAH JARINGAN SUTT/SUTET DEMI KESELAMATAN ORANG, MAHLUK HIDUP DAN BENDA LAIN SERTA KESELAMATAN INSTALASI

DAMPAK DARI KONDUKTOR YANG TERSENTUH OLEH BENDA ASING

TABEL JARAK BEBAS MINIMUM

ANTARA PENGHANTAR SUTT / SUTET DENGAN TANAH/BENDA LAIN

No.	LOKASI	66 kV (m)	150 kV (m)	500 kV (m)	
				SALURAN GANDA	SALURAN TUNGGAL
1.	Area terbuka	6,5	7,5	10	11
2.	Area dengan kondisi khusus				
2.1	Bangunan tidak tahan api	12,5	13,5	14	15
2.2	Bangunan tahan Api	3,5	4,5	8,5	8,5
2.3	Jalan Raya	8	9	15	15
2.4	Pohon, Hutan, or Kebun	3,5	4,5	8,5	8,5
2.5	Lapangan Olah Raga	12,5	13,5	14	15
2.6	Radio, Televisi, Antena Telekomunikasi, JTR, dan Penghantar kereta api	3	4	8,6	8,5
2.7	Kereta Api	8	9	15	15
2.8	Jembatan	3	4	8,5	8,5
2.9	Titik tertinggi kapal saat air pasang	3	4	8,5	8,5

RUANG AMAN

RUANG AMAN ADALAH RUANG YANG BERADA DILUAR RUANG BEBAS YANG TANAHNYA MASIH DAPAT DIMANFAATKAN

DALAM RUANG AMAN PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN KUAT MEDAN MAGNET SUDAH DIPERTIMBANGKAN DENGAN MENGACU KEPADA PERATURAN YANG BERLAKU. UNTUK MENDIRIKAN BANGUNAN DI DALAM RUANG AMAN, TETAP DIPERLUKAN IJIN MENDIRIKAN BANGUNAN (IMB) DARI PEMERINTAH DAERAH DAN MEMPERHITUNGKAN JARAK BEBAS DARI PLN

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI RUANG BEBAS DAN RUANG AMAN

FAKTOR-FAKTOR YANG MENENTUKAN RUANG BEBAS DAN RUANG AMAN ADALAH TEGANGAN KEKUATAN ANGIN DAN SUHU DISEKITAR PENGHANTAR

a. TEGANGAN

MAKIN BESAR TEGANGAN KERJA PENGHANTAR, MAKIN BESAR JARAK BEBAS MINIMUM (CLEARANCE). YAITU JARAK TERPENDEK DIJINKAN ANTARA KAWAT PENGHANTAR DAN BENDA ATAU KEGIATAN LAIN

b. ANGIN

MAKIN BESAR TEKANAN ANGIN, MAKIN BESAR AYUNAN KAWAT KE KIRI / KANAN, PADA SUATU GAWANG (JARAK ANTARA DUA MENARA) AYUNAN YANG TERBESAR KARENA PENGARUH ANGIN ADALAH PADA KAWAT PENGHANTAR YANG LENGKUNGANNYA PALING RENDAH SEDANGKAN AYUNAN SEMAKIN KECIL KE ARAH MENARA

c. SUHU KAWAT PENGHANTAR

MAKIN BESAR SUHU PENGHANTAR, MAKIN MENGENDOR KAWAT PENGHANTAR, SEHINGGA ANDONGANNYA MENJADI LEBIH BESAR, HAL INI SUDAH DIPERHITUNGGAN PADA SAAT MENDESAIN SUTT ATAU SUTET TERSEBUT

KENAIKAN SUHU DISEBABKAN OLEH SUHU DISEKELILING / OLEH BESARNYA ARUS YANG MENGALIR PADA KAWAT PENGHANTAR

PENGARUH MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET TERHADAP MANUSIA :

❑ MEDAN LISTRIK [KV / M]

❑ MEDAN MAGNET [mT]

MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET DI TEMPAT KERJA :

❑ SUTR, SUTM, SUTT, SUTET

**❑ MESIN PENDINGIN, MESIN KETIK ELEKTRONIK,
MESIN PHOTO COPY**

❑ MESIN LAS

❑ ALAT KERJA KOMPUTER DAN PRINTER

❑ MESIN KOMPRESOR, DAN LAIN-LAIN

MEDAN LISTRIK

- medan listrik adalah suatu medan atau lapangan yang dapat menimbulkan gaya pada partikel bermuatan listrik yang terletak dalam medan tersebut.
- medan listrik itu sendiri timbul oleh adanya partikel bermuatan listrik atau dengan kata lain oleh adanya tegangan listrik
- medan listrik berkurang kekuatannya selaras dengan bertambahnya jarak dari sumber satuan dari medan listrik adalah [kv/m].

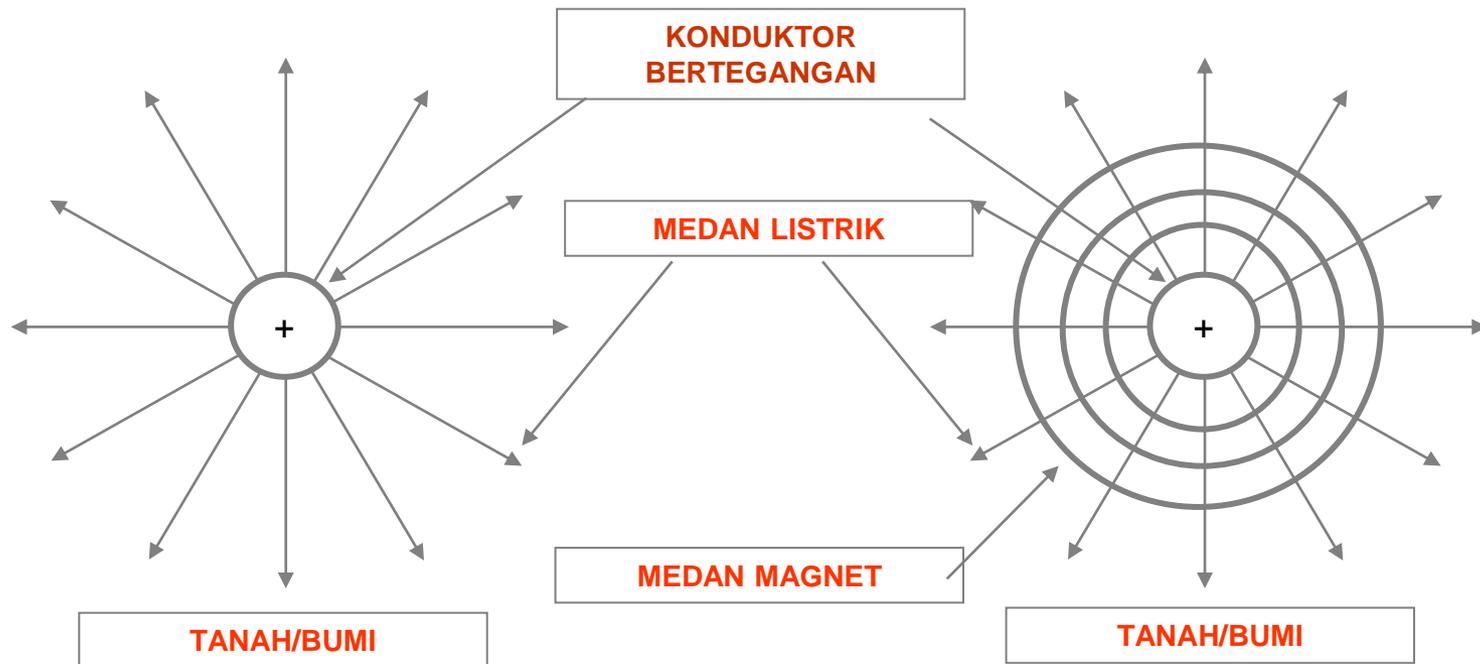


MEDAN MAGNET

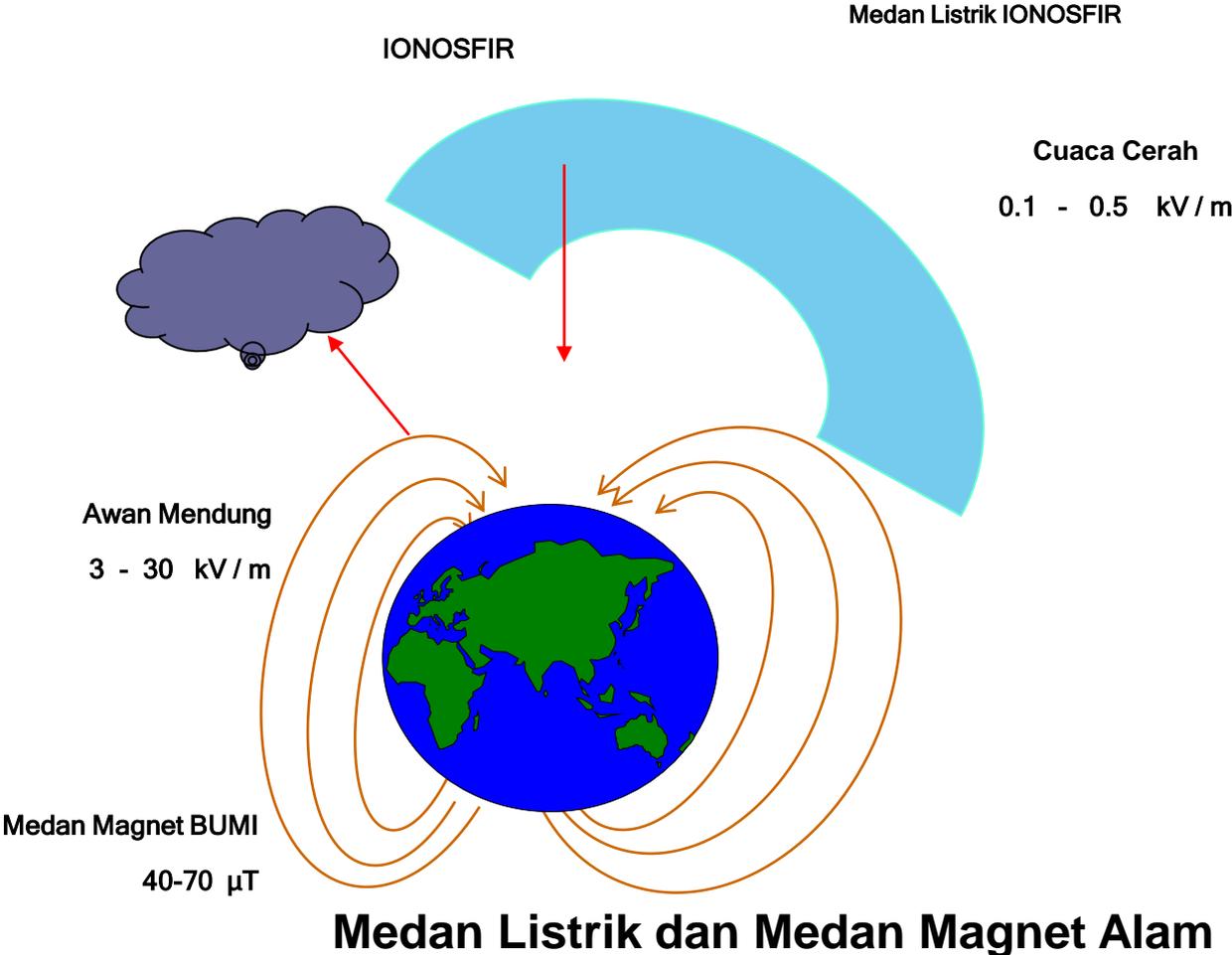
- medan magnet adalah suatu medan atau lapangan yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel bermuatan listrik.
- medan magnet ditimbulkan oleh benda-benda magnet atau konduktor yang dialiri arus listrik
- ada beberapa besaran dari medan magnet, salah satunya adalah induksi medan magnet atau rapat fluks magnet.
- satuannya T (tesla) atau G (gauss) atau wb/m^2 (weber/meter persegi)



POLA MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNIT DARI SUATU KONDUKTOR YANG MENGALIRKAN ARUS LISTRIK



SUMBER MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET



MEDAN LISTRIK

- **ANTARA IONOSFIR DAN PERMUKAAN BUMI : UDARA CERAH**
100 ÷ 500 VOLT / METER
- **AWAN MENDUNG YANG MENGANDUNG POTENSIAL PETIR**
MEMBANGKITKAN MEDAN LISTRIK
3000 ÷ 30.000 VOLT / METER

MEDAN MAGNET

MENYELIMUTI BUMI, KEKUATANNYA

40 ÷ 70 microTesla

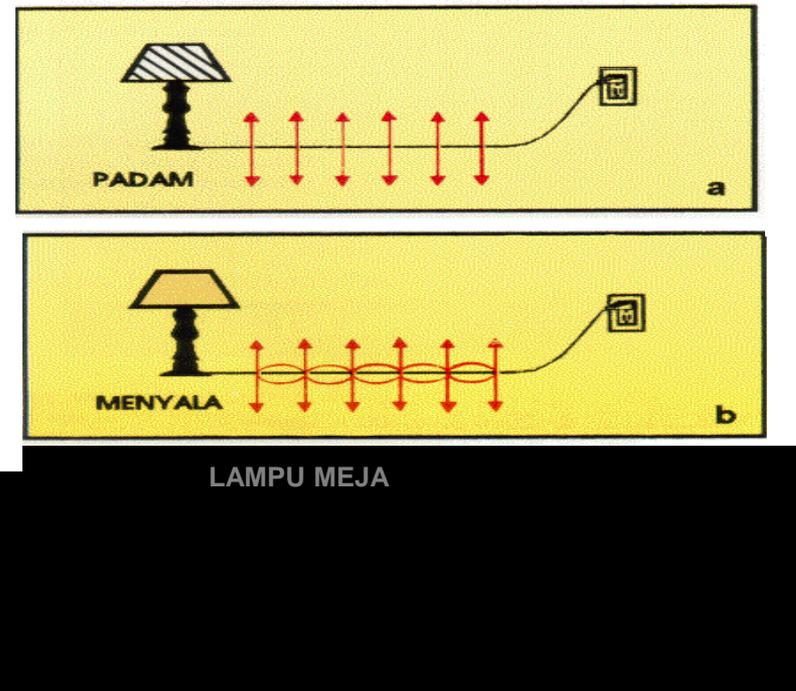
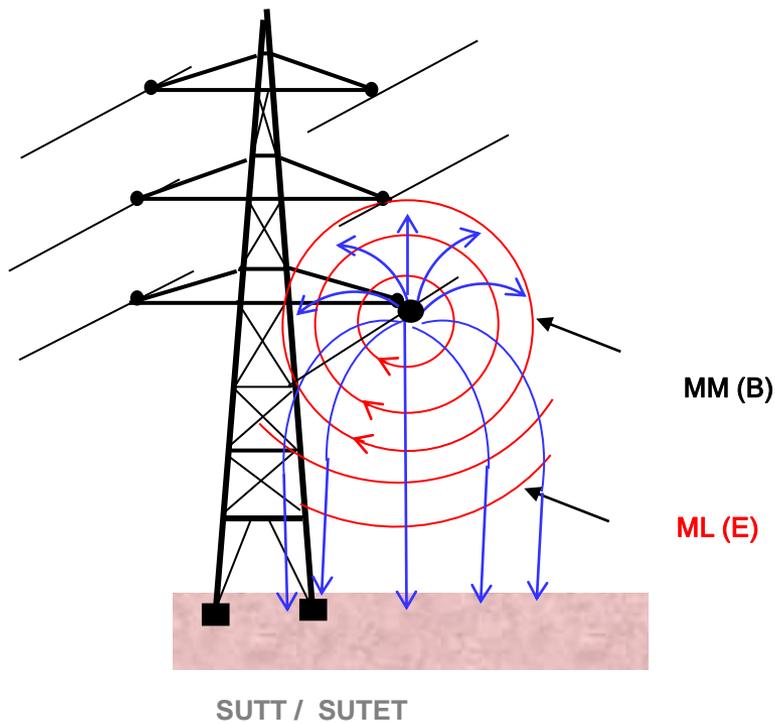
IT = 1000. mT ----> T = TESLA

IG = 1000. mG ----> G = GAUSS

IT = 10.000 . G.

SUMBER MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET

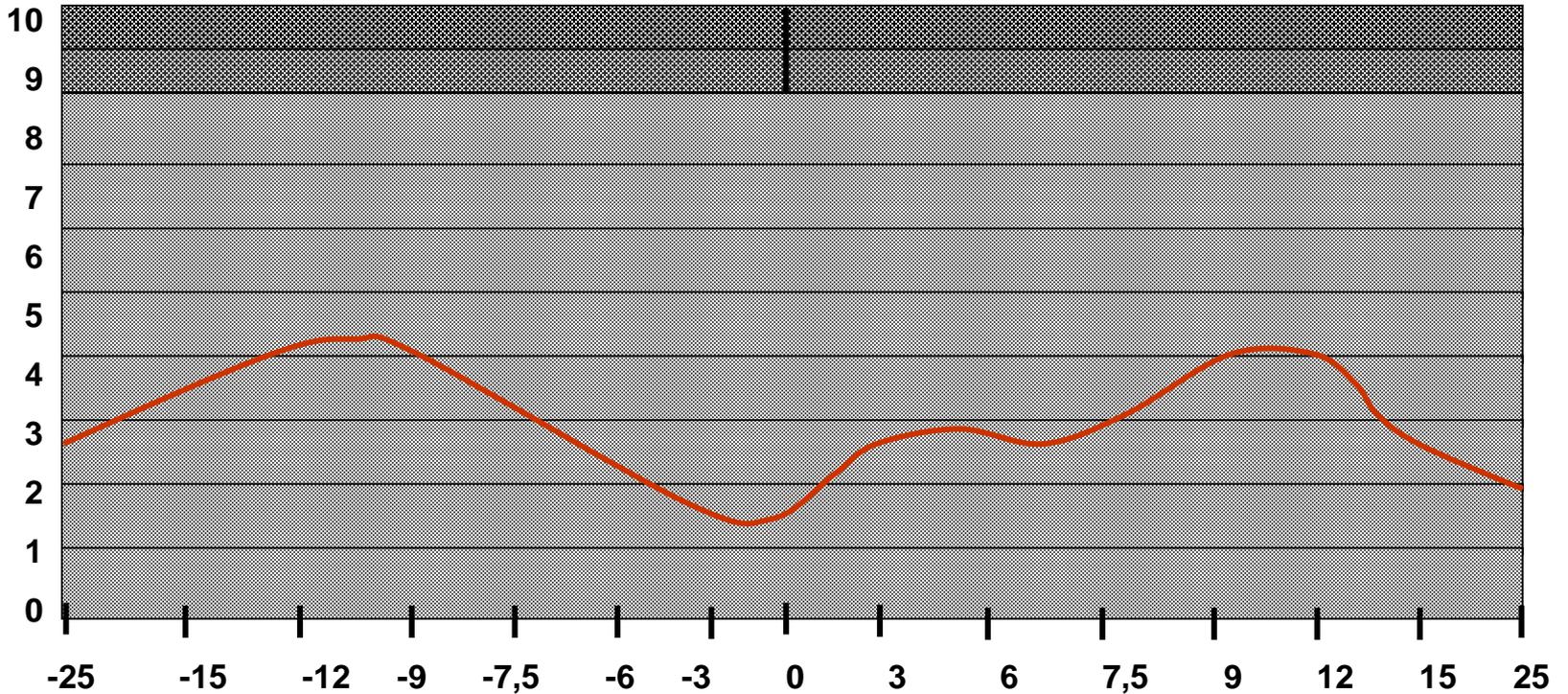
2. Medan Listrik dan Medan Magnet Buatan Manusia



HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN MAGNET DI BAWAH SUTET 500 KV KRIAN- PAITON OLEH ITS

Ambang batas WHO = 1000 mG

AS TENGAH TOWER



MEDAN MAGNET

Jarak Mendatar (m)

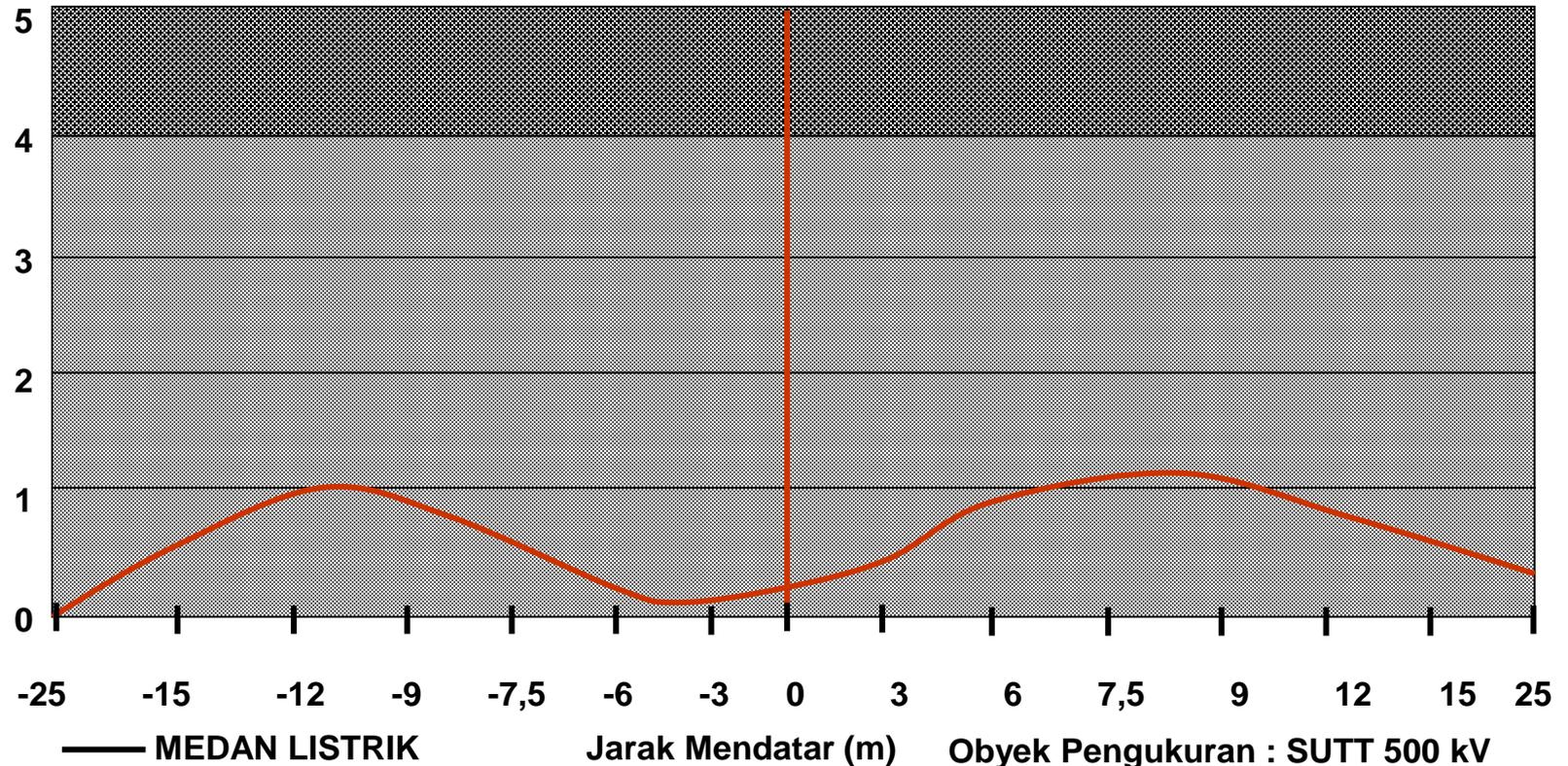
Obyek Pengukuran : SUTT 500 kV
lokasi Ds. Semambung Krian
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 15.30-16.30

HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN LISTRIK SUTET 500 KV KRIAN- PAITON OLEH ITS

DI BAWAH

Ambang batas WHO = 5 kV/m

AS TENGAH TOWER

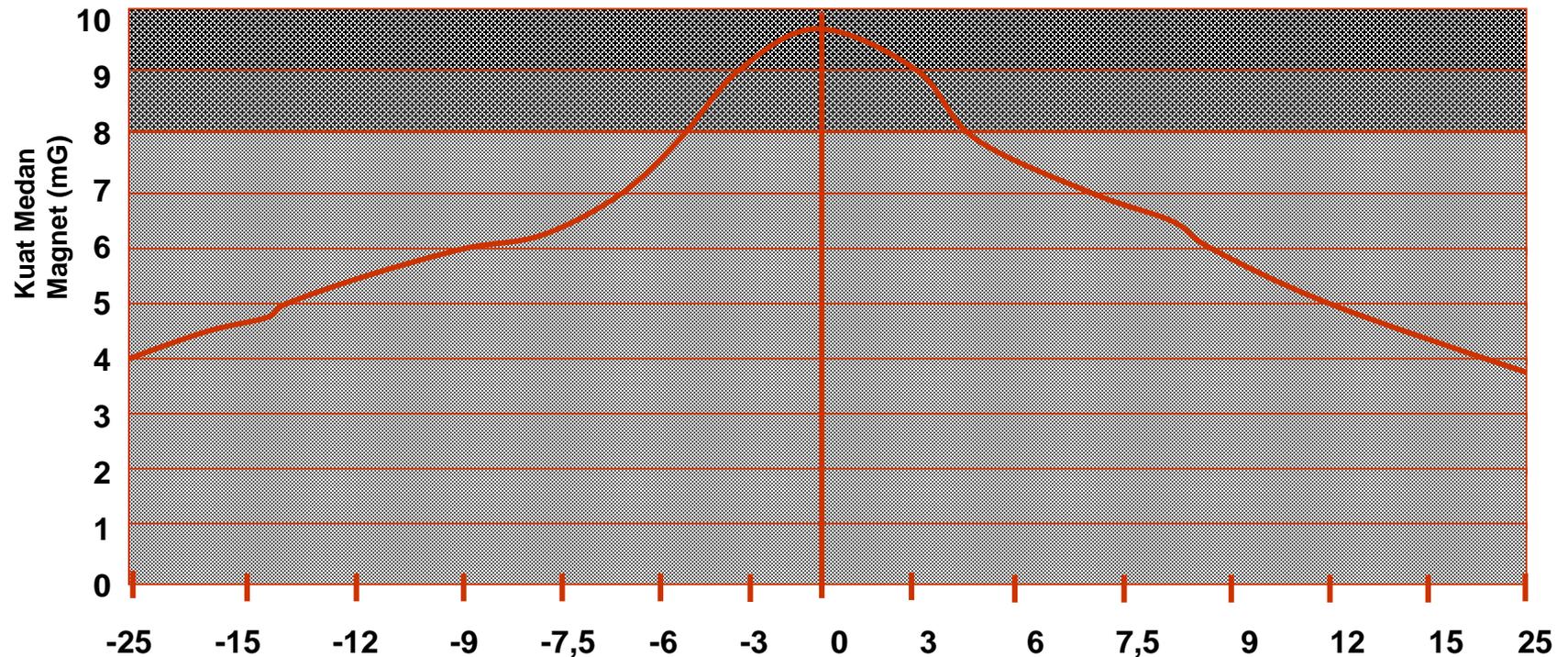


Obyek Pengukuran : SUTT 500 kV
lokasi Ds. Semambung Krian
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 15.30-16.30

HASIL PENGUKURAN KUAT MEDAN MAGNET DI BAWAH SUTT 150 KV SAWAHAN BARAT OLEH ITS

Ambang batas WHO = 1000 mG

AS TENGAH TOWER



MEDAN MAGNET

Jarak Mendatar (m)

Obyek Pengukuran : SUTT 150 kV
lokasi Jl. Raya Darmo II Surabaya
Tgl. 13 Juli 1997
waktu : Pkl. 17.00 - 17.30

**PEDOMAN NILAI AMBANG BATAS
KUAT MEDAN LISTRIK DAN KUAT MEDAN MAGNET YANG
DIPAKAI PLN**

PERATURAN	MEDAN LISTRIK	MEDAN MAGNET
<p>STANDAR PLN (SPLN NO. 112/1994)</p> <p>INIRC MENGENAI PETUNJUK BATAS-BATAS PEMAPARAN TERHADAP MEDAN LISTRIK DAN MEDAN MAGNET (EMF) 50/60 HZ/REKOMENDASI WHO IRPS 1990</p>	<p>WORKING HOUR E (MAX) : 10 kV/m</p> <p>CONTINUOUSLY E (MAX) : 5 Kv/m</p>	<p>WORKING HOUR B (MAX) : 0,5 mT</p> <p>CONTINUOUSLY B (MAX) : 0,1 mT</p>

REFERENSI : KEPUTUSAN DIREKSI PT PLN (Persero) NO. 031.K/008/DIR/1997 TANGGAL 14 APRIL 1997

PROTEKSI BAHAYA

“JARAK AMAN BEKERJA”

Jarak aman atau diluar jangkauan :

TEGANGAN (KV)	JARAK (cm)
1	50
12	60
20	75
70	100
150	125
220	160
500	300



**TABEL JARAK AMAN MENURUT ESA
(*ELECTRICAL SAFETY ADVICES*)**

SISTEM TEGANGAN (kV)	JARAK AMAN (CM)
20	70
30	85
70	100
150	150
500	500

SUTM

No.	Lokasi pemasangan	Penghantar udara telanjang	Penghantar udara berisolasi
1	Jalan umum	5 meter	5 meter
2	Bukan jalan umum	5 meter	4 meter
3	Halaman rumah	5 meter	3 meter

Right Of Way (ROW)

Saluran Udara	Jarak horizontal dari sumbu vertikal menara/tiang untuk ROW	Pembulatan
1. SUTT 150 kV Tiang Baja	5,80 meter	6 meter
2. SUTT 150 kV Menara	9,46 meter	10 meter
3. SUTET 500 kV Sirkit Ganda	16,56 meter	17 meter
4. SUTET 500 kV Sirkit Tunggal	21,26 meter	22 meter

KONDUKTOR

- Konduktor adalah media untuk tempat mengalirkan arus listrik dari Pembangkit ke Gardu induk atau dari GI ke GI lainnya, yang terentang lewat tower-tower.
- Konduktor pada tower tension dipegang oleh tension clamp, sedangkan pada tower suspension dipegang oleh suspension clamp, dibelakang clamp tersebut dipasang rentengan isolator yang terhubung ke tower.

Bahan Konduktor

- Bahan konduktor yang baik memiliki sifat-sifat:
 - konduktivitas tinggi.
 - kekuatan mekanikal tinggi
 - berat jenis rendah
 - biaya rendah
- Tembaga memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanikalnya cukup baik, namun harganya mahal dan rawan pencurian.
- Aluminium harganya lebih rendah dan lebih ringan namun konduktivitas dan kekuatan mekanikalnya lebih rendah.

Bahan Konduktor

- Konduktor pada SUTT/SUTET merupakan kawat berkas (stranded) atau serabut yang dipilin, agar mempunyai kapasitas yang lebih besar dibanding kawat pejal.
- Pada umumnya SUTT maupun SUTET menggunakan ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) → Standard SPLN 41-7 untuk transmisi jarak jauh & tegangan tinggi

Urutan Fasa

- Pada SUTT dikenal fasa R, S dan T yang urutan fasanya selalu R diatas, S ditengah dan T dibawah.
- Pada SUTET urutan fasa tidak selalu berurutan karena selain panjang, banyak dipengaruhi oleh faktor kapasitansi dari bumi maupun konfigurasi yang tidak selalu vertikal.
- Guna keseimbangan impedansi penyaluran maka setiap 100 km dilakukan transposisi letak kawat fasa.

Penampang & Jumlah Konduktor

- Penampang dan jumlah konduktor disesuaikan dengan kapasitas daya yang akan disalurkan
- Jika kawat terlalu kecil maka kawat akan panas dan rugi transmisi akan besar.
- Kenaikan temperatur yang berlebihan akan berpengaruh terhadap andongan (sag) dan juga kekuatan tarik dari penghantar tersebut
- Penampang & jumlah kawat pada SUTET mempengaruhi besarnya corona yang ditengarai dengan bunyi desis atau berisik.

Jarak antar Kawat Fasa

- Jarak antar kawat fasa maupun kawat berkas disesuaikan dengan tegangan operasinya.
- Jarak kawat antar fasa SUTT 70kV idealnya 3 meter, SUTT 150 kV = 6 meter dan SUTET 500 kV = 12 meter, untuk menghindari terjadinya efek ayunan yang dapat menimbulkan flash over antar fasa.
- Jarak antara kawat fasa pada SUTET mempengaruhi besarnya corona yang ditengarai dengan bunyi desis atau berisik.

Perlengkapan Konduktor

- Spacer & vibration damper merupakan fitting kawat penghantar adalah:.
- Repair sleeve & armor rod dipasang untuk keperluan perbaikan
- Mid span joint adalah sambungan kawat
- Repair sleeve adalah selongsong aluminium yang terbelah menjadi dua bagian dan dapat ditangkapkan pada kawat penghantar yang berfungsi untuk memperbaiki konduktifitas kawat yang rantas. Cara pemasangannya dipress dengan hydraulic tekanan tinggi

Perlengkapan Konduktor

- Bola pengaman & lampu aviasi adalah rambu peringatan terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot bahwa terdapat kawat transmisi.
- Bola pengaman dipasang pada ground wire pada setiap jarak 50 m hingga 75 m sekitar lapangan/bandar udara.
- Lampu aviasi yang terpasang pada tower dengan supply dari Jaringan tegangan rendah
- Lampu aviasi yang terpasang pada konduktor dengan sistem induksi dari konduktor

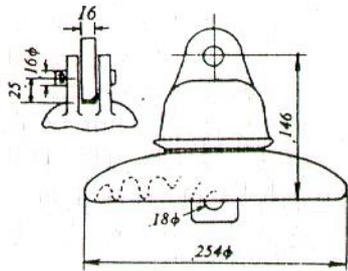
Perlengkapan Konduktor

- Arcing horn adalah peralatan yang dipasang pada sisi Cold (tower) dari rencengan isolator.
- Fungsi arcing horn:
 - Media pelepasan busur api dari tegangan lebih antara sisi Cold dan Hot (konduktor)
 - Berguna untuk memotong tegangan lebih bila terjadi: sambaran petir; switching; gangguan, sehingga dapat mengamankan peralatan yang lebih mahal di Gardu Induk (Transformator)

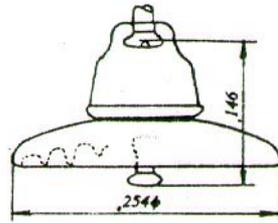
Perlengkapan Konduktor

- Guarding ring : peralatan yang dipasang pada sisi Hot (konduktor) dari rencengan isolator.
- Berbentuk oval, mempunyai peran ganda yaitu sebagai arcing horn maupun pendistribusi tegangan pada beberapa isolator sisi Hot (konduktor).
- Umumnya dipasang di setiap tower tension maupun suspension sepanjang transmisi.
- Arcing ring : berbentuk lingkaran, berperan sama seperti guarding ring, namun hanya terpasang di tower dead end dan gantry GI

ISOLATOR

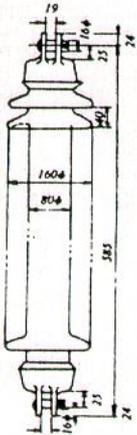


(a) Jenis Clevis



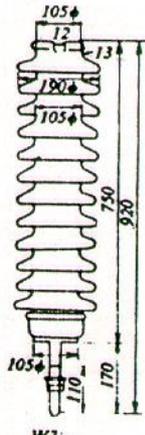
(b) Jenis Ball & Socket

Isolator Gantung 250 mm.



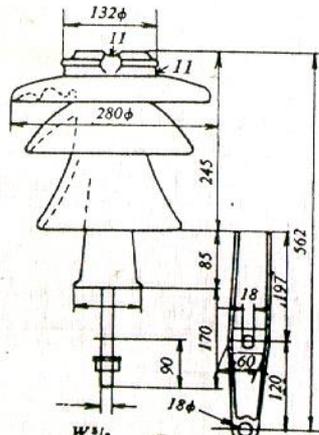
(LC-8010)

Isolator Batang Panjang.



(LP-60)

Isolator Pos Saluran.



Isolator Jenis Pasak.

ISOLATOR

- Isolator adalah media penyekat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.
- Pada SUTT/SUTET umumnya isolator terbuat dari porselen atau kaca dan berfungsi sebagai isolasi tegangan listrik antara kawat penghantar dengan tower.

Nilai Isolasi

- Besarnya isolasi pada umumnya 3 hingga 3,3 kali tegangan sistem, agar tahan terhadap muka tegangan petir pada waktu 1,2 mikro detik.
- Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada isolasinya, maka akan terjadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

Jenis Isolator

Menurut bentuknya:

- 1. Piringan** yaitu isolator yang berbentuk piring, salah satu sisi dipasang semacam mangkuk logam dan sisi lainnya dipasang pasak.
 - Antara pasak dengan mangkuk diisolasi dengan semen khusus.
 - Sambungan isolator yaitu batang pasak dan mangkuknya terbuat dari logam digalvanis dengan zink agar tidak berkarat
 - Ada dua macam model sambungannya: ball & socket; clevis & eye

Jenis Isolator

- Pemasangan isolator jenis piring ini digandeng-gandengkan yang jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan isolasi terhadap tegangan di transmisi tersebut
- Isolator piring ini bisa dipakai sebagai isolator gantung maupun isolator tarik/penegang.
- Pada isolator gantung pada umumnya dilengkapi dengan:
 - Tanduk busur (arcing horn) berfungsi untuk melindungi isolator dari tegangan surja.
 - Cincin perisai (guarding ring) berfungsi untuk meratakan (mendistribusikan) medan listrik dan distribusi tegangan yang terjadi pada isolator

Jenis Isolator

- 2. Long rod** adalah isolator yang berbentuk batang panjang, di kedua ujungnya dipasang sarana penghubung yang terbuat dari logam. Sirip-sirip isolator berada di antara kedua ujung tersebut.
- Isolator jenis ini dipakai sebagai isolator gantung.

Jenis Isolator

- 3. Post isolator** adalah isolator berbentuk batang panjang, di kedua ujungnya dipasang sarana penghubung yang terbuat dari logam.
 - Isolator ini dipakai sebagai isolator yang didudukan.
- 4. Pin isolator** adalah isolator berbentuk pasak
 - Isolator ini tidak digunakan di SUTTT/SUTET, namun digunakan di SUTM/SUTR

Jenis Isolator

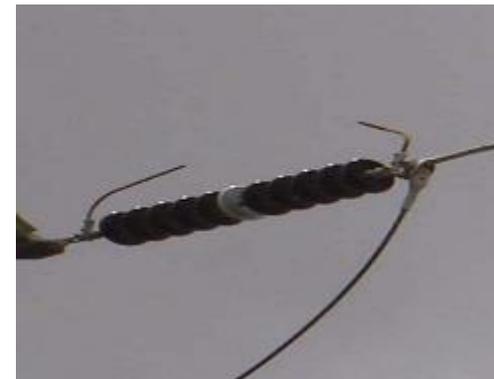
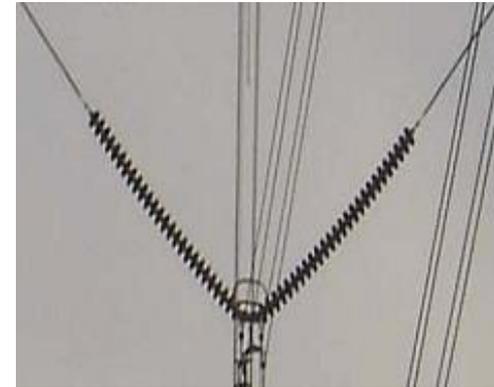
Menurut bahannya:

1. **Bahan Keramik/porselen:** mempunyai keunggulan tidak mudah pecah, tahan terhadap cuaca, harganya relatif mahal.
 - Pada umumnya isolator menggunakan bahan ini.
2. **Bahan gelas/kaca:** mempunyai kelemahan mudah pecah namun harganya murah
 - Digunakan hanya untuk isolator jenis piring.

Jenis Isolator

Menurut bentuk pasangannya

- "I" string
- "V" string
- Horizontal string
- Single string
- Double string
- Quadruple



Spesifikasi Isolator

- Fabrikasi setiap isolator harus mencantumkan:
 - Standar mutu (mis: dari IEC)
 - Model sambungan
 - Kuat mekanik (kN)
 - Diameter (mm)
 - Tegangan tembus (kV)
 - Panjang antar sambungan (mm)
 - Tegangan lompatan impuls kondisi kering (kV)
 - Tegangan lompatan api frekwensi rendah basah (kV)
 - Type
 - Panjang alur (mm)
 - Berat satuan (kg)

Speksifikasi Isolator

1. Karakteristik listrik Isolator

- Bahan Isolator yang diapit oleh logam merupakan kapasitor. Kapasitansinya diperbesar oleh polutan maupun kelembaban udara dipermukaannya.
- Bagian ujung saluran mengalami tegangan permukaan yang paling tinggi, sehingga dibutuhkan arcing horn untuk membagi tegangan tersebut lebih merata ke beberapa piring isolator lainnya.

Speksifikasi Isolator

2. Karakteristik mekanik

- Isolator harus memiliki kuat mekanik guna menanggung beban tarik kawat maupun beban berat isolator dan kawat penghantar.
- Umumnya mempunyai Safety faktor .

Perlengkapan/fitting Isolator

- Berfungsi untuk menghubungkan rencengan isolator dengan arm tower maupun kawat penghantar, diantaranya: U bolt; shackle; ball eye; ball clevis; socket eye; socket clevis; link; extension link; double clevis, dan lain sebagainya
- Bahan terbuat dari baja digalvanis dan mempunyai kuat mekanik sesuai beban yang ditanggungnya.

Tension Clamp

- Tension clamp adalah alat untuk memegang ujung kawat penghantar, berfungsi untuk menahan tarikan kawat di tower tension.
- Pemasangan tension clamp harus benar-benar sempurna agar kawat penghantar tidak terlepas.
- Sisi lain dari tension clamp dihubungkan dengan perlengkapan isolator. agar tidak terjadi pemanasan yang akhirnya dapat memutuskan hubungan kawat jumper .

Tension Clamp

- Pada tower tension dibutuhkan kawat penghubung antara kedua ujung kawat penghantar di kedua sisi cross arm, kawat ini disebut jumper.
- Bagian bawah tension clamp terdapat plat berbentuk lidah untuk menghubungkan kawat jumper tersebut. Sambungan ini harus kuat dan kencang



Suspension clamp

- Suspension clamp adalah alat yang dipasangkan pada kawat penghantar ke perlengkapan isolator gantung, berfungsi untuk memegang kawat penghantar pada tower suspension.
- Kawat penghantar sebelum dipasang suspension clamp pada harus dilapisi armor rod agar mengurangi kelelahan bahan pada kawat akibat dari adanya vibrasi atau getaran pada kawat penghantar.

Compression Joint

- Karena masalah transportasi, panjang konduktor dan GSW dalam satu gulungan (haspel) mengalami keterbatasan. Oleh karenanya konduktor dan GSW tersebut harus disambung.
- Sambungan (joint) harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain :
 - konduktivitas listrik yang baik
 - kekuatan mekanis dan ketahanan yang tangguh

Compression Joint

- Compression joint adalah material untuk menyambung kawat penghantar yang cara penyambungannya dengan alat press tekanan tinggi.
- Compression joint kawat penghantar terdiri dari dua komponen yang berbeda yaitu:
 - Selongsong baja berfungsi untuk menyambung baja atau bagian dalam kawat penghantar ACSR
 - Selongsong aluminium berfungsi untuk menyambung aluminium atau bagian luar kawat penghantar ACSR

Compression Joint

- Penyambungan kawat didahului dengan penyambungan kawat baja, dilanjutkan dengan penyambungan kawat aluminium.
- Penempatan compression joint harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:
 - Diusahakan agar berada di tengah-tengah gawangan atau bagian terendah daripada andongan kawat.
 - Tidak boleh berada di dekat tower tension (sisi kawat yang melengkung ke bawah terhadap tengah gawang).
 - Tidak boleh di atas jalan raya, rel KA, SUTT lain

Spacer

- Spacer adalah alat perentang kawat penghantar terbuat dari bahan logam dan berengsel yang dilapisi karet.
- Pada SUTET spacer ini merangkap sebagai vibration damper.
- Fungsi spacer adalah:
 - Memisahkan kawat berkas agar tidak beradu
 - Pada jarak yang diinginkan dapat mengurangi bunyi desis / berisik corona
- Penempatan yang dipandu dari fabrikasi dapat mengurangi getaran kawat

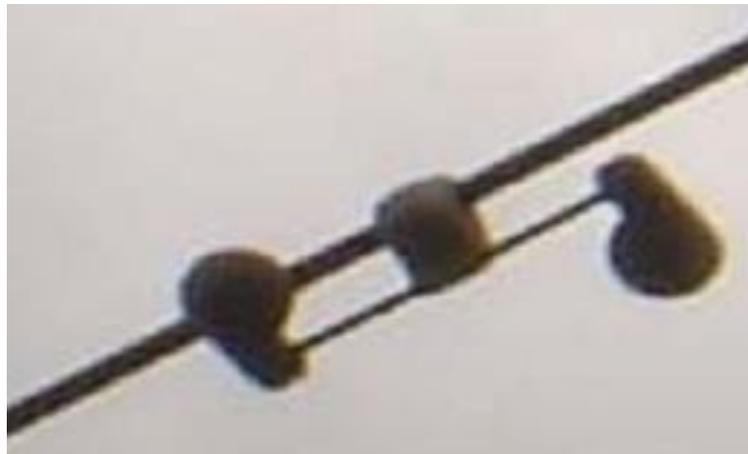
Spacer

- Spacer untuk konduktor berkas 2 kawat (twin conductors)
- Spacer untuk konduktor berkas 4 kawat (quadruple)



Damper

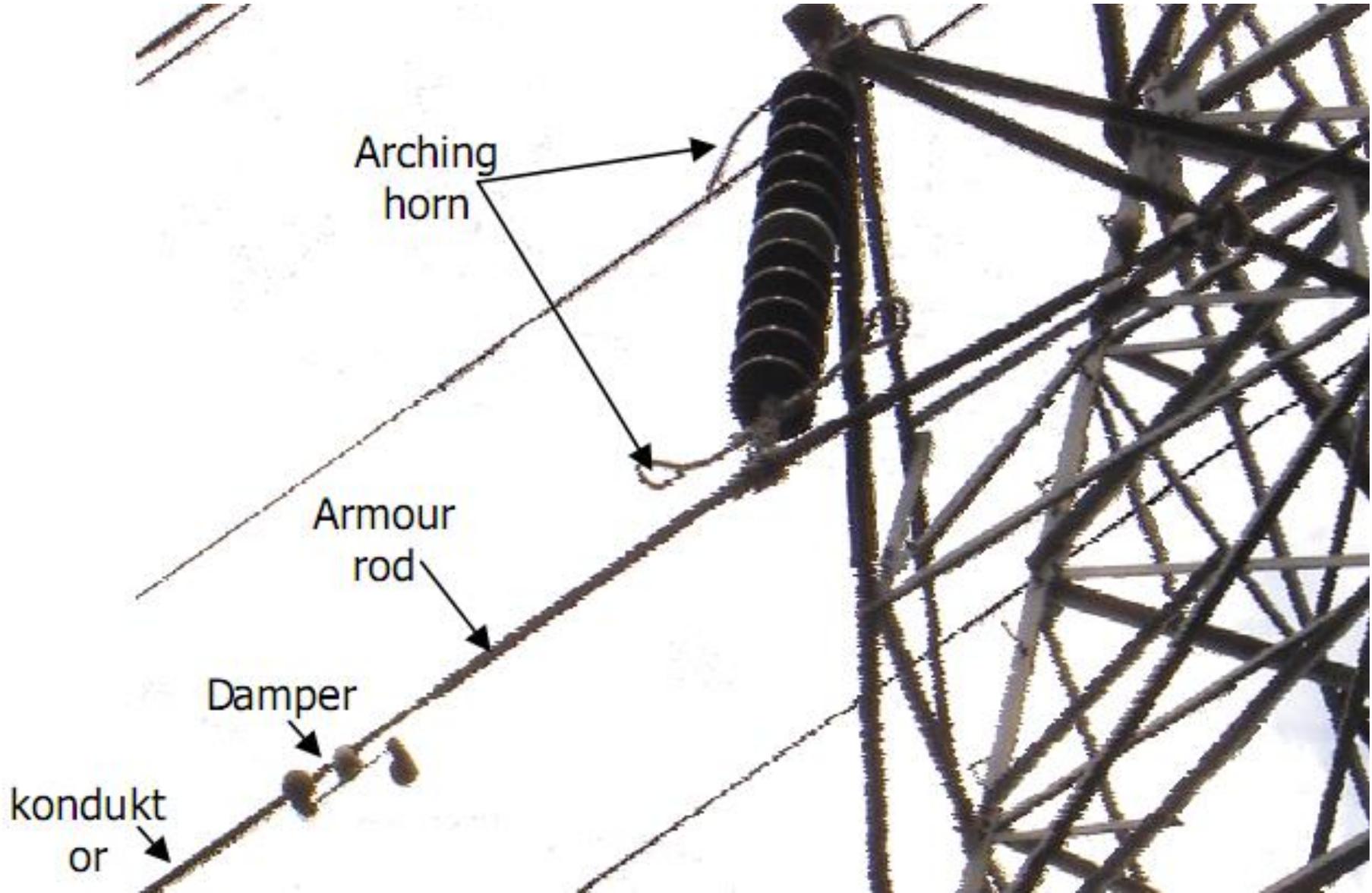
- Damper atau vibration damper adalah alat yang dipasang pada kawat penghantar dekat tower, berfungsi untuk meredam getaran agar kawat tidak mengalami kelelahan bahan.
- Bentuk damper menyerupai dua buah bandul yang dapat membuang getaran kawat.

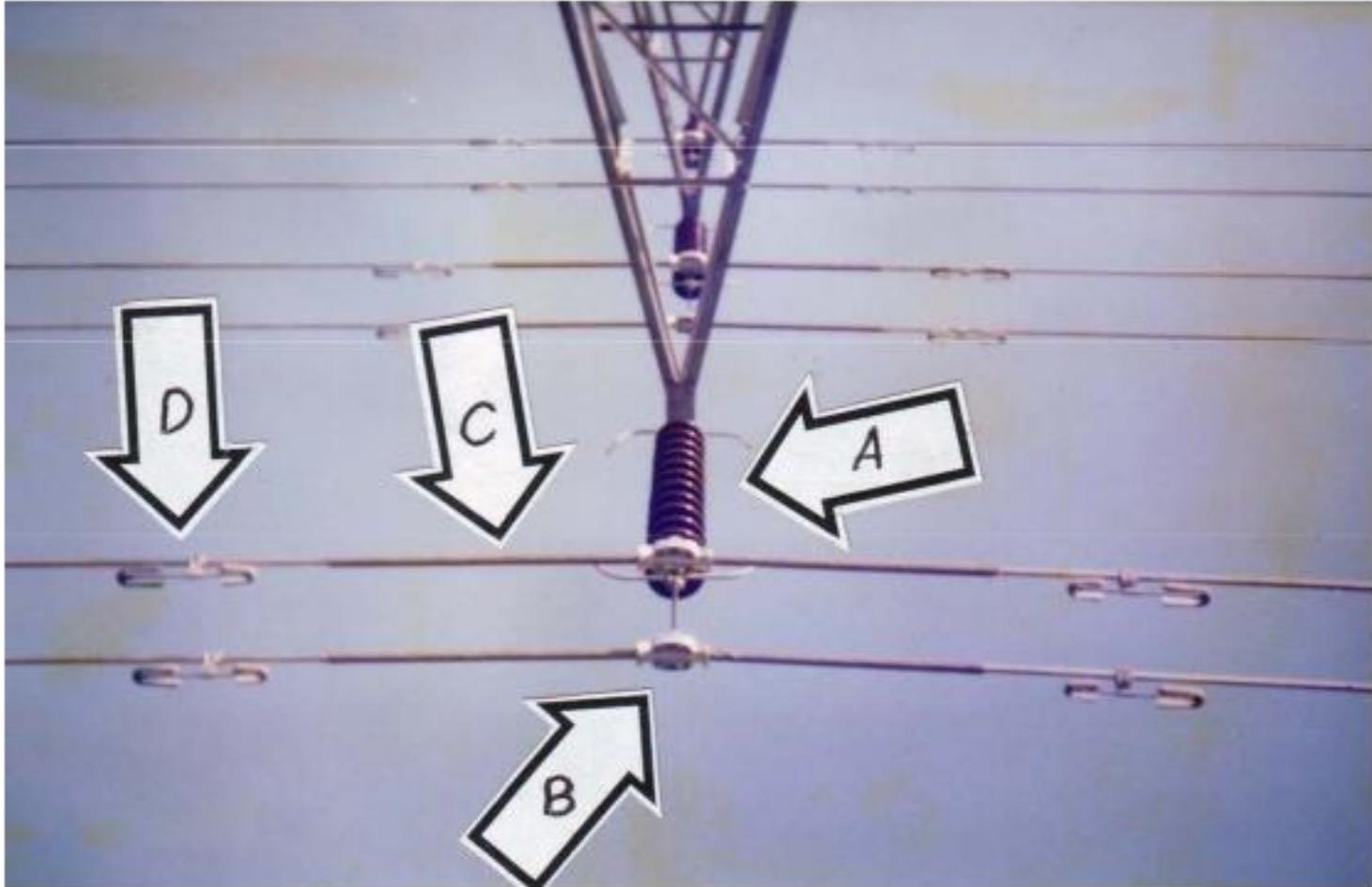


Armor Rod

- Armor rod adalah alat berupa sejumlah urat kawat yang dipilin, berfungsi untuk melindungi kawat dari kelelahan bahan maupun akibat adanya kerusakan.
- Bahan armor rod adalah aluminium keras, sehingga dapat menjepit kawat dengan erat.

Pemasangan Pelindung Kawat Tranmisi





Gambar 48 :
Single Suspension Insulator Strings(A), Suspension Clamp
(B), Armour Rod (C) dan Dumper (D)

Kawat Tanah

- Kawat Tanah atau earth wire (kawat petir / kawat tanah) adalah media untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir.
- Kawat ini dipasang di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, karena dianggap petir menyambar dari atas kawat.
- Namun jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan kawat fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan.

Kawat Tanah

- Kawat pada tower tension dipegang oleh tension clamp, sedangkan pada tower suspension dipegang oleh suspension clamp.
- Pada tension clamp dipasang kawat jumper yang menghubungkannya pada tower agar arus petir dapat dibuang ke tanah lewat tower.
- Untuk keperluan perbaikan mutu pentanahan maka dari kawat jumper ini ditambahkan kawat lagi menuju ketanah yang kemudian dihubungkan dengan kawat pentanahan.

Bahan Kawat Tanah

- Bahan ground wire terbuat dari baja yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium.
- Pada SUTET yang dibangun mulai tahun 1990an, didalam ground wire difungsikan fibre optic untuk keperluan telemetri, tele proteksi maupun telekomunikasi yang dikenal dengan OPGW (Optic Ground Wire), sehingga mempunyai beberapa fungsi.

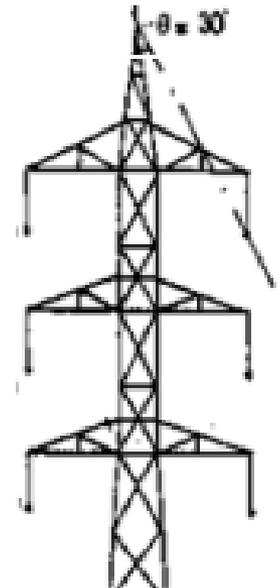
Kawat Tanah

Kawat tanah berada diatas kawat konduktor fasa sepanjang saluran dan ditanahkan pada setiap tiang.

- » Melindungi kawat konduktor fasa dari sambaran petir langsung
- » Mengurangi tegangan tinggi sepanjang isolator sewaktu terjadinya sambaran langsung

Design criterion:

- Sudut perlindungan
 - 25° - 30° s/d 220 KV
 - 20° untuk 400 KV keatas
- Kawat tanah harus mampu tahan terhadap arus surja petir singkat hingga 100 kA tanpa mengakibatkan pemanasan berlebih

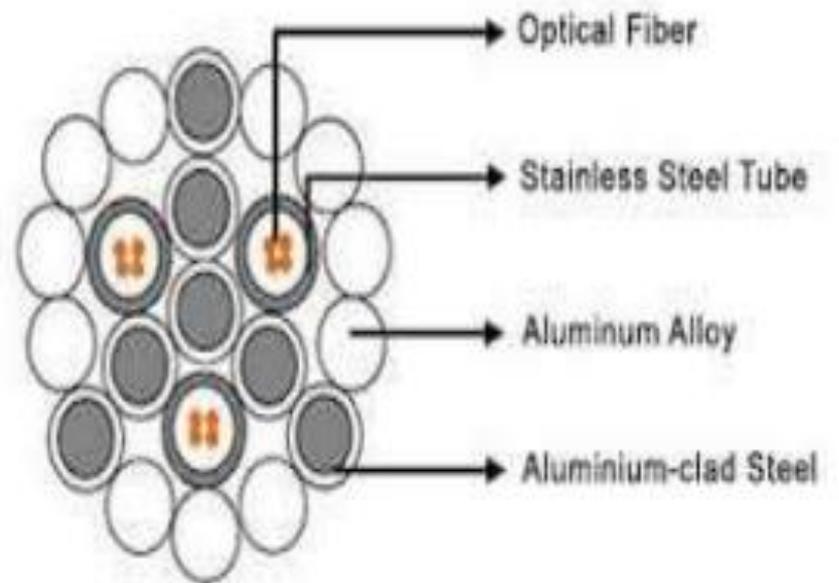


Kawat Tanah tipe OPGW

- Optical Ground Wire (OPGW)
- Keuntungan :
 - Dapat melayani dua tujuan, sebagai kawat tanah dan menyediakan media jalur komunikasi.
 - Transmisi data melalui serat optik memiliki kecepatan transfer data yang tinggi.

Konstruksi OPGW

OPGW



Multi Loose Tube Type

Jumlah dan Posisi Kawat Tanah

- Jumlah Kawat Tanah paling tidak ada satu buah diatas kawat fasa, namun umumnya di setiap tower dipasang dua buah.
- Pemasangan yang hanya satu buah untuk dua penghantar akan membuat sudut perlindungan menjadi kecil sehingga kawat fasa mudah tersambar petir.
- Jarak antara ground wire dengan kawat fasa di tower adalah sebesar jarak antar kawat fasa, namun pada daerah tengah gawangan dapat mencapai 120% dari jarak tersebut.

Pentanahan Tower

- Pentanahan Tower merupakan perlengkapan pembumian sistem transmisi, berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari badan tower ke bumi.
- Nilai pentanahan tower harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tower yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran:
 - Sistem 70kV : maksimal 5 Ohm
 - Sistem 150kV : maksimal 10 Ohm
 - Sistem 500kV : maksimal 15 Ohm

Jenis Pentanahan Tower

- **Bar elektroda** : suatu rel logam yang ditanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, krn nilai tahanan tanahnya rendah
- **Plat elektroda** : plat logam yang ditanam di dalam tanah secara horisontal atau vertikal. Pentanahan ini umumnya untuk pengamanan terhadap petir.
- **Counter poise elektroda**: suatu konduktor yang digelar secara horisontal di dalam tanah. Pentanahan ini dibuat pada daerah yang nilai tahanan tanahnya tinggi.

Jenis Pentanahan Tower

- **Mesh elektroda:** yaitu sejumlah konduktor yang digelar secara horisontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan.
- Pentanahan tower dapat disambung langsung pada stub bagian bawah atau dibagian atas stub

PROSEDUR KESELAMATAN KERJA PADA INSTALASI TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI

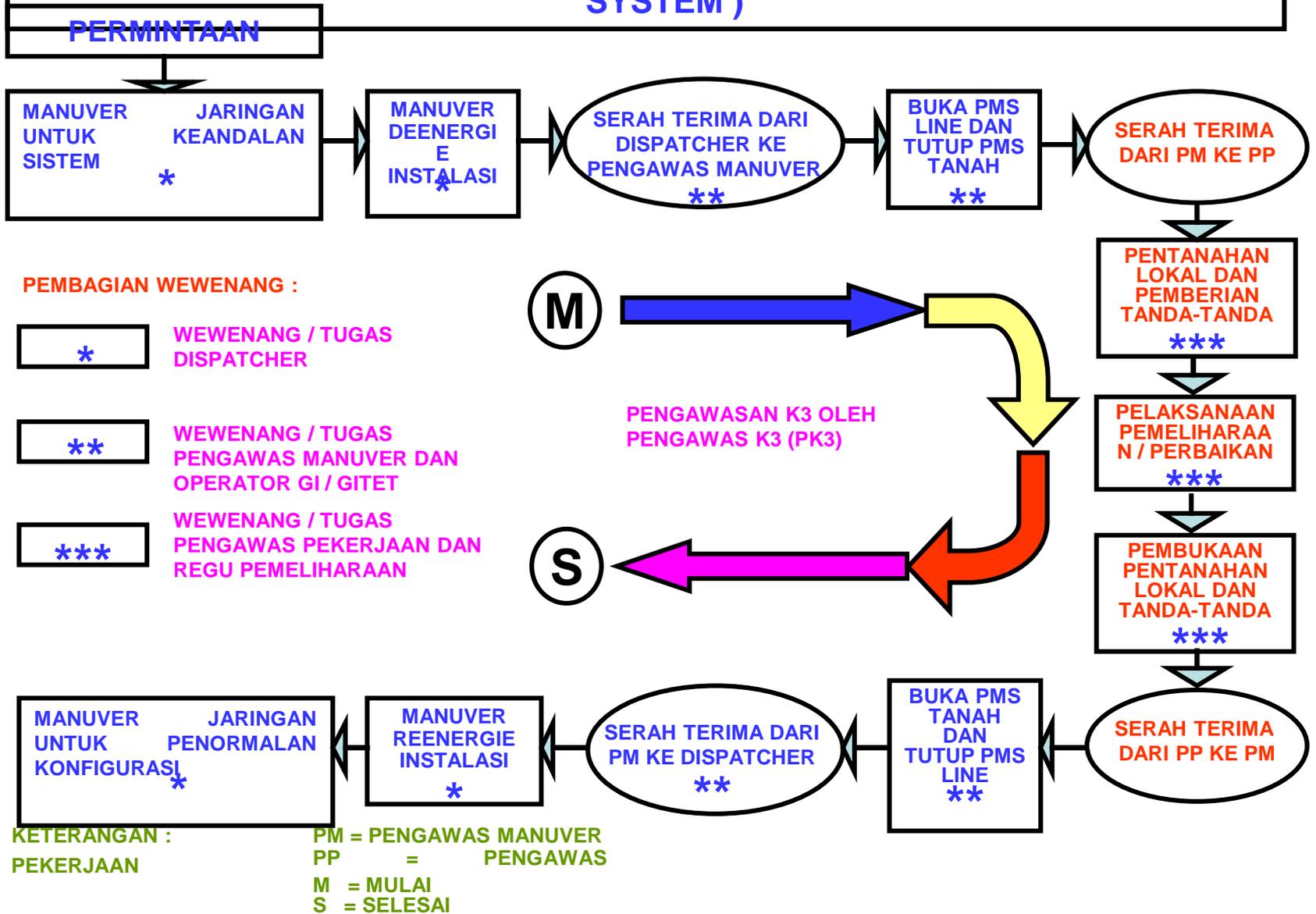
**ADALAH SUATU TATA CARA YANG DISUSUN SECARA SISTEMATIS
UNTUK MENERAPKAN KAIDAH - KAIDAH / ATURAN - ATURAN
KESELAMATAN KERJA DALAM MELAKSANAKAN PEKERJAAN
PADA INSTALASI TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI SEHINGGA
PEKERJAAN TERSEBUT BERLANGSUNG SECARA AMAN, TERTIB,
EFEKTIF SERTA EFISIEN**

T U J U A N

- **MENGHINDARI KESALAHAN & KELALAIAN PELAKSANA, PENGAWAS DAN PENANGGUNG JAWAB / KOORDINATOR PEKERJAAN**
- **MENCEGAH KECELAKAAN PERSONIL**
- **MENCEGAH KERUSAKAN PERALATAN / INSTALASI**

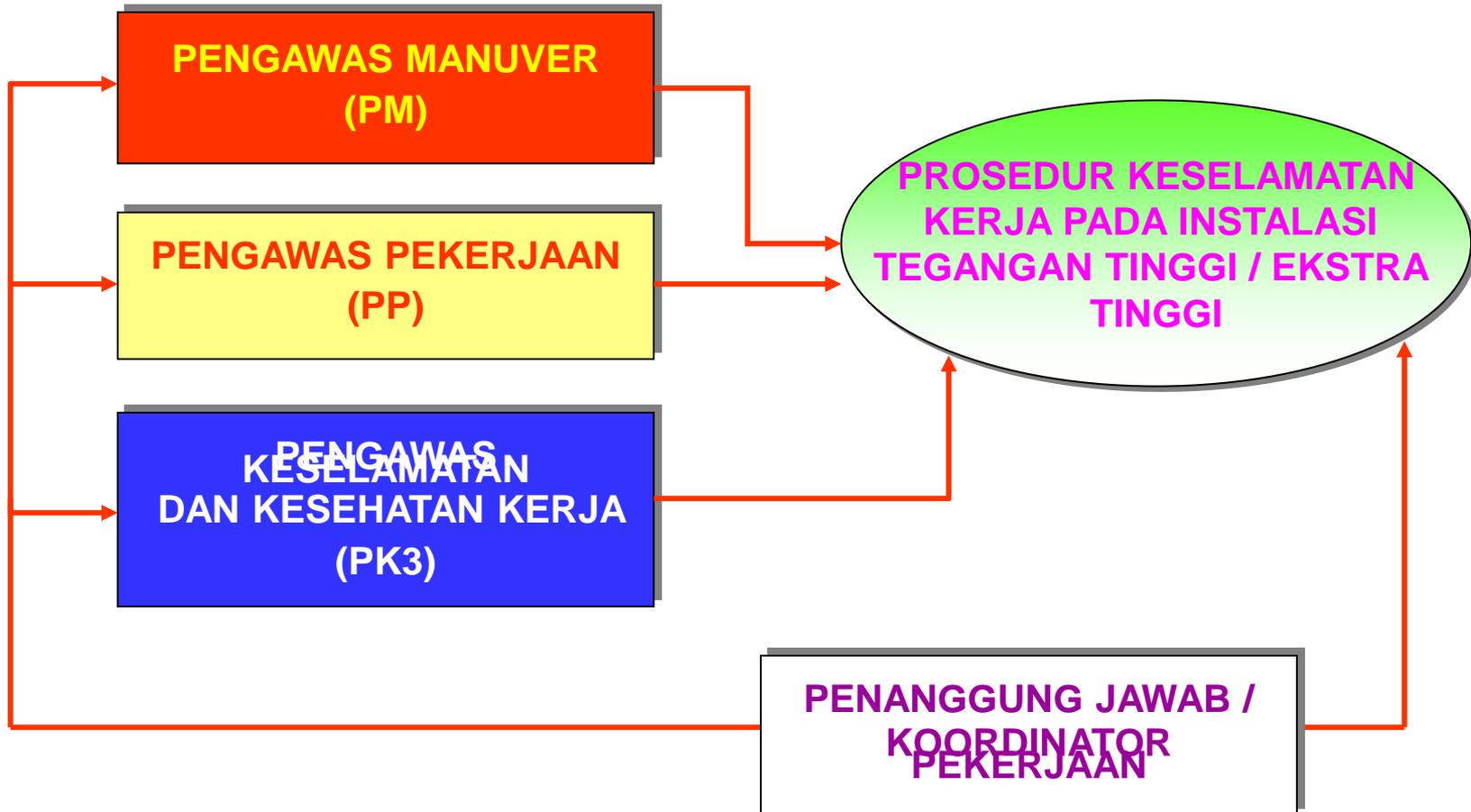
**TERCIPTANYA ZERO
ACCIDENT DAN SAFETY PRODUCT**

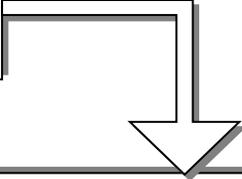
URUTAN PELAKSANAAN PEKERJAAN DAN PEMBAGIAN WEWENANG / TUGAS PADA PEKERJAAN INSTALASI TT/TET (WORKING PERMIT SYSTEM)



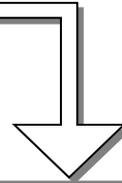


PENGAWAS YANG DIPERLUKAN UNTUK MELAKSANAKAN PROSEDUR KESELAMATAN KERJA PADA INSTALASI TINGGI / EKSTRA TINGGI

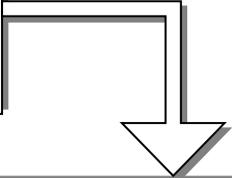


TUGAS / TANGGUNG JAWAB :**PENGAWAS MANUVER**

- **MENGAWASI PELAKSANAAN MANUVER**
- **MENGAWASI PEMASANGAN & PELEPASAN GROUNDING LOKAL**
- **MENJAGA KEAMANAN INSTALASI**
- **MENCEGAH KESALAHAN MANUVER YANG DILAKUKAN OLEH PELAKSANA MANUVER**
- **MENGUNCI PEMISAH-PEMISAH / MELEPAS FUSE / MCB PMS DAN PMT (MEMUTUS SUPPLY TEGANGAN KE MOTOR PMS / PMT)**
- **MELAKUKAN KOORDINASI DENGAN PENGAWAS LAINNYA**

TUGAS / TANGGUNG JAWAB :**PENGAWAS K3**

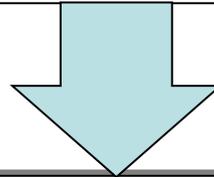
- **MEMERIKSA KONDISI PETUGAS SEBELUM BEKERJA**
- **MENGAWASI KONDISI / TEMPAT - TEMPAT YANG BERBAHAYA (UNSAFE CONDITION)**
- **MENGAWASI TINGKAH LAKU / SIKAP YANG BERBAHAYA (UNSAFE ACT)**
- **MENYIAPKAN / MENGAWASI PEMAKAIAN ALAT-ALAT PELINDUNG DIRI**
- **MEMASANG RAMBU-RAMBU PENGAMAN (BERTANGGUNG JAWAB TERHADAP PEMASANGAN / PELEPASAN RAMBU-RAMBU)**
- **MENGADAKAN KOORDINASI DENGAN PENGAWAS LAINNYA**

TUGAS / TANGGUNG JAWAB :**PENGAWAS
PEKERJAAN**

- **MENGAWASI PELAKSANAAN PEMELIHARAAN / PERBAIKAN, YANG MELIPUTI : METODE, ALAT KERJA, MATERIAL, WAKTU DAN PERSONIL**
- **MEMBERIKAN PENJELASAN MENGENAI TEKNIS PELAKSANAAN PEKERJAAN KEPADA PARA PELAKSANA, SEBELUM DAN SELAMA PEKERJAAN BERLANGSUNG**
- **MENGADAKAN KOORDINASI DENGAN PENGAWAS LAINNYA**
- **MEMASANG DAN MELEPAS PENTANAHAN LOKAL (BERTANGGUNG JAWAB TERHADAP PEMASANGAN / PELEPASAN GROUNDING LOKAL)**

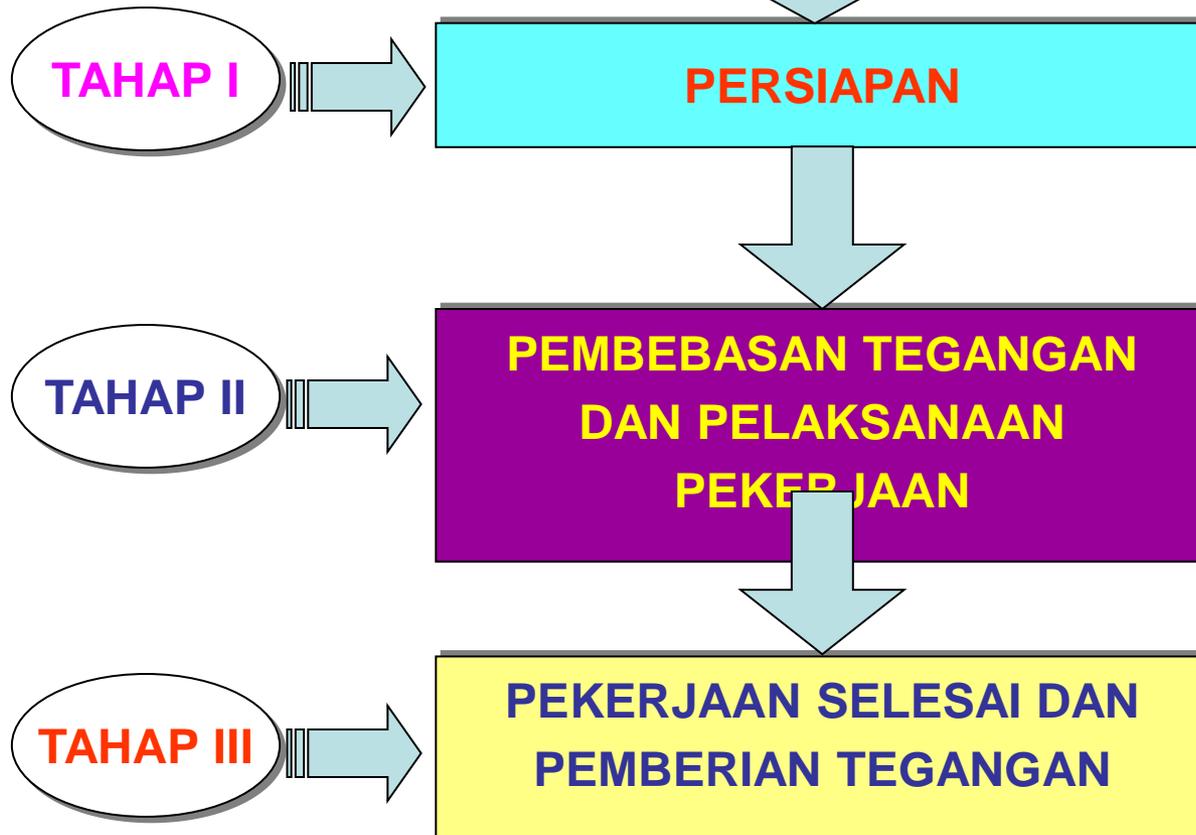
TUGAS / TANGGUNG JAWAB :

PENANGGUNG JAWAB / KOORDINATOR PEKERJAAN



- **MENNGKOORDINIR SELURUH KEGIATAN PEMELIHARAAN / PERBAIKAN**
- **MELAKUKAN KOORDINASI DENGAN UNIT LAIN YANG TERKAIT**

TAHAPAN PROSEDUR KESELAMATAN KERJA PADA INSTALASI TEGANGAN TINGGI / EKSTRA TINGGI



TAHAP I : PERSIAPAN

1. MEMBUAT RENCANA KERJA
2. MELAKUKAN KOORDINASI DENGAN UNIT / PIHAK TERKAIT
3. MENYIAPKAN / MEMERIKSA PERALATAN KERJA DAN MATERIAL
4. MENYIAPKAN / MEMERIKSA PERALATAN KESELAMATAN KERJA
5. MEMBUAT / MENGELUARKAN SURAT PERINTAH KERJA (SPK)
6. MEMERIKSA KESIAPAN PERSONIL
7. MEMBERIKAN PENJELASAN MENGENAI TEKNIS PEKERJAAN
8. MENJELASKAN MACAM ALAT KERJA DAN ALAT PELINDUNG DIRI YANG HARUS DIPAKAI
9. MENJELASKAN TEMPAT - TEMPAT YANG RAWAN BAHAYA
10. MEMBUAT RENCANA PENGAMAN INSTALASI YANG AKAN DIKERJAKAN
11. MEMBAGI TUGAS SESUAI KEMAMPUAN / KEAHLIAN
12. MENYUSUN LANGKAH - LANGKAH MANUVER PEMBEBASAN

TAHAP II : PEMBEBASAN TEGANGAN DAN PELAKSANAAN PEKERJAAN

- 1. MELAKUKAN DO'A BERSAMA**
- 2. MELAKSANAKAN MANUVER PEMBEBASAN TEGANGAN**
- 3. MELAKUKAN PENGETESAN TEGANGAN / GUNAKAN
TESTER TEGANGAN**
- 4. MEMASUKAN PMS TANAH**
- 5. MEMASANG PENTANAHAN LOKAL**
- 6. MELAKSANAKAN PENGAMANAN TAMBAHAN (PENGAMAN
BERLAPIS / MELEPAS FUSE/ MCB, MENGUNCI PMS,
MEMUTUS SUPPLY TEGANGAN KE MOTOR PMS / PMT)**
- 7. MEMASANG RAMBU-RAMBU PENGAMANAN (RANTAI,
BENDERA, PAPAN PERINGATAN, DSB)**
- 8. MEMBUAT / MENGELUARKAN “ PERNYATAAN BEBAS
TEGANGAN “**
- 9. MELAKSANAKAN PEKERJAAN SESUAI RENCANA**
- 10. MENGAWASI PELAKSANAAN PEKERJAAN (PENGAWASAN
PEKERJAAN DAN PENGAWASAN K3)**

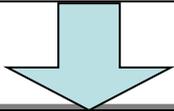
TAHAP III : PEKERJAAN SELESAI DAN PEMBERIAN TEGANGAN

- 1. MEMERIKSA HASIL PEKERJAAN**
- 2. MELEPAS PENTANAHAN LOKAL / PENTANAHAN SETEMPAT**
- 3. MELEPAS TANDA - TANDA / RAMBU - RAMBU PENGAMAN**
- 4. MEMBUAT “ PERNYATAAN SELESAI PEKERJAAN “**
- 5. MELAKUKAN PERSIAPAN PEMBERIAN TEGANGAN**
- 6. MELAKSANAKAN MANUVER PEMBERIAN TEGANGAN**

(SETELAH ADA INSTRUKSI DARI PEMBERI PERINTAH MANUVER)
- 7. MELAKUKAN DO'A BERSAMA**

URUTAN PENGAMAN PEKERJAAN

PENGUNCIAN PEMISAH



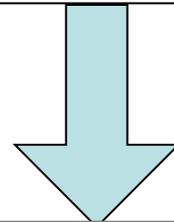
**PENGETESAN
TEGANGAN**



PENTANAHAN



**PEMASANGAN RAMBU
DAN
PENGAMAN TAMBAHAN**



**PELAKSANAAN
PEKERJAAN**

- PASANG KUNCI / GEMBOK MEKANIK PMS
- PEMUTUS SUPPLY TEGANGAN UNTUK MOTOR PENGGERAK PMS (LEPAS SIKRING / MCB)
- GUNAKAN TESTER TEGANGAN TINGGI / TEGANGAN MENENGAH UNTUK MEMASTIKAN BAHWA PADA PERALATAN SUDAH TIDAK ADA TEGANGAN
- MASUKKAN PMS TANAH
- PASANG PENTANAHAN LOKAL PADA PERALATAN
- PASANG RAMBU-RAMBU PADA PERBATASAN ANTARA DAERAH BERBAHAYA DAN DAERAH AMAN
- PASANG PENGAMAN TAMBAHAN PADA PERALATAN YANG MEMUNGKINKAN TERJADI PERGERAKAN (PISAU-PISAU PMS YANG TERBUKA DLL)
 - * SEKAT-SEKAT ISOLASI / PARTISI
 - * SELUBUNG ISOLASI
- PENGAWAS K3
- PENGAWAS PEKERJAAN

**DAERAH
BERBAHAYA
(DANGER ZONE)**

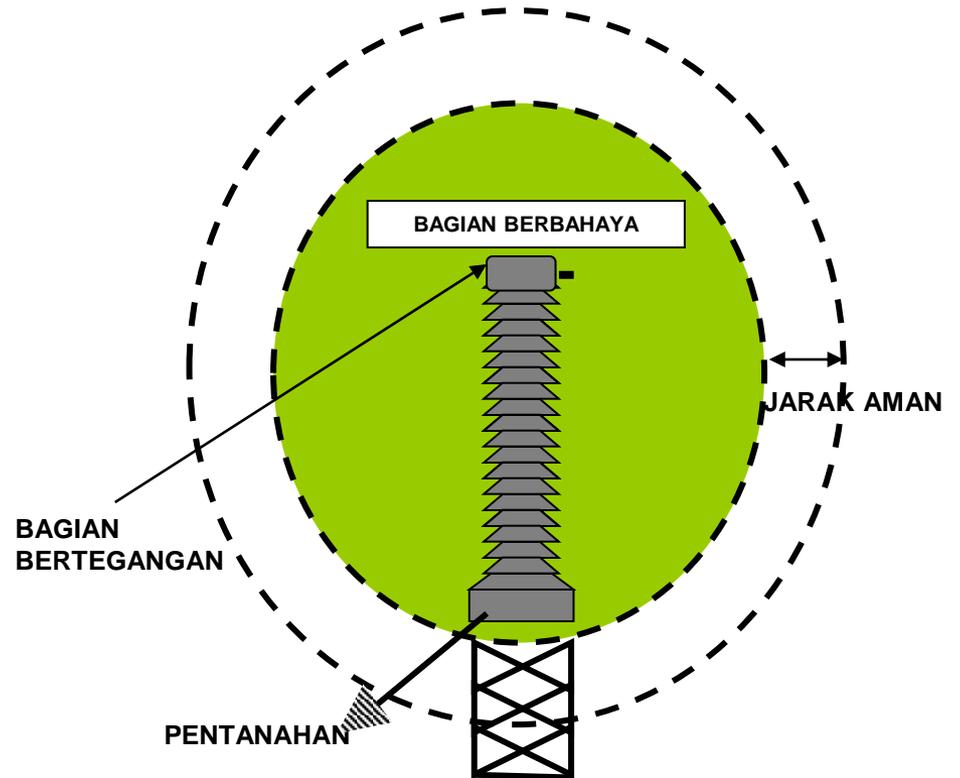
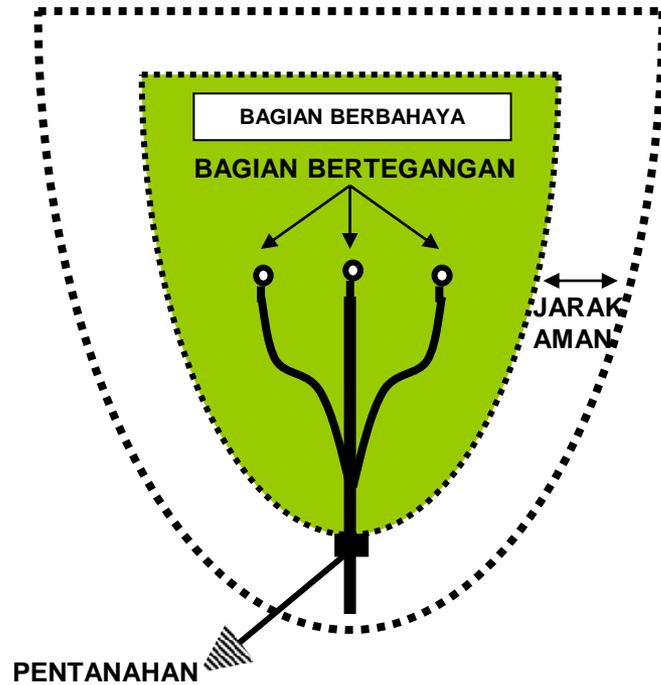
**TEMPAT / DAERAH DI SEKITAR PERALATAN (BAGIAN)
BERTEGANGAN YANG BATASNYA TIDAK BOLEH DILANGGAR**

**JARAK AMAN
(SAFETY DISTANCE)**

**JARAK DIMANA ORANG DAPAT BEKERJA DENGAN AMAN DARI
BAHAYA YANG DAPAT DITIMBULKAN OLEH PERALATAN (BAGIAN)
YANG BERTEGANGAN**



DAERAH BERBAHAYA & JARAK AMAN

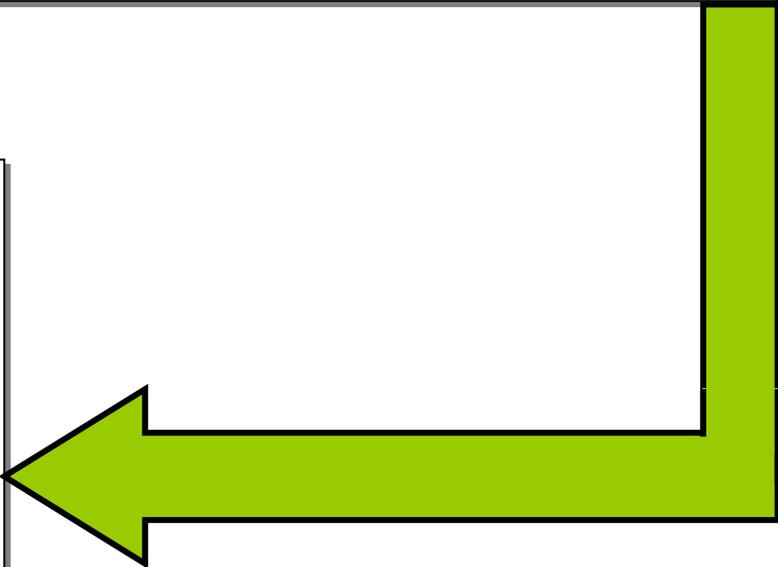


JARAK MINIMUM AMAN KERJA MENURUT PUIL

2011

TEGANGAN (U) (ANTARA FASE DAN BUMI) DALAM KV	JARAK MINIMUM ANTARA KERJA (CM)
1	50
12	60
20	75
70	100
150	125
220	160
500	300

FORMULIR - FORMULIR YANG DIGUNAKAN (DOKUMEN K3)

- **FORMULIR 1 BERIKUT LAMPIRAN**
 - **FORMULIR 2**
 - **FORMULIR 3**
 - **FORMULIR 4**
 - **FORMULIR 5**
 - **FORMULIR 6**
 - **FORMULIR 7**
- 

PERALATAN KESELAMATAN KERJA (ALAT PELINDUNG DIRI) YANG DIBUTUHKAN

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• SHACKEL STOCK (TONGKAT HUBUNG)• ALAT PENTANAHAN PORTABLE (GROUNDING LOKAL)• VOLTAGE TESTER• BANGKU ISOLATOR• RAMBU – RAMBU PENGAMAN / TANDA-TANDA PERINGATAN• TOPI PENGAMAN (HELM)• PAKAIAN KERJA• SARUNG TANGAN• SARUNG TANGAN TAHAN TEGANGAN / BERISOLASI• SARUNG TANGAN | <ul style="list-style-type: none">• KACA MATA PENGAMAN• SABUK PENGAMAN• SEPATU PANJAT• SEPATU KERJA BIASA• SEPATU TAHAN TEGANGAN / BERISOLASI• RESPIRATOR (MASKER HIDUNG)• ALAT PENUTUP TELINGA (EAR PROTECTOR)• PERALATAN PERNAFASAN (BREATHING APPARATUS)• JAS HUJAN• PENUTUP DADA UNTUK |
|---|---|

**LAMPIRAN FORMULIR 1 :**

GAMBARKAN / LAMPIRKAN “ SINGLE LINE DIAGRAM “ PADA INSTALASI / PERALATAN YANG AKAN DIKERJAKAN

**DAERAH
BERBAHAYA
(DANGER ZONE)**



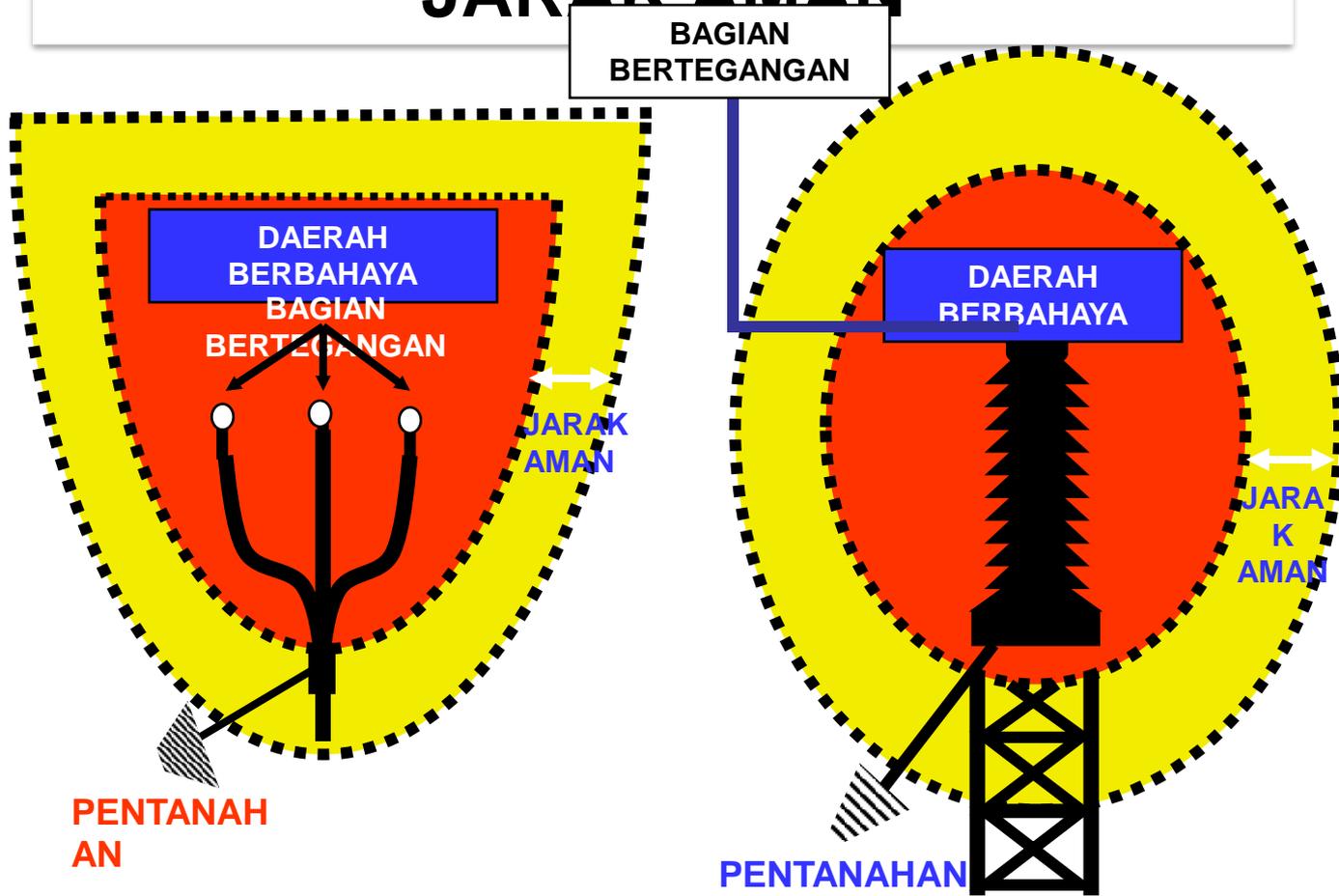
**TEMPAT/DAERAH DI SEKITAR PERALATAN
(BAGIAN) BERTEGANGAN YANG BATASNYA
TIDAK BOLEH DILANGGAR**

**JARAK AMAN
(SAFETY
DISTANCE)**



**JARAK DIMANA ORANG DAPAT BEKERJA
DENGAN AMAN DARI BAHAYA YANG DAPAT
DITIMBULKAN OLEH PERALATAN (BAGIAN)
YANG BERTEGANGAN**

DAERAH BERBAHAYA DAN JARAK AMAN





● TERIMA KASIH

