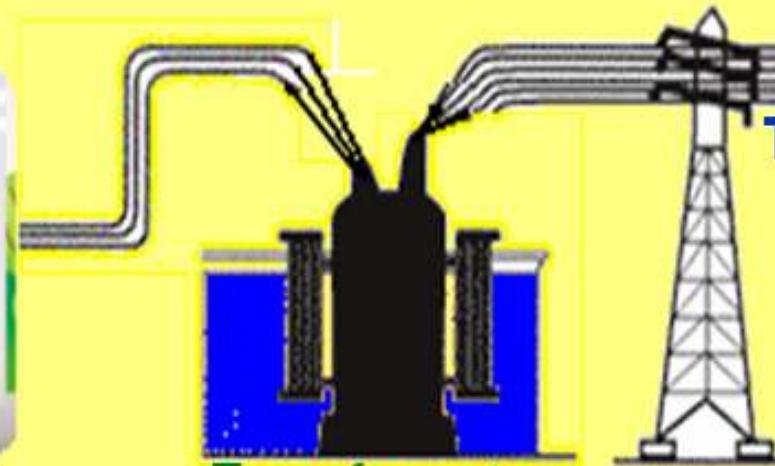


Persyaratan K3 Pemasangan Instalasi, perlengkapan dan peralatan instalasi di Transmisi

Pembangkit
Tenaga Listrik



Tegangan
Dinaikkan



Tegangan
Diturunkan

Transmisi



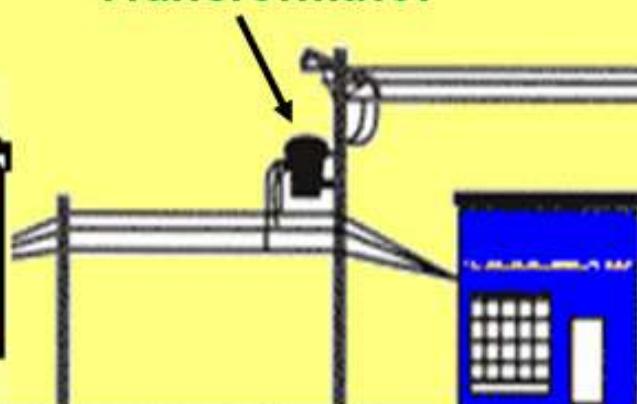
Transformator



Konsumen
Perumahan



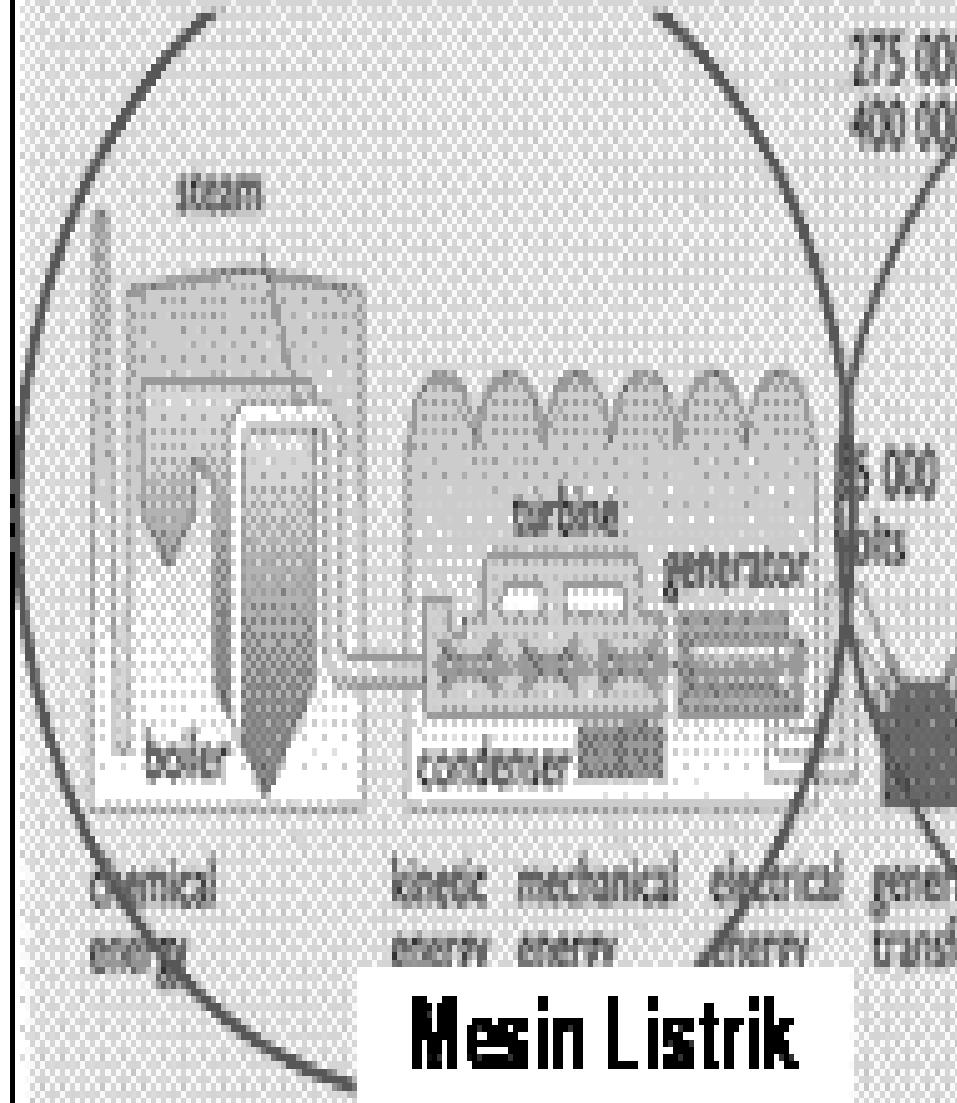
Transformator



Konsumen
Komersial/Industri

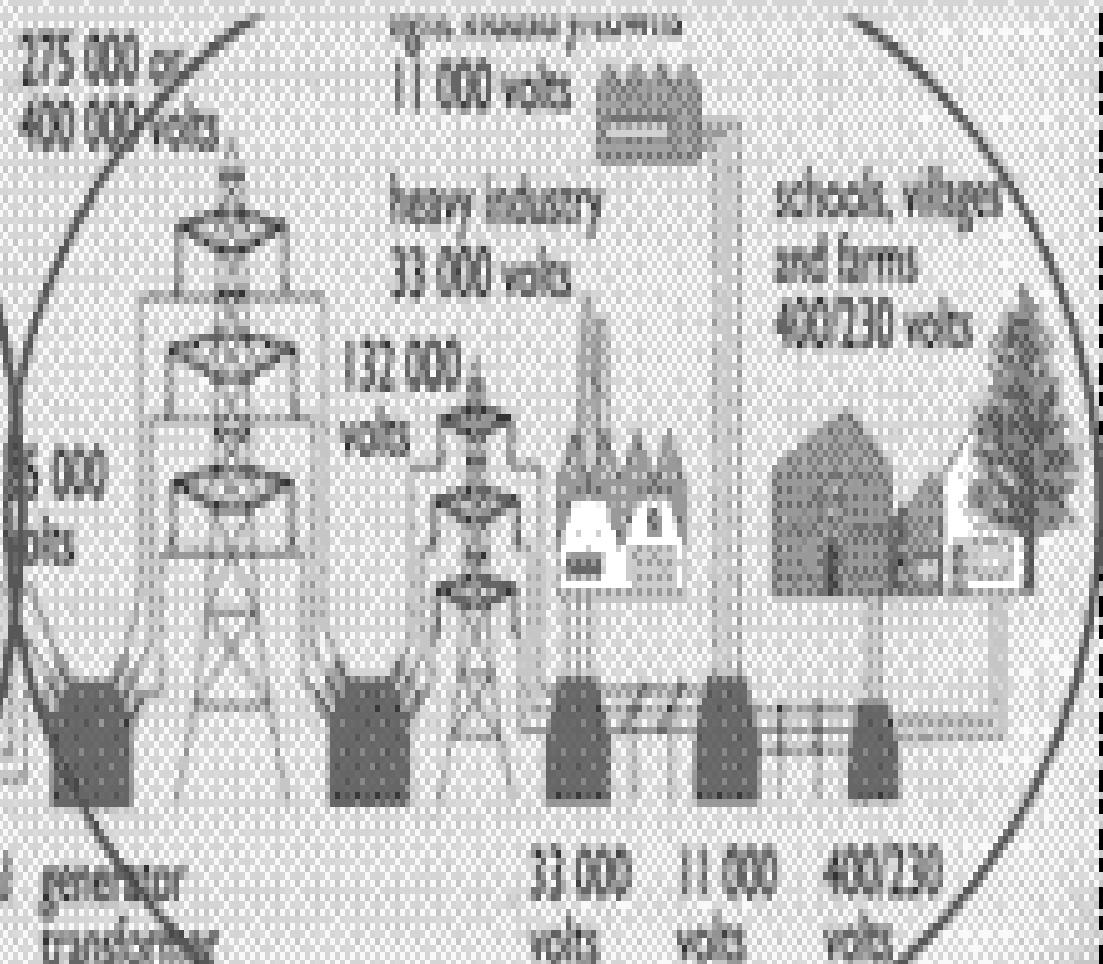


Konversi Energi



Mesin Listrik

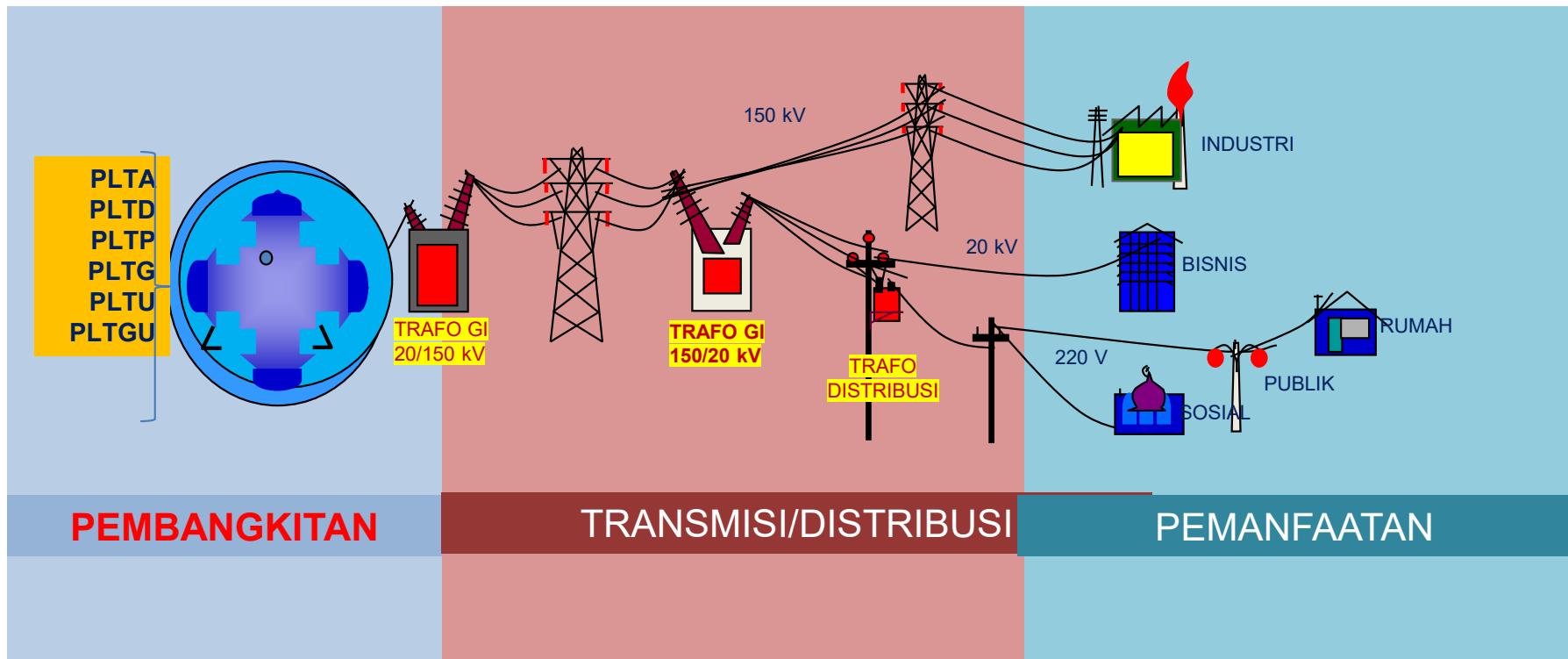
Transmisi dan Distribusi Energi



Peralatan Tegangan Tinggi

Sistem Pengadaan Energi Listrik

INSTALASI TENAGA LISTRIK



Instalasi 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.

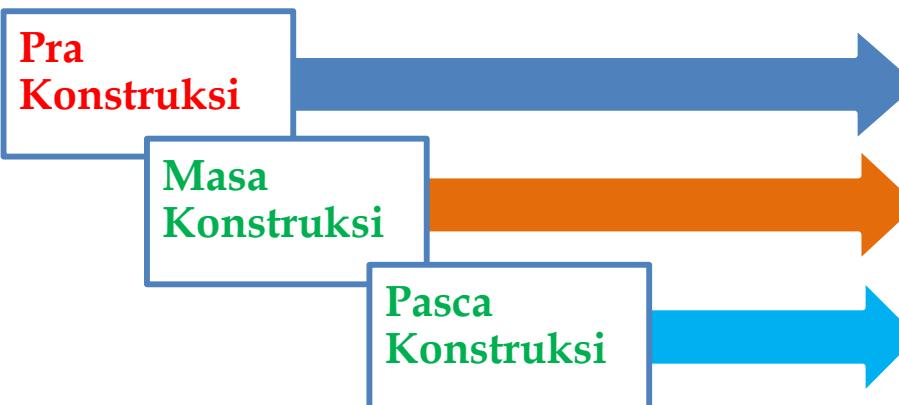
TUJUAN :

- Diharapkan agar melalui kegiatan Pemasangan instalasi perlengkapan dan peralatan listrik di **Transmisi & Calon teknisi K3** Listrik Mampu memahami dan melakukan pembinaan, pengawasan, dan penanggulangan K3 Listrik .



UTAMAKAN KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA

RUANG LINGKUP



K3 LISTRIK



LAIK FUNGSI
• HANDAL
• AMAN

PEMBANGKIT

TRANSMISI

DISTRIBUSI

PEMANFAATAN





UTAMAKAN KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA

ENERGI LISTRIK

“VITAL dan DOMINAN”;
Perlu terjamin
ketersediaannya dan keandalannya.

Disisi lain :

Mengandung POTENSI BAHAYA !!!
Perlu dijamin Keamanannya.

K3



Berbahaya !!!



Listrik

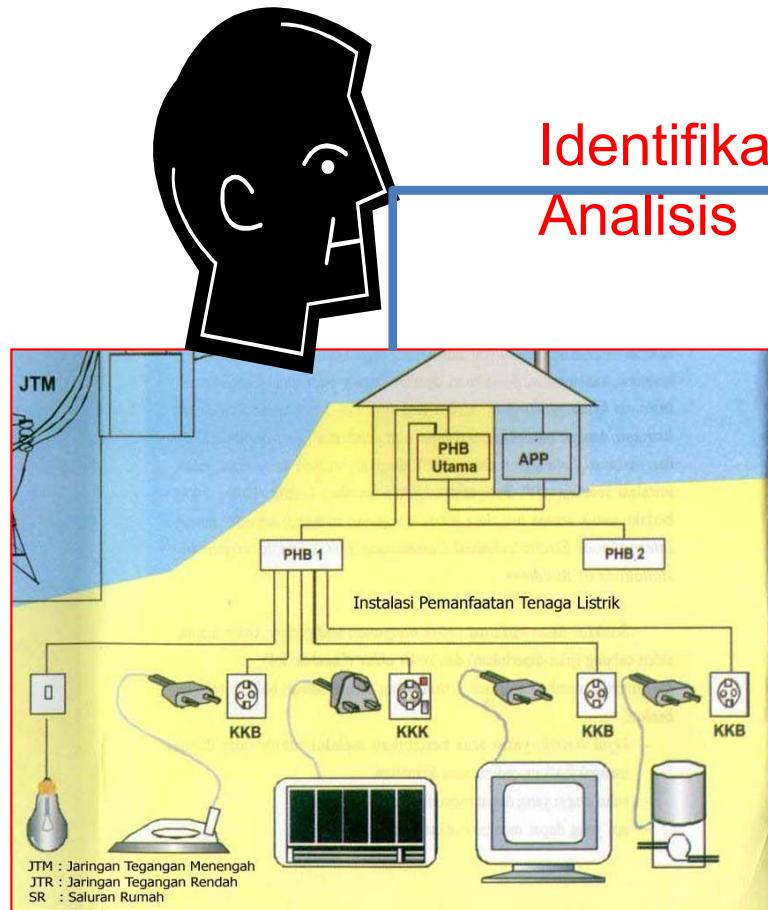


**Instlasi Listrik harus
dirancang, dipasang
dan dikelola oleh
Ahlinya yang
Paham K3**



PENERAPAN

K3



- Diperiksa,
- Diteliti,
- Dihitung,
- Diukur
- Diuji
- Dibandingkan,

Kendalikan



SNI
PUIL

SAFE
Operasika
n

DANGER

PUSAT LISTRIK TENAGA
(PLTA, PLTU, PLTG, PLTN, PLTD, PLTPB) dsb.

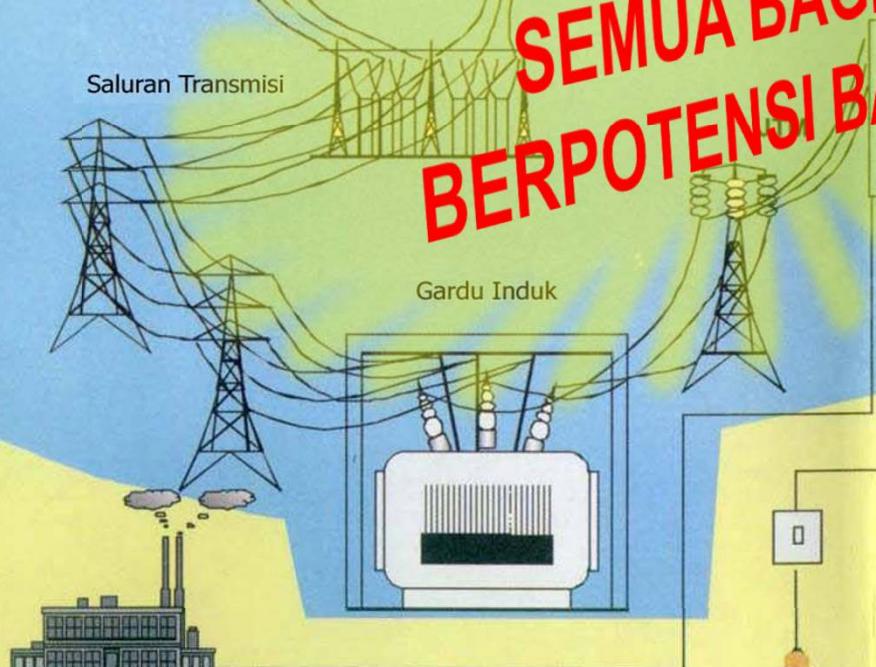


PLTA

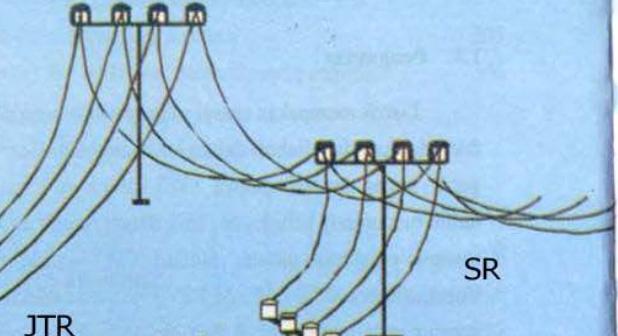


PLTU

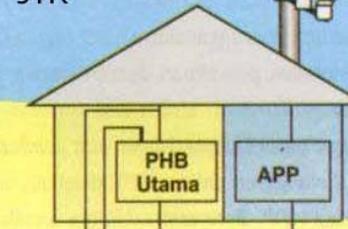
Instalasi Penyediaan
Tenaga Listrik



**SEMUA BAGIAN
BERPOTENSI BAHAYA**



JTR

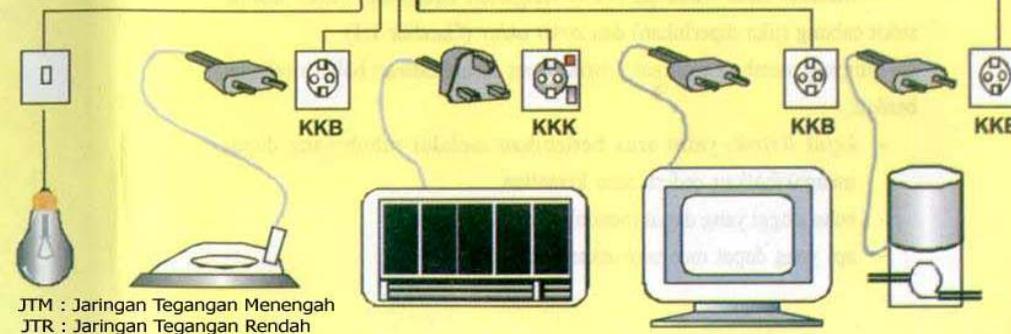


APP

Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik

PHB 1

PHB 2



PHB : Panel Hubung Bagi
APP : Alat Pengukur dan Pembatas
KKB : Kotak Kontak Biasa
KKK : Kotak Kontak Khusus

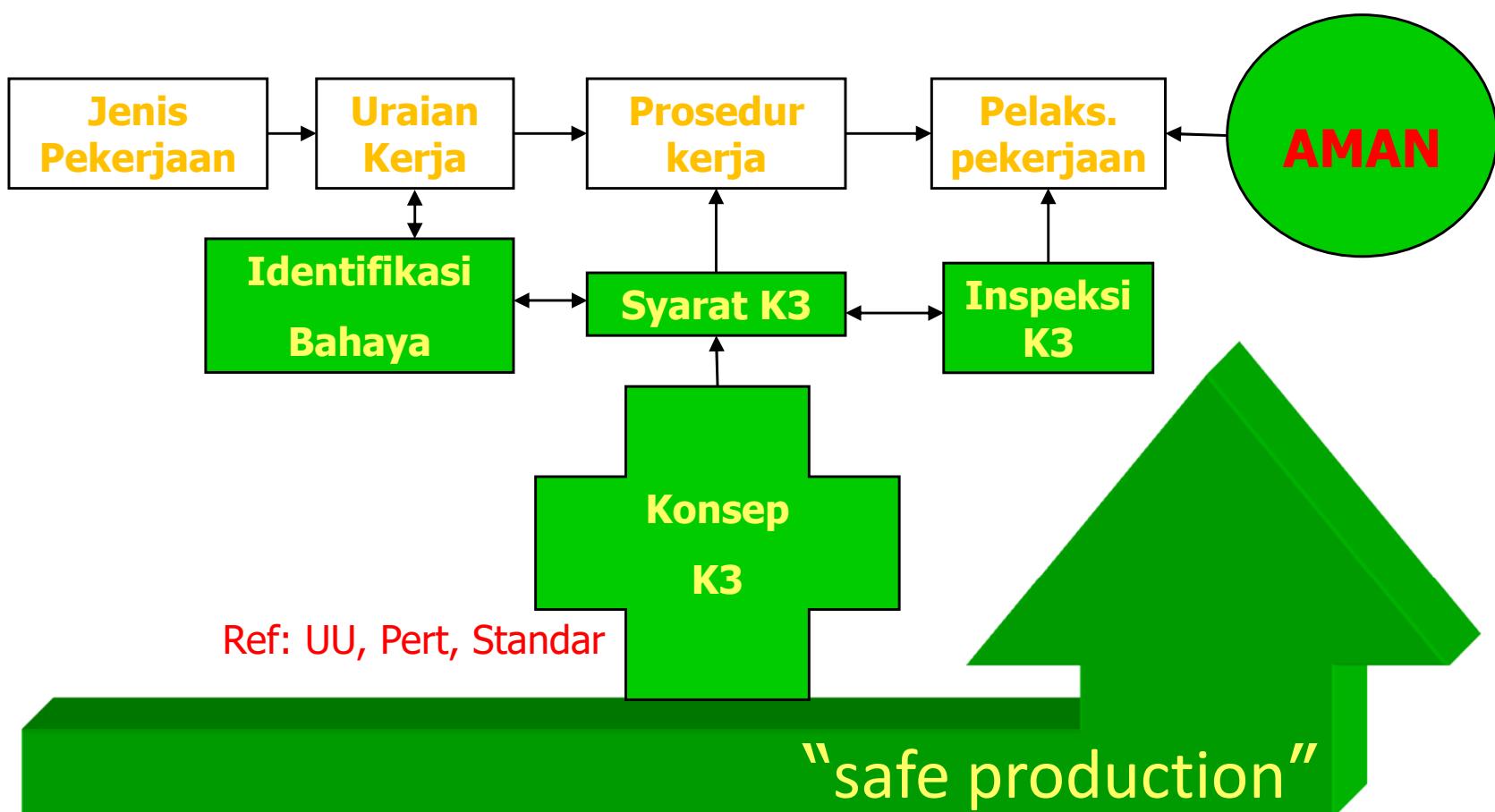


Hal-hal yang perlu disiapkan dalam Pekerjaan Pemasangan Transmisi :



1. Surat Tugas/SPK
2. Hasil Feasibility Study
3. Dokumen Permohonan Pembangunan dan Pemasangan
4. Instruksi Kerja/ Work Instruction
5. Working Permit
6. Surat Keterangan/Izin dari pihak terkait
7. Job Safety Analysis (JSA)
8. Job Safety Observation (JSO)
9. Standar Operasi Prosedur (SOP)
10. Schedule Kerja/Timeline/ “S” Curve
11. Gambar Perencanaan/Engineering Design + User Guide Manual
12. Bidding documents
13. Tenaga Kerja yang kompeten
14. Peralatan dan Perlengkapan kerja untuk Pekerjaan Transmisi
15. Alat Pelindung Diri
16. Alat Komunikasi
17. dll

TEMPAT KERJA



SALURAN TRANSMISI



Jarak bebas dari PERMEN 01.P/47/MPE/1992 6

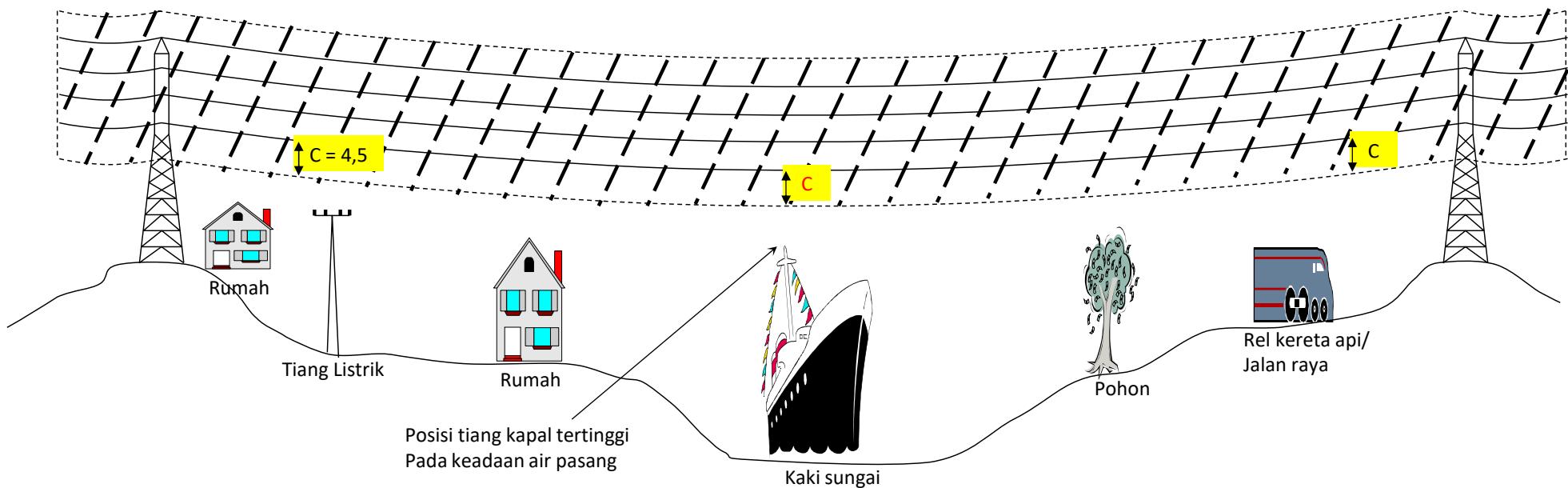
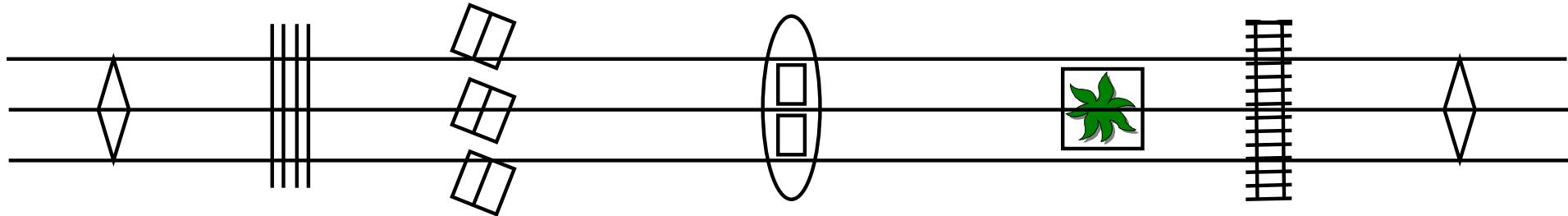
Nomor	LOKASI	SUTT	SUTT	SUTET 500 KV	
		66 KV (m)	150 KV (m)	Sirkit Ganda (m)	Sirkit Tunggal (m)
1.	Lapangan Terbuka atau Daerah Terbuka	6.5	7.5	10	11
2.	Daerah Dengan Keadaan Tertentu :				
2.1.	Bangunan tidak tahan api	12.5	13.5	14	15
2.2.	Bangunan tahan api	3.5	4.5	8.5	8.5
2.3.	Lalu lintas jalan/jalan raya	8	9	15	15
2.4.	Pohon-pohon pada umumnya, hutan, perkebunan	3.5	4.5	8.5	8.5
2.5.	Lapangan orah raga	12.5	13.5	14	15
2.6.	SUTT lainnya, penghantar udara tegangan rendah, jaringan telekomunikasi, antena radio, antena televisi dan kereta gantung	3	4	8.5	8.5
2.7.	Rel kereta biasa	8	9	15	15
2.8.	Jembatan besi, rangka besi penahan penghantar, kereta listrik terdekat dan sebagainya	3	4	8.5	8.5
2.9.	Titik tertinggi tiang kapal pada kedudukan air pasang/tertinggi pada lalu lintas air	3	4	8.5	8.5

Keterangan : Angka-angka yang dilingkari pada gambar b,c,d dan e diambil dari tabel 1 kolom 5 untuk SUTET 500 KV Sirkit Ganda, sedangkan konstanta C pada gambar f besarnya bervariasi tergantung tegangan saluran udara dan macam benda yang dilintasinya.

LAMPIRAN PERATURAN MENTERI PERTAMBANGAN & ENERGI

NOMOR : 01.P/47/MPE/1992

TANGGAL : 07 FEBRUARI 1992



Keterangan : C = Jarak bebas minimum

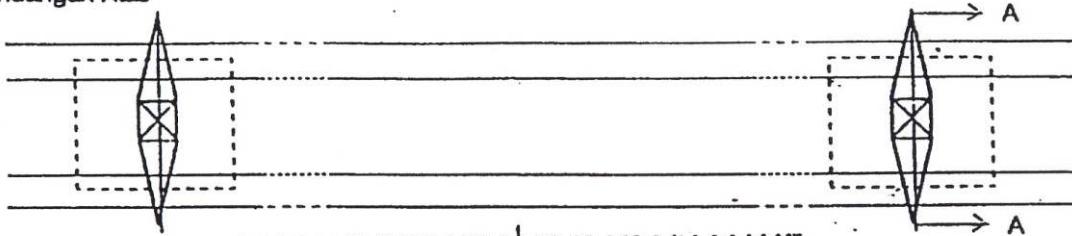
Penampang Memanjang Ruang Bebas

RUANG BEBAS SUTT & SUTET

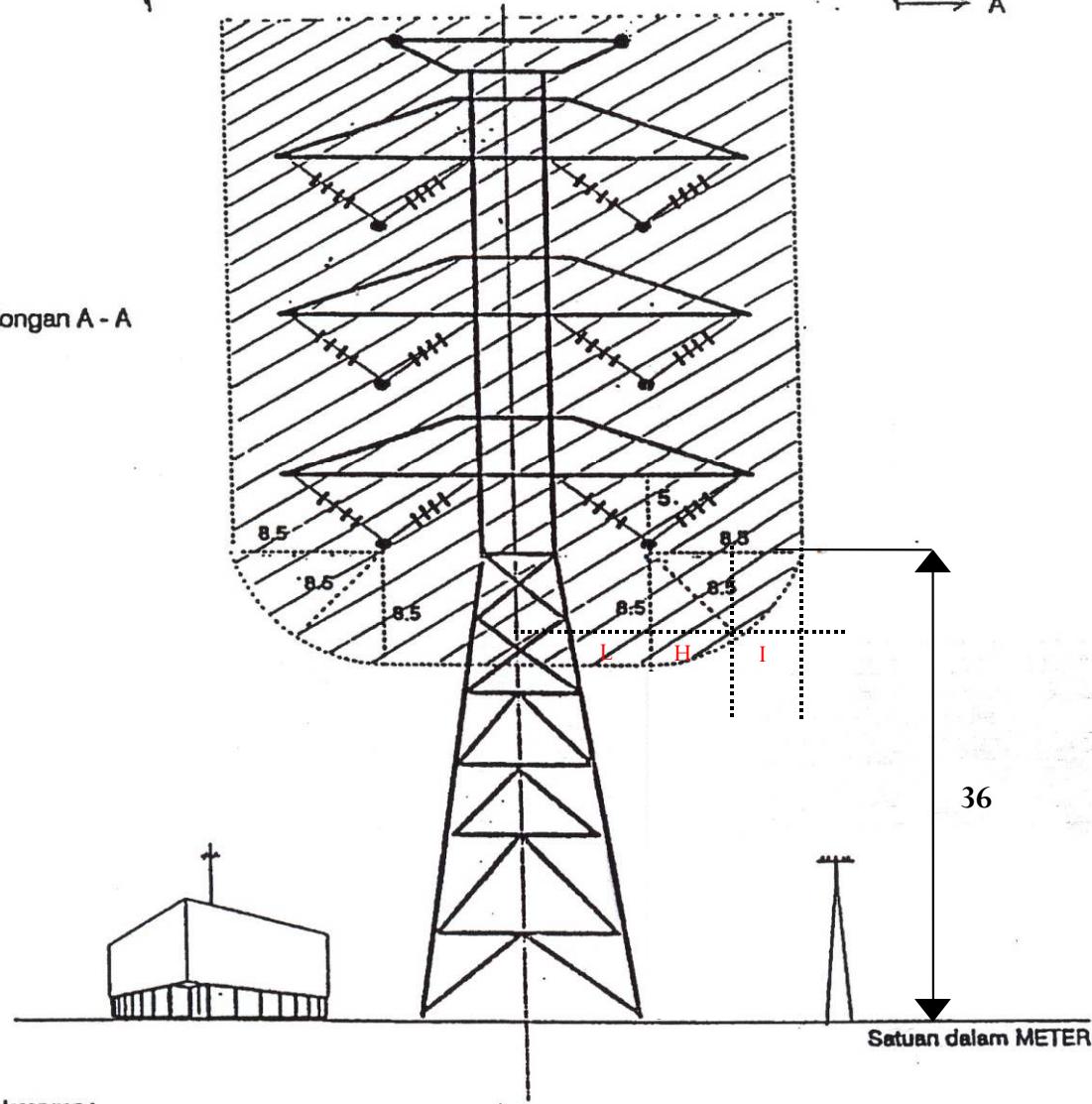
PERMEN PE NO. 01.P/47/MP.E/1992

No	LOKASI	JARAK BEBAS MINIMUM SUTT/SUTET DALAM METER				
		66 KV	150 KV	500 KV		
				GANDA	TUNGGAL	
1	Lapangan Terbuka atau Daerah Terbuka	6,5	7,5	10	11	
2	Daerah Dengan Keadaan Tertentu	Bangunan Tidak Tahan Api	12,5	13,5	14	15
		Bangunan Tahan Api	3,5	4,5	8,5	8,5
		Lalu Lintas Jalan / Jalan Raya	8	9	15	15
		Pohon-Pohon Pada Umumnya, Hutan, Perkebunan	3,5	4,5	8,5	8,5
		Lapangan Olah Raga	12,5	13,5	14	15
		SUTT Lainnya, Penghantar Udara Tegangan Rendah, Jaringan Telekomunikasi, Antena Radio, Antena Televisi dan Kereta Gantung	3	4	8,5	8,5
		Rel Kereta Biasa	8	9	15	15
		Jembatan Besi, Rangka Besi Penahan Penghantar, Kereta Listrik Terdekat dan sebagainya	3	4	8,5	8,5
		Titik Tertinggi Tiang Kapal Pada Kedudukan Air Pasang / Tertinggi Pada Lalu Lintas Air	3	4	8,5	8,5

Pandangan Atas



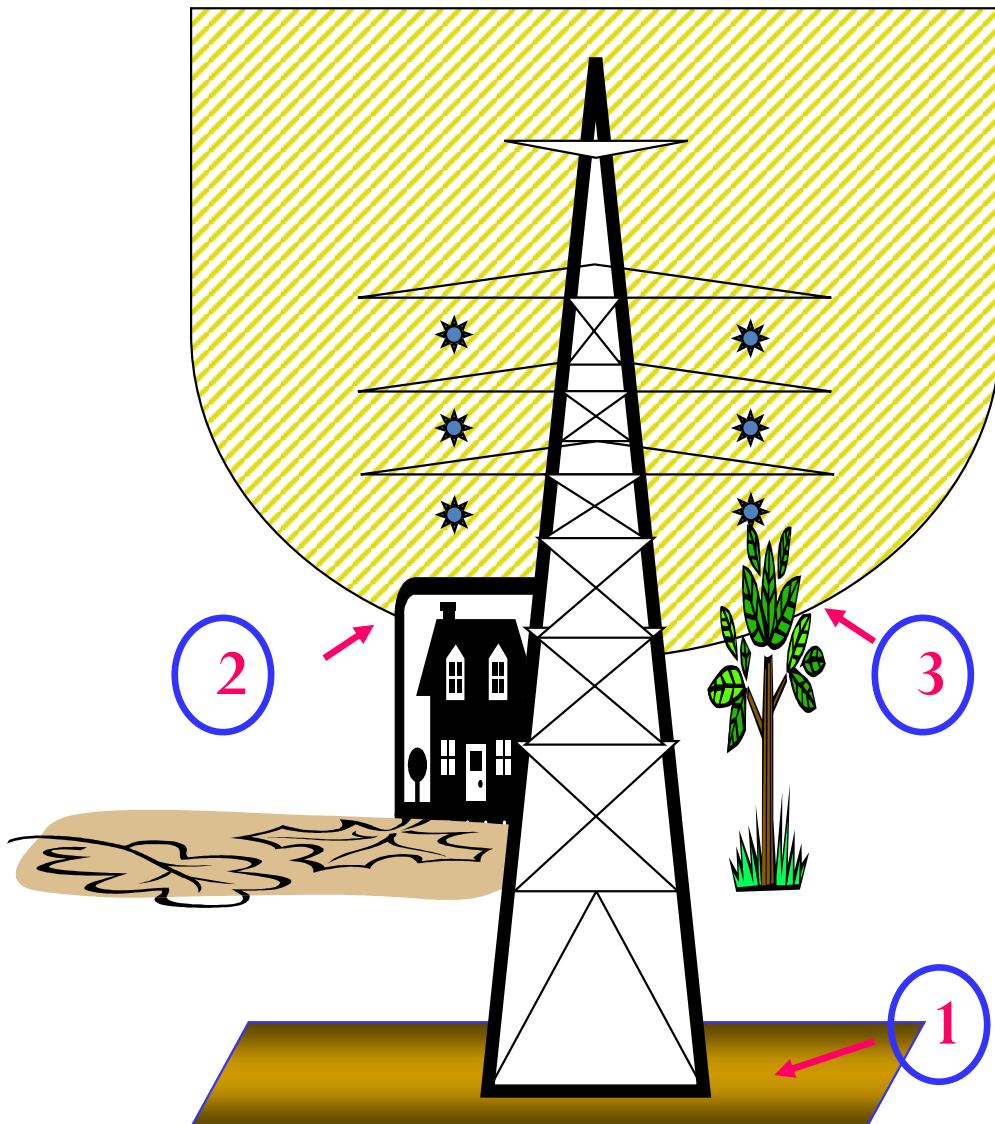
Potongan A - A



Keterangan :

████████ penampang melintang ruang bebas SUTET 500 KV sirkuit ganda pada menara yang tidak diinginkan

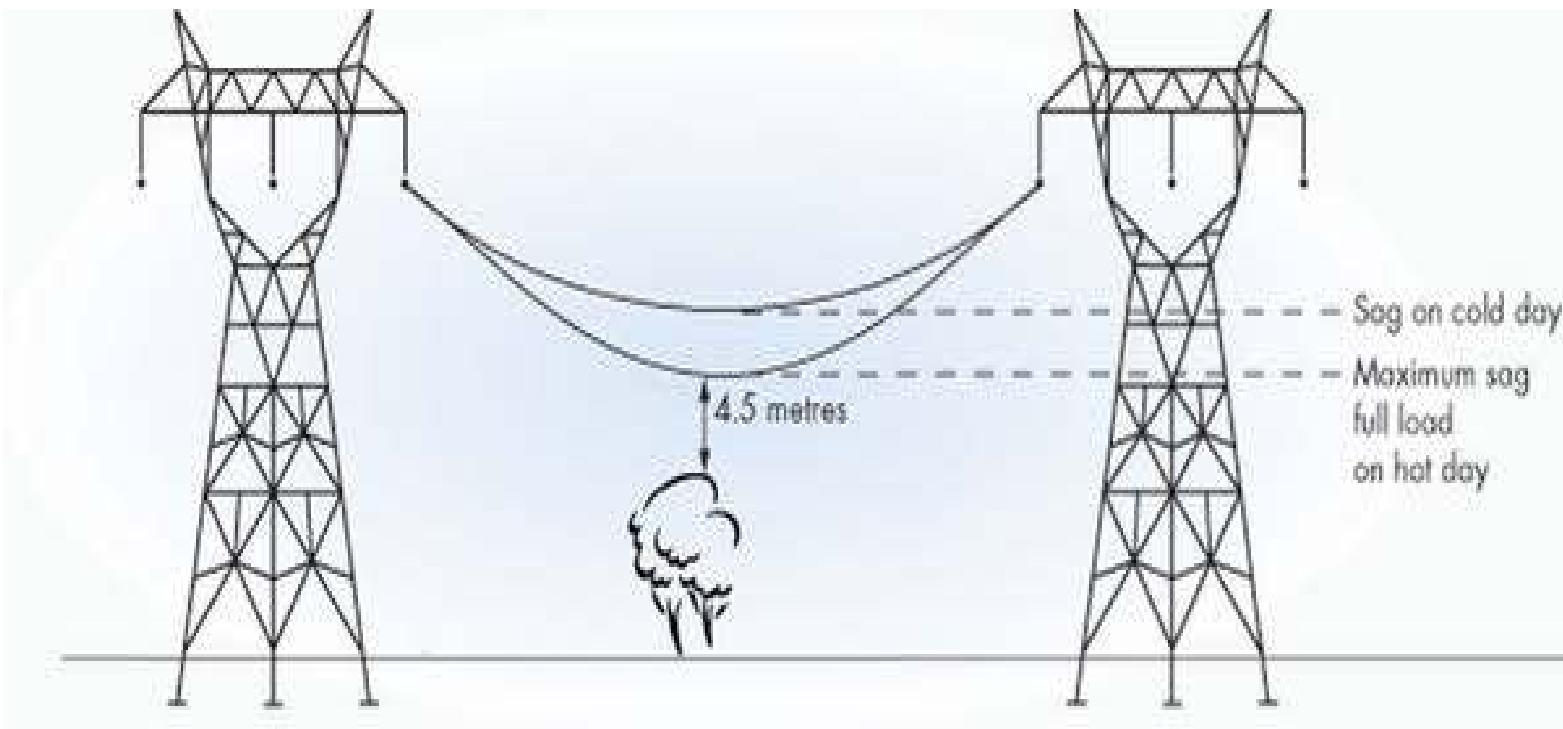
GANTI RUGI sesuai PERMEN PE No 01.P/47/MPE/1992 Tentang Ruang Bebas SUTT dan SUTET Untuk Penyaluran Tenaga Listrik



1. Tanah untuk tapak tower
2. Bangunan yang masuk Ruang Bebas
3. Tanaman yang masuk Ruang Bebas



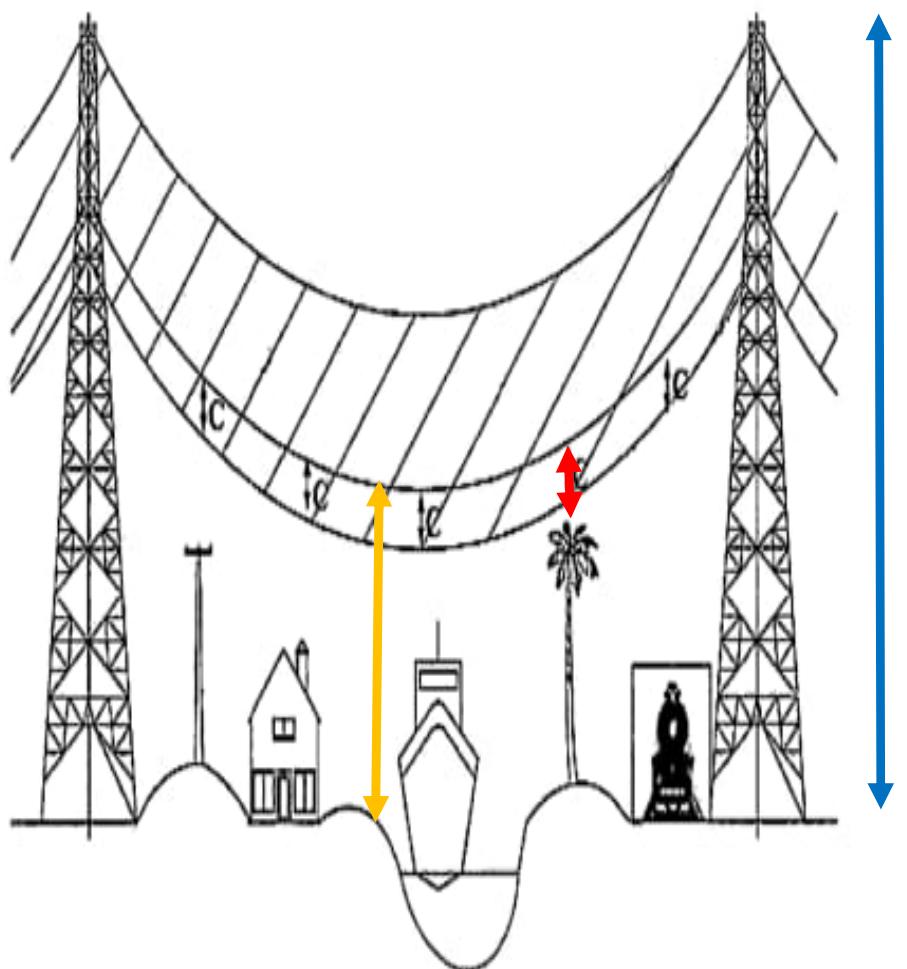
= RUANG BEBAS



Jarak Batas Aman ROW sesuai PERMEN ESDM

No. 02 Tahun 2019

Penampang Memanjang Ruang Bebas SUTT, SUTET, dan SUTTAS



Keterangan :

Daerah Arsir : Ruang Bebas ROW
C : Jarak Bebas Minimum Vertikal
Misal

Tinggi Tower 500 kV adalah 40 meter

Tinggi Konduktor terendah adalah 18 meter

Jarak aman konduktor ke tegakan adalah 9 meter

Maka Tinggi Pohon yang diijinkan maksimal tumbuh adalah $18 - 9 = 9$ meter

1. Jenis-jenis komponen pada Transmisi

- Berdasarkan fungsi dari tiap-tiap komponennya, sistem transmisi SUTT & SUTET dikelompokkan sebagai berikut :
 1. Isolasi
 2. Konduktor / Pembawa arus
 3. Kontruksi dan pondasi
 4. Proteksi petir
 5. Aksesoris

ISOLASI

- Isolasi berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan / ground baik secara elektrik maupun mekanik. Isolasi pada SUTT & SUTET dibedakan menjadi 2, yaitu :
 1. Isolasi padat (insulator)
 2. Isolasi udara

Isolasi Padat (Insulator)

- Isolasi padat (insulator) adalah media penyekat antara bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan atau ground secara elektrik dan mekanik. Pada SUTT & SUTET, insulator berfungsi untuk mengisolir konduktor fasa dengan *tower* / ground.

Sesuai fungsinya, insulator yang baik harus memenuhi sifat :

- **Karakteristik elektrik**

Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls petir pengenal dan tegangan kerja, tegangan tembus minimum sesuai tegangan kerja dan merupakan bahan isolasi yang diapit oleh logam sehingga merupakan kapasitor.

Kapasitansinya diperbesar oleh polutan maupun kelembaban udara di permukaannya. Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada insulator, maka akan terjadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

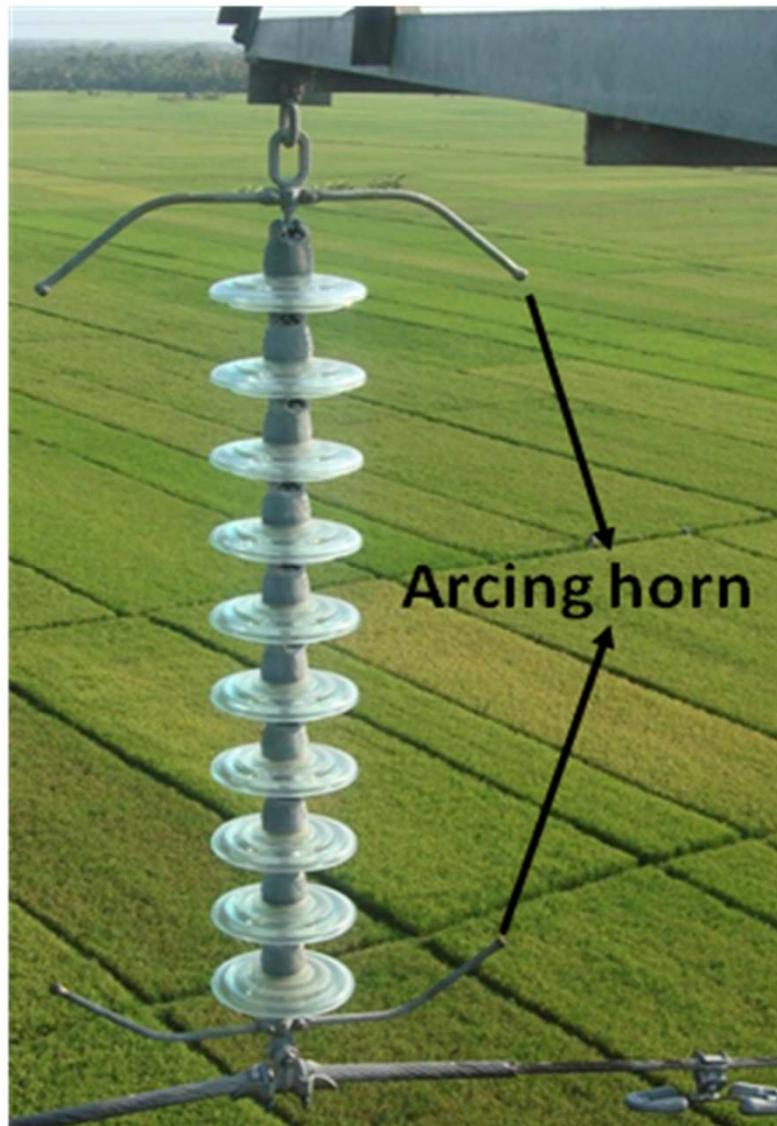
Karakteristik mekanik

- Insulator harus mempunyai kuat mekanik guna menanggung beban tarik konduktor penghantar maupun beban berat insulator dan konduktor penghantar.
- **Insulator Menurut Material**
 1. Insulator keramik (porselein & gelas)
 2. Insulator porselen

- Insulator porselein mempunyai keunggulan tidak mudah pecah, tahan terhadap cuaca. Dalam penggunaannya insulator ini harus di *glasur*. Warna *glasur* biasanya coklat, dengan warna lebih tua atau lebih muda. Hal itu juga berlaku untuk daerah dimana *glasur* lebih tipis dan lebih terang, sebagai contoh pada bagian tepi dengan radius kecil.

Insulator gelas

- Digunakan hanya untuk insulator jenis piring. Bagian gelas harus bebas dari lubang atau cacat lain termasuk adanya gelembung dalam gelas. Warna gelas biasanya hijau, dengan warna lebih tua atau lebih muda. Jika terjadi kerusakan insulator gelas mudah dideteksi.



Gambar 33 - Bentuk lain *arcung horn*

Insulation Breakdown



SGLNG – BDSLN 1 tower 10



SGLNG – BDSLN 2 tower 21

Network: 15 Nov 2019 15.27.09 WIB
Local: 15 Nov 2019 15.27.08 WIB



Kerusakan Isolator

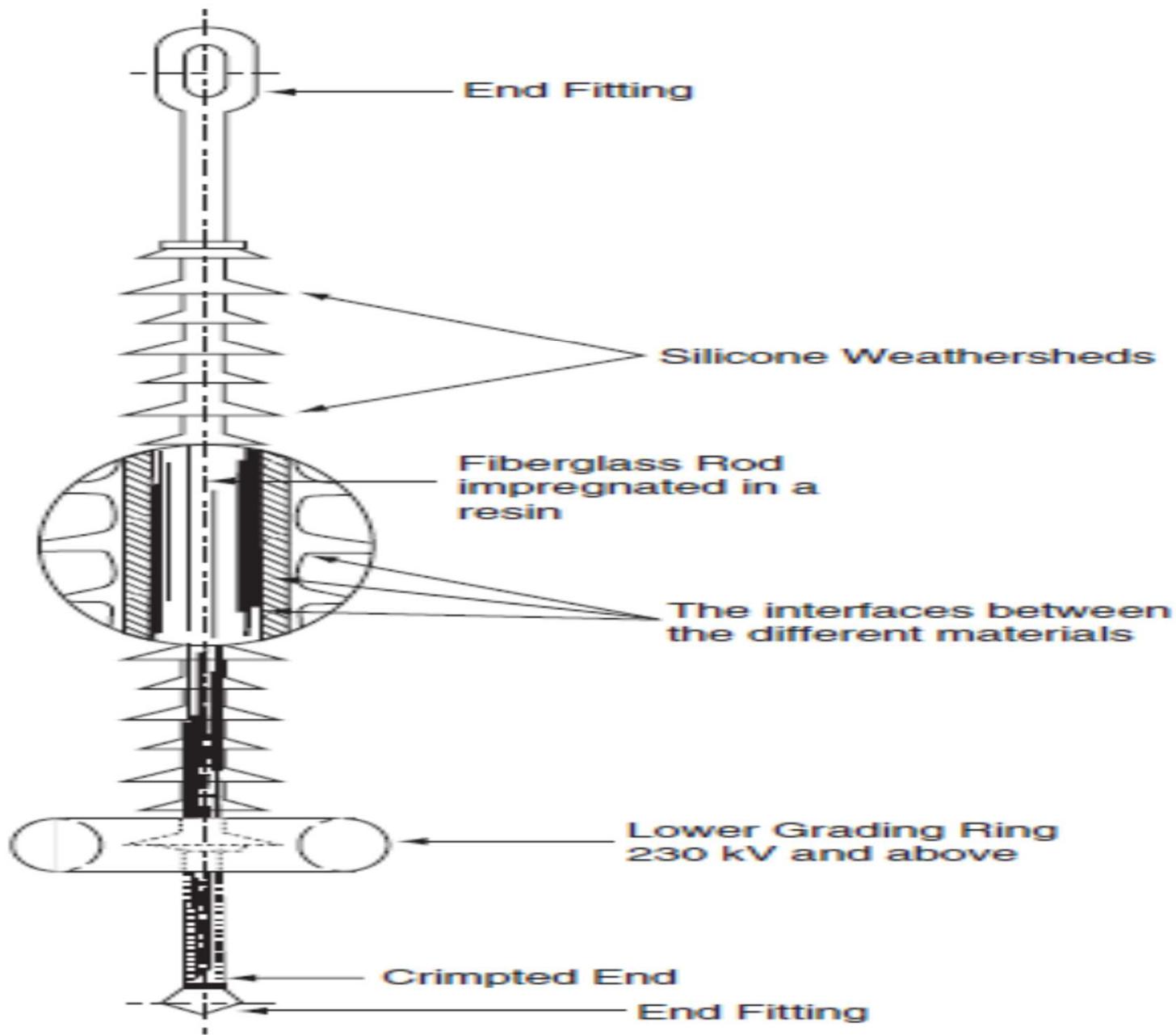


Insulator non-keramik (komposit)

- Insulator non-keramik (komposit) terbuat dari bahan polimer. Insulator komposit dilengkapi dengan *mechanical load-bearing fiberglass rod*, yang diselimuti oleh *weather shed* polimer untuk mendapatkan nilai kekuatan eletrik yang tinggi.

Komponen utama dari insulator komposit yaitu :

- *End fittings*
- *Corona ring(s)*
- *Fiberglass-reinforced plastic rod*
- *Interface between shed and sleeve*
- *Weather shed*

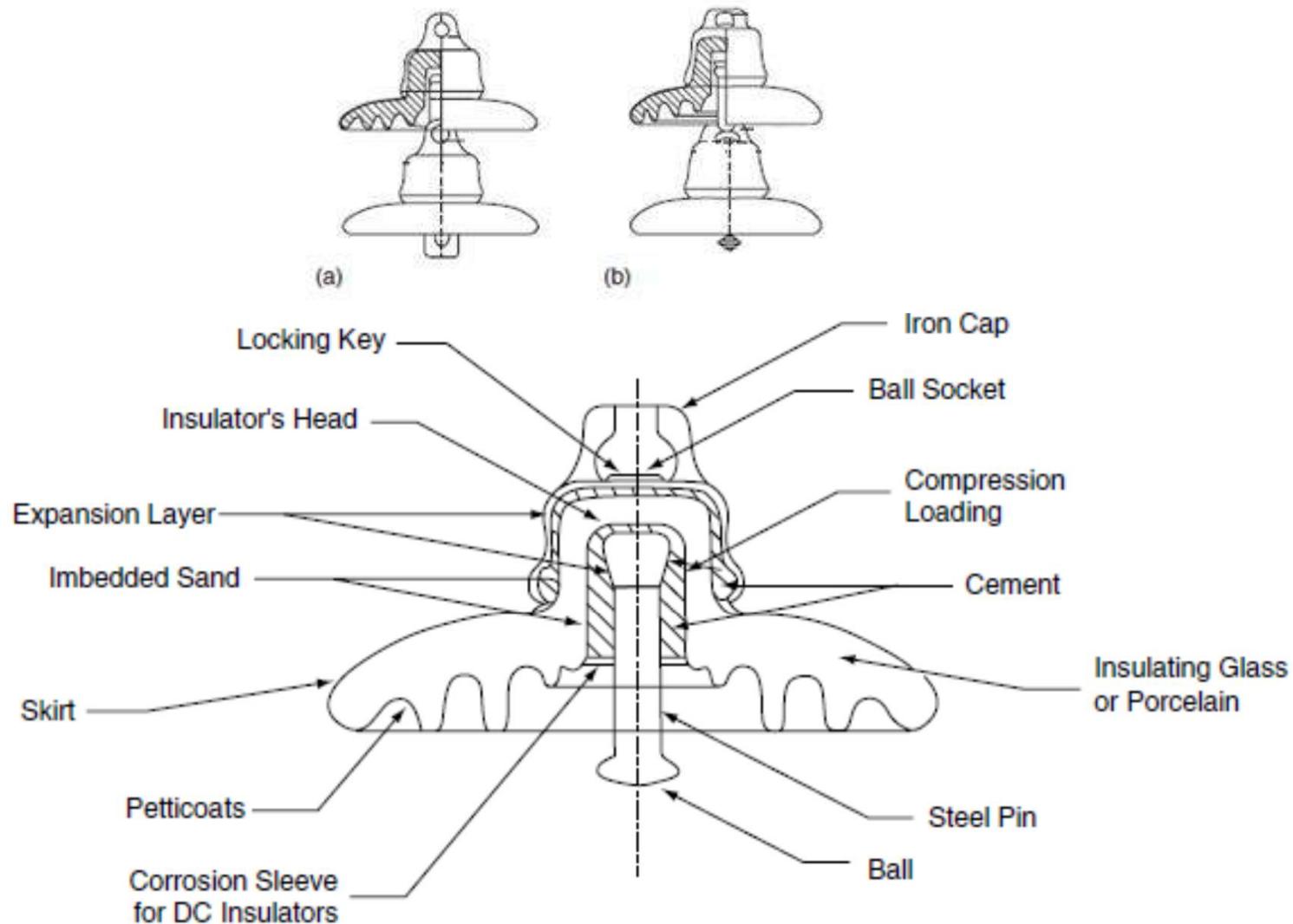


Insulator Menurut Bentuk

- Insulator piring**

Dipergunakan untuk insulator penegang dan insulator gantung, dimana jumlah piringan insulator disesuaikan dengan tegangan sistem.

Insulator piring (a) tipe *clevis* (b) tipe *ball-and-socket*



Gambar Komponen insulator piring tipe *ball-and-socket*

Insulator tipe *post*

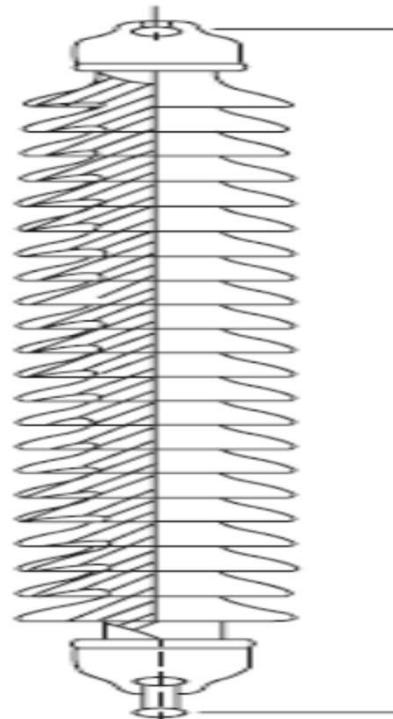
- Dipergunakan sebagai tumpuan dan memegang bagi konduktor diatasnya untuk pemasangan secara vertikal dan sebagai insulator dudukan. Biasanya terpasang pada tower jenis pole atau pada tiang sudut. Dipergunakan untuk memegang dan menahan konduktor untuk pemasangan secara horizontal.



Gambar Insulator *post*

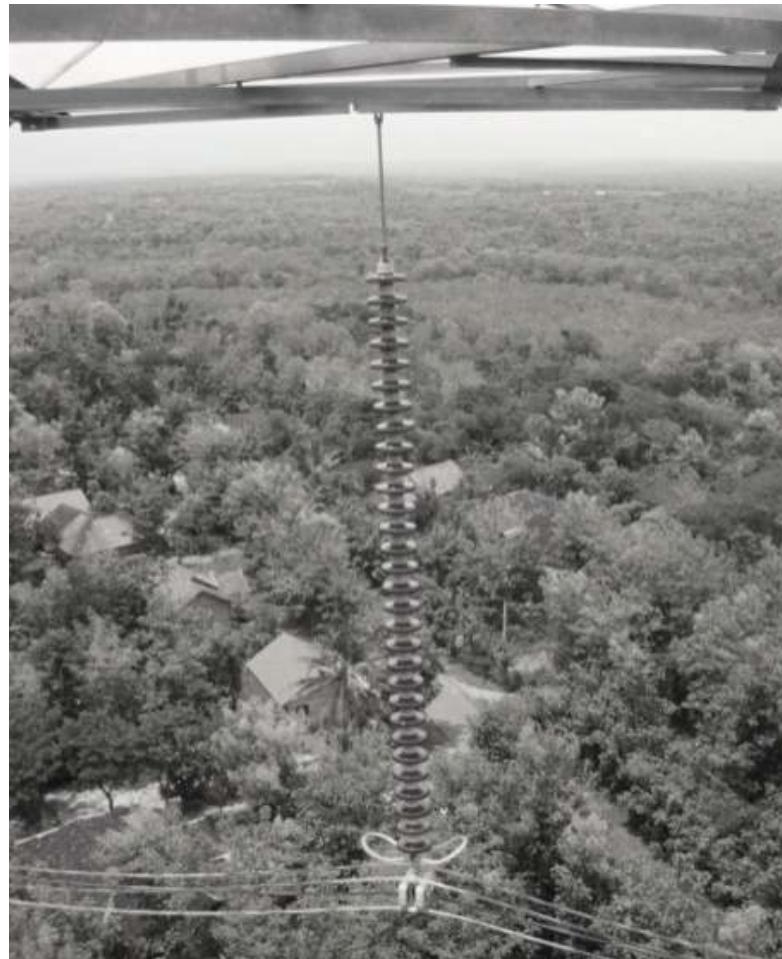
Insulator *long rod*

- Insulator *long rod* adalah insulator porselin atau komposit yang digunakan untuk beban tarik.

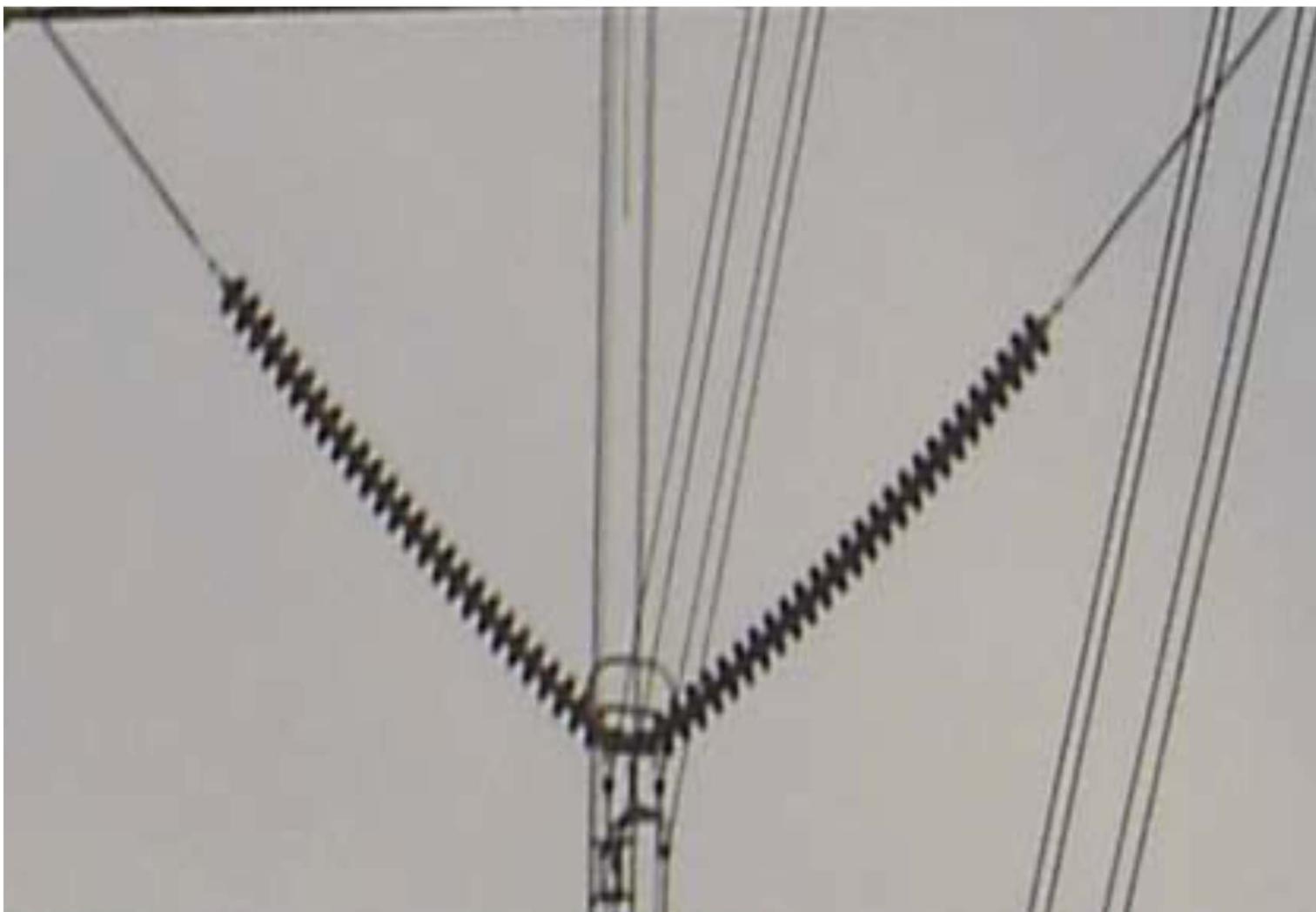


Insulator Menurut Pemasangan

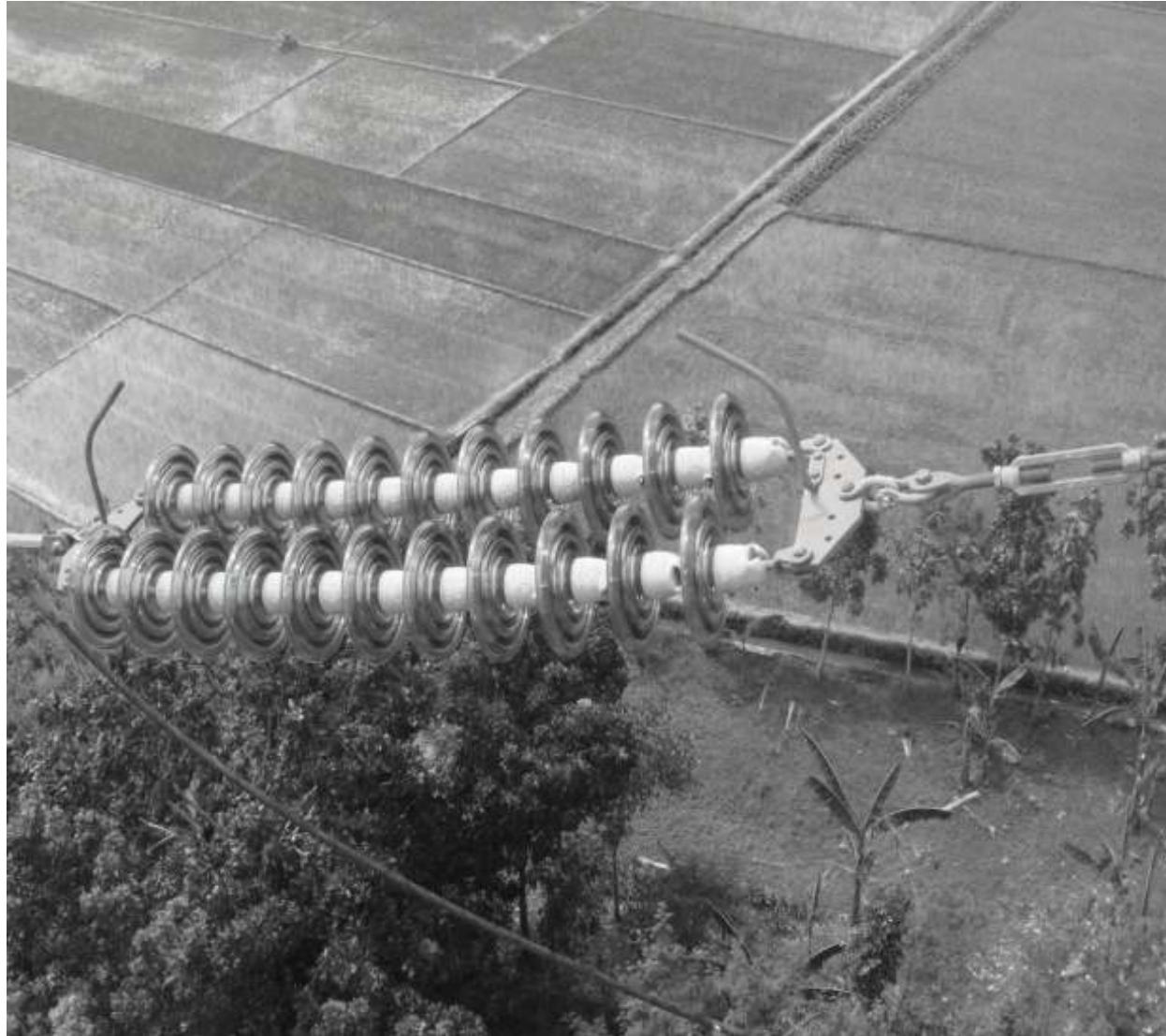
- “I” *string*



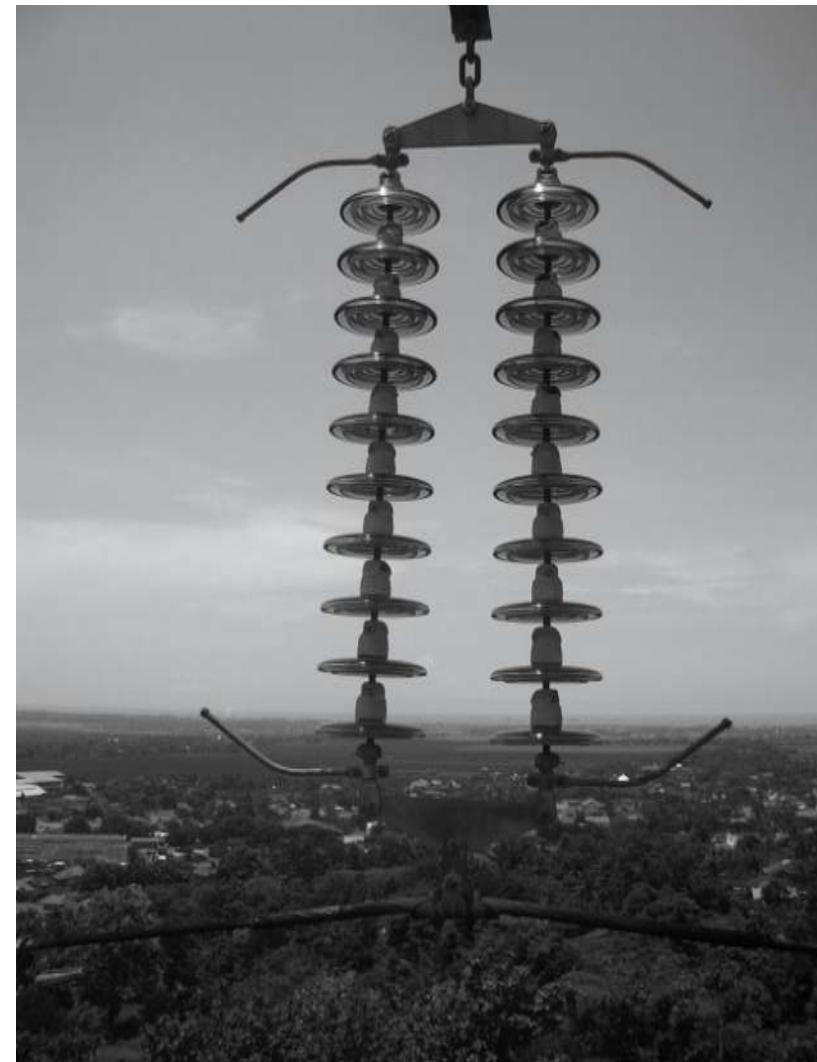
“V” *string*



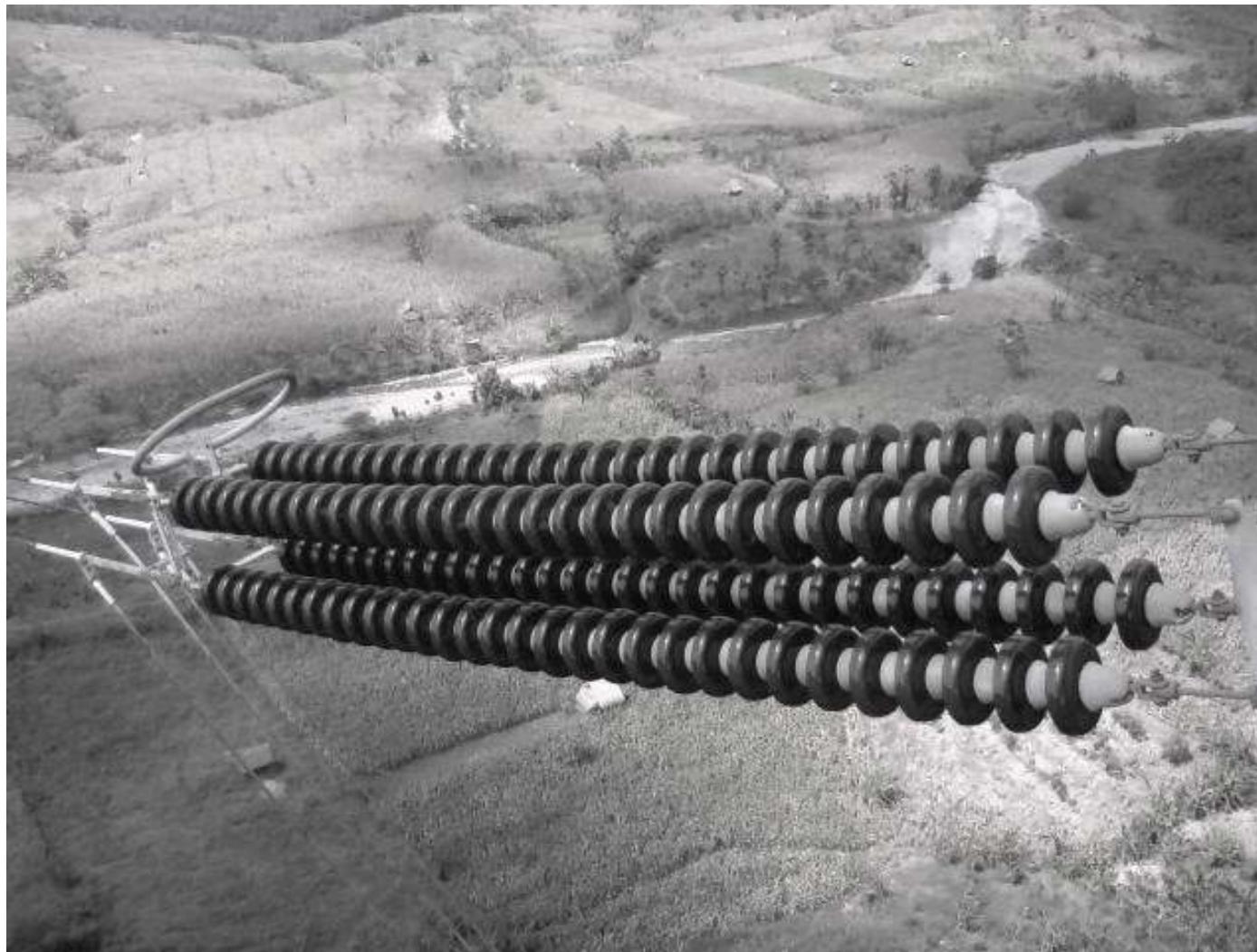
Horizontal *string*



Single string dan Double string



Quadruple



Isolasi Udara

- Isolasi udara berfungsi untuk mengisolasi antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan / ground dan antar fasa yang bertegangan secara elektrik. Kegagalan fungsi isolasi udara disebabkan karena *breakdown voltage* yang terlampaui (jarak yang tidak sesuai, perubahan nilai tahanan udara, tegangan lebih).

Konduktor Penghantar

- Merupakan suatu media untuk menghantarkan arus listrik yang direntangkan lewat tiang-tiang SUTT & SUTET melalui insulator-insulator sebagai penyekat konduktor dengan tiang. Pada tiang *tension*, konduktor dipegang oleh *tension clamp / compression dead end clamp*, sedangkan pada tiang *suspension* dipegang oleh *suspension clamp*.

- Bahan konduktor yang dipergunakan untuk saluran energi listrik perlu memiliki sifat-sifat sebagai berikut :
 1. Konduktivitas tinggi
 2. Kekuatan tarik mekanik tinggi
 3. Berat jenis yang rendah
- Ekonomis
- 4. Lentur / tidak mudah patah

Jenis-jenis konduktor berdasarkan bahannya :

- **Konduktor jenis tembaga (BC : *Bare copper*)**
Konduktor ini merupakan pengantar yang baik karena memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanik yang cukup baik.
- **Konduktor jenis aluminium**
Konduktor dengan bahan aluminium lebih ringan daripada konduktor jenis tembaga, konduktivitas dan kekuatan mekaniknya lebih rendah. Jenis-jenis konduktor alumunium antara lain :

Konduktor ACSR (*Alumunium Conductor Steel Reinforced*)

- Konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa *steel* yang mempunyai kuat mekanik tinggi, sedangkan bagian luarnya berupa aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi. Karena sifat elektron lebih menyukai bagian luar konduktor daripada bagian sebelah dalam konduktor, maka pada sebagian besar SUTT maupun SUTET menggunakan konduktor jenis ACSR.
- Untuk daerah yang udaranya mengandung kadar belerang tinggi dipakai jenis ACSR/AS, yaitu konduktor jenis ACSR yang konduktor *steel*nya dilapisi dengan aluminium.

Konduktor jenis TACSR (*Thermal Aluminium Conductor Steel Reinforced*)

- Pada saluran transmisi yang mempunyai kapasitas penyaluran / beban sistem tinggi maka dipasang konduktor jenis TACSR. Konduktor jenis ini mempunyai kapasitas lebih besar tetapi berat konduktor tidak mengalami perubahan yang banyak, tapi berpengaruh terhadap sagging.

Tabel 1 Daftar konduktor yang dipergunakan untuk SUTT & SUTET

NO.	TYPE KONDUKTOR	JENIS KONDUKTOR	NEGARA ASAL	STANDARD YG. DIGUNAKAN	DATA KONDUKTOR				CURRENT CARRYING CAPACITY (CCC) (Amp.)	KETERANGAN
					LUAS PENAMPANG (mm ²)	DIAMETER (mm)	R DC 20°C (Ohm/ Km)	BERAT (kg/ Km)		
1.	ACSR	HAWK	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	281,03	21,79	0,1199	455	455	150 kV
2.	ACSR	HEN	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	298,07	22,40	0,1202	1.112	457	150 kV
3.	ACSR	DOVE	CANADA	CSA C.49 - 1965	327,77	23,55	0,1024	1.137	495	150 kV & 500 kV
4.	ACSR	GANNET	USA	ASTM B 232 - 64, T ASTM B 232 - 69	392,84	25,76	0,0858	1.365	618	150 kV & 500 kV
5.	ACSR	ZEBRA	BRITISH	BS. 215 P.2 - 1956 BS. 215 P.2 - 1970	484,50	28,62	0,0674	1.621	835	150 KV
6.	ACSR	DRAKE	CANADA	CSA C.49 - 1965	468,45	28,11	0,0715	1.624	611	150 KV
7.	ACSR	PEGION	CANADA	CSA C.49-1965	99,22	12,75	0,3366	343	241	70 KV
8.	ACSR	OSTRICH	CANADA	CSA C.49-1965	176,71	17,28	0,1900	613	343	70 KV
9.	ACSR	LINNET	USA CANADA	ASTM B232-69 CSA C49-1965	198,19 198,26	18,31 18,31	0,1699 0,1696	689 687	371 368	70 KV 70 KV
10.	ACSR	ACSR 240/40	GERMANY	DIN 48204	282,50	21,90	0,1188	987	457	150 kV
11.	ACSR	ACSR 340/ 30	INDONESIA	SII 1134 - 1981 SPLN 41 - 7 : 1981	369,10	25	0,0851	1.180	790	150 KV
12.	THERMAL	TACSR 240	JEPANG	JEC 74 - 1964 JIS C 3110 - 1968 JEC A 234 - 1977	297,60	22,40	0,112	1.024	819	150 KV
13.	THERMAL	TACSR 410	JEPANG	sda	480,80	28,50	0,0671	1.578	1.149	150 KV
14.	THERMAL	TACSR 330	JEPANG	sda	379,60	25,30	0,085	1.239	986	150 kV
15.	THERMAL	TACSR 520	JEPANG	sda	586,85	31,50	0,0588	1.962	1.304	150 KV
1.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	16	4,51	-	-	140	
2.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	25	5,64	-	-	180	
3.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	35	6,68	-	-	220	
4.		CU	GERMANY	DIN 48201 & DIN 4313	50	7,99	-	-	280	

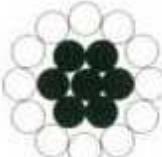
TYPICAL STRANDINGS OF ALUMINIUM CONDUCTOR STEEL REINFORCED (ACSR)



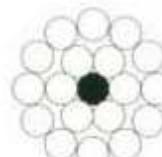
1 St/5 Al



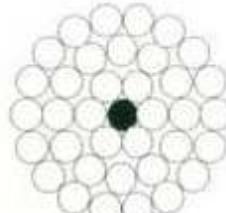
1 St/7 Al



7 St/12 Al
(1-6-12)



1 St/18 Al
(1-6-12)



1 St/36 Al
(1-6-12-18)



1 St/6 Al



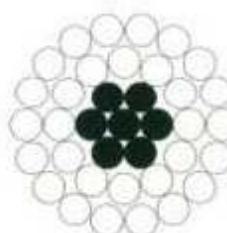
7 St/8 Al



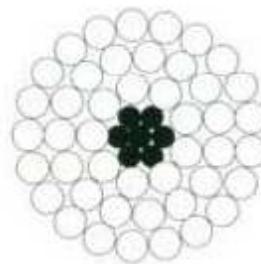
7 St/24 Al
(1-6-9-15)



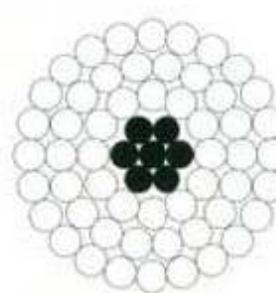
7 St/26 Al
(1-6-10-16)



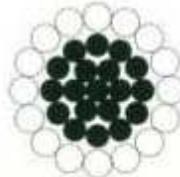
7 St/30 Al
(1-6-12-18)



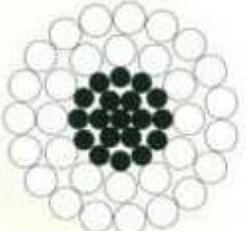
7 St/45 Al
(1-6-9-15-21)



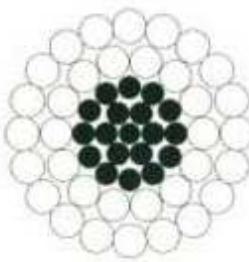
7 St/54 Al
(1-6-12-18-24)



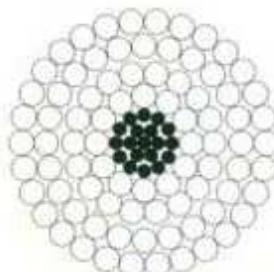
19 St/16 Al
(1-6-12-16)



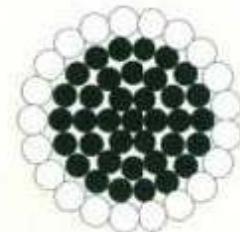
19 St/30 Al
(1-6-12-12-18)



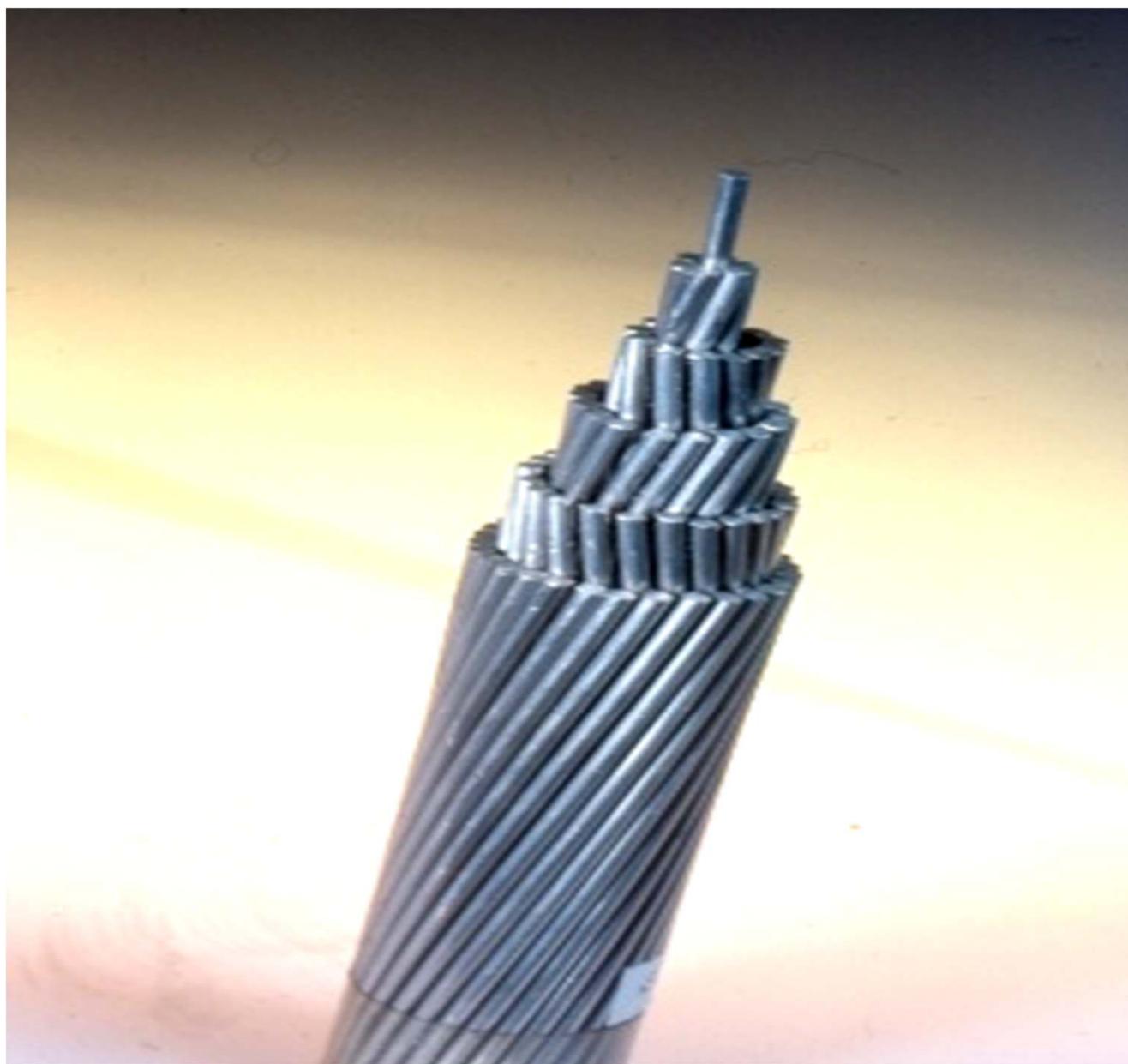
19 St/34 Al
(1-6-12-14-20)



19 St/84 Al
(1-6-12-12-18-24-30)



37 St/21 Al
(1-6-12-18-21)





Sambungan Konduktor

(Compression Joint)

- Sambungan konduktor adalah material untuk menyambung konduktor penghantar yang cara penyambungannya dengan alat press tekanan tinggi.
- Sambungan (*joint*) harus memenuhi beberapa syarat antara lain :
 1. Konduktivitas listrik yang baik
 2. Kekuatan mekanik yang besar

Ada 2 jenis teknik penyambungan konduktor penghantar ACSR & TACSR,

yaitu :

- Sambungan dengan puntiran (sekarang sudah jarang dipergunakan)
- Sambungan dengan *press*
- Sambungan konduktor penghantar dengan *press* terdiri dari :
 1. Selongsong *steel*, berfungsi untuk menyambung *steel* atau bagian dalam konduktor penghantar ACSR & TACSR.
 2. Selongsong aluminium berfungsi untuk menyambung aluminium atau bagian luar konduktor penghantar ACSR & TACSR.

- Bagian sambungan konduktor penghantar (a) Selongsong *steel* (b) Selongsong alumunium
- Penempatan *compression joint* harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :
- Diusahakan berada di tengah-tengah gawang atau bagian terendah dari andongan konduktor.
- Tidak boleh berada di dekat tower *tension*
- Tidak boleh di atas jalan raya, rel KA, SUTT, dll

Konduktor Penghubung (*Jumper*)

- *Konduktor penghubung* digunakan sebagai penghubung konduktor pada tiang *tension*. Besar penampang, jenis bahan, dan jumlah konduktor pada *konduktor penghubung* disesuaikan dengan konduktor yang terpasang pada SUTT / SUTET tersebut.

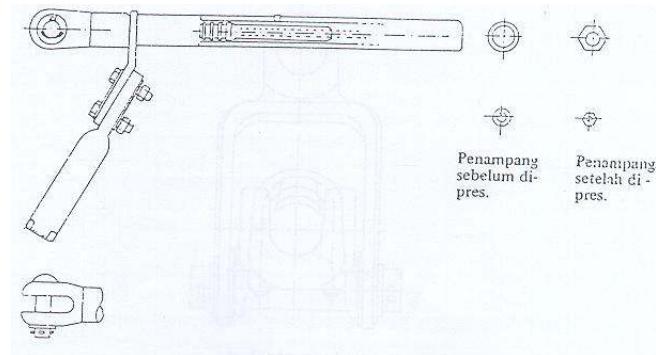
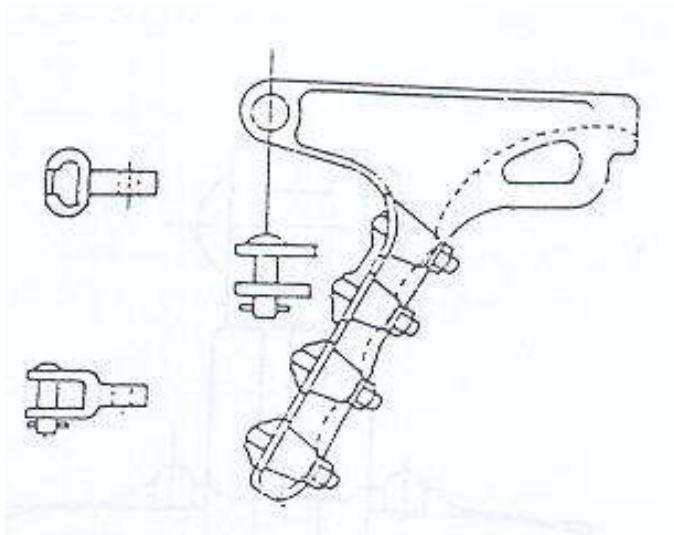
- Jarak *konduktor penghubung* dengan tiang diatur sesuai tegangan operasi dari SUTT / SUTET konduktor pada tiang *tension* SUTET umumnya dipasang *counter weight* sebagai pemberat agar posisi dan bentuk *konduktor penghubung* tidak berubah. Pada tiang tertentu perlu dipasang insulator *support* untuk menjaga agar jarak antara *konduktor penghubung* dengan tiang tetap terpenuhi.

- Untuk menjaga jarak dan pemisah antar konduktor *konduktor penghubung* pada konfigurasi 2 konduktor atau 4 konduktor perlu dipasang *twin spacer* ataupun *quad spacer*.
- **Klem Konduktor Penghantar**
- Klem konduktor penghantar digunakan untuk memegang konduktor penghantar terhadap insulator.

Klem penegang (*tension clamp*)

- Umumnya terbuat dari campuran aluminium atau tembaga sesuai dengan kebutuhannya, dipergunakan untuk pengikat konduktor fasa pada insulator penegang pada tiang penegang.
- Ada 2 (dua) macam klem penegang konduktor penghantar yang umumnya dipergunakan, yaitu :
- Klem penegang dengan mur baut (*strain clamp*)
- Klem penegang dengan *press*

penegang dengan press untuk konduktor ACSR & TACSR



Tiang Menurut Fungsi

- **Tiang penegang (*tension tower*)**
Tiang penegang disamping menahan gaya berat juga menahan gaya tarik dari konduktor-konduktor saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET). Tiang penegang terdiri dari :
 - Tiang sudut (*angle tower*)
- Tiang sudut adalah tiang penegang yang berfungsi menerima gaya tarik akibat perubahan arah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET).
 - Tiang akhir (*dead end tower*)
- Tiang akhir adalah tiang penegang yang direncanakan sedemikian rupa sehingga kuat untuk

Tiang akhir (*dead end tower*)

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

Tiang penyangga (*suspension tower*)

- Tiang penyangga untuk mendukung / menyangga dan harus kuat terhadap gaya berat dari peralatan listrik yang ada pada tiang tersebut.
- Tiang penyekat (*section tower*)
- Yaitu tiang penyekat antara sejumlah *tower* penyangga dengan sejumlah *tower* penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan konduktor), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.

Tiang transposisi

- Adalah tiang penegang yang berfungsi sebagai tempat perpindahan letak susunan phasa konduktor-konduktor Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).
- Tiang portal (*gantry tower*)

- Yaitu *tower* berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi yang membutuhkan ketinggian yang lebih rendah untuk alasan tertentu (bandara, tiang *crossing*). Tiang ini dibangun di bawah saluran transmisi eksisting.
- Tiang kombinasi (*combined tower*)
- Yaitu *tower* yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.

Tiang transposisi

- Adalah tiang penegang yang berfungsi sebagai tempat perpindahan letak susunan phasa konduktor-konduktor Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).
- Tiang portal (*gantry tower*)

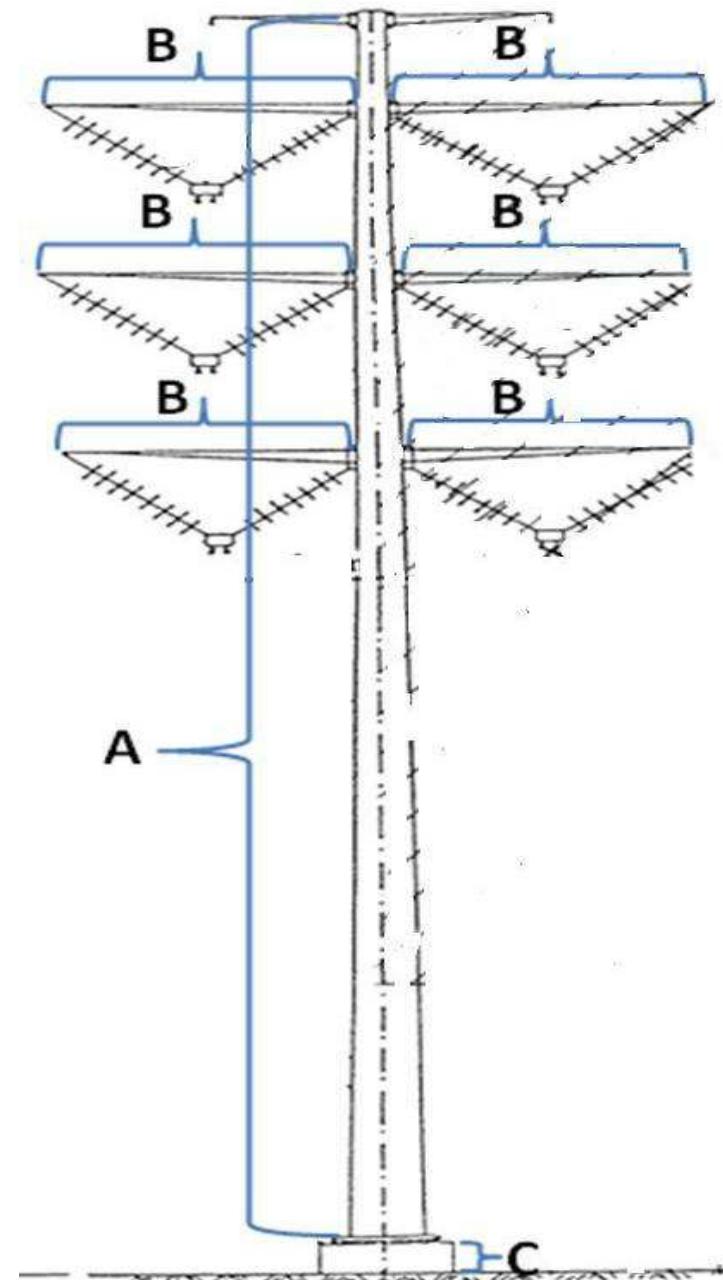
Tiang Kombinasi dan Tiang Kombinasi

- Yaitu *tower* berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi yang membutuhkan ketinggian yang lebih rendah untuk alasan tertentu (bandara, tiang *crossing*). Tiang ini dibangun di bawah saluran transmisi eksisting.
- **Tiang kombinasi (*combined tower*)**
Yaitu *tower* yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.

Tiang Menurut Bentuk

- **Tiang pole**

Konstruksi SUTT dengan tiang beton atau tiang baja, pemanfaatannya digunakan pada perluasan SUTT dalam kota yang padat penduduk dan memerlukan lahan relatif sempit.
- Berdasarkan materialnya, terbagi menjadi :
 - Tiang pole baja
 - Tiang pole beton



Konstruksi tiang pole

Konstruksi tiang *pole* terdiri dari 3 bagian utama yaitu :

1. Tiang

bagian utama dari tiang *pole* yang berfungsi sebagai penopang dari palang dan insulator. Untuk pemakaian pada saluran dengan jarak rentang yang panjang (menyeberang sungai, lembah dan sebagainya), digunakan tiang khusus yang konstruksi dan dimensinya dibuat lebih besar serta lebih kuat dari pada jenis tiang yang standar.

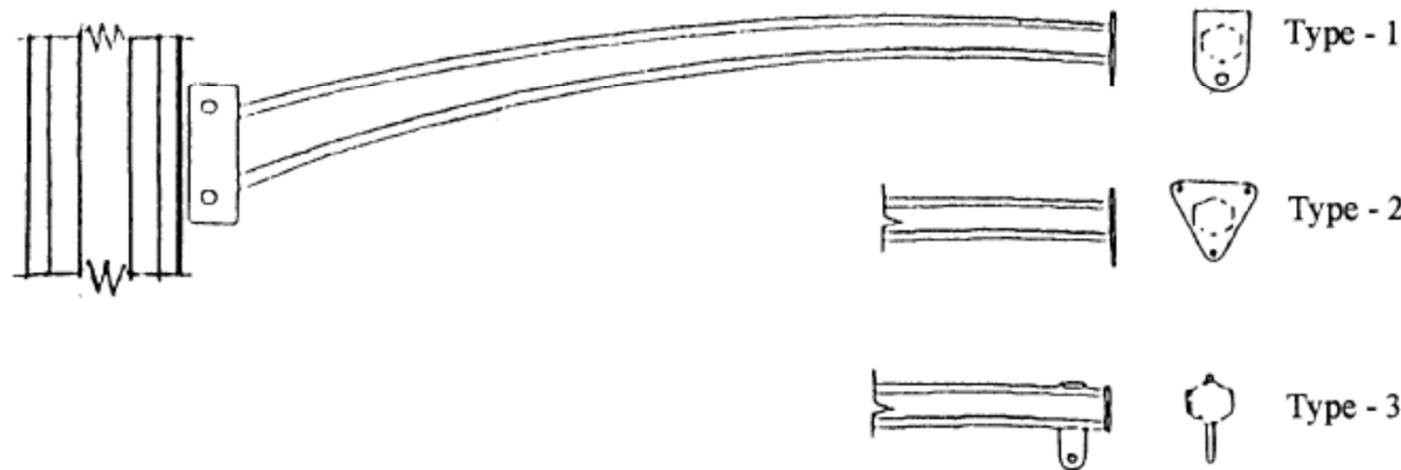
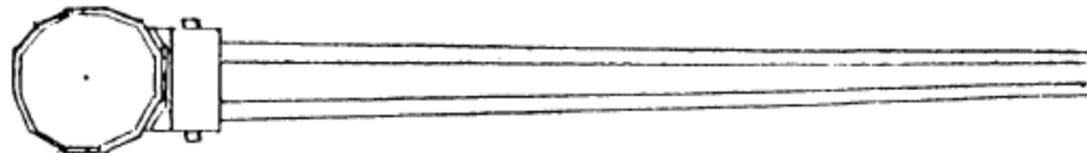
Tiang baja terbuat dari *high steel* yang berpenampang poligonal atau bulat, sedangkan tiang beton terbuat dari beton pratekan berpenampang bulat.

2. Palang (*travers*)

Jenis palang yang digunakan :

- palang poligonal lengkung (davit)

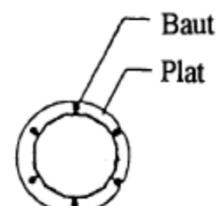
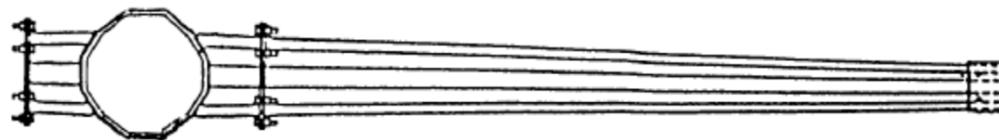
Palang poligonal lengkung (davit) palang poligonal lurus



Jenis Penggantung

Palang poligonal lurus

Traverse davit dan Traverse poligonal lurus dipergunakan untuk SUTT tiang tunggal. Sedangkan untuk SUTT tiang ganda menggunakan traverse lurus.



Traves lurus



Bahan Baja mutu ASTM A-572,
minimum Grade 50 dan digalvanis.

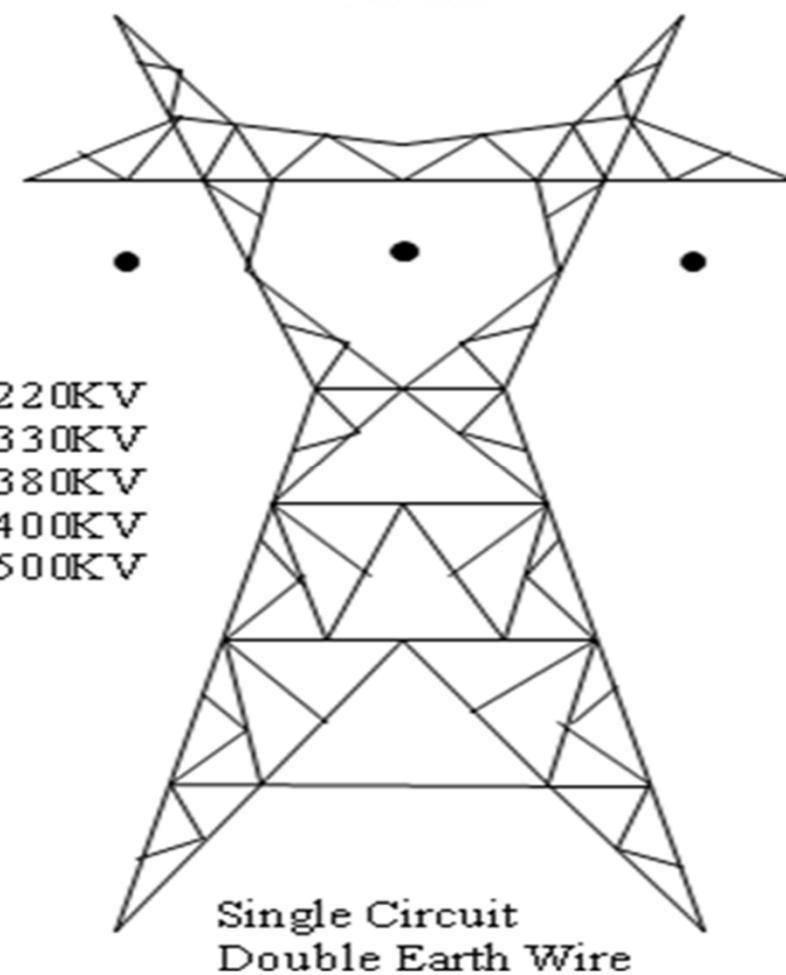
3. Pondasi

- Jenis pondasi yang digunakan pada tiang *pole* adalah :
 - Pondasi bor yang terdiri atas :
 1. Pondasi bor poros lurus
 2. Pondasi bor tanam langsung
 - Pondasi beton bertulang dengan baut angkur, yang terdiri atas :
 1. Pondasi beton bertulang dengan tiang pancang
 2. Pondasi beton bertulang tanpa tiang pancang

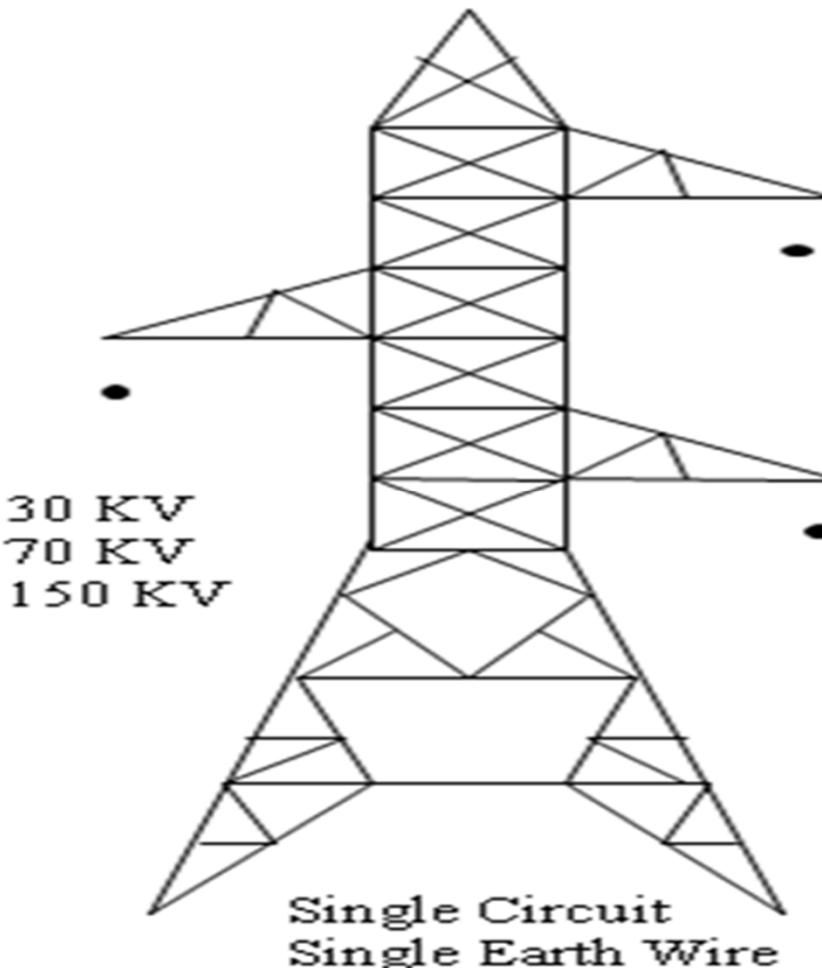
Tiang kisi-kisi (*lattice tower*)

- Terbuat dari baja profil, disusun sedemikian rupa sehingga merupakan suatu menara yang telah diperhitungkan kekuatannya disesuaikan dengan kebutuhannya. Berdasarkan susunan / konfigurasi penghantarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok besar, yaitu :
 1. Tiang delta (*delta tower*)

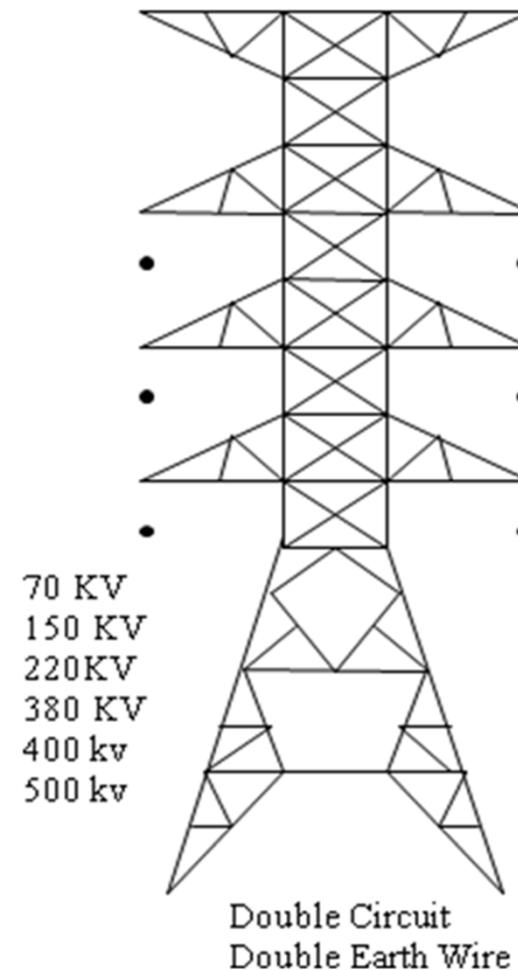
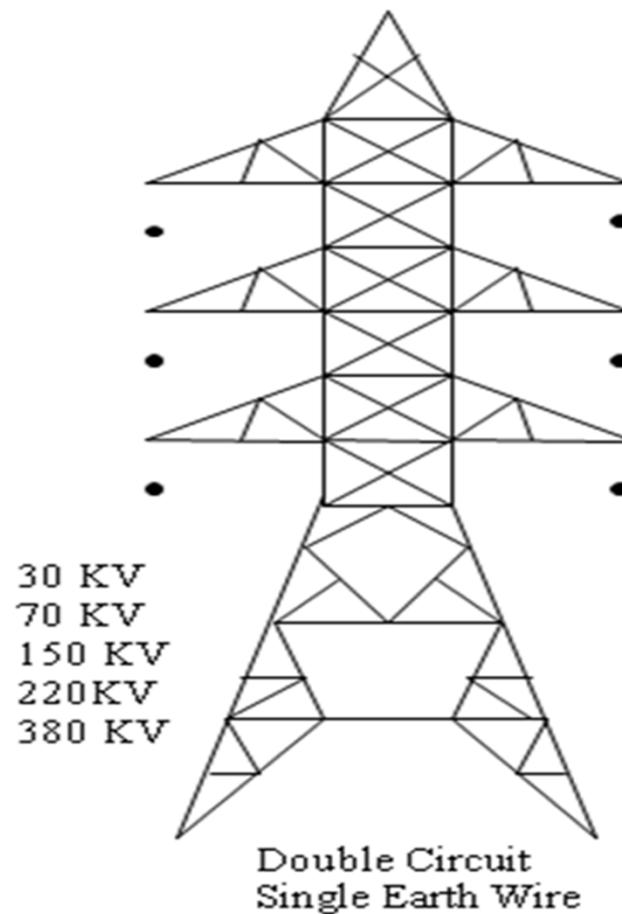
Tiang delta



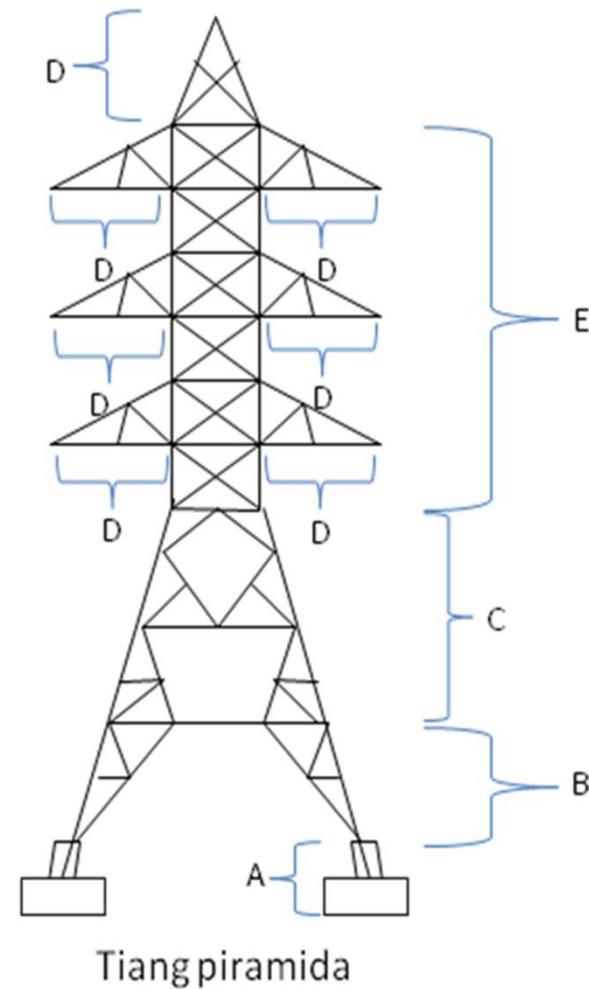
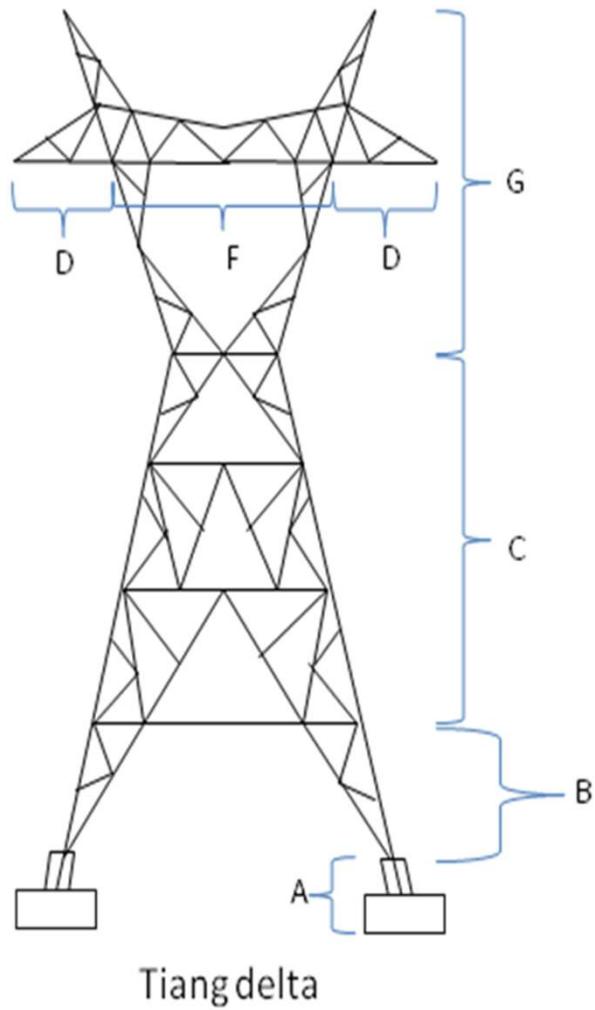
Tiang zig-zag (zig-zag tower)



Tiang piramida (*pyramid tower*)



Konstruksi tiang *lattice*



PROTEKSI PETIR

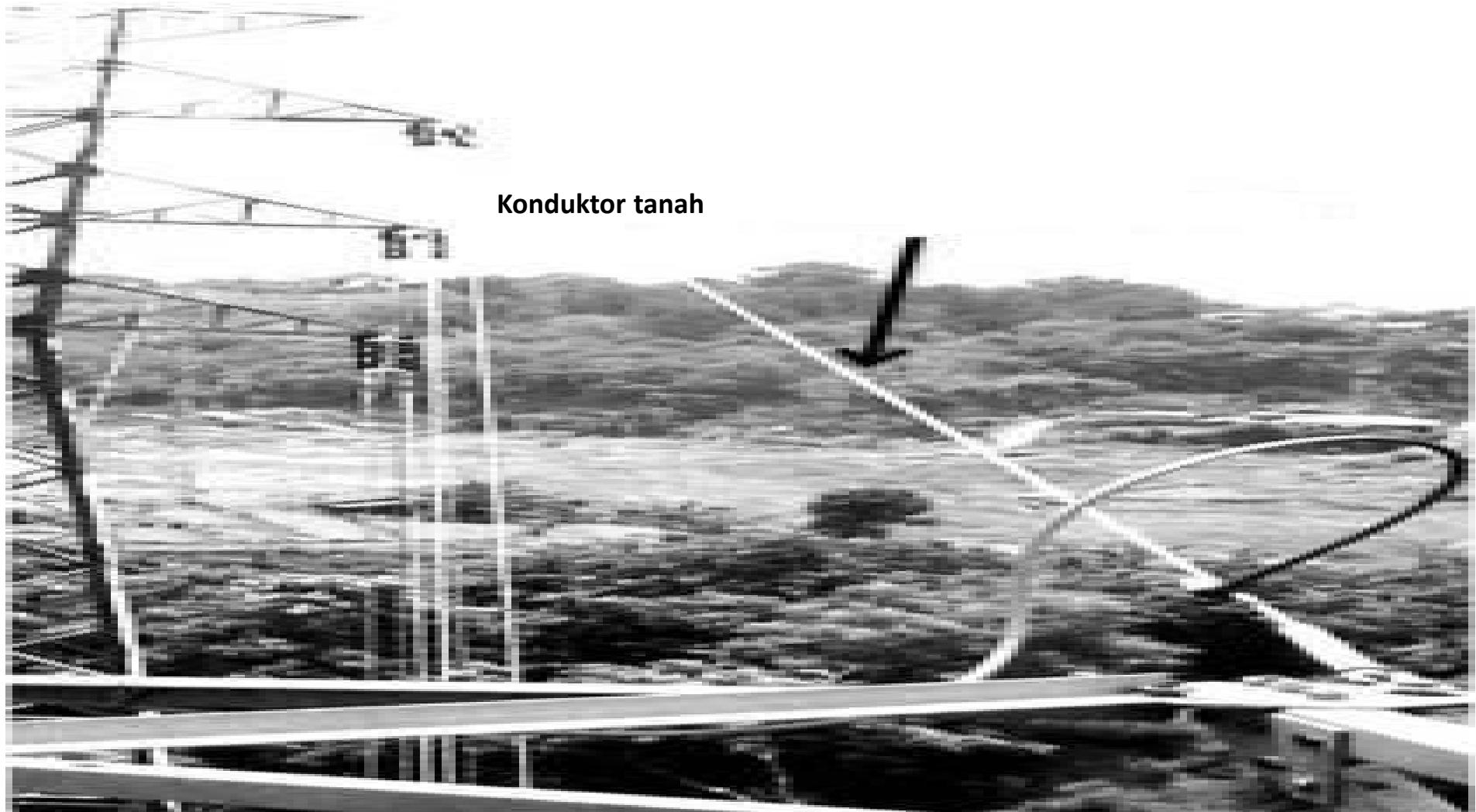
- SUTT & SUTET merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah (*easy target*) bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUTT / SUTET merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada SUTT / SUTET, sehingga pada SUTT / SUTET timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls dan merambat ke ujung-ujung SUTT / SUTET. Tegangan lebih akibat sambaran petir sering disebut surja petir.

- Jika tegangan lebih surja petir tiba di GI, maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan GI. Oleh karena itu, perlu dibuat alat pelindung agar tegangan surja yang tiba di GI tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan GI.

Komponen-komponen proteksi petir

- **Konduktor Tanah (*Earth Wire*)**

media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Konduktor ini dipasang di atas konduktor fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, dengan anggapan petir menyambar dari atas konduktor. Namun, jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan konduktor fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan.



- Konduktor tanah terbuat dari baja yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium. Pada SUTET yang dibangun mulai tahun 1990an, di dalam *ground wire* difungsikan *fiber optic* untuk keperluan telemetri, teleproteksi maupun telekomunikasi yang dikenal dengan OPGW (*Optic Ground Wire*), sehingga mempunyai beberapa fungsi.

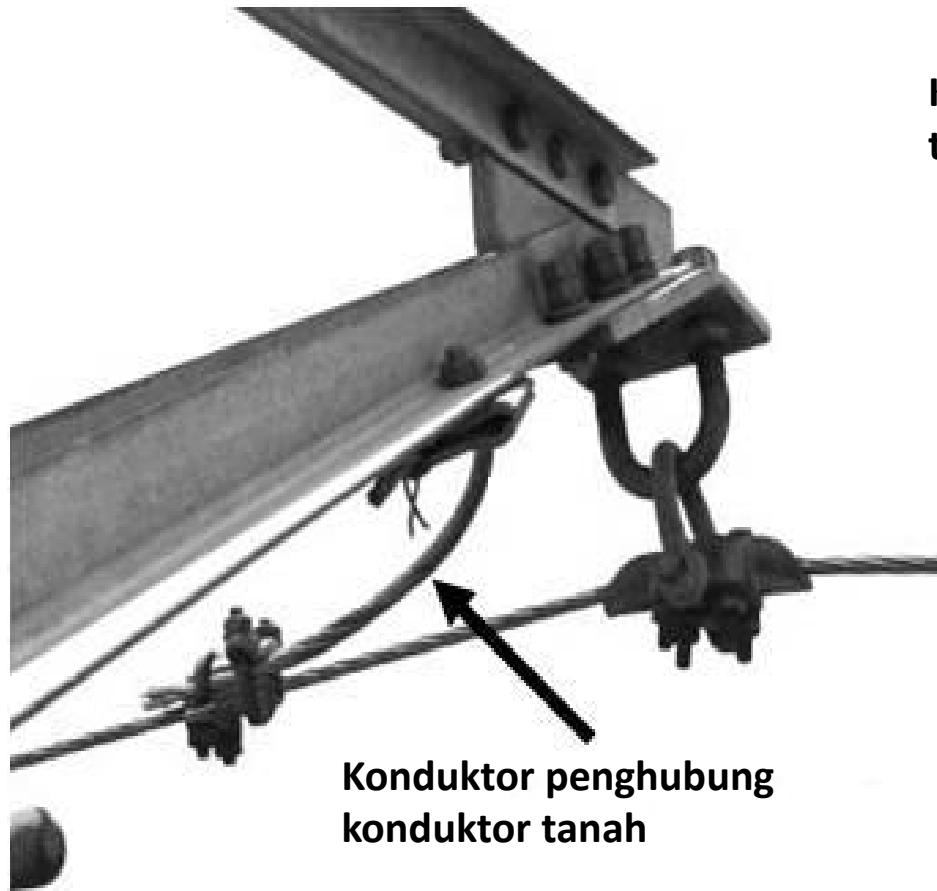
- Jumlah konduktor tanah pada SUTT maupun SUTET paling sedikit ada satu buah di atas konduktor fasa, namun umumnya dipasang dua buah. Pemasangan satu buah konduktor tanah untuk dua penghantar akan membuat sudut perlindungan menjadi besar sehingga konduktor fasa mudah tersambar petir.
-

- Pada tipe penegang, pemasangan konduktor tanah dapat menggunakan klem penegang dengan *press* dan klem penegang dengan mur baut. Sedangkan pada tipe penyangga digunakan *suspension clamp* untuk memegang konduktor tanah.

Konduktor Penghubung Konduktor Tanah

- Untuk menjaga hubungan konduktor tanah dengan tiang, maka pada ujung travers konduktor tanah dipasang konduktor penghubung yang dihubungkan ke konduktor tanah. Konduktor penghubung terbuat dari konduktor tanah yang dipotong dengan panjang yang disesuaikan dengan kebutuhan.

- Konduktor penghubung pada tipe penegang dipasang antara tiang dan konduktor tanah serta antar klem penegang konduktor tanah. Hal ini dimaksudkan agar arus gangguan petir dapat mengalir langsung ke tiang maupun antar konduktor tanah. Sedangkan pada tipe penyangga, konduktor penghubung dipasang pada tiang dan disambungkan ke konduktor tanah dengan klem jembatan ataupun dengan memasangnya pada *suspension clamp* konduktor tanah.



**Konduktor penghubung
konduktor tanah**

**Konduktor penghubung konduktor tanah,
tipe penegang**



Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah

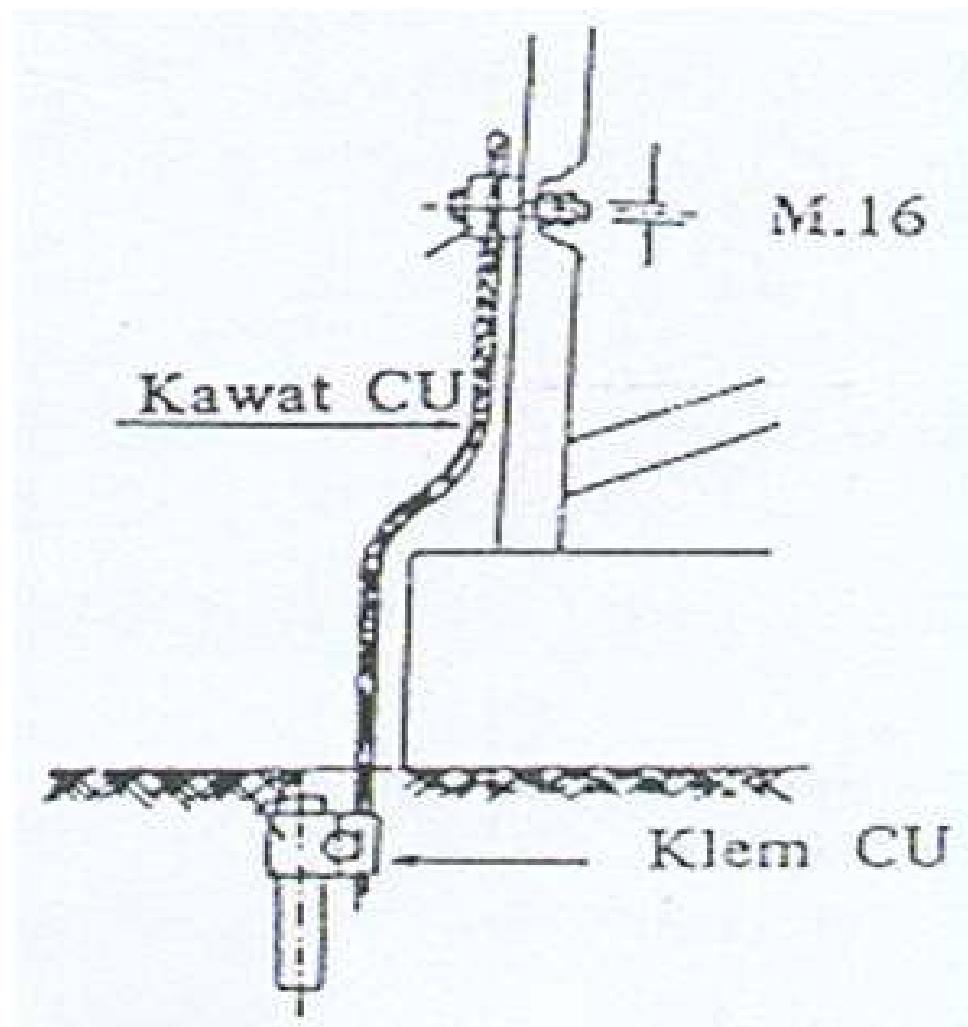


- Ujung bagian atas konduktor ini dihubungkan langsung dengan konduktor tanah menggunakan klem jembatan atau dihubungkan dengan batang penangkap petir yang dipasang di atas tiang. Sedangkan ujung bagian bawahnya dihubungkan dengan pentanahan tiang. Dengan pemasangan konduktor penghubung diharapkan tidak terjadi arus balik yang nilainya lebih besar daripada arus sambaran petir yang sesungguhnya, sehingga gangguan pada transmisi dapat berkurang.

Pantanahan (*Grounding*)

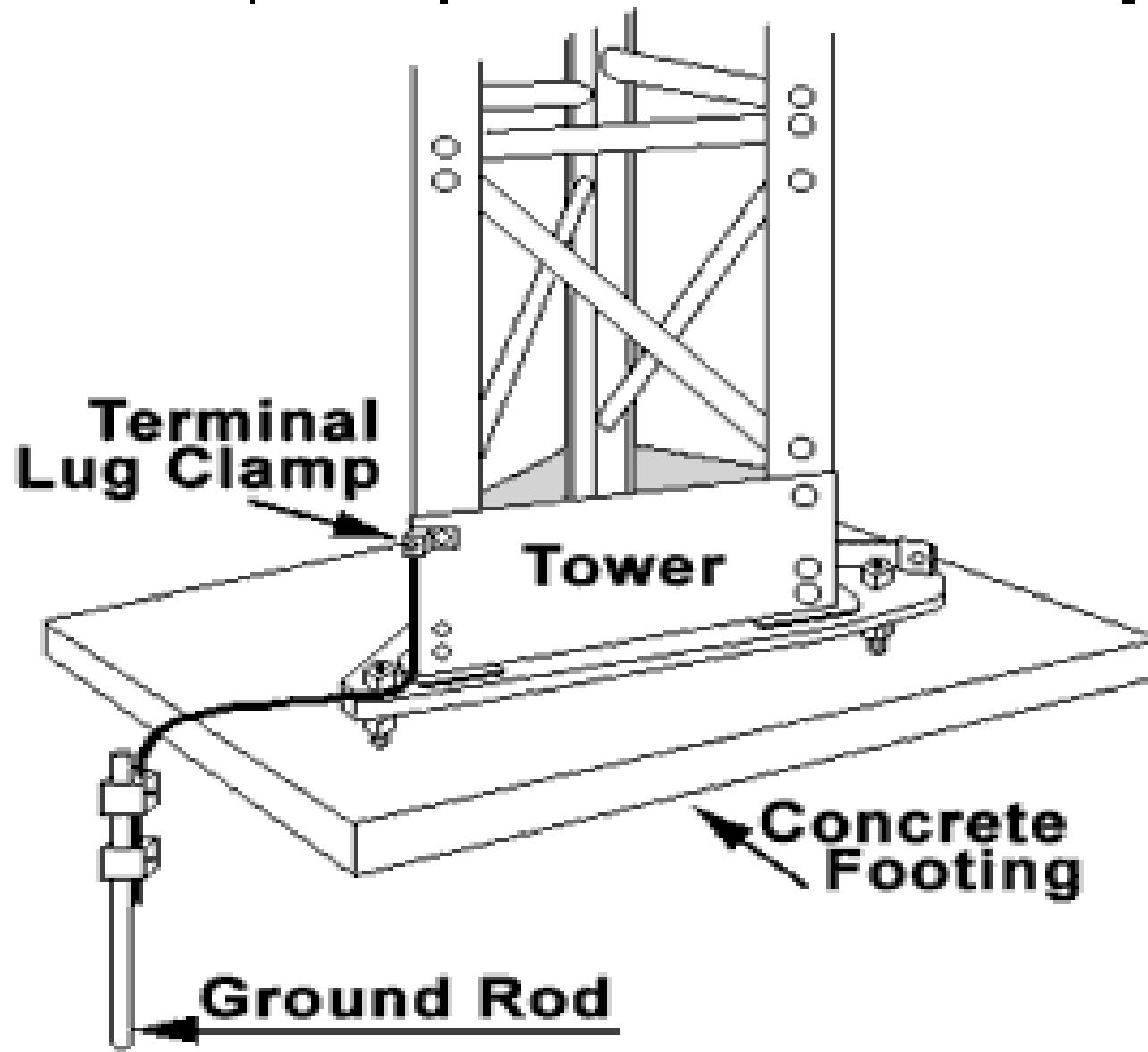
- Pantanahan tower adalah perlengkapan pembumian sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tiang SUTT maupun SUTET ke tanah. Pantanahan tiang terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pantanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang, atau dengan menanam plat aluminium / tembaga disekitar pondasi tiang yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari konduktor tanah akibat sambaran petir.

Pantanahan tiang



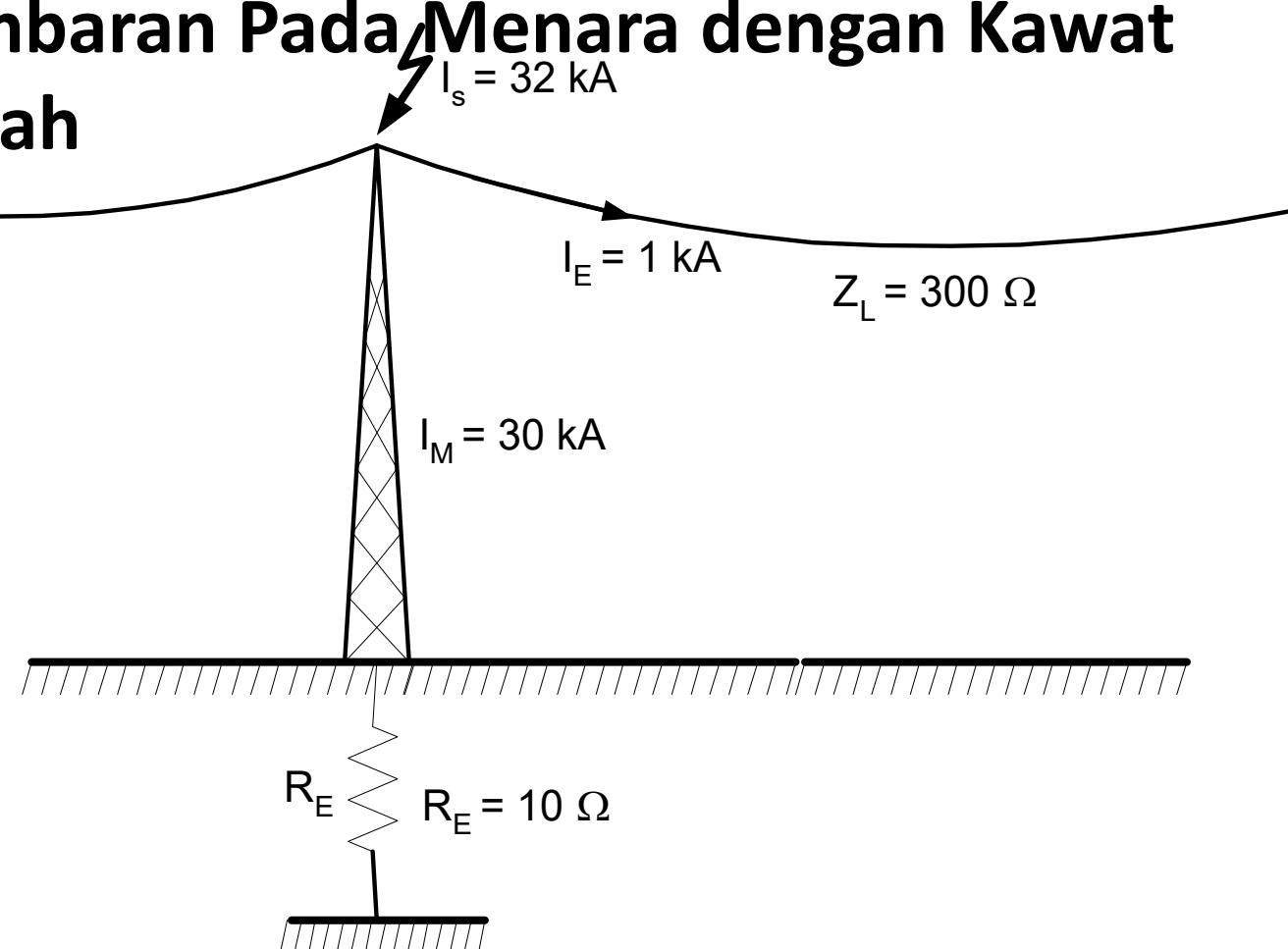
Pondasi Tower





Bahaya Sambaran Petir

- Sambaran Pada Menara dengan Kawat Tanah



PENTANAHAN KAKI TOWER

70 KV : < 5 Ohm

150 KV : < 10 Ohm

500 KV : < 15 Ohm

Standar pln , No 520

Jenis-jenis pentanahan tiang pada SUTT & SUTET :

- ***Electroda bar***, yaitu suatu rel logam yang ditanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, dimana nilai tahanan tanah adalah rendah.
- ***Electroda plat***, yaitu plat logam yang ditanam di dalam tanah secara horisontal atau vertikal. Pentanahan ini umumnya untuk pengamanan terhadap petir.
- ***Counter poise electrode***, yaitu suatu konduktor yang digelar secara horisontal di dalam tanah. Pentanahan ini dibuat pada daerah yang nilai tahanan tanahnya tinggi atau untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan.
- ***Mesh electrode***, yaitu sejumlah konduktor yang digelar secara horisontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan.

Komponen-komponen pentanahan tiang :

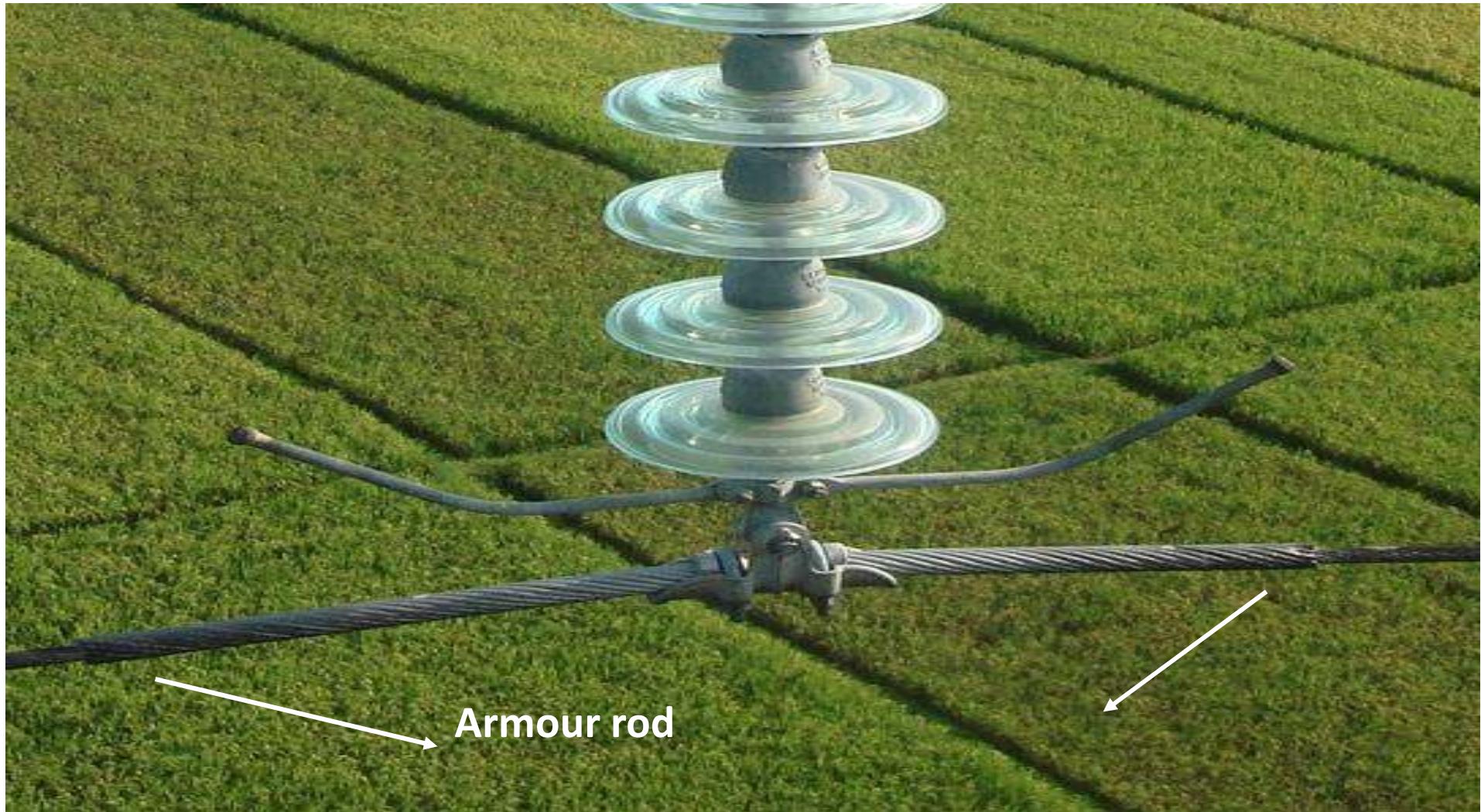
- Konduktor pentanahan, terbuat dari bahan yang konduktifitasnya besar.
- Klem pentanahan atau sepatu kabel.
- Batang pentanahan.
- Klem sambungan konduktor pentanahan.

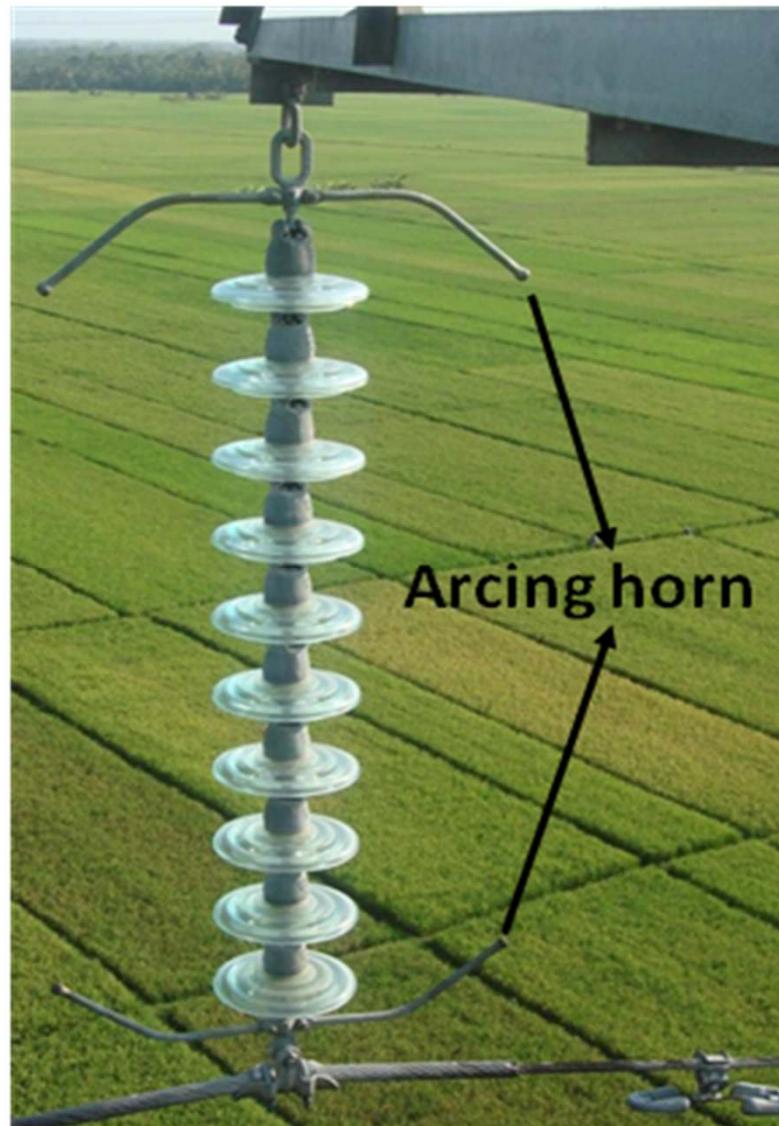
AKSESORIS

Aksesoris pada sistem transmisi SUTT / SUTET adalah semua komponen pendukung fungsi isolasi, fungsi konstruksi dan fungsi K3 dari sistem tersebut. Berdasarkan perannya sebagai komponen pendukung, aksesoris dibedakan menjadi :

1. Aksesoris insulator
2. Aksesoris panjat (fungsi konstruksi)
3. Aksesoris K3

Assessoris Armour rod





Gambar 33 - Bentuk lain *arcung horn*

Assesoris



Suspension yoke



Socket clevis



Bolt clevis



Socket link bolt



Spacer



*Clevis clamp
suspension*



*Turnbuckle /
span screw*



Damper



Clamp OPGW



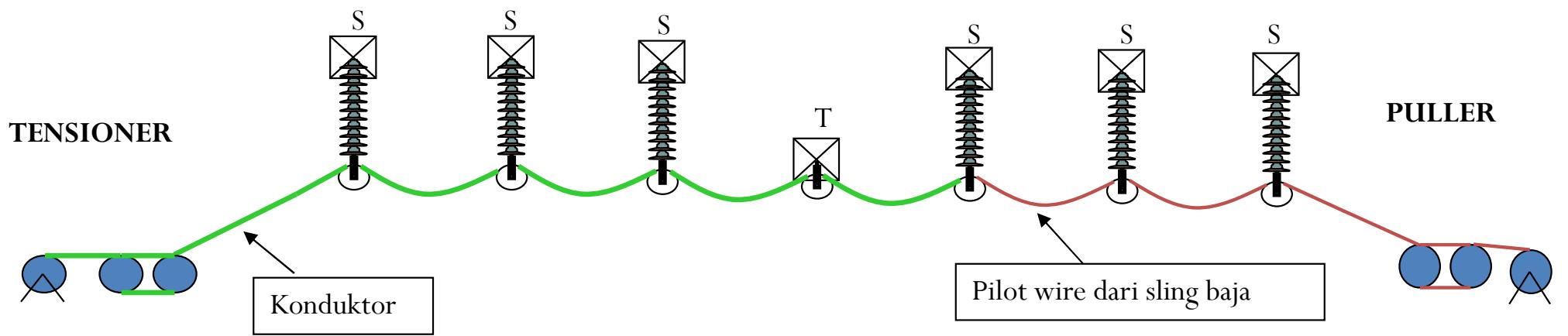
Extention_{nk}



Adjuster link



Dead end press







PT. PLN (Persero)
PUSDIKLAT





