

**LAPORAN KERJA PRAKTEK  
DI  
GARDU INDUK KUALANAMU**

Disusun oleh :  
**ARJUNA TOGATOROP**

( 12 812 0009 )



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2016**

Nilai (B+)

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN KERJA PRAKTEK  
SISTEM DISTRIBUSI  
DI  
GARDU INDUK KUALANAMU**

Disusun oleh :

**ARJUNA TOGATOROP**

**( 12 812 0009 )**

**DISETUJUI OLEH**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Ir. ZULKIFLI BAHRI, MT**

**KETUA PRODI**

**FAISAL IRSAN PASARIBU, MT**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**DI**  
**GARDU INDUK KUALANAMU**

Disusun oleh :

**ARJUNA TOGATOROP**

**( 12 812 0009 )**

**DISETUJUI OLEH**

**PEMBIMBING LAPANGAN**

**SUPERVISOR TRAGI SEI ROTAN**

**TUGIMAN, ST**

**SUTARTO, ST**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2016**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia yang dilimpahkan-Nya kepada penulis sehingga akhirnya dapat menyelesaikan penulisan laporan Kerja Praktek ( KP )

Laporan KP ini dibuat berdasarkan pengalaman-pengalaman yang diperoleh penulis selama melaksanakan kegiatan KP di PT. PLN (Persero) wilayah Sumatera Utara Cab. Kualanamu yang berlangsung selama 1 Bulan mulai dari tanggal 1 Februari 2016 sampai 29 Februari 2016.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan semangat, bimbingan dan pengarahan selama PKL dan selama penyusunan laporan KP. penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Faisal Irsan pasaribu SPd,MT, selaku Ketua jurusan Teknik Elektro UMA.
2. Bapak Ir. Zulkifli Bahri MT, selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktek.
3. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdan MEng,Msc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Tugiman, ST, selaku supervisor Gardu Induk Kualanamu.
5. Bapak Mukhiar M, selaku Manajer PT PLN (Persero) UPT Medan.
6. Cocos Samuel, Heru Septian, Tito M Hutajulu, selaku Operator Gardu Induk Kualanamu, yang telah memberikan waktunya untuk membimbing saya selama melaksanakan Kerja Praktek.
7. Fahmi Surya Hadi Lubis, Hotlin Banjarnahor, Jepri Saputra sebagai rekan dalam melaksanakan Kerja Praktek.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan KP ini masih jauh dari sempurna, oleh karenanya penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Dan semoga lapotan KP ini dapat berguna bagi siapapun yang membaca.

Medan Februari 2016.

## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| Kata Pengantar .....  | i         |
| Daftar Isi .....  | ii        |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang Kerja Peraktek (KP).....                           | 1         |
| 1.2 Maksud dan Tujuan Kerja Praktek .....                             | 2         |
| 1.3 Batasan Masalah.....  | 2         |
| 1.4 Metoda Penelitian.....  | 2         |
| 1.5 Sistematika Penulisan Laporan .....                               | 3         |
| <b>BAB II TEORI PENUNJANG KOMPONEN DAN FUNGSI SUTT DAN SUTET.....</b> | <b>4</b>  |
| <b>1. UMUM .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2 KOMPONEN DAN FUNGSI.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>2.1. ISOLASI .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.2.1.1 Isolasi Padat (Insulator).....                                | 5         |
| 2.2.1.1.1 Insulator Menurut Material .....                            | 5         |
| 2.2.1.1.2. Insulator Menurut Bentuk .....                             | 7         |
| 2.2.1.1.3. Insulator Menurut Pemasangan.....                          | 8         |
| 2.2.1.2 Isolasi Udara.....  | 11        |
| <b>2.2 KONDUKTOR .....</b>  | <b>11</b> |
| 2.2.2.1. Konduktor Penghantar.....                                    | 11        |
| 2.2.2.2.Sambungan Konduktor ( <i>Compression Joint</i> ).....         | 13        |
| 2.2.2.3.Konduktor Penghubung ( <i>Jumper</i> ).....                   | 14        |
| 2.2.2.4.Klem Konduktor Penghantar.....                                | 15        |
| <b>2.3. KONSTRUKSI DAN PONDASI .....</b>                              | <b>17</b> |
| 2.2.3.1 Tiang Menurut Fungsi.....                                     | 17        |
| 2.2.3.2 Tiang menurut bentuk.....                                     | 18        |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.4. PROTEKSI PETIR .....                                 | 26        |
| 2.2.4.1.Konduktor Tanah ( <i>Earth Wire</i> ).....          | 27        |
| 2.2.4.2.Konduktor Penghubung Konduktor Tanah.....           | 28        |
| 2.2.4.3.Arcing Horn .....                                   | 28        |
| 2.2.4.4.Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah ..... | 30        |
| 2.2.4.5.Pentanahan ( <i>Grounding</i> ).....                | 30        |
| 2.2.5. AKSESORIS.....                                       | 31        |
| 2.2.5.1.Aksesoris Insulator.....                            | 32        |
| <b>BAB III PEDOMAN PEMELIHARAAN SISTEM DISTRIBUSI .....</b> | <b>41</b> |
| 3.1 Pedoman Pemeliharaan Trafo Tenaga .....                 | 41        |
| 3.1.1 In Service Inspection.....                            | 41        |
| 3.1.2 In Service Measurement .....                          | 42        |
| 3.1.3 Thermovisi / Thermal image .....                      | 42        |
| 3.2. Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus (CT) .....             | 43        |
| 3.2.1 Dielectric .....                                      | 43        |
| 3.2.2 Mechanical Structure .....                            | 44        |
| 3.2.3 Pentanahan CT.....                                    | 44        |
| 3.2.4 Thermovision.....                                     | 44        |
| 3.2.5 Tahanan Isolasi .....                                 | 45        |
| 3.2.6 Tan Delta .....                                       | 45        |
| 3.3 Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan. ....               | 46        |
| 3.3.1 In Service inspection .....                           | 46        |
| 3.3.2 In Service Measurement .....                          | 46        |
| 3.4 Pedoman Pemeliharaan Kapasitor. ....                    | 49        |
| 3.4.1 In Service Inspection.....                            | 49        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.4.2 In Service Measuremen.....                 | 50        |
| 3.4.3 Shutdown Testing/Masurement .....          | 51        |
| 3.4.4 Shutdown Treatment.....                    | 52        |
| 3.5.1. Pemeliharaan Isolator Busbar .....        | 54        |
| 3.5.2. Pemeliharaan Bagian Mekanis.....          | 55        |
| 3.5.3. Pemeliharaan Pelebur ( fuse ) .....       | 56        |
| 3.5.4. Pemeliharaan Relai .....                  | 56        |
| 3.5.5. Pemeliharaan Arrester.....                | 57        |
| 3.5.6. Pemeliharaan Pembumian / Pentanahan ..... | 57        |
| 3.5.7. Pemeliharaan Terhadap Bagian Kontak.....  | 58        |
| <b>BAB IV PENUTUP .....</b>                      | <b>64</b> |
| <b>4.1 KESIMPULAN .....</b>                      | <b>64</b> |
| <b>4.2 SARAN.....</b>                            | <b>64</b> |

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar1 Insulator komposit.....   | 6  |
| Gambar2 Insulator piring (a) tipe <i>clevis</i> (b) tipe <i>ball-and-socket</i> ..... | 7  |
| Gambar 3 Insulator post.....  | 7  |
| Gambar3 Insulator long rod.....   | 8  |
| Gambar4 Insulator “T” <i>string</i> .....   | 8  |
| Gambar5 Insulator “V” <i>string</i> .....   | 9  |
| Gambar6 Insulator horizontal <i>string</i> .....                                      | 9  |
| Gambar7 Insulator <i>singlestring</i> .....   | 9  |
| Gambar8 Insulator <i>doublestring</i> .....   | 10 |
| Gambar9 Insulator <i>quadruple</i> .....  | 10 |
| Gambar 11 bagian sambung konduktor (a) selongsong steel (b) selongsong aluminium..... | 14 |
| Gambar10 Konduktor penghubung.....  | 15 |
| Gambar11 Klem penegang dengan mur baut.....   | 16 |
| Gambar12 Klem penegang dengan <i>press</i> untuk konduktor ACSR & TACSR.....          | 16 |
| Gambar13 Klem Jembatan.....   | 16 |
| Gambar14 Konstruksi tiang pole.....   | 19 |
| Gambar15 Palang poligon allengkung (davit).....                                       | 20 |
| Gambar16 Palang poligon allurus.....  | 21 |
| Gambar17 <i>traverse</i> lurus.....   | 21 |
| Gambar18 Tiang delta.....   | 22 |
| Gambar19 Tiang zig-zag.....   | 23 |
| Gambar20 Tiang piramida.....  | 24 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Gambar21  | Konstruksi tiang <i>lattice</i> .....              | 25 |
| Gambar22  | Pondasi normal.....                                | 26 |
| Gambar23  | Pondasi spesial (pancang).....                     | 27 |
| Gambar24  | Halaman tower.....                                 | 27 |
| Gambar25  | <i>Leg tower</i> .....                             | 28 |
| Gambar26  | Konduktor tanah.....                               | 30 |
| Gambar27  | Konduktor penghubung konduktor tanah.....          | 31 |
| Gambar28  | <i>Arcing horns</i> sipengantar.....               | 31 |
| Gambar29  | <i>Arcing horns</i> sipitower.....                 | 32 |
| Gambar30  | Bentuk lain <i>arcing horn</i> .....               | 32 |
| Gambar31  | Konduktor penghubung konduktor tanah ke tanah..... | 33 |
| Gambar32  | Pentanahan tiang.....                              | 34 |
| Gambar33  | Klem penyangga.....                                | 35 |
| Gambar34  | <i>Armour rod</i> .....                            | 36 |
| Gambar35  | <i>Suspension yoke</i> .....                       | 36 |
| Gambar36  | <i>Socket clevis</i> .....                         | 36 |
| Gambar37  | <i>Bolt clevis</i> .....                           | 37 |
| Gambar38  | <i>Socket link bolt</i> .....                      | 37 |
| Gambar 41 | spacer.....  | 37 |
| Gambar 42 | clavis clamp suspension.....                       | 38 |
| Gambar43  | turnbucle/span crap.....                           | 38 |
| Gambar 44 | damper.....  | 39 |
| Gambar 45 | clamp OPGW.....                                    | 39 |
| Gambar46  | extension link.....                                | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 47 adjuster link.....                               | 40 |
| Gambar 48 dead and press.....                              | 40 |
| Gambar49 compression dead and press.....                   | 40 |
| Gambar 50 konduktorpenghubung clamp.....                   | 41 |
| Gambar51 shackle.....                                      | 41 |
| Gambar 52 counterweight.....                               | 41 |
| Gambar 53 link panjang.....                                | 42 |
| Gambar 54 step bolt.....                                   | 42 |
| Gambar 55 penghalang panjat/ACD(Anti Climbing Device)..... | 43 |
| Gambar56 tanda penghantar dan no tiang.....                | 43 |
| Gambar 57 tandabahaya.....                                 | 43 |
| Gambar 58 ball sign.....                                   | 44 |
| Gambar 59 lampu penerbangan tower.....                     | 44 |
| Gambar 3.1 trafotenaga.....                                | 45 |
| Gambar 3.2 kamerathermovisi/thermal image camera.....      | 46 |
| Gambar 3.3 pengukurantahananisolasi.....                   | 49 |
| Gambar3.4 pengujiantahananisolasi.....                     | 51 |
| Gambar 3.5 pengukuran Tan Delta pada VT.....               | 52 |
| Gambar 3.6 pengukuran Tan Delta pada CVT.....              | 52 |
| Gambar 3.7 bagianpengukuransuhupadakapasitor.....          | 55 |
| Gambar 3.8 busbar.....                                     | 59 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel1 Daftarkonduktor yang dipergunakanuntukSUTT & SUTET.....                 | 13 |
| Tabel 3.1 mode uji tan delta pada CVT.....                                     | 52 |
| Tabel-3.2 Shutdown Treatment padaKapasitor.....                                | 56 |
| Tabel 2.5. Besarnya Torsi Pengencangan Mur-Baut yang Terbuat dari Tembaga..... | 63 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Kerja Peraktek (KP)

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masyarakat terus berkembang dan mengalami peningkatan yang cukup besar dari tahun ke tahun. Perkembangan tersebut tidak lepas dari peran serta manusia sebagai pelaku utama yang mampu memanfaatkan sumber daya alam yang ada.

Dengan sumber daya alam yang ada, maka kebutuhan manusia pun terus meningkat baik secara primer maupun sekunder. Pemanfaatan sumber daya alam yang ada harus dimanfaatkan sebaik mungkin demi menjaga kelestarian alam dan kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya demi terciptanya ekonomi masyarakat yang lebih baik.

Pengolahan sumber daya alam yang optimal dan tepat akan mendorong peningkatan produktifitas kerja dan produk dengan kualitas yang bagus. Jika hasil meningkat produktifitas perekonomian pun akan meningkat.

Salah satu langkah untuk menciptakan suatu produktifitas tersebut memerlukan peran serta lembaga pendidikan tinggi untuk mencapai dan menghasilkan sumber daya manusia yang mampu bekerja dan bersaing dalam dunia kerja dengan memanfaatkan keterampilan yang dimiliki.

Universitas Medan Area adalah salah satu lembaga pendidikan tinggi yang berperan dalam menghasilkan sumber daya manusia yang terampil dalam dunia kerja. Salah satu langkah yang ditetapkan Universitas Medan Area adalah dengan melaksanakan Kerja Praktek (KP). Kerja praktek adalah salah satu kegiatan yang bertujuan untuk membantu mengenalkan dunia kerja yang sebenarnya serta meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam dunia kerja. Kerja praktek dilaksanakan dengan menempatkan mahasiswa pada perusahaan untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang diterima di perkuliahan dan membandingkannya dengan praktek di lapangan. Sehingga setelah menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area mahasiswa sudah memiliki keterampilan dan mental untuk memasuki dunia kerja.

## **1.2. Maksud dan Tujuan Kerja Praktek**

Penulisan laporan ini dibuat setelah melaksanakan Kerja Praktek / tujuan kerja praktek ini adalah:

1. Secara teoritis bertujuan untuk membandingkan teori – teori dalam perkuliahan dengan praktek nyata di lapangan.
2. Secara praktis bertujuan untuk melihat bentuk sebenarnya dari peralatan - peralatan listrik serta cara pengoperasiannya.
3. Secara akademis bertujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana S1 Universitas Medan Area.
4. Juga mempelajari pengetahuan – pengetahuan yang ada hubungannya dengan kelistrikan yang mencakup perlengkapan – perlengkapan pembangkit , penyalur daya yang umumnya terdapat pada transmisi dan Gardu Induk, trafo – trafo dan sebagainya.

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam praktek ini penulis hanya membahas tentang sistem Pendistribusian Gardu Induk Kualanamu

## **1.4. Metoda Penelitian**

Penulis yang baik tentu mempunyai sebuah metoda agar mendapatkan laporan Kerja Praktek yang sistematis dan sempurna. Adapun metoda penulis lakukan dalam laporan ini adalah

1. Survey lapangan, kemudian melihat dan membaca gambar system distribusi
2. Diskusi dengan operator ataupun dengan supervisor Gardu Induk Kualanamu
3. Membahas dan membandingkan serta menuangkan hasil yang didapat menjadi sebuah tulisan untuk dijadikan sebagai laporan Kerja Praktek

## **1.5 Sistematika Penulisan Laporan**

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam penyelesaian laporan kerja praktek ini, maka penulis membuat urutan pembahasan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Menguraikan latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda penelitian, dan sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam pembuatan laporan ini.

### **BAB II TEORI PENUNJANG KOMPONEN DAN FUNGSI SUTT DAN SUTET**

Membahas tentang teori dasar yang diperlukan dalam menyelesaikan penulisan laporan

### **BAB III PEMELIHARAAN SISTEM DISTRIBUSI**

Membahas tentang pemeliharaan system distribusi energi listrik dalam gardu induk dan proteksi – yang digunakan

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

Membahas tentang evaluasi pemeliharaan sistem distribusi energi listrik dalam gardu induk dan proteksi-proteksi yang digunakan dan berisi kesimpulan dari keseluruhan kerja praktek yang diambil berdasarkan data yang ada , juga berisi tentang saran serta penunjuk untuk pengembangan dan penyempurnaan.

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG KOMPONEN DAN FUNGSI SUTT DAN SUTET**

#### **2.1. UMUM**

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) adalah sarana yang terbentang di udara untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI) / Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) atau dari GI / GITET ke GI /GITET lainnya yang disalurkan melalui konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang (*tower*) melalui insulator-insulator dengan sistem tegangan tinggi (30 kV, 70 kV, 150 kV) atau tegangan ekstra tinggi (275 kV, 500 kV).

#### **2.2. KOMPONEN DAN FUNGSI**

Berdasarkan fungsi dari tiap-tiap komponennya, sistem transmisi SUTT & SUTET dikelompokkan sebagai berikut :

1. Isolator
2. Konduktor
3. Kontruksi dan pondasi
4. Proteksi petir
5. Aksesoris

#### **2.2.1 ISOLATOR**

Isolator 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

### 2.2.1.1 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 :**

#### 1. Karakteristik elektrik

Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls 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.

### 2.2.1.1.1 Insulator Menurut Material

#### 1. Insulator keramik (porselen & gelas)

##### a. Insulator porselen

Insulator porselen 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.

##### b. Insulator gelas

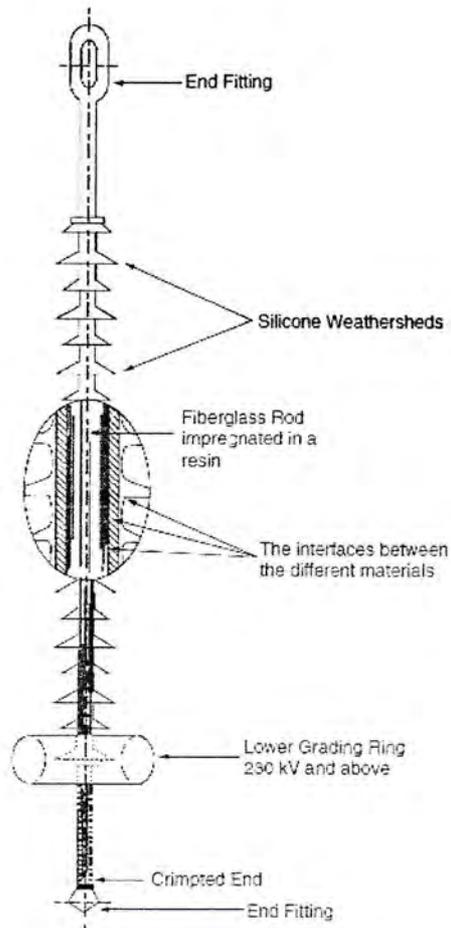
Digunakan hanya untuk insulator jenis piring. Bagian gelas harus bebas dari lubang atau cacat lain termasuk adanya gelembung dalam gelas. Warna gelas biasanya hijau, dengan warna lebih tua atau lebih muda. Jika terjadi kerusakan insulator gelas mudah dideteksi.

#### 2. 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 elektrik yang tinggi.

Komponen utama dari insulator komposit yaitu :

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

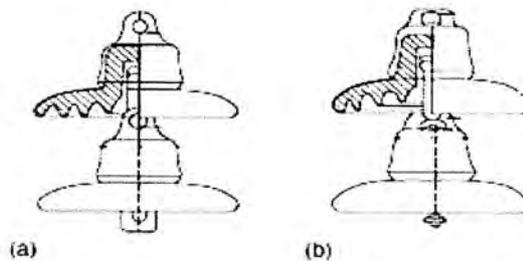


Gambar 1 Insulator komposit

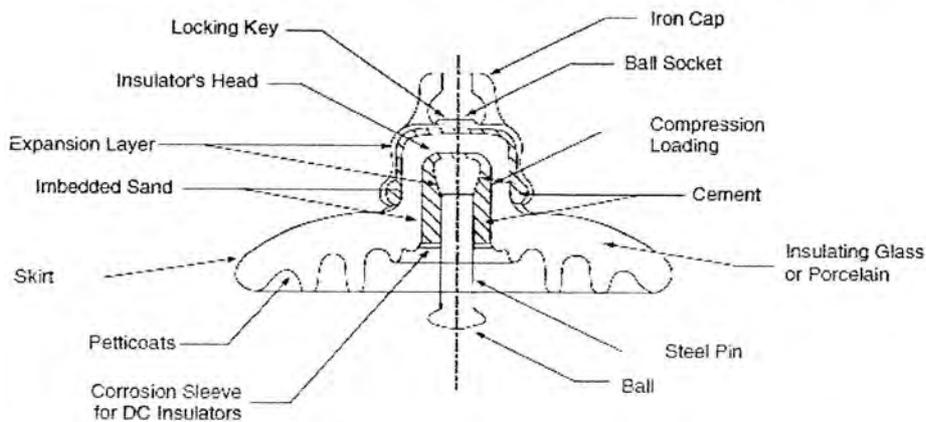
### 3. Insulator Menurut Bentuk

#### 1. Insulator piring

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



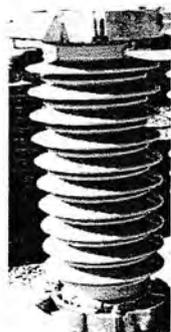
Gambar 2 Insulator piring (a) tipe *clevis* (b) tipe *ball-and-socket*



Gambar 3 Komponen insulator piring tipe *ball-and-socket*

#### 2. Insulator tipe *post*

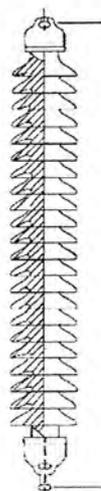
Dipergunakan sebagai tumpuan dan memegang bagi konduktor di atasnya untuk pemasangan secara vertikal dan sebagai insulator dudukan. Biasanya terpasang pada tower jenis pole atau pada tiang sudut. Dipergunakan untuk memegang dan menahan konduktor untuk pemasangan secara horizontal.



Gambar 4.insulator post

### 3. Insulator *long rod*

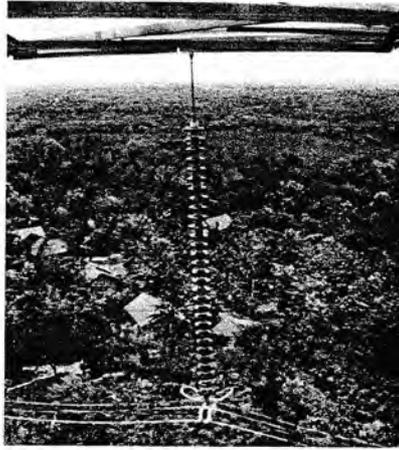
Insulator *long rod* adalah insulator porselen atau komposit yang digunakan untuk beban tarik.



Gambar 4 Insulator *long rod*

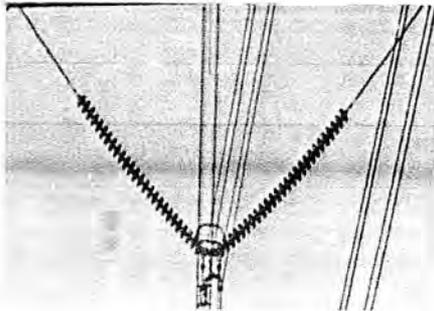
### 4. Insulator Menurut Pemasangan

1. "I" string



Gambar 5 Insulator "I" string

2. "V" string



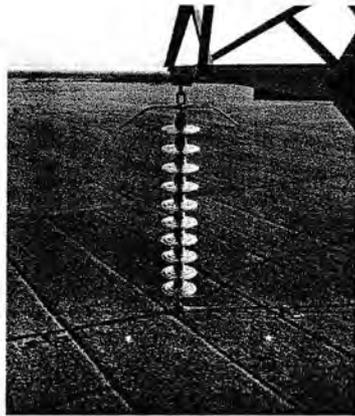
Gambar 6 Insulator "V" string

3. Horizontal string



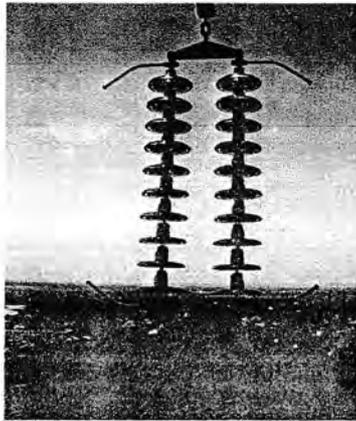
Gambar 7 Insulator horizontal string

4. Single string



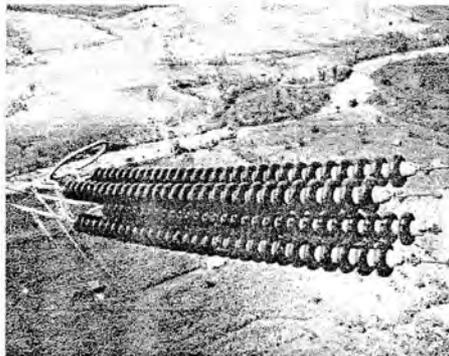
Gambar 8 Insulator *single string*

5. *Double string*



Gambar 9 Insulator *double string*

6. *Quadruple*



Gambar 10 Insulator *quadruple*

### 2.2.1.2 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).

## 2.2.2 KONDUKTOR

Komponen yang termasuk dalam fungsi konduktor adalah komponen SUTT & SUTET yang berfungsi dalam proses penyaluran arus listrik dari Pembangkit ke GI / GITET atau dari GI / GITET ke GI / GITET lainnya.

Komponen-komponen yang termasuk fungsi konduktor, yaitu :

### 2.2.1 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 *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
4. Ekonomis
5. Lentur / tidak mudah patah

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

Klasifikasi jenis konduktor berdasarkan bahannya :

1. Konduktor jenis tembaga (BC : *Bare copper*)

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

## 2. 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 :

### a. 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 *steel*nya dilapisi dengan aluminium.

### b. 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 <sup>2</sup> ) | DIAMETER (mm)  | R DC 20° C (Ohm/Km) | BERAT (kg/Km) |                                       |                 |
| 1.  | ACSR           | HAWK            | USA           | ASTM B 232 - 64, T<br>ASTM B 232 - 69                  | 281,03                            | 21,79          | 0,1199              | 455           | 455                                   | 150 kV          |
| 2.  | ACSR           | HEN             | USA           | ASTM B 232 - 64, T<br>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<br>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<br>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<br>CANADA | ASTM B232-69<br>CSA C49-1965                           | 198,19<br>198,26                  | 18,31<br>18,31 | 0,1699<br>0,1696    | 689<br>687    | 371<br>368                            | 70 kV<br>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     | SI 1134 - 1981<br>SPLN 41 - 7 - 1981                   | 369,10                            | 25             | 0,0851              | 1.180         | 790                                   | 150 kV          |
| 12. | THERMAL        | TACSR 240       | JEPANG        | JEC 74 - 1964<br>JIS C.3110 - 1968<br>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         | 968                                   | 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                                | 5,84           | -                   | -             | 180                                   |                 |
| 3.  |                | CU              | GERMANY       | DIN 48201 & DIN 4313                                   | 35                                | 6,68           | -                   | -             | 220                                   |                 |
| 4.  |                | CU              | GERMANY       | DIN 48201 & DIN 4313                                   | 50                                | 7,99           | -                   | -             | 280                                   |                 |

### 2.2.2.2 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 :

1. Sambungan dengan puntiran (sekarang sudah jarang dipergunakan)
2. Sambungan dengan *press*

Sambungan konduktor penghantar dengan *press* terdiri dari :

- a. Selongsong *steel*, berfungsi untuk menyambung *steel* atau bagian dalam konduktor penghantar ACSR & TACSR.
- b. Selongsong aluminium berfungsi untuk menyambung aluminium atau bagian luar konduktor penghantar ACSR & TACSR.



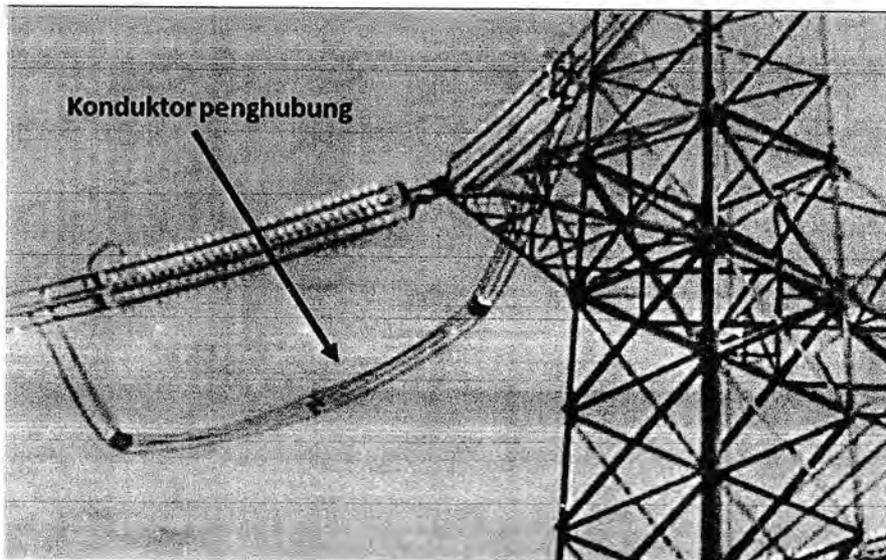
Gambar 11 Bagian sambungan konduktor penghantar (a) Selongsong *steel* (b) Selongsong aluminium

Penempatan *compression joint* harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Diusahakan berada di tengah-tengah gawang atau bagian terendah dari andongan konduktor.
- b. Tidak boleh berada di dekat tower *tension*
- c. Tidak boleh di atas jalan raya, rel KA, SUTT, dll

### 2.2.2.3. 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.



Gambar 12 *Konduktor penghubung*

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*.

#### 2.2.2.4. Klem Konduktor Penghantar

Klem konduktor penghantar digunakan untuk memegang konduktor penghantar terhadap insulator.

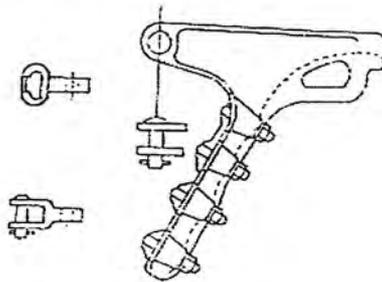
Macam-macam klem konduktor penghantar :

1. 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.

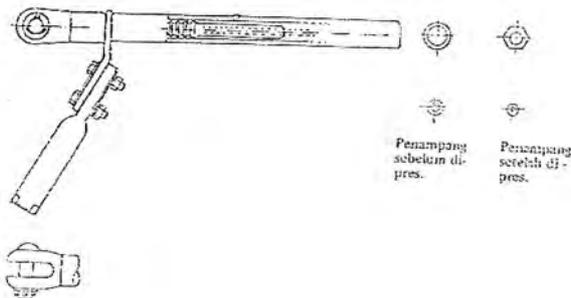
Ada 2 (dua) macam klem penegang konduktor penghantar yang umumnya dipergunakan, yaitu :

a. Klem penegang dengan mur baut (*strain clamp*)



Gambar 13 Klem penegang dengan mur baut

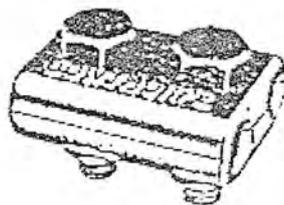
b. Klem penegang dengan *press*



Gambar 14 Klem penegang dengan *press* untuk konduktor ACSR & TACSR

2. Klem jembatan (*parallel groove clamp*)

Klem ini digunakan pada tiang-tiang tipe penegang (tiang *tension*) yang berfungsi sebagai penggandeng (penyambung) kedua ujung konduktor dari klem penegang satu dengan klem penegang lainnya.



Gambar 15 Klem Jembatan

### 2.2.3. KONSTRUKSI DAN PONDASI

Komponen utama dari Fungsi Konstruksi dan Pondasi pada sistem transmisi SUTT & SUTET adalah Tiang (*Tower*). Tiang adalah konstruksi bangunan yang kokoh untuk menyangga / merentang konduktor penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya dengan sekat insulator.

#### 2.2.3.1. Tiang Menurut Fungsi

##### 1. 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 :

##### a. 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).

##### b. 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.

##### 2. Tiang penyangga (*suspension tower*)

Tiang penyangga untuk mendukung / menyangga dan harus kuat terhadap gaya berat dari peralatan listrik yang ada pada tiang tersebut.

##### 3. 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.

##### 4. Tiang transposisi

Adalah tiang penegang yang berfungsi sebagai tempat perpindahan letak susunan fasa konduktor-konduktor Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).

### 5. 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.

### 6. Tiang kombinasi (*combined tower*)

Yaitu *tower* yang digunakan oleh dua buah saluran transmisi yang berbeda tegangan operasinya.

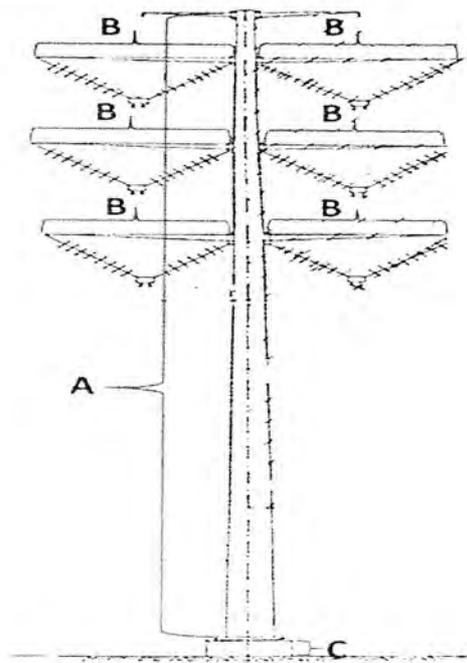
## 2.2.3.2. Tiang Menurut Bentuk

### 1. Tiang pole

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

Berdasarkan materialnya, terbagi menjadi :

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



Gambar 16 Konstruksi tiang pole

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

#### A. Tiang

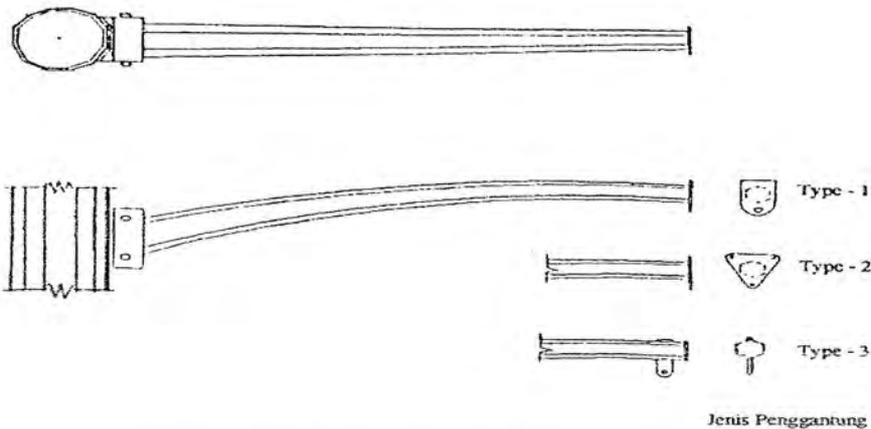
Tiang adalah bagian utama dari tiang *pole* yang berfungsi sebagai penopang dari palang dan insulator. Untuk pemakaian pada saluran dengan jarak rentang yang panjang (menyeberang sungai, lembah dan sebagainya), digunakan tiang khusus yang konstruksinya dan dimensinya dibuat lebih besar serta lebih kuat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

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

#### B. Palang (*travers*)

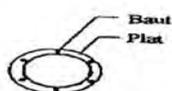
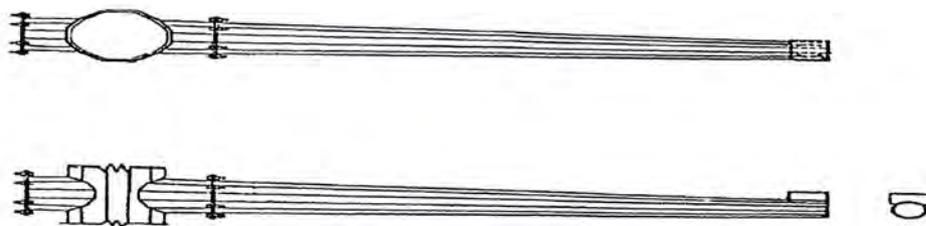
Jenis palang yang digunakan :

- palang poligonal lengkung (davit)



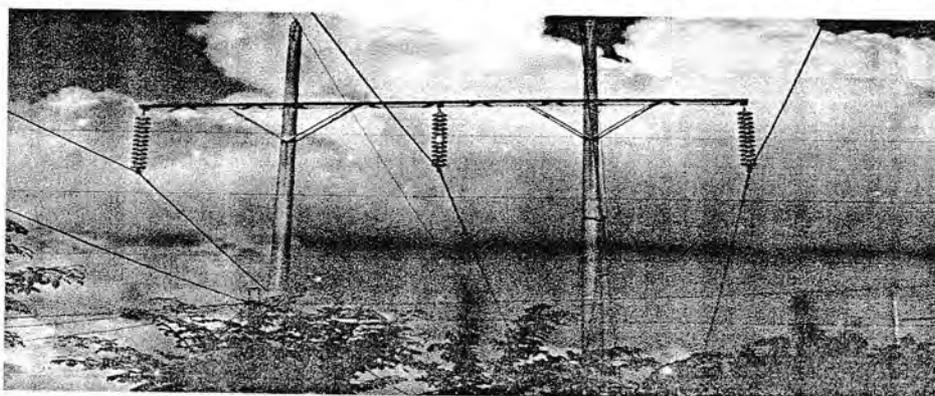
Gambar 17 Palang poligonal lengkung (davit)

- palang poligonal lurus



Gambar 18 Palang poligonal lurus

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



Gambar 19 traverse lurus

Bahan palang terbuat dari bahan baja mutu ASTM A-572 dengan minimum Grade 50 dan digalvanis.

### C. Pondasi

Jenis pondasi yang digunakan pada tiang *pole* adalah :

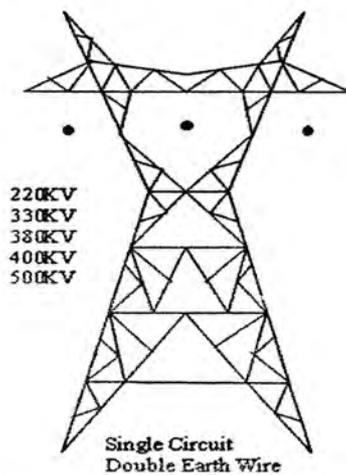
1. Pondasi bor yang terdiri atas :
  - a. Pondasi bor poros lurus
  - b. Pondasi bor tanam langsung
2. Pondasi beton bertulang dengan baut angkur, yang terdiri atas :
  - a. Pondasi beton bertulang dengan tiang pancang

b. Pondasi beton bertulang tanpa tiang pancang

2. Tiang kisi-kisi (*lattice tower*)

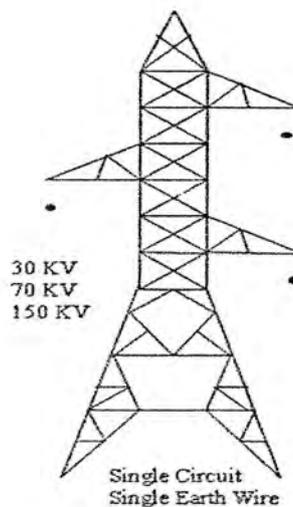
Terbuat dari baja profil, disusun sedemikian rupa sehingga merupakan suatu menara yang telah diperhitungkan kekuatannya disesuaikan dengan kebutuhannya. Berdasarkan susunan / konfigurasi penghantarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok besar, yaitu :

a. Tiang delta (*delta tower*)



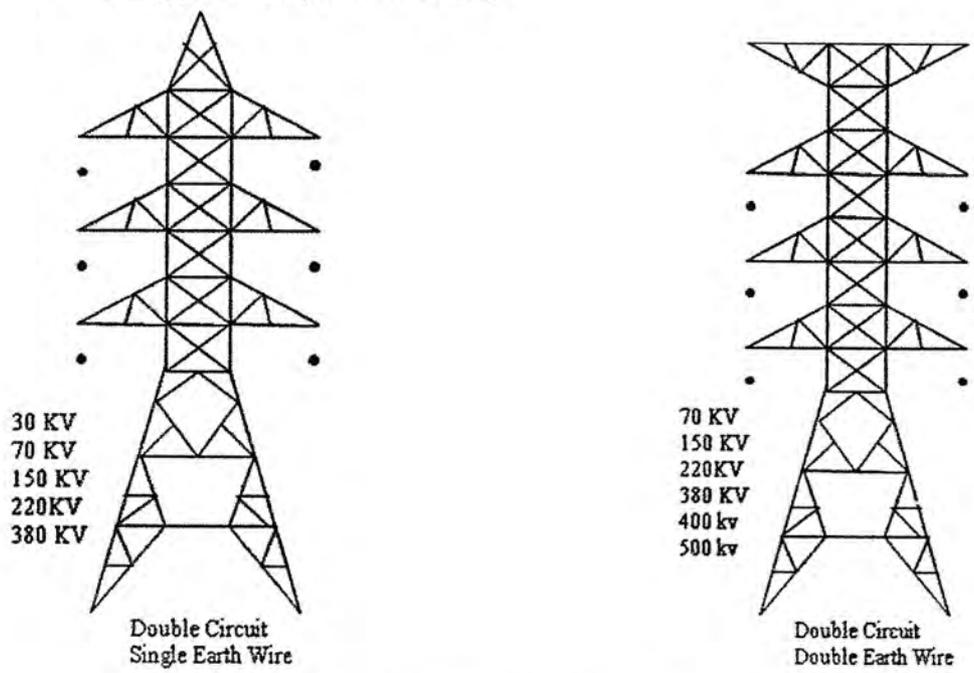
Gambar 20 Tiang delta

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



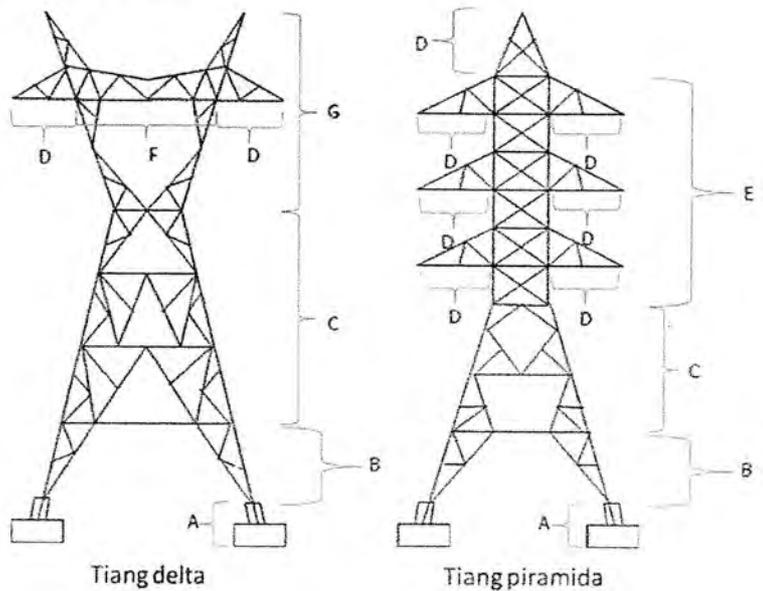
Gambar 21 Tiang zig-zag

c. Tiang piramida (*pyramid tower*)



Gambar 22 Tiang piramida

Bagian-Bagian Tiang Kisi-kisi :



Gambar 23 Konstruksi tiang *lattice*

#### A. Pondasi, *stub* dan halaman *tower*

Pondasi adalah konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki *tower* (*stub*) dengan bumi. Jenis pondasi *tower* beragam menurut kondisi tanah tempat tapak *tower* berada dan beban yang akan ditanggung oleh *tower*. Pondasi *tower* yang menanggung beban tarik (*tension*) dirancang lebih kuat / besar daripada tower tipe *suspension*.

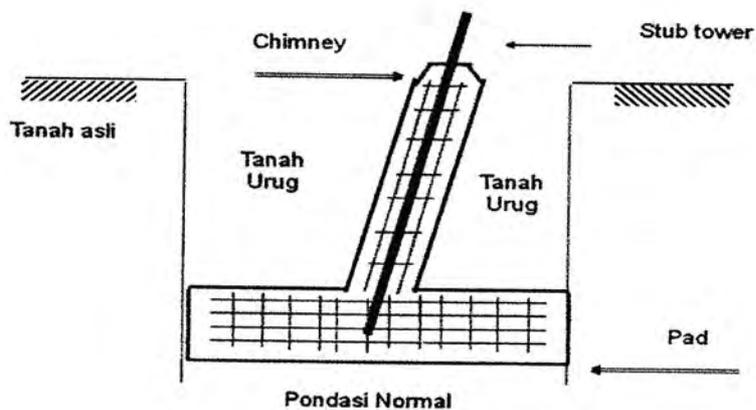
Jenis pondasi :

- Normal, dipilih untuk daerah yang dinilai cukup keras tanahnya.
- Spesial : Pancang (*fabrication* dan *cassing*), dipilih untuk daerah yang lembek / tidak keras sehingga harus diupayakan mencapai tanah keras yang lebih dalam.
- *Raft*, dipilih untuk daerah berawa / berair.
- *Auger*, dipilih karena mudah pengerjaannya dengan mengebor dan mengisinya dengan semen.
- *Rock drilled*, dipilih untuk daerah berbatuan.

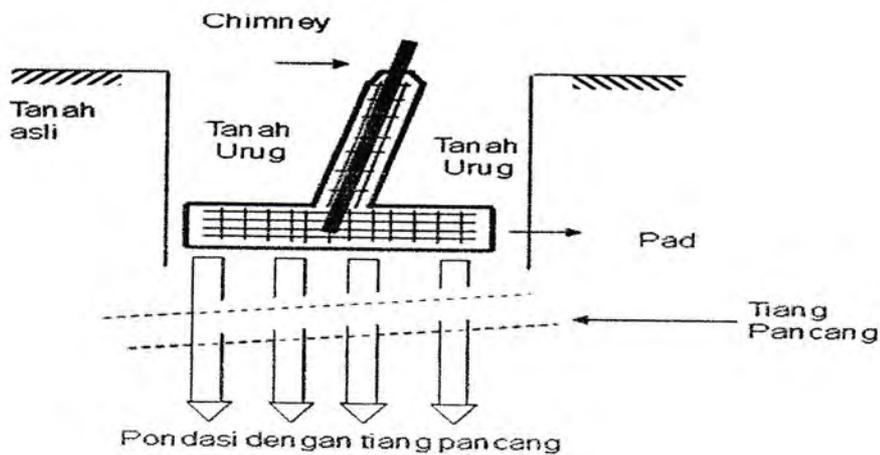
*Stub* adalah bagian paling bawah dari kaki *tower*, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi. Bagian atas *stub* muncul dipermukaan tanah sekitar 0,5 sampai 1 meter dan dilindungi semen serta dicat agar tidak mudah berkarat.

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).

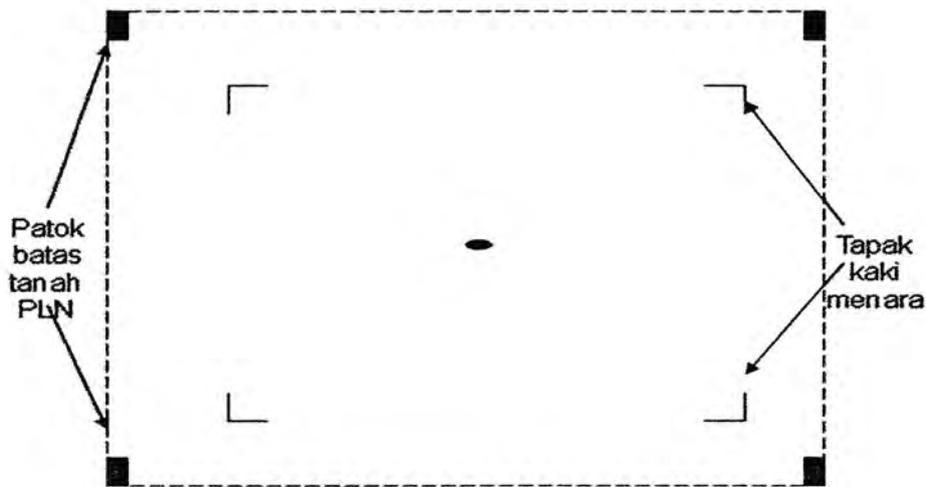


Gambar 24 Pondasi normal



Gambar 25 Pondasi spesial (pancang)

Halaman *tower* adalah daerah tapak *tower* yang luasnya diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi. Biasanya antara 3 hingga 8 meter di luar *stub* tergantung pada jenis *tower*.



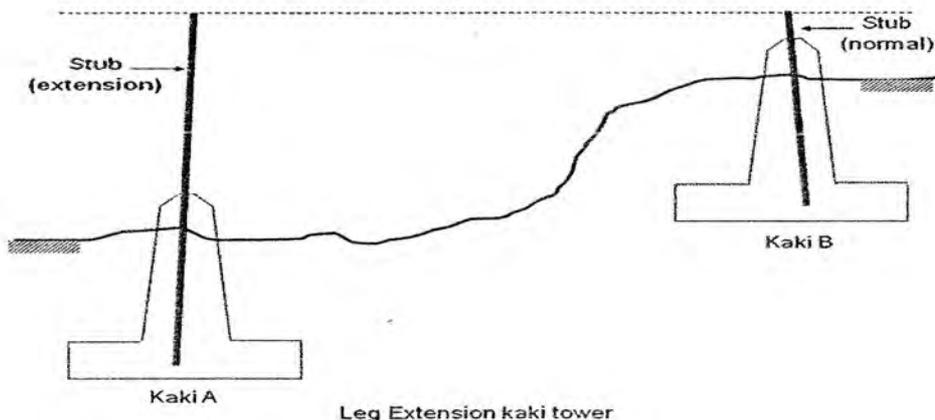
Gambar 26 Halaman tower

### B. 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 27 Leg tower

### C. 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

#### D. *Traverse*

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

#### E. *Super structure*

*Super structure* adalah badan *tower* bagian atas yang terhubung dengan *common body* dan *traverse* konduktor fasa maupun konduktor petir. Pada *tower* jenis delta tidak dikenal istilah *super structure* namun digantikan dengan *bridge* dan "K" *frame*.

#### F. *Bridge*

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

#### G. "K" *frame*

"K" *frame* adalah bagian *tower* yang terhubung antara *common body* dengan *bridge* maupun *traverse*. "K" *frame* terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetris. "K" *frame* tidak dikenal di *tower* piramida, hanya ada di tiang delta.

## 2.2.4 PROTEKSI PETIR

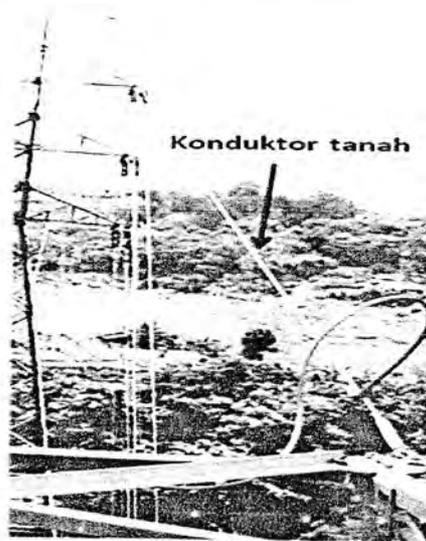
SUTT & SUTET merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah (*easy target*) bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUTT / SUTET merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada SUTT / 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 yang termasuk dalam fungsi proteksi petir adalah semua komponen pada SUTT & SUTET yang berfungsi dalam melindungi saluran transmisi dari sambaran petir, yang terdiri dari :

#### 2.2.4.1 Konduktor Tanah (*Earth Wire*)

Konduktor tanah atau *Earth wire* adalah 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.



Gambar 28 Konduktor tanah

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.

#### 2.2.4.2. 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.

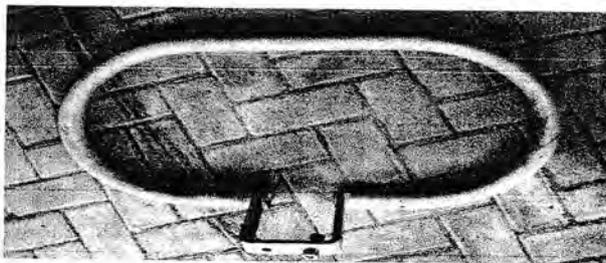


Gambar 29 Konduktor penghubung konduktor tanah

#### 2.2.4.3. Arcing Horn

Alat pelindung proteksi petir yang paling sederhana adalah *arcing horn*. *Arcing horn* berfungsi memotong tegangan impuls petir secara pasif (tidak mampu memadamkan *follow current* dengan sendirinya). *Arcing horn* terpasang pada SUTT / SUTET yaitu :

1. *Arcing horn* sisi penghantar



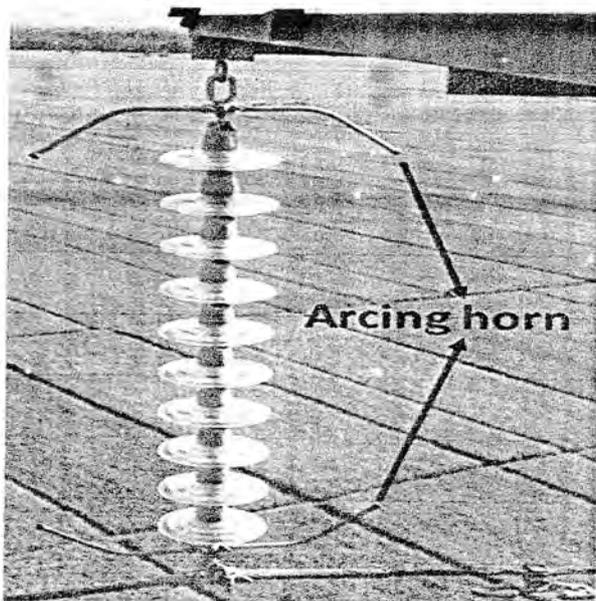
Gambar 30 *Arcing horn* sisi penghantar

2. *Arcing horn* sisi tower



Gambar 31 *Arcing horn* sisi tower

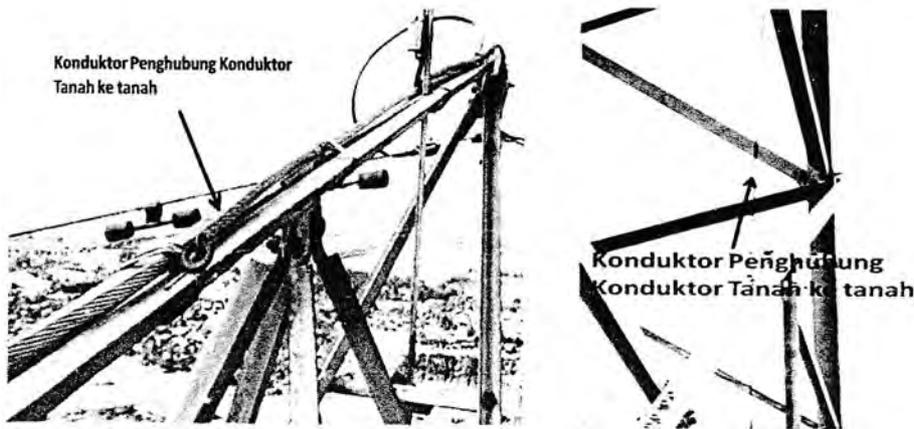
3. Bentuk lain dari *arcing horn*



Gambar 32 Bentuk lain *arcing horn*

#### 2.2.4.4. Konduktor Penghubung Konduktor Tanah ke Tanah

Pada tiang SUTT & SUTET yang berlokasi di daerah petir tinggi biasanya dipasang konduktor penghubung dari konduktor tanah ke tanah. Bahan yang dipakai untuk konduktor penghubung umumnya sama dengan bahan konduktor tanah. Konduktor penghubung ini berfungsi agar arus petir yang menyambar konduktor tanah maupun tiang SUTT / SUTET dapat langsung disalurkan ke tanah dengan pertimbangan bahwa nilai hambatan konduktor lebih kecil dibandingkan nilai hambatan tiang.

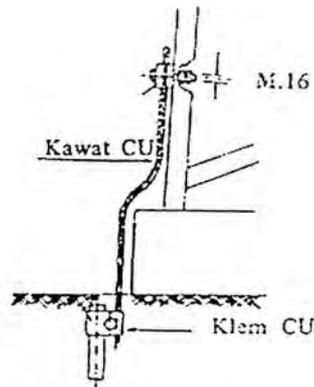


Gambar 33 Konduktor penghubung konduktor tanah ke tanah

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.

#### 2.2.4.5. Pentanahan (*Grounding*)

Pentanahan tower adalah perlengkapan pembumian sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tiang SUTT maupun SUTET ke tanah. Pentanahan tiang terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pentanahan 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.



Gambar 34 Pentanahan tiang

Jenis-jenis pentanahan tiang pada SUTT & SUTET :

1. *Electroda bar*, yaitu suatu rel logam yang ditanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, dimana nilai tahanan tanah adalah rendah.
2. *Electroda plat*, yaitu plat logam yang ditanam di dalam tanah secara horisontal atau vertikal. Pentanahan ini umumnya untuk pengamanan terhadap petir.
3. *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.
4. *Mesh electrode*, yaitu sejumlah konduktor yang digelar secara horisontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan.

Komponen-komponen pentanahan tiang :

1. Konduktor pentanahan, terbuat dari bahan yang konduktifitasnya besar.
2. Klem pentanahan atau sepatu kabel.
3. Batang pentanahan.
4. Klem sambungan konduktor pentanahan.

#### 2.2.5. 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 :

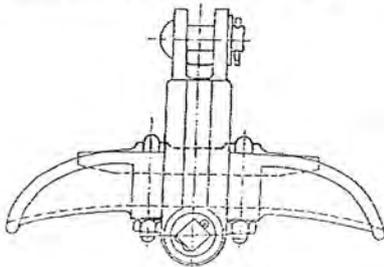
1. Aksesoris insulator
2. Aksesoris panjat (fungsi konstruksi)
3. Aksesoris K3

### 2.2.5.1 Aksesoris Insulator

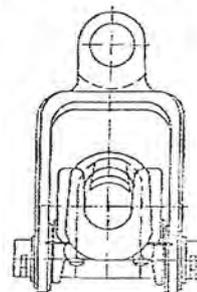
Merupakan semua komponen pendukung agar insulator dapat terhubung secara mekanis dengan tower dan konduktor. Komponen ini terdiri dari :

#### 1. Klem penyangga (*suspension clamp*)

*Suspension clamp* adalah alat yang dipasangkan pada konduktor penghantar ke perlengkapan insulator gantung, yang berfungsi untuk memegang konduktor penghantar pada tiang *suspension*. Sebelum dipasang pada *suspension clamp*, konduktor penghantar harus dilapisi *armour rod* untuk mengurangi kelelahan bahan pada konduktor akibat dari adanya vibrasi atau getaran pada konduktor penghantar dan akibat tekanan klem.

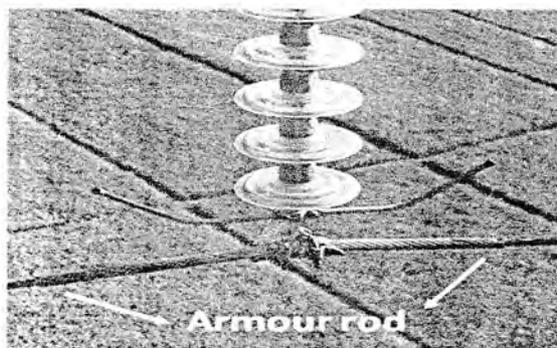


(a) Pandangan samping



(b) Pandangan depan

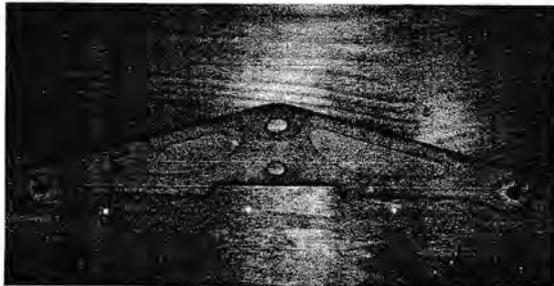
Gambar 35 Klem penyangga



Gambar 36 *Armour rod*

## 2. *Suspension yoke*

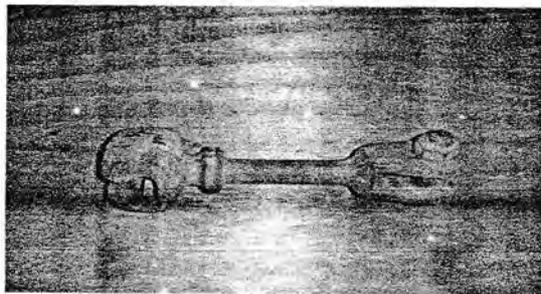
Komponen ini berfungsi untuk pemegang /penahan konduktor pada tower *suspension*.



Gambar 37 *Suspension yoke*

## 3. *Socket clevis*

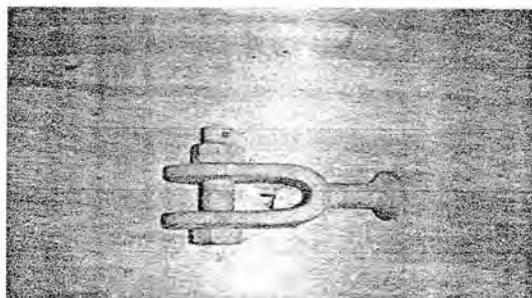
Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *bolt* insulator dengan *hot yoke* pada tower *tension / suspension*.



Gambar 38 *Socket clevis*

## 4. *Bolt clevis*

Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *socket* insulator dengan *link*.



Gambar 39 *Bolt clevis*

## 5. *Socket link bolt*

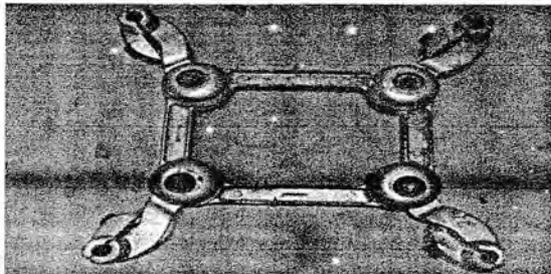
Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *socket* insulator dengan *cold yoke* pada *tower tension*.



Gambar 40 *Socket link bolt*

#### 6. *Spacer*

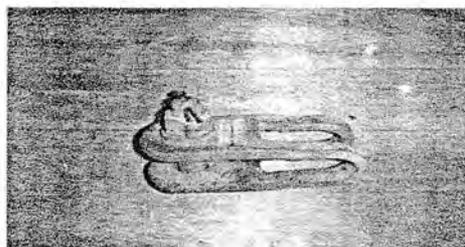
Komponen ini berfungsi sebagai pemisah / perentang dan sekaligus sebagai peredam getaran pada konduktor.



Gambar 41 *Spacer*

#### 7. *Clevis clamp suspension*

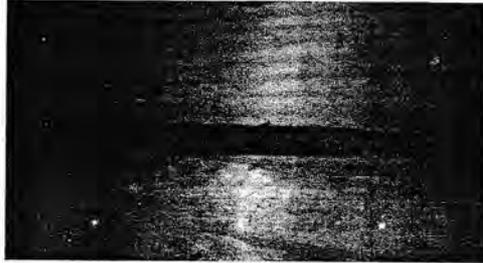
Komponen ini berfungsi sebagai penghubung *clamp suspension* dengan *yoke*.



Gambar 42 *Clevis clamp suspension*

#### 8. *Turnbucle / span scrup*

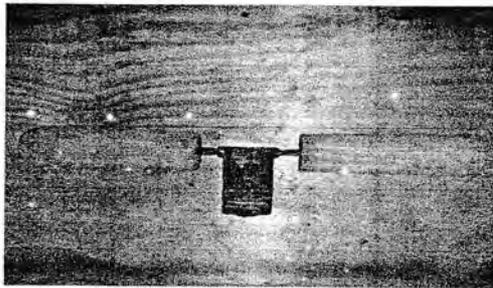
Komponen ini berfungsi untuk mengatur kekencangan / kekendoran tarikan konduktor / konduktor.



Gambar 43 *Turnbuckle / span scrup*

#### 9. *Damper*

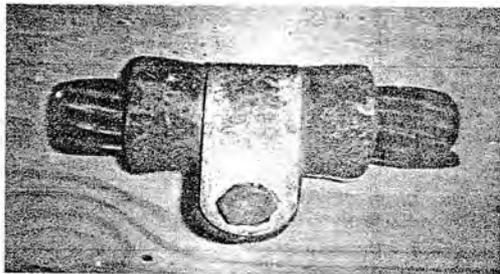
Komponen ini berfungsi sebagai peredam getaran pada konduktor.



Gambar 44 *Damper*

#### 10. *Clamp OPGW*

Komponen ini berfungsi sebagai pemegang konduktor OPGW yang terpasang pada tower dan melindungi konduktor agar tidak tergores.



Gambar 45 *Clamp OPGW*

#### 11. *Extention link*

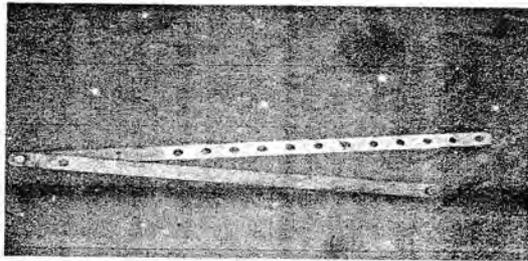
Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *travers* dengan *yoke* pada tower *tension* sisi *cold end*.



Gambar 46 *Extention link*

#### 12. *Adjuster link*

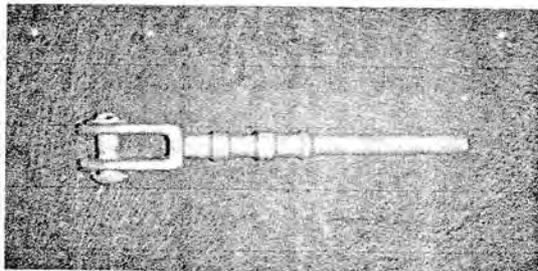
Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *yoke* dengan konduktor dan memperoleh *sagging* yang diinginkan.



Gambar 47 *Adjuster link*

#### 13. *Dead end press*

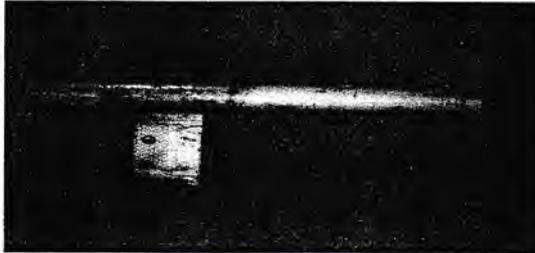
Komponen ini berfungsi untuk mematkan dan menghubungkan konduktor dengan insulator pada sisi *cold tower*.



Gambar 48 *Dead end press*

#### 14. *Compression dead end press*

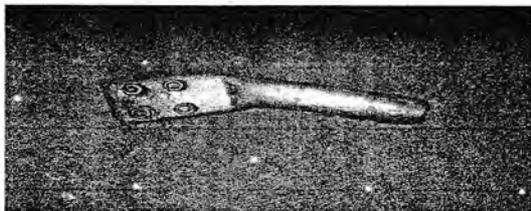
Komponen ini berfungsi sebagai pemegang konduktor pada tower *tension*.



Gambar 49 *Compression dead end press*

#### 15. *Konduktor penghubung clamp*

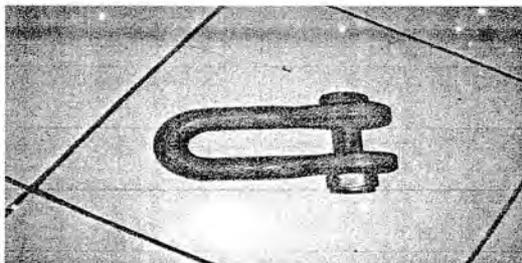
Komponen ini berfungsi sebagai penghubung *konduktor penghubung* dengan konduktor.



Gambar 50 *Konduktor penghubung clamp*

#### 16. *Shackle*

Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan *link* dengan *tower*.



Gambar 51 *Shackle*

#### 17. *Counter weight*

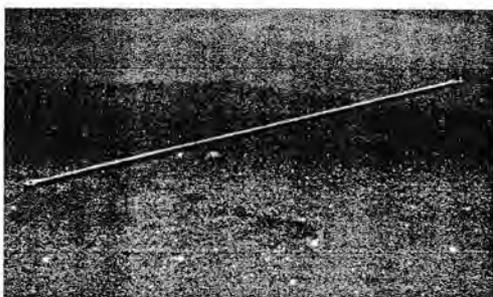
Komponen ini berfungsi untuk mengurangi guncangan pada konduktor penghubung atau konduktor.



Gambar 52 *Counter weight*

### 18. *Link* panjang

Komponen ini berfungsi untuk memperpanjang jarak insulator dengan sisi *tower*.



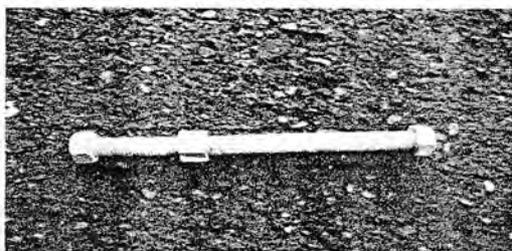
Gambar 53 *Link* panjang

### 2.2.5.2. Aksesoris Panjat

Komponen pendukung yang memudahkan petugas untuk melakukan pemanjatan ke atas *tower*, yaitu :

#### 1. Baut panjat (*step bolt*)

*Step bolt* adalah baut yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan *tower* hingga *super structure* dan traverse konduktor petir. Berfungsi untuk pijakan petugas sewaktu naik maupun turun dari *tower*.



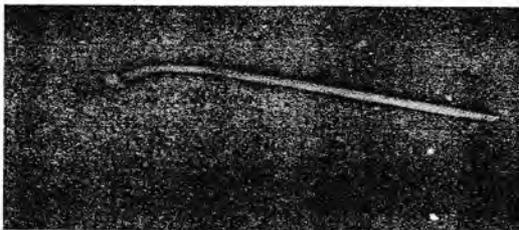
Gambar 54 *Step bolt*

### 2.2.5.3. Aksesori K3

Komponen pendukung yang bertujuan untuk memberikan peringatan bahaya dan informasi di sekitar saluran transmisi.

#### 1. Penghalang panjat / ACD (*Anti Climbing Device*)

Penghalang panjat berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik tower. Penghalang panjat dibuat runcing, berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawah Rambu tanda bahaya.



Gambar 55 Penghalang panjat / ACD (*Anti Climbing Device*)

#### 2. Tanda penghantar & nomor tiang

Komponen ini berfungsi untuk identitas *tower*.



Gambar 56 Tanda penghantar & nomor tiang

#### 3. Tanda bahaya

Komponen ini berfungsi untuk memberikan peringatan bahaya tegangan tinggi.



Gambar 57 Tanda bahaya

#### 4. *Ball sign*

Komponen ini berfungsi untuk memberi tanda bagi pesawat yang lewat yang terpasang pada konduktor dan konduktor petir.



Gambar 58 *Ball sign*

#### 5. Lampu penerbangan (*aviation light*)

Adalah rambu peringatan berupa lampu terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat konduktor transmisi. Jenis lampu penerbangan adalah sebagai berikut :

- Lampu penerbangan yang terpasang pada *tower* dengan suplai dari jaringan tegangan rendah



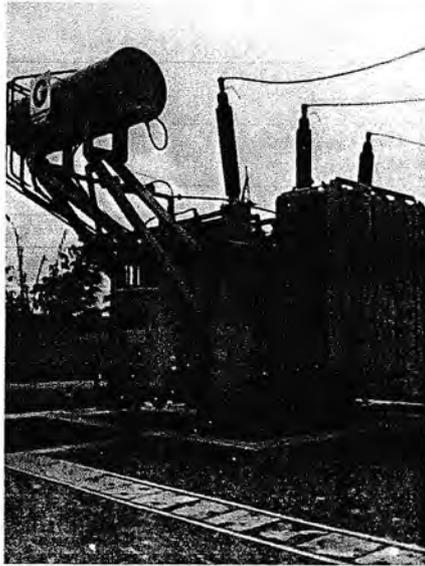
Gambar 59 Lampu penerbangan *tower*

- Lampu penerbangan yang terpasang pada konduktor penghantar dengan sistem induksi dari konduktor penghantar.

## BAB III

### PEDOMAN PEMELIHARAAN SISTEM DISTRIBUSI

#### 3.1 Pedoman Pemeliharaan Trafo Tenaga



Gambar 3.1 trafo tenaga.

##### 3.1.1 In Service Inspection

In Service inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan/operasi. Tujuan dilakukannya in service inspection adalah untuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman.

Subsistem trafo yang dilakukan *in service inspection* adalah sebagai berikut:

- Bushing
- Pendingin
- Pernafasan
- Sistem kontrol dan proteksi

- OLTC
- Meter suhu / temperature
- Sistem monitoring thermal
- Belitan
- NGR – Neutral grounding Resistor
- Fire Protection

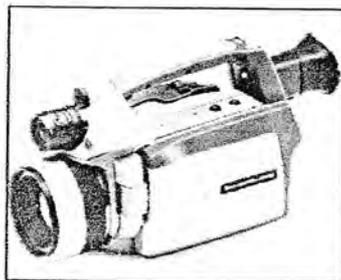
### 3.1.2 In Service Measurement

In Service Measurement adalah kegiatan pengukuran / pengujian yang dilakukan pada saat transformator sedang dalam keadaan bertegangan / operasi (in service). Tujuan dilakukannya in service measurement adalah untuk mengetahui kondisi trafo lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

### 3.1.3 Thermovisi / Thermal image

Pada saat trafo dalam keadaan operasi, bagian trafo yang dialiri arus akan menghasilkan panas. Panas pada radiator trafo dan maintank yang berasal dari belitan trafo akan memiliki tipikal suhu bagian atas akan lebih panas dari bagian bawah secara gradasi. Sedangkan untuk bushing, suhu klem pada stud bushing akan lebih panas dari sekitarnya.

Suhu yang tidak normal pada trafo dapat diartikan sebagai adanya ketidaknormalan pada bagian atau lokasi tersebut. Metoda pemantauan suhu trafo secara menyeluruh untuk melihat ada tidaknya ketidaknormalan pada trafo dilakukan dengan menggunakan thermovisi / thermal image camera.



Gambar 3.2. Kamera thermovisi / thermal image camera

Lokasi-lokasi pada trafo yang dipantau dengan thermovisi / thermal image camera adalah sebagai berikut :

1. Maintank
2. Tangki OLTC
3. Radiator
4. Bushing
5. Klem-klem pada setiap bagian yang ada
6. Tangki konservator
7. NGR

Pada setiap pengukuran menggunakan thermovisi / thermal image camera, secara umum dilakukan pengukuran suhu pada tiga titik (atas, tengah, dan bawah). Pada display / tampilan alat, objek yang di monitor akan terlihat tertutupi sebuah lapisan gradasi warna atau gradasi hitam putih. Warna-warna yang muncul akan mewakili besaran suhu yang terbaca pada objek. Disamping kanan tampilan / display dilengkapi dengan batang korelasi antara warna dengan suhu sebagai referensi warna-warna yang muncul pada tampilan.

Pengukuran thermovisi pada maintank dan OLTC trafo dilakukan pada tiga posisi yaitu bawah, tengah dan atas untuk mengetahui gradasi panas pada trafo yang mewakili normal tidaknya proses operasi dari trafo.

Sama halnya seperti pengukuran thermovisi pada maintank trafo, pengukuran thermovisi pada sirip pendingin dilakukan pada tiga titik untuk mengetahui efisiensi dari proses pendinginan sirip trafo tersebut.

Pengukuran pada bushing trafo adalah dengan melihat titik yang paling panas dalam sebuah bushing dan membandingkan karakteristik suhu terhadap fasa lainnya. Untuk pengukuran konservator dan NGR dilihat tiga titik secara vertikal untuk mengetahui karakteristik suhu peralatan

## **2. Pedoman Pemeliharaan Trafo Arus (CT)**

In service inspection adalah kegiatan pengamatan visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya anomali yang berpotensi menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak sebagian/keseluruhan peralatan.

### **2.1 Dielectric**

Dalam hal ini dilakukan pemeriksaan dalam keadaan beroperasi dengan cara melihat visual kecukupan dari media dielectric CT melalui :

- A. Memeriksa level ketinggian minyak trafo arus pada gelas penduga.
- B. Memeriksa tekanan gas  $N_2$  melalui manometer yang terpasang di CT ( indicator berupa angka)
- C. Memeriksa tekanan gas  $SF_6$  melalui manometer yang terpasang di CT ( indicator berupa angka)
- D. Rembesan / kebocoran minyak CT.
- E. Isolator porcelain

Dilakukan pemeriksaan isolator porcelain dengan visual dari isolator. Mengamati isolator dari keretakan, flek, pecah dan kelainan yang lainnya.

### 3.2.2 Mechanical Structure

*Mechanical structure* adalah peralatan yang menyokong berdirinya trafo arus. Inspeksi mechanical structure dilakukan dengan memeriksa :

- Kondisi *core housing (rumah/tangki core)* secara visual, apakah kondisi *core housing* normal, korosi atau retak.
- Kondisi *support structure* .

### 3.2.3 Pentanahan CT

Inspeksi pentanahan CT dilakukan dengan memeriksa kawat dan terminal pentanahan dengan memeriksa hubungan antara terminal dengan mess grounding switchyard dengan kencang dan sempurna.

### 3.2.4 Thermovision

Thermovision digunakan untuk melihat hot spot pada instalasi listrik, dengan Infra red thermovision dapat dilihat losses yang terjadi di jaringan, semakin tinggi suhu hotspot yang terjadi maka semakin besar losses yang terjadi. Losses dapat diakibatkan oleh sambungan yang

kurang baik, pemeriksaan dengan thermovision pada trafo arus digunakan untuk melihat titik-titik sambungan pada trafo arus.

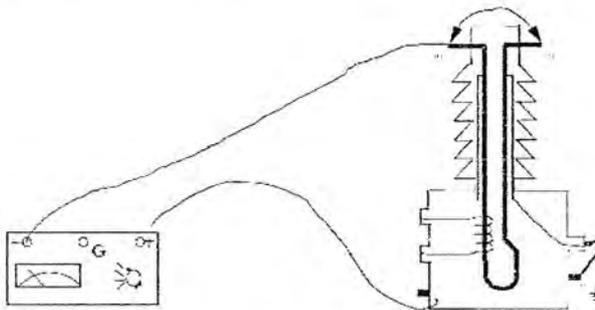
Thermovisi dilakukan pada:

- Konduktor dan klem CT. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan suhu antara konduktor dan klem CT
- Isolator dan housing CT. Hal ini bertujuan untuk mengetahui adanya kelainan / hotspot di dalam CT.

Thermovisi dilakukan setiap 3 bulan, kecuali untuk CT 500 kV dilakukan setiap 2 minggu.

### 3.2.5 Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi menggunakan alat uji tahanan isolasi 5 KV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo arus tersebut. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada saat 60 detik.



3.3 Pengukuran tahanan isolasi  
CT

### 3.2.6 Tan Delta

Pengujian tangen delta dilakukan untuk mengetahui nilai faktor dissipasi (tan delta) dan nilai kapasitansi dari CT. Peningkatan nilai dari kapasitansi akan mengindikasikan adanya kertas isolasi yang terkontaminasi oleh kelembaban, pencemaran atau adanya pemburukan pada sistim isolasi CT.

Pengukuran tan delta pada CT dilakukan dalam kondisi sisi primer di hubung singkat .

### **3.3 Pedoman Pemeliharaan Trafo Tegangan.**

#### **3.3.1 In Service inspection**

In service inspection adalah kegiatan pengamatan visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya anomali yang berpotensi menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak sebagian/keseluruhan peralatan.

##### **A. Dielectric**

- Memeriksa rembesan / kebocoran minyak
- memeriksa level ketinggian minyak pada gelas penduga.
- Memeriksa isolator dari keretakan, flek, pecah dan kelainan yang lainnya

##### **B. Electromagnetic Circuit**

- memeriksa level ketinggian minyak pada gelas penduga.
- rembesan / kebocoran minyak trafo pada seal isolator.
- Memeriksa kondisi spark gap

##### **C. Mechanical structure**

- memeriksa pondasi dari keretakan atau tidak.
- memeriksa rumah VT\CVT dari keretakan dan korosi.
- memeriksa steel structure VT\CVT dari bengkok, longgar dan korosi.

##### **D. Pentanahan VT**

Inspeksi pentanahan VT dilakukan dengan memeriksa kawat dan terminal pentanahan terhubung ke mess grounding switchyard dengan kencang dan sempurna.

#### **3.3.2 In Service Measurement**

In Service Measurement adalah kegiatan pengukuran / pengujian yang dilakukan pada saat peralatan sedang dalam keadaan bertegangan / beroperasi.

Thermovision digunakan untuk melihat hot spot pada instalasi listrik, dengan Infra red thermovision dapat dilihat losses yang terjadi di jaringan. Semakin tinggi suhu hotspot yang terjadi maka semakin besar losses yang terjadi. Losses dapat diakibatkan oleh sambungan yang

kurang baik, Pemeriksaan dengan thermovision pada CVT digunakan untuk melihat titik-titik sambungan pada CVT.

Thermovisi dilakukan pada:

- Konduktor dan klem VT. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan suhu antara konduktor dan klem VT
- Isolator dan housing VT. Hal ini bertujuan untuk mengetahui adanya kelainan / hotspot di dalam VT.

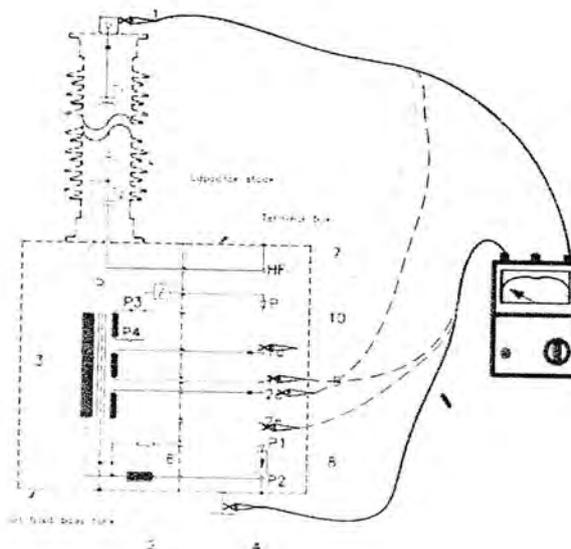
Thermovisi dilakukan setiap 3 bulan, kecuali untuk CVT 500 kV dilakukan setiap 2 minggu.

#### a. Shutdown testing / Measurement

Shutdown testing / measurement adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat peralatan dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan.

#### b. Tahanan isolasi

Pengujian tahanan isolasi menggunakan alat ukur tahanan isolasi 5 KV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo tegangan tersebut. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada saat 60 detik.

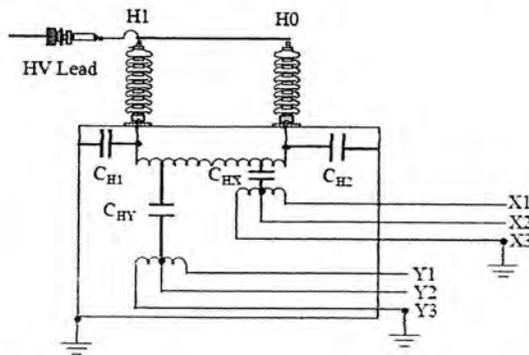


Gambar 3.4 Pengujian Tahanan Isolasi

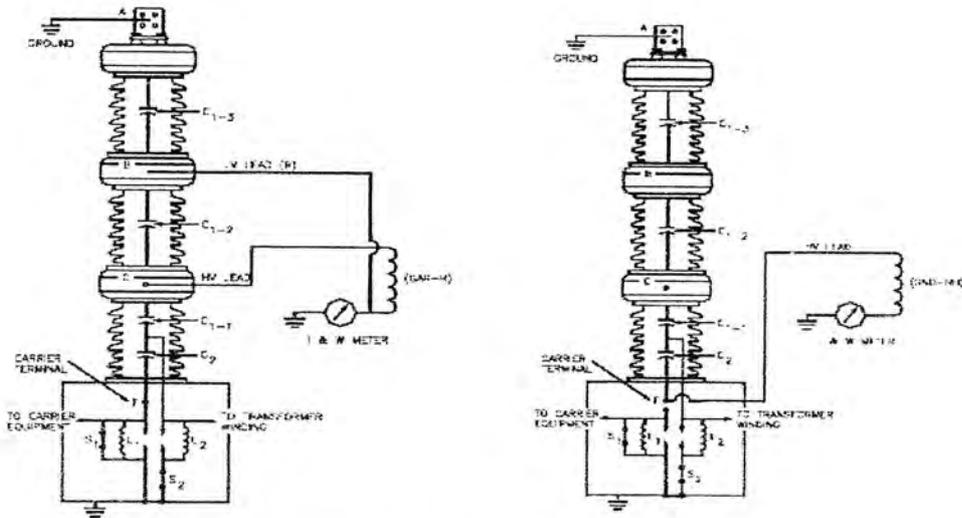
**c. Tan delta & Kapasitansi**

Pada trafo tegangan yang menggunakan minyak untuk isolasinya, minyak memiliki nilai konduktansi yang cukup rendah dan nilai kapasitansi yang cukup tinggi, pengujian tangen delta dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai factor disipasi (tan delta) dan kapasitansi dari VT. Peningkatan nilai dari kapasitansi mengindikasikan adanya kertas isolasi yang terkontaminasi oleh kelembaban, pencemaran atau adanya pemburukan pada sistem isolasi VT.

Pengujian dengan mode GST-Ground pada VT bertujuan untuk mengetahui nilai tan delta overall (secara umum). Tegangan uji yang digunakan adalah 2kV sampai 10 kV.



Gambar 3.5. Pengukuran Tan Delta pada VT



Gambar 3.6 Pengukuran Tan Delta pada CVT

Tabel 3.1 Mode Uji Tan Delta pada CVT

| Mode Uji   | Tegangan Uji | HV Lead | LV Lead | Ground                             | Objek pengukuran   |
|------------|--------------|---------|---------|------------------------------------|--------------------|
| GST-Guard  | 10Kv         | C       | B       | A,F,S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> | C <sub>1-1</sub>   |
| UST        | 10kV         | B       | C       | A,F,S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> | C <sub>1-2</sub>   |
| GST-Guard  | 10kV         | B       | C       | A,F,S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub> | C <sub>1-3</sub>   |
| GST-Ground | 2kV          | F*)     | -       | A,S <sub>1</sub> ,S <sub>2</sub>   | C <sub>2</sub> **) |

Keterangan:

\*) pada pengukuran C<sub>2</sub>, terminal F dilepas( tidak terhubung ke EMU)

\*\*\*) pengukuran C<sub>2</sub> dilakukan pada saat overhaul

#### d. Tahanan Pentanahan

Pengukuran besarnya tahanan pentanahan menggunakan alat uji tahanan pentanahan. Besarnya nilai tahanan pentanahan mempengaruhi keamanan personil terhadap bahaya tegangan sentuh.

### 3.4 Pedoman Pemeliharaan Kapasitor.

#### 3.4.1 In Service Inspection

In service inspection adalah kegiatan pengamatan visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya anomali yang berpotensi menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak sebagian/keseluruhan peralatan.

Bagian-bagian kapasitor yang di inspeksi visual saat beroperasi ialah sebagai berikut :

##### a. Bushing

- Kondisi Bushing kapasitor
- Kondisi clamp bushing
- Kebocoran minyak bushing

##### b. Body kapasitor

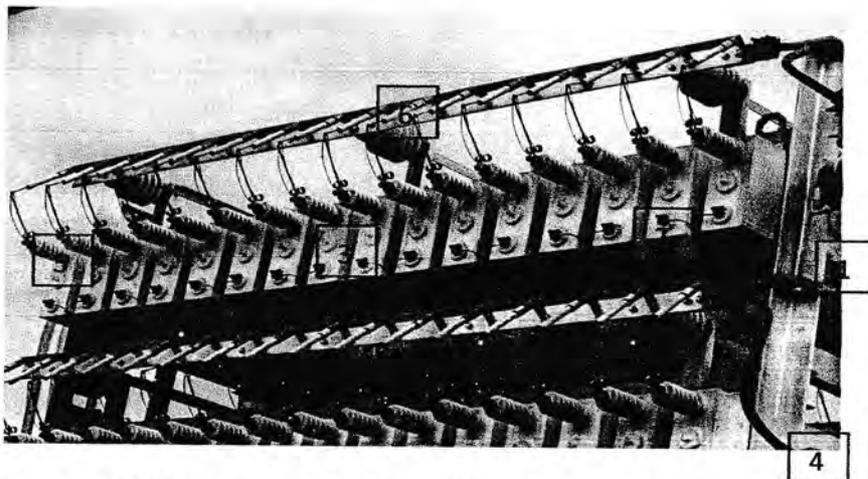
- c. Fuse cut out
  - Kondisi fuse/cut out kapasitor
  - Kondisi clamp fuse cut out
- d. Sambungan/klem/jumper
  - Kondisi mur baut-mur baut sambungan kapasitor
  - Kondisi rel bar sambungan antar unit kapasitor
  - Kondisi jumper antar capasitor
  - Kondisi sambungan rangkaian kapasitor ke CT/CVT
  - Kondisi sambungan pentanahan
- e. Mechanical Structure
  - Kondisi isolator support
  - Kondisi serandang

### 3.4.2 In Service Measurement

In service measurement adalah kegiatan pengukuran yang dilakukan pada saat kapasitor sedang dalam keadaan bertegangan/operasi. Pengukuran suhu pada kapasitor dapat dilakukan dengan perangkat IR thermometer dan IR thermography.

Tujuan pengukuran suhu ialah untuk memantau kondisi kapasitor saat beroperasi. Pola temperatur akan terlihat pada bagian-bagian kapasitor yang di monitor sehingga akan dapat dilihat bagian mana pada sub sistem kapasitor tersebut yang mengalami overheat atau penyimpangan lainnya. Bagian-bagian kapasitor yang perlu diukur suhunya adalah sebagai berikut :

- Bodi unit kapasitor (1)
- Bushing (2)
- Klem konduktor bushing (3)
- Klem-klem sambungan (4)
- Fuse link (5)
- Rel pengumpul arus (6)



Gambar 3.7 Bagian yang dilakukan Pengukuran Suhu pada Kapasitor

### 3.4.3 Shutdown Testing/Masurement

Shutdown testing/measurement adalah pekerjaan pengujian/pengukuran yang dilakukan pada saat kapasitor dalam keadaan tidak beroperasi. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan.

#### Perhatian :

- Pastikan kapasitor telah terdischarge secara sempurna dan hubung singkatkan dan tanahkan sebelum melakukan pekerjaan apapun pada bank kapasitor!
- Setelah pekerjaan pengujian/pengukuran selesai, pastikan seluruh baut, mur dan terminal telah terpasang dengan torsi yang tepat.

#### A. Pengukuran tahanan isolasi kapasitor

Pengukuran tahanan isolasi pada kapasitor hanya khusus dilakukan untuk kapasitor yang terisolasi terhadap ground/body. Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian ini adalah besarnya tegangan uji tidak boleh melebihi tegangan nominal kapasitor seperti yang tertera pada name platnya. Peralatan uji yang digunakan sama seperti peralatan uji tahanan isolasi standar. Penerapan pengujian dilakukan per bank/rangkaian/fasa, sedangkan jika terindikasi adanya kelainan, maka identifikasi selanjutnya harus dilakukan pengujian pada tiap unitnya. Durasi pengujian tahanan isolasi kapasitor adalah 1 menit secara kontinu tidak terputus.

## B. Pengukuran resistansi AC kapasitor

Pengukuran resistansi AC kapasitor dilakukan baik pada kapasitor dengan jenis yang terisolasi terhadap ground/body maupun pada kapasitor yang tersambung ke ground di salah satu sisi terminalnya. Pelaksanaan pengukuran menggunakan RLC meter. Penerapan pengujian dilakukan per bank/rangkaian/fasa, sedangkan jika terindikasi adanya kelainan, maka identifikasi selanjutnya harus dilakukan pengukuran pada tiap unitnya. Teknik pengukuran resistansi pada kapasitor dapat juga dilakukan dengan memakai sumber tegangan 220 V 50 Hz, dengan mengukur nilai arus dan sudut fasa V-I sehingga akan dapat dihitung besarnya nilai resistansi AC.

## C. Pengujian kapasitansi kapasitor

Pengukuran nilai kapasitansi pada kapasitor dilakukan baik pada kapasitor dengan jenis yang terisolasi terhadap ground/body maupun pada kapasitor yang tersambung ke ground di salah satu sisi terminalnya. Pelaksanaan pengukuran menggunakan RLC meter. Pengukuran dilakukan per-unit kapasitor. Teknik pengukuran kapasitansi pada kapasitor dapat juga dilakukan dengan memakai sumber tegangan 220 V 50 Hz, dengan mengukur nilai arus dan sudut fasa V-I sehingga akan dapat dihitung besarnya nilai kapasitansinya.

### 3.4.4 Shutdown Treatment

Shutdown treatment adalah pekerjaan dilakukan untuk memperbaiki anomali yang ditemukan pada saat in service inspection/measurement atau menindaklanjuti hasil shutdown testing/measurement. Pelaksanaan treatment meliputi unit kapasitor secara individu maupun dalam satu kesatuan (bank), diantaranya adalah sebagai berikut :

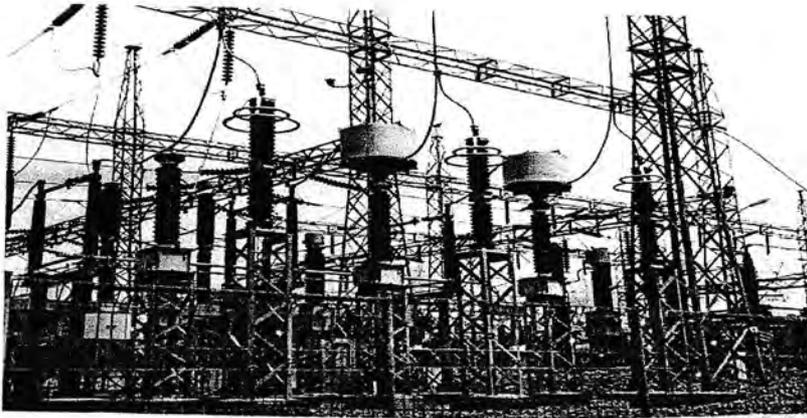
Tabel-3.2 Shutdown Treatment pada Kapasitor

| No. | Bagian Peralatan Yang Diperiksa | Cara Pemeliharaan | Standar Hasil |
|-----|---------------------------------|-------------------|---------------|
|-----|---------------------------------|-------------------|---------------|

|    |  |  |  |
|----|--|--|--|
| 1. | Body Kapasitor                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membersihkan body kapasitor terhadap debu dan kotoran.</li> <li>• Mengecat ulang body kapasitor jika terindikasi berkarat.</li> </ul>   | Bersih<br><br>Tidak karatan  |
| 2. | Bushing Kapasitor                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membersihkan keramik insulator terhadap polutan.</li> <li>• Merekondisi kualitas permukaan keramik insulator jika terindikasi flex/pecah dengan menggunakan insulator varnish.</li> </ul> | Bersih<br><br>Tidak cacat  |
| 3. | Unit Kapasitor                           | Mengganti unit kapasitor yang nilai kapasitansinya menyimpang dari nameplate (sesuai rekomendasi pabrikan).  | Nilai kapasitansi sesuai name plate.   |
| 3. | Klem Sambungan                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membersihkan klem sambungan termasuk baut pengikatnya terhadap polutan dan karat. Melaksanakan penggantian klem jika diperlukan</li> <li>• Memeriksa kekuatan ikatan klem</li> </ul>      | Bersih, dan tidak berkarat, antar sambungan dilapisi dengan electrical jointing compund (contact grease)<br><br>Terikat dengan kencang |
| 4. | Konduktor sambungan antar unit kapasitor | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memeriksa kondisi stranded konduktor terpasang terhadap potensi karat dan ganti jika terindikasi berkarat/putus salah satu urat atau lebih</li> </ul>                                     | Tidak berkarat   |

|    |  |   |  |
|----|--|---|--|
| 5. | Bank Kapasitor                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memeriksa kondisi kualitas sambungan ke rangka penyangga</li> </ul>  | Terikat dengan kencang   |
| 6. | Rangka bank kapasitor                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membersihkan body penyangga terhadap polutan dan karat</li> <li>• Mengecat ulang body penyangga jika terindikasi berkarat</li> </ul>   | Bersih<br><br>Tidak berkarat   |
| 7  | Isolator penyangga rangka bank kapasitor | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membersihkan body isolator terhadap polutan dan rekondisi permukaan insulator dengan insulating varnish/ceramic sealer.</li> <li>• Mengecat ulang besi pemegang isolator jika terindikasi berkarat</li> <li>• Memeriksa kawat pentanahan</li> <li>• Memperbaiki tahanan pentanahan jika hasil ukur melebihi standar</li> </ul> | Bersih dan permukaan insulator rata/halus<br><br>Tidak berkarat<br><br>Tidak berkarat/putus dan kencang<br><br>Tahanan pentanahan $< 1 \Omega$ |

### 5.1. Pemeliharaan Isolator Busbar



Gambar 3.9 busbar.

Tujuan pemeliharaan :

- a. Menghilangkan debu yang menempel
- b. Menghilangkan bekas rambatan arus listrik

Cara pemeliharaan :

- a. Bebaskan tegangan
- b. Masukkan saklar pentanahan
- c. Buka tutup dan pintu kubikel
- d. Bersihkan kotoran / debu / bekas rambatan yang menempel pada isolator dengan menggunakan kuas / kain lap
- e. Oleskan sakafen di sel;uruh permukaan isolator
- f. Pasang kembali tutup dan pintu kubikel
- g. Lepas kembali saklar pentanahan
- h. Masukkan tegangan

## 5.2. Pemeliharaan Bagian Mekanis

Tujuan pemeliharaan

- a. Agar kerja keluar-masuk PMT / PMB tidak macet
- b. Agar sistem interlock bekerja

Cara pemeliharaan

- a. Bebaskan tegangan
- b. Masukkan saklar pentanahan
- c. Buka tutup dan pintu kubikel
- d. Bersihkan kotoran / debu pada alat mekanis dengan menggunakan kuas dan was-bensin
- e. Semprotkan bagian yang karat atau macet dengan menggunakan WD 40
- f. Pasang kembali tutup dan pintu kubikel
- g. Lepas kembali saklar pentanahan
- h. Masukkan tegangan

### **3.5.3. Pemeliharaan Pelebur ( fuse )**

Cara pemeliharaan

- a. Bebaskan tegangan.
- b. Masukkan saklar pentanahan.
- c. Buka tutup dan pintu kubikel.
- d. Pemeriksaan kedudukannya.
- e. Pemeriksaan dan perawatan terminal kontakannya dan jepitnya.
- f. Pemeriksaan nilai nominal arusnya.
- g. Pemeriksaan kondisinya.
- h. Pasang kembali tutup dan pintu kubikel.
- i. Lepas kembali saklar pentanahan .
- j. Masukkan tegangan.

### **3.5.4. Pemeliharaan Relai**

Cara pemeliharaan

- a. Pemeriksaan dan perawatan pengawatan relai yaitu antara trafo arus dan bagian perasa.
- b. Pmeriksaan dan perawatan pengawatan antara relai dan tripping coil PMT.
- c. Pemeriksaan dan perawatan pengawatan antara sumber tegangan dan tripping coil.

- d. Pemeriksaan dan pengukuran sumber tegangan untuk tripping coil
- e. Pengetesan relai untuk trip PMT

### 3.5.5. Pemeliharaan Arrester

Dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan

Cara pemeliharaan ;

- a. Bebaskan tegangan jaringan
- b. Pasang grounding lokal
- c. Pemeriksana secara visual kondii arrester
- d. Pemeriksaan dan perbaikan terhadap sambungan pengawatan dan kontaknya.
- e. Uji tahanan isolasi.
- f. Pemeriksaan dan perbaikan hantaran pentanahan
- g. Pengukuran tahanan pentanahan
- h. Lepaskan grounding lokal
- i. Masukkan tegangan

### 3.5.11. Pemeliharaan Pembumian / Pentanahan

Cara pemeliharaan

- a. Bebaskan tegangan
- b. Pasang grounding lokal
- c. Lepaskan pengawatan pentanahann dari peralatan yang di hubungkan ke tanah
- d. Lepaskan kawat pentanahan dari elektroda pentanahan, dan bersihkan bagian atas elektrodanya
- e. Pengujian tahanan pentanahan
  - Bila nilainya masih sesuai dengan ketentuan periksa dan perbaiki sambungan-sambungan kawat pentanahan

- Bila nilainya melebihi batas maksimalnya pasanglah elektroda baru dengan jarak dua kali panjang elektroda, dan hubungkan paralel dengan elektroda yang sudah ada atau lakukan penggaraman
- f. Pasang kembali kawat pentanahan pada elektroda dan peralatan yang dihubungkan dengan pentanahan
- g. Pasang kembali pentanahan ke peralatan yang ditanahkan
- h. Lepaskan kembali grounding lokal
- i. Masukkan tegangan

#### 5.12. Pemeliharaan Terhadap Bagian Kontak.

Terutama kontak antara bushing / terminal sisi tegangan rendah dengan sepatu kabel untuk kabel penghubung trafo dan sepatu kabel untuk kabel penghubung trafo dengan rak TR jika kontakannya kurang baik bisa menimbulkan panas. hal ini disebabkan karena arus yang mengalir cukup besar.

Kontak yang kurang bagus bisa terjadi karena permukaan terminal dan sepatu kabel yang saling berhubungan tidak rata ataupun kotor karena endapan material lain sehingga menimbulkan loncatan busur listrik maupun karena tahanan kontak yang besar akan menimbulkan panas.

Selain itu masalah bahan mur-baut pengikat yang berbeda dengan terminal trafo dan sepatu kabel serta besarnya pegencangan yang tidak sesuai dengan ukurannya dapat memperburuk kondisi alat kontak tersebut

Berikut ini tabel besarnya torsi pengencangan mur-baut yang terbuat dari tembaga.

Tabel 2.5. Besarnya Torsi Pengencangan Mur-Baut yang Terbuat dari Tembaga

| <b>Diameter ulir (mm)</b> | <b>Torsi (Nm)</b> |
|---------------------------|-------------------|
| 2.5                       | 0.37              |
| 3                         | 0.65              |
| 4                         | 0.53              |
| 5                         | 3                 |
| 6                         | 5.2               |
| 7                         | 12                |
| 10                        | 24                |
| 12                        | 42                |
| 14                        | 66                |
| 16                        | 98                |
| 20                        | 190               |
| 24                        | 330               |
| 26                        | 360               |

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

#### **4.1 KESIMPULAN**

Setelah memahami pendistribusian dari gardu induk sampai kepada pelanggan bahwa suatu sistem yang baik tercapai apabila suatu sistem mampu menghasilkan output yang ideal dan tingkat efisiensi yang baik. sehingga diperlukan perawatan yang rutin untuk menjamin kelangsungan suatu sistem yang kontinu dan efisien serta kepuasan pelanggan dapat terpenuhi.

#### **4.2 SARAN**

Saran yang diberikan untuk kebaikan terhadap pelayanan PT.PLN ( Persero ) Cabang Medan adalah sebagai berikut :

1. Agar meningkatkan mutu pelayanannya kepada konsumen atau masyarakat, cepat dan sigap dalam menangani dan menanggapi laporan dari masyarakat.
2. Sebelum melakukan pemadaman listrik baik pemadaman terencana maupun pemadaman terpaksa agar terlebih dahulu di konfirmasi kepada masyarakat supaya masyarakat tidak kecewa.
3. Dilakukannya perawatan kontinuitas terhadap peralatan – peralatan pada sistem distribusi seperti alat proteksi pada trafo daya, penyulang dan transformator distribusi untuk mencegah terjadinya gangguan –gangguan dalam sistem pendistribusian listrik

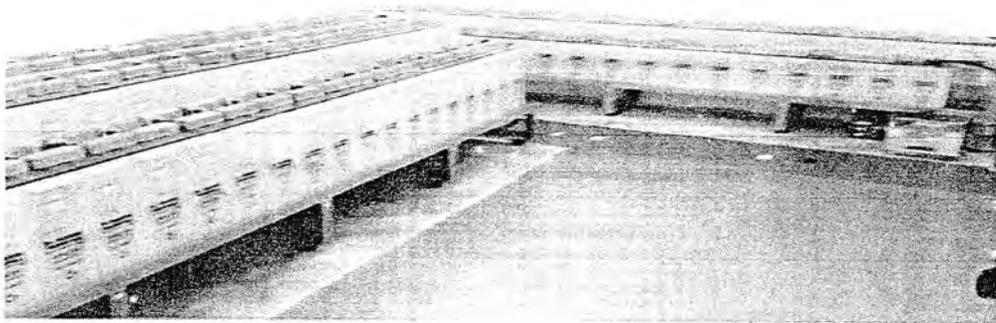
## DAFTAR PUSTAKA

1. Zuhail, *teknik tenaga listrik dan elektronika daya*, Gramedia, Jakarta, 1995.
2. Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan SE No.032/PST/1984, Perusahaan Umum Listrik Negara , 1984.
3. Buku Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu Induk (PMT , PMS dan LA), PT PLN (Persero) Pusdiklat,2009.
4. Suplemen Surat Edaran No.032/PST/1994 edisi Desember 2000, PT.PLN (persero), 2000.

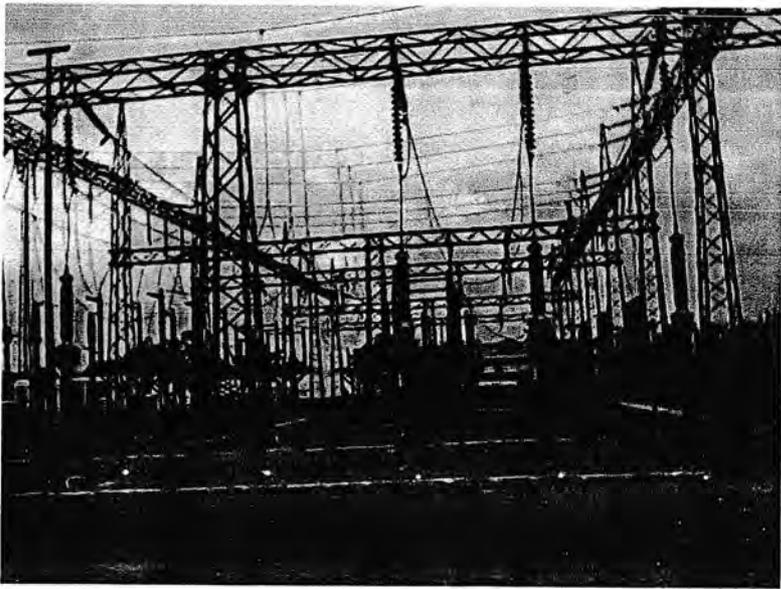
## LAMPIRAN



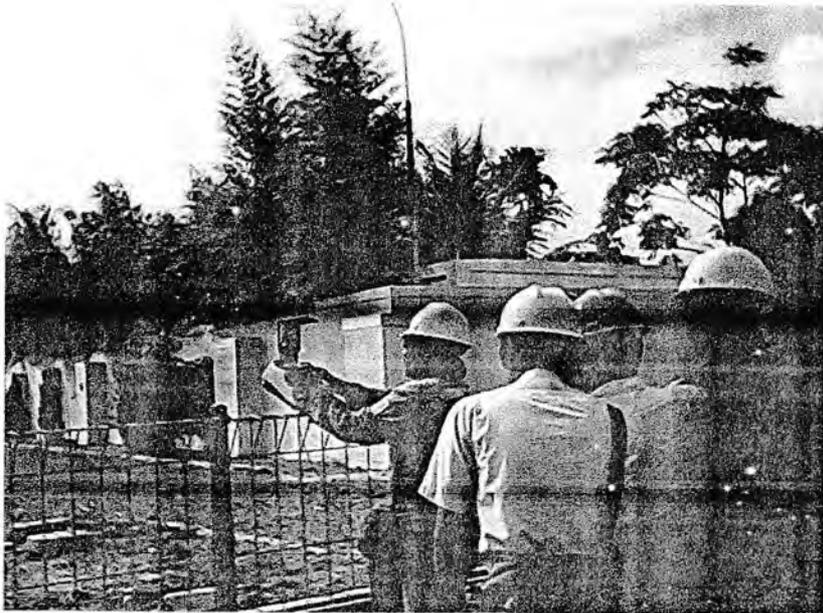
Gambar bagian depan GI Kualanamu



Gambar ruangan baterai



Gambar busbar GI Kulanamu



Pengecekan korona