

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai saluran transmisi telah banyak dilakukan, baik dari aspek struktur, beban lingkungan, hingga efisiensi sistem transmisi tenaga listrik. Penelitian oleh Susilo (2018) menganalisis kekuatan struktur menara transmisi 150 kV menggunakan *software* SAP2000. Hasilnya menunjukkan bahwa distribusi gaya aksial dan momen lentur pada elemen batang sangat dipengaruhi oleh konfigurasi geometri dan kondisi beban angin. Perbaikan desain dengan menambahkan *bracing* dapat meningkatkan stabilitas struktur secara signifikan.

Rachman dan Yuliana (2020) melakukan simulasi pada menara dengan rentang lebih dari standar SPLN, yaitu di atas 700 meter untuk rentang berat dan 500 meter untuk rentang angin. Dengan menggunakan *software* MS Tower, mereka menyimpulkan bahwa menara jenis AA masih dapat digunakan untuk rentang yang lebih panjang asalkan dilakukan perkuatan lokal pada beberapa elemen batang dengan *stress ratio* mendekati 1.

Setyawan (2019) meneliti dampak kondisi topografi bukit dan lembah terhadap perubahan sudut tarik dan tinggi menara. Penelitian ini menekankan pentingnya pemilihan jenis menara sudut (*angle tower*) untuk titik-titik kritis dengan sudut belok lebih dari 15°. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kesalahan pemilihan jenis tower dapat menyebabkan tegangan berlebih di kabel dan isolator.

2.2 Pengertian Saluran Transmisi

Saluran transmisi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban atau gardu induk melalui media penghantar, baik berupa saluran udara (*overhead transmission line*) maupun kabel bawah tanah (*underground cable*). Fungsi utama saluran transmisi adalah menjaga kontinuitas suplai listrik dengan tegangan yang stabil dan rugi-rugi daya yang minimal (Gonen, 2009).

Menurut PT PLN (Persero) dalam standar SPLN T5.014-1:2021, saluran transmisi tegangan tinggi, seperti Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV, dirancang untuk mentransmisikan daya listrik dalam jumlah besar dalam jarak jauh secara efisien. Komponen utama dari saluran transmisi meliputi konduktor, menara (*tower*), isolator, kawat tanah (*ground wire*), dan peralatan proteksi.

Frick (1984) menjelaskan bahwa dalam konstruksi saluran transmisi, struktur tower harus mampu menahan gaya tarik dari konduktor serta beban lingkungan seperti angin dan gempa. Oleh karena itu, desain menara transmisi membutuhkan analisis struktural yang cermat untuk memastikan kestabilan dan keamanannya selama masa operasional.

2.3 Kategori Saluran Transmisi

1. Saluran Udara

Saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi disebut saluran udara (*Overhead Lines*). Adapun kelebihan dan kekurangan dari saluran udara antara lain:

Kelebihan:

- a. Mudah dalam perbaikan
- b. Mudah dalam perawatan
- c. Mudah mengetahui letak gangguan
- d. Lebih murah (ekonomis).

Kekurangan:

- a. Karena berada di ruang yang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya. Dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan bila tersambar petir dan lain sebagainya.
- b. Dari segi estetika/keindahan, saluran udara merusak pandangan sehingga bukan pilihan yang ideal untuk di dalam kota.

2. Saluran Kabel Bawah Tanah

Saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang ditanam di dalam tanah (*Underground Cable*). Kategori saluran kabel bawah tanah ini favorit untuk pemasangan di dalam kota, karena berada di dalam tanah maka tidak mengganggu keindahan dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat cuaca namun tetap memiliki kekurangan, antara lain: mahal dalam instalasi dan investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.

2.4 Komponen – Komponen Utama Saluran Transmisi

1. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar

tanah yang cukup kuat untuk mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban - beban dan gaya - gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain - lain, dan tidak penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu.

Pada suatu menara pondasi yang dibuat harus kuat, karena jika tidak tower tersebut akan roboh, pada pondasi akan bekerja tiga macam gaya yaitu:

- Gaya vertikal yang disebabkan oleh berat *conductor & fitting* dan beratnya tower itu sendiri.
- Gaya transversal yang disebabkan oleh adanya tiupan angin.
- Gaya tarikan konduktor yang dirasakan sepanjang konduktor.

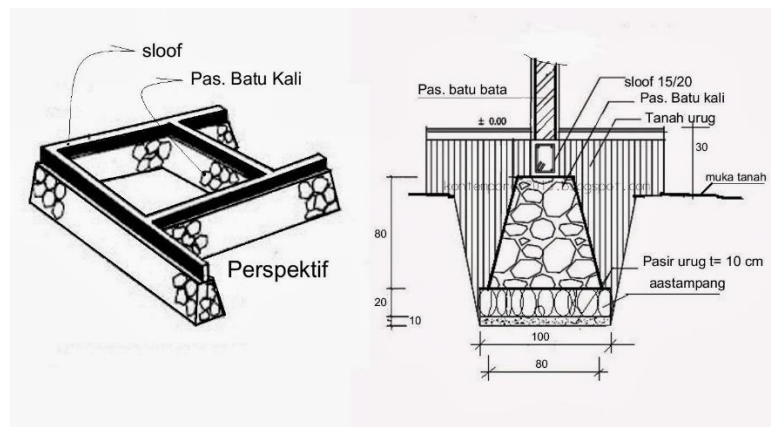
Secara garis besar pondasi dapat dibagi menjadi dua jenis

a. Pondasi Dangkal

Pondasi jenis ini biasanya dilaksanakan pada tanah dengan kedalaman tanah tidak lebih dari 3 meter atau sepertiga dari lebar alas pondasi. Dengan kata lain, pondasi ini diterapkan pada tanah yang keras atau stabil yang mendukung struktur bangunan yang tidak terlalu berat dan tinggi, dengan kedalaman tanah keras kurang dari 3 meter. Pondasi dangkal tidak disarankan untuk dilaksanakan pada jenis tanah yang kurang stabil atau memiliki kepadatan tanah yang buruk, seperti tanah bekas rawa/gambut. Adapun beberapa macam pondasi dangkal, yaitu:

1. Pondasi Memanjang

Pondasi memanjang digunakan mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain menahan beban satu kolom dan menyalurkannya melalui dasar pondasi.

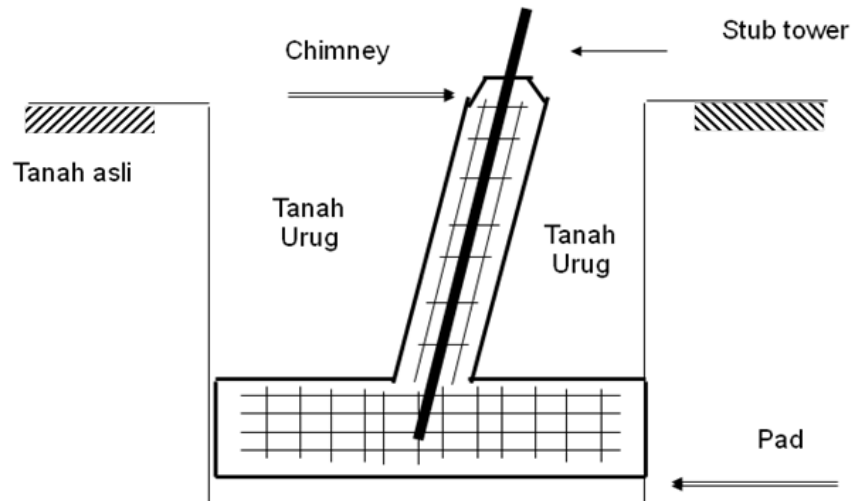


Gambar 2.1 Pondasi Memanjang

Sumber: <https://sinausipil.com/mengenal-jenis-jenis-pondasi-bangunan-2/>

2. Pondasi Telapak (*Footing foundation*)

Pondasi telapak adalah pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi. Pondasi telapak umumnya dibangun di atas tanah pendukung pondasi dengan membuat suatu tumpuan yang bentuk dan ukurannya (dimensinya) sesuai dengan beban bangunan dan daya dukung tanah pondasi itu



Gambar 2.2 Pondasi Telapak

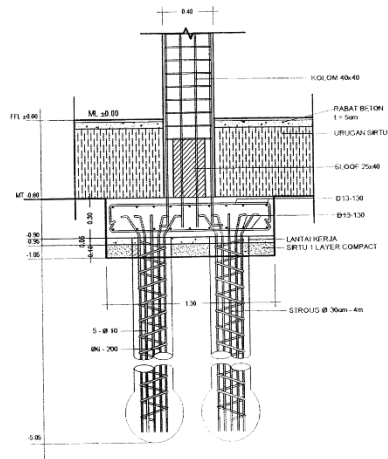
Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban struktur kelapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam. Jenis pondasi dalam antara lain pondasi tiang pancang bor dan pondasi sumuran. Pondasi dalam mempunyai kedalaman lebih kurang 6 meter dari permukaan tanah asli. Beberapa macam pondasi dalam:

1. Pondasi Tiang Bor

Pondasi dalam *borpile* merupakan salah satu jenis pondasi yang sering digunakan, karena tidak menimbulkan getaran pada saat pemasangannya. Perbedaan tiang bor dengan tiang pancang adalah cara pembuatannya dengan pengeboran tanah, kemudian dipasang tulangan selanjutnya dilakukan pengecoran dengan beton.

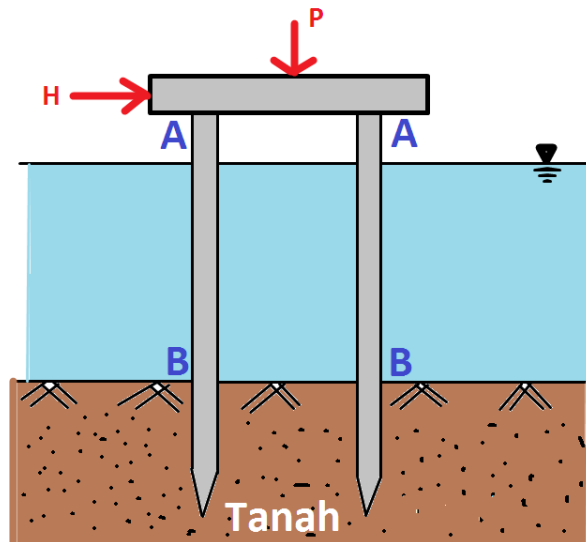


Gambar 2.3 Pondasi Tiang Bor

Sumber: <https://tekniksipil.id/detail-pondasi-bore-pile-dan-cara-menghitungnya/>

2. Pondasi Tiang pancang

Pondasi tiang pancang banyak digunakan pada struktur bangunan tinggi ataupun sebagai pondasi pada dermaga dan jembatan. Daya dukung pondasi tiang pancang yang diperoleh dari skin friction dapat diaplikasikan untuk gaya lateral yang ada



Gambar 2.4 Pondasi Tiang Pancang

Sumber: <https://jumantorocivilengineering.blogspot.com/2015/03/perencanaan-pondasi-tiang-pancang.html>

2. Tower

Tenaga listrik yang disalurkan lewat sistem transmisi umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya. Tower adalah konstruksi bangunan yang kokoh, berfungsi untuk menyangga/ merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang cukup agar aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Antara tower dan kawat penghantar disekat oleh isolator

Konstruksi tower besi baja merupakan jenis konstruksi saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT) ataupun saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) yang paling banyak digunakan di jaringan PLN karena mudah dirakit terutama untuk pemasangan di daerah pegunungan dan jauh dari jalan raya, harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan penggunaan saluran bawah tanah serta pemeliharannya yang mudah. Namun perlu pengawasan yang intensif karena besi-besinya rawan terhadap pencurian.

Suatu menara/tower listrik harus kuat terhadap beban yang bekerja padanya, antara lain: gaya berat tower dan kawat penghantar (gaya tekan), gaya tarik akibat rentangan kawat, gaya angin akibat terpaan angin pada kawat maupun badan tower

A. Jenis – Jenis Tower Saluran Transmisi

1. Berdasarkan Konstruksinya

Jenis – jenis tower saluran transmisi berdasarkan konstruksinya dibagi menjadi 4 jenis, diantaranya adalah:

a. *Lattice Tower*

Lattice Tower merupakan jenis tower transmisi yang konstruksinya menggunakan susuan baja profil yang berukuran kecil, sehingga dalam pengerjaan atau pembangunan tower menjadi lebih mudah. Tower jenis ini biasanya dirancang untuk ketinggian 20 – 120 meter.



Gambar 2.5 *Lattice Tower*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. *Tubular Steel Tower*

Tubular Steel Tower adalah tiang baja berongga berbentuk sisi poligonal. Memiliki konstruksi baja belahan berbentuk setengah atau sepertiga lingkaran bergantung pada diameter yang kemudian melalui proses penyatuan-penyambungan dengan pengelasan khusus. Tower jenis ini kurang efisien digunakan untuk transmisi sebab dibutuhkan keahlian dan ketelitian khusus dalam pemasangan serta lokasi tower harus berada dekat dengan jalan karena tower ini terdiri dari bagian-bagian yang cukup besar sehingga menyulitkan pekerjaan bila berada jauh dari jalan.



Gambar 2.6 *Tubular Steel Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

c. *Concrete Pole Tower*

Concrete pole tower adalah tower transmisi dengan konstruksi berupa beton. Tower jenis ini biasanya berjenis tower H dan tower I. Tower ini memiliki konfigurasi penghantar *single circuit* dan *double circuit*. Tower ini sering digunakan pada wilayah perkotaan karena tidak memakan tempat terlalu banyak dan juga biayanya lebih murah dari tiang baja. Tower jenis ini biasanya digunakan untuk transmisi 30 kV – 110 kV



Gambar 2.7 *Concrete Pole Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

d. *Wooden Pole Tower*

Wooden Pole Tower adalah tower transmisi dengan konstruksi berupa kayu. Tower jenis ini biasanya berjenis tower H dan tower I seperti pada gambar 2.8. Tower ini memiliki konfigurasi penghantar *single circuit* dan *double circuit*. Tower ini jarang digunakan karena daya tahan tiang ini tidak terlalu bagus dan sangat tergantung cuaca (pelapukan). Tower jenis ini biasanya digunakan sebagai tower sementara selama masih ada pembangunan *lattice tower*.



Gambar 2.8 *Wooden Pole Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

2. Berdasarkan Fungsinya

Jenis – jenis tower saluran transmisi berdasarkan fungsinya dibagi menjadi 7 jenis, diantaranya adalah:

- a. *Dead end tower*, yaitu tiang akhir yang berlokasi di dekat Gardu induk, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya tarik.



Gambar 2.9 *Dead end Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

- b. *Section tower*, yaitu tiang penyekat antara sejumlah tower penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan kawat), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.



Gambar 2.10 *Section Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

- c. *Suspension tower*, yaitu tower penyangga, tower ini hampir sepenuhnya menanggung gaya berat, umumnya tidak mempunyai sudut belokan.



Gambar 2.11 *Suspension Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

- d. *Tension tower*, yaitu tower penegang, tower ini menanggung gaya tarik yang lebih besar daripada gaya berat, umumnya mempunyai sudut belokan.



Gambar 2.12 *Tention Tower*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- e. *Transposition tower*, yaitu tower tension yang digunakan sebagai tempat melakukan perubahan posisi kawat fasa guna memperbaiki impedansi transmisi.



Gambar 2.13 *Transposition Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

- f. *Gantry tower*, yaitu tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua Saluran transmisi. Tiang ini dibangun di bawah Saluran transmisi existing.



Gambar 2.14 *Gantry Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

- g. *Combined tower*, yaitu tower yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan.



Gambar 2.15 *Combined Tower*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

B. Komponen – Komponen Tower

Secara umum komponen-komponen menara/tower listrik terdiri atas:

1. *Stub*

Stub adalah bagian paling bawah dari kaki tower, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi. Bagian atas *stub* muncul dipermukaan tanah sekitar 0,5 sampai 1 meter dan dilindungi semen serta dicat agar tidak mudah berkarat.

Pemasangan *stub* paling menentukan mutu pemasangan tower, karena harus memenuhi syarat:

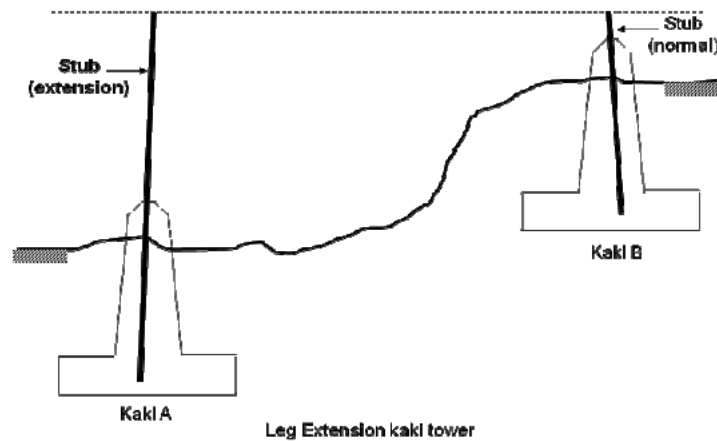
- Jarak antar *stub* harus benar
- Sudut kemiringan *stub* harus sesuai dengan kemiringan kaki tower
- Level titik hubung *stub* dengan kaki tower tidak boleh beda 2 mm (milimeter)

2. Kaki Tower (*Leg*),

Leg adalah kaki tower yang terhubung antara *stub* dengan *tower body*. Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg. *Tower Body* harus tetap sama tinggi permukaannya.

Pengurangan leg ditandai: -1, -2, -3

Penambahan leg ditandai: +1, +2, +3



Gambar 2.16 *Leg Extention*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

3. *Common body*

Common body adalah 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

4. *Traverse/Cross arm*

Traverse/cross arm adalah bagian tower yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan insulator konduktor fasa serta clamp kawat petir. Pada umumnya *traverse/cross arm* berbentuk segitiga kecuali tower jenis tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.

5. *Super structure*

Super structure adalah badan tower bagian atas yang terhubung dengan *common body* dan *traverse/cross arm* konduktor fasa maupun kawat petir. Pada tower jenis delta tidak dikenal istilah *super structure* namun digantikan dengan “K” frame dan *brigde*.

6. “K” frame

“K” frame adalah bagian tower yang terhubung antara *common body* dengan *brigde* maupun *traverse/cross arm*. “K” frame terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. “K” frame tidak dikenal di tower jenis piramida.

7. *Brigde*

Bridge adalah penghubung antara *traverse/cross arm* kiri dan *cross arm* kanan. Pada tengah-tengah *bridge* terdapat konduktor penghantar fasa tengah. *Bridge* tidak dikenal di tower jenis piramida.

8. Rambu tanda bahaya

Rambu tanda bahaya berfungsi untuk member 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, dipasang disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar.

9. Rambu identifikasi tower dan penghantar

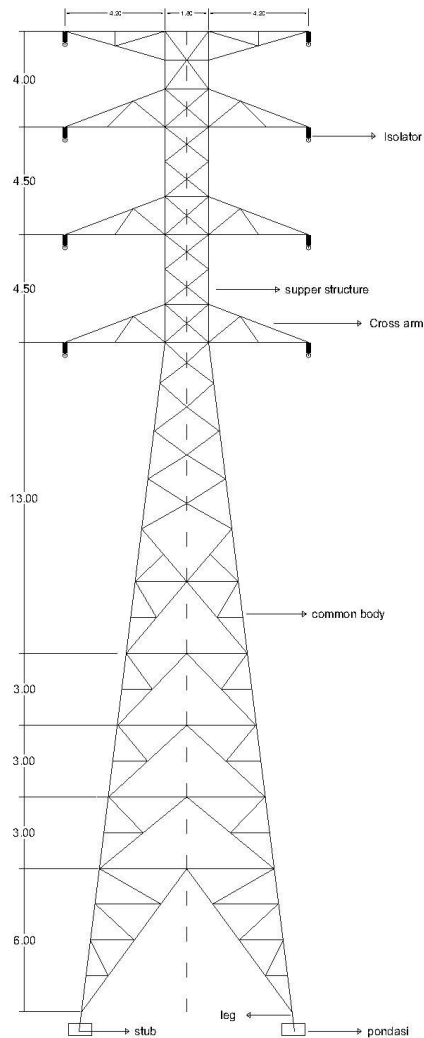
Rambu identifikasi tower dan penghantar berfungsi untuk memberitahukan identitas tower seperti: nomor tower, urutan fasa, penghantar/jalur dan nilai tahanan pentanahan kaki tower.

10. *Anti Climbing Device* (ACD)

Anti Climbing Device berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik ke tower. ACD dibuat runcing berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawah rambu tanda bahaya.

11. *Step bolt*

Step Bolt adalah baut panjang yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan tower hingga *super structure* dan *arm* kawat petir. Berfungsi untuk pijakat petugas sewaktu naik maupun turun tower.



Gambar 2.17 Komponen Tower

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

3. Konduktor

Konduktor adalah media untuk tempat mengalirkan arus listrik dari Pembangkit ke Gardu induk atau dari Gardu Induk ke Gardu Induk lainnya, yang terentang lewat tower-tower. Bahan konduktor yang dipergunakan untuk saluran energi listrik perlu memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Konduktivitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanikal tinggi
3. Berat jenis yang rendah
4. Ekonomis
5. Lentur / Tidak mudah patah.

Biasanya konduktor pada SUTT merupakan konduktor berkas (*stranded*) atau serabut yang dipilin, agar mempunyai kapasitas yang lebih besar dibanding konduktor pejal dan mempermudah dalam penanganannya.

Jenis – Jenis Konduktor berdasarkan bahannya:

a. Konduktor jenis tembaga (BC: *Bare Copper*)

Konduktor ini merupakan penghantar yang baik karena memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanik yang cukup baik

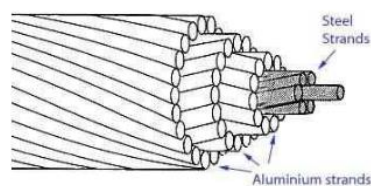
b. Konduktor jenis aluminium

Konduktor dengan bahan aluminium lebih ringan daripada konduktor jenis tembaga, konduktivitas dan kekuatan mekaniknya lebih rendah. Jenis - jenis konduktor aluminium antara lain:

1. Konduktor ACSR (*Aluminium 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 steelnya dilapisi dengan aluminium.



Gambar 2.18 konduktor ACSR

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

2. 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*.



Gambar 2.19 Konduktor Jeni TACSR

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

Tabel 2.1 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 - 1966 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	

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

3. Konduktor jenis ACCC

Konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa *composite* yang mempunyai kuat mekanik tinggi, dikarenakan tidak dari bahan konduktif, maka bahan ini tidak mengalami pemuaiian saat dibebani arus maupun tegangan. Untuk konduktor jenis ini tidak mengalami korosi cocok untuk daerah pinggir pantai, sedangkan bagian

luarnya berupa aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi. Konduktor jenis ini dipilih karena memiliki karakteristik *high conductivity & low sag conductor*.

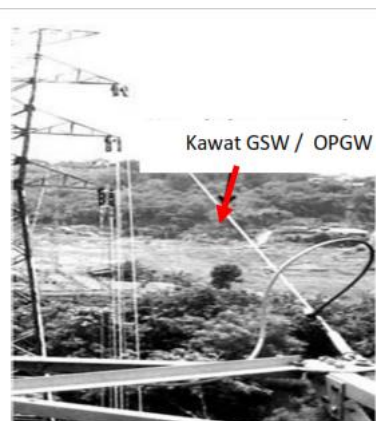


Gambar 2.20 Bagian – Bagian ACCC

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

4. Kawat *Ground Steel Wire (GSW) / Optic Ground Wire (OPGW)*

Kawat GSW / OPGW adalah media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Kawat 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.



Gambar 2.21 Kawat GSW / OPGW

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

Kawat GSW / OPGW 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 Kawat GSW / OPGW 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 tower tension, pemasangan Kawat GSW / OPGW dapat menggunakan *dead end compression* dan *protection rods* yang dilengkapi *helical dead end*. Sedangkan pada tipe tower suspension digunakan suspension clamp untuk memegang kawat GSW / OPGW

5. Conductor Joint (Midspan 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:

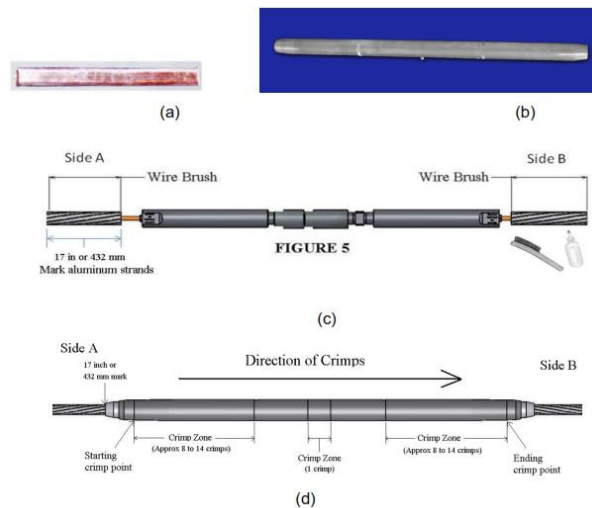
1. Konduktivitas listrik yang baik
2. Kekuatan mekanik yang besar

Ada 2 jenis teknik penyambungan konduktor penghantar ACSR, TACSR & ACCC, yaitu:

- a. Sambungan dengan puntiran (sekarang sudah jarang dipergunakan)
- b. 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.
3. Selongsong *steel*, berfungsi untuk menyambung *Composite Carbon* dalam konduktor penghantar ACCC.
4. Selongsong aluminium berfungsi untuk menyambung aluminium atau bagian luar konduktor penghantar ACCC.



Gambar 2.22 Bagian sambungan konduktor penghantar (a) selongsong *Steel* (b) selongsong aluminium (c) selongsong *steel* ACCC (d) Selongsong aluminium ACCC

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

Penempatan midspan joint harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut:

1. Diusahakan berada di tengah – tengah gawang atau bagian terendah dari andongan konduktor
2. Tidak boleh berada di dekat tower tension
3. Tidak boleh di atas jalan raya, rel KA, SUTM, sungai, dll.

6. *Jumper Joint*

Berfungsi sebagai pembagi arus pada titik sambungan konduktor

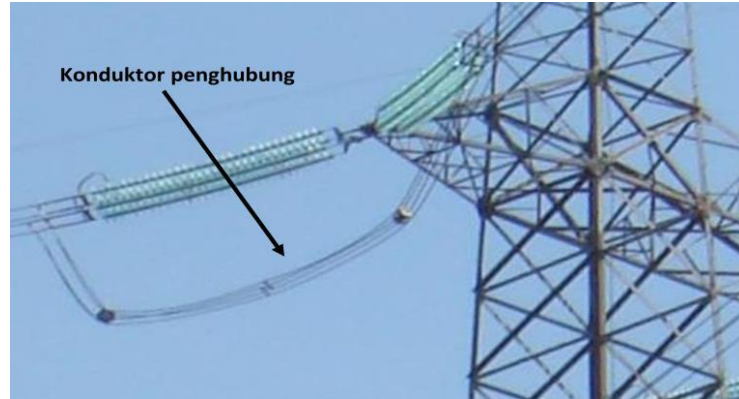


Gambar 2.23 *Jumper Joint*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

7. *Jumper Conductor* (Konduktor Jumper)

Jumper Conductor 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.



Gambar 2.24 *Jumper Konduktor*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

Jarak Jumper conductor 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 Jumper Conductor pada konfigurasi 2 konduktor atau 4 konduktor perlu dipasang twin spacer ataupun quad spacer

8. *Insulator*

Insulator berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan / ground secara elektrik dan mekanik, baik saat *normal continous operation* dan saat terjadi surja (termasuk petir) didalam saluran transmisi. Pada SUTT / SUTET, *insulator* berfungsi untuk mengisolir konduktor fasa dengan tower / ground. Sesuai fungsinya, insulator yang baik harus memenuhi sifat:

1. Karakteristik elektrik

Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls petir pengenalan 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.

2. Karakteristik mekanik

Insulator harus mempunyai kuat mekanik guna menanggung beban tarik konduktor penghantar maupun beban berat insulator dan konduktor penghantar.

Insulation pada SUTT / SUTET dibagi menjadi 3, yaitu:

a. *Ceramic Insulator* (Insulator Keramik)

Insulator keramik terbuat dari bahan porselen yang 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. Daerah yang di glasur harus dilingkupi glasur halus dan mengkilat, bebas dari retak dan cacat lain.



Gambar 2.25 *Ceramic Insulator*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

b. *Non – ceramic insulator*

1. *Insulator* gelas / kaca

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.



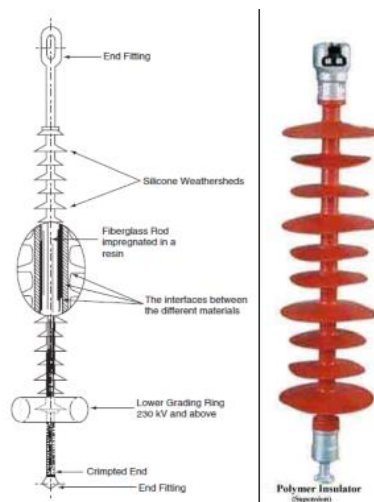
Gambar 2.26 Insulator gelas / kaca

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

2. *Insulator polymer*

Insulator polymer dilengkapi dengan *mechanical load-bearing fiberglass rod*, yang diselubungi oleh *weather shed polimer* untuk mendapatkan nilai kekuatan elektrik yang tinggi. Komponen utama dari *insulator polymer* yaitu:

- a. *End fittings*
- b. *Corona ring(s)*
- c. *Fiberglass-reinforced plastic rod*
- d. *Interface between shed and sleeve*
- e. *Weather shed*



Gambar 2.27 *Insulator polymer*

Sumber: PLN (2014), Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT

c. Isolasi udara (*ground clearance*) disekitar kawat penghantar

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), dan isolasi udara (*ground clearance*) mempunyai jarak bebas minimum yaitu jarak terpendek antara penghantar SUTT / SUTET dengan permukaan tanah, benda benda dan kegiatan lain disekitarnya, yang mutlak tidak boleh lebih pendek dari yang telah ditetapkan demi keselamatan manusia dan makhluk hidup lainnya serta juga keamanan operasi SUTT / SUTET (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 13 Tahun 2021)