



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Secara Umum

Salah satu faktor dalam setiap pengamanan atau perlindungan rangkaian listrik baik keamanan bagi peralatan maupun keamanan bagi manusia adalah dengan cara menghubungkan bagian dari peralatan tersebut yaitu badan dari peralatan dengan sistem pentanahan. Pentanahan adalah penghubung suatu titik rangkaian listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari rangkaian listrik dengan bumi menurut cara tertentu yang sesuai dengan PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) yang dipakai di Indonesia.

Pentanahan pada gardu – gardu distribusi bisa dilakukan dengan cara seperti dengan menanamkan batang – batang konduktor tegak lurus terhadap permukaan tanah atau dengan cara menanamkan batang – batang konduktor sejajar terhadap permukaan tanah. Penanaman ini dilakukan dengan kedalaman tertentu dibawah permukaan tanah. Hal ini dilakukan agar mendapatkan suatu sistem yang bisa mengamankan peralatan dan manusia yang ada disekitar peralatan yang ditanahkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu sistem pentanahan yang cocok dengan lokasi atau daerah dimana setiap peralatan yang ada harus dipasang pentanahan.

Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, harus memenuhi persyaratan – persyaratan sebagai berikut :<sup>[3]</sup>

1. Membuat jalur impedansi yang rendah ketanah untuk pengamanan manusia dan peralatan, menggunakan rangkaian efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung.
3. Menggunakan elektroda pentanahan yang tahan korosi terhadap berbagai macam kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.



## 2.2 Sistem Penumbumian

### 2.2.1 Pengertian dan Tujuan

Sistem penumbumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi ke tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen – komponen instalasi dari bahaya tegangan.

Adapun tujuan sistem penumbumian secara umum adalah :<sup>[5]</sup>

1. Menjamin kerja peralatan listrik.
2. Mencegah kerusakan peralatan listrik.
3. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah
5. Menstabilkan tegangan

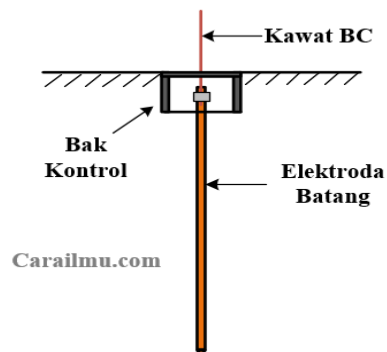
### 2.2.2 Komponen Sistem Penumbumian

#### 2.2.2.1 Elektroda Penumbumian

Elektroda penumbumian merupakan suatu komponen yang terbuat dari bahan konduktif, seperti tembaga yang berfungsi sebagai penghantar listrik yang bersentuhan dengan tanah atau ditanam di dalam tanah dengan tujuan untuk mempercepat penyerapan muatan listrik akibat sambaran petir, arus bocor, hubung singkat ataupun tegangan lebih kedalam tanah.

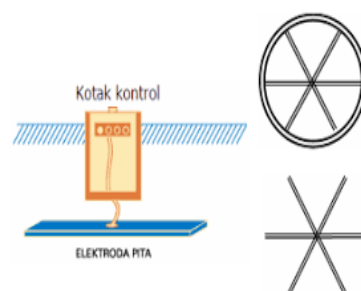
Pada prinsipnya jenis elektroda yang mempunyai kontak sangat baik terhadap tanah, Berikut ini penjelasan mengenai jenis jenis elektroda penumbumian .<sup>[5]</sup>

1. Elektroda Batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori – teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan di gardu – gardu induk. Secara teknisnya, Elektroda batang ini mudah cara pemasangannya, yaitu memancangkan ke dalam tanah dan elektroda ini tidak memerlukan lahan yang begitu luas, Seperti gambar dibawah ini :<sup>[5]</sup>



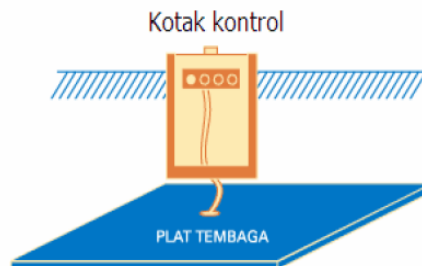
Gambar 2.2.2.1 Elektroda Batang

2. Elektroda Pita merupakan elektroda yang dibuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dalam. Pemancangan ini akan bermasalah apabila mendapatkan lapisan tanah yang berbatu, selain cara pemasangannya yang sulit untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemancangan batang hantaran secara vertical ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan cara menanam batang hantaran secara mendatar dan dangkal. Disamping kesederhanaannya itu, ternyata tahanan pentanahan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi elektrodanya, seperti dalam bentuk melingkar, radial, atau kombinasi antara keduanya, Seperti gambar dibawah ini .<sup>[5]</sup>



Gambar 2.2.2.2 Elektroda Pita

3. Elektroda Plat merupakan elektroda dari bahan plat logam dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam tanah, elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan peralatan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis – jenis elektroda yang lain, Seperti gambar dibawah ini .[5]



Gambar 2.2.2.3 Elektroda Plat

### 2.3 Pemilihan Elektroda Pentanahan

Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang serendah mungkin, Suatu elektroda pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :.[2]

1. Tahanan pentanahan harus memenuhi syarat yang diinginkan untuk suatu keperluan pemakaian.
2. Elektroda yang ditanam dalam tanah harus :
  - a. Bahan konduktor yang baik
  - b. Tahan korosi
  - c. Cukup Kuat
3. Jangan sebagai sumber arus galvanis.
4. Elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya.
5. Tahanan pentanahan harus baik untuk berbagai musim dalam jangka panjang.
6. Biaya pemasangan serendah mungkin



Tahanan Pentanahan suatu elektroda tergantung pada tiga faktor :

1. Tahanan elektroda itu sendiri dan penghantar yang menghubungkan ke peralatan yang ditanahkan
2. Tahan kontak antara elektroda dengan tanah
3. Tahanan dari massa tanah sekeliling elektroda

Namun demikian pada prakteknya tahanan elektroda dapat diabaikan, akan tetapi tahanan kawat penghantar yang menghubungkan ke peralatan akan mempunyai impedansi yang tinggi terhadap impuls frekuensi tinggi seperti misal pada saat terjadi lightning discharge. Untuk menghindarinya, sambungan ini di usahakan dibuat sependek mungkin.<sup>[2]</sup>

#### **2.4 Bahan Dan Ukuran Elektroda**

Sebagai bahan elektroda digunakan tembaga atau baja yang digalvanisasi atau yang dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain, ukuran minimum elektroda dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan dan harus memperhatikan pengaruh terhadap korosi.

Untuk mendapatkan tahanan grounding yang diharapkan dan tidak memenuhi standar dengan satu elektroda, bisa menggunakan metode parallel dengan menambah lebih banyak elektroda dengan bermacam – macam konfigurasi pemancangannya didalam tanah.

Untuk kedalaman pemancangan elektroda pbumian ini tergantung dari jenis dan sifat tanah. Ada dua kondisi yaitu ada yang efektif ditanam secara elektroda nya diperdalam untuk jenis tanah yang kering dan berbatu, namun ada pula yang cukup ditanam secara dangkal untuk jenis tanah seperti tanah rawa, tanah liat, dll.

Adapun tabel jenis elektroda dan ukuran minimum elektroda yang umum digunakan dalam sistem pentanahan :<sup>[1]</sup>



Tabel 2.1 Ukuran Minimum Elektroda Bumi<sup>[1]</sup>

No	Bahan jenis elektroda	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda pita	-Pita baja 100 mm <sup>2</sup> setebal minimum 3 mm	50 mm <sup>2</sup>	-Pita tembaga 50 mm <sup>2</sup> tebal minimum 2 mm
		-Penghantar pilin 95 mm <sup>2</sup> (bukan kawathalus)	-	-Penghantar pilin 35 mm <sup>2</sup> (bukan kawathalus)
2	Elektroda batang	-Pipa baja 25 mm -Baja profil (mm)L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 -Batang profil lain yang setara	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 μm	-
3	Elektroda plat	-Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m <sup>2</sup> sampai 1 m <sup>2</sup>	-	-Pelat tembaga tebal 2 mm --luas 0,5 m <sup>2</sup> sampai 1 m <sup>2</sup>

Sumber dari internet : Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan

#### 2.4.1 Hantaran Penghubung

Hantaran Penghubung adalah suatu komponen yang terbuat dari bahankonduktor, seperti tembaga dan metal yang berfungsi sebagai penghubung antara kutub pbumian dengan terminal, hantaran ini biasanya berupa kawat tembaga pilin atau BC draad dengan diameter minimal 16 mm, Seperti gambar berikut :<sup>[5]</sup>



Gambar 2.4.1 Kawat BC

#### 2.4.2 Terminal Pbumian

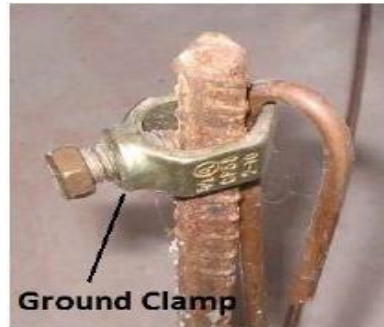
Hantaran Penghubung adalah terminal atau titik dimana kita hubungkan dengan perangkat. Biasanya berupa lempeng tembaga cukup panjangnya 15 cm, lebar 3 cm dan tebal 1 cm, Seperti gambar berikut :<sup>[5]</sup>



Gambar 2.4.2 Terminal Pbumian

#### 2.4.3 Ground Clamp

Ground Clamp merupakan suatu komponen yang terbuat dari bahan konduktor seperti metal ataupun tembaga sebagai pengikat dan penghubung kawat penghantar ke pangkal elektroda, Seperti gambar disamping :<sup>[5]</sup>



Gambar 2.4.3 Ground Clamp

## 2.5 Tahanan Jenis Tanah

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :<sup>[1]</sup>

- a) Jenis tanah : tanah liat, berpasir, berbatu, dll
- b) Lapisan tanah : berlapis dengan tahanan jenis berlainan
- c) Kelembaban tanah
- d) Temperatur

Harga tahanan jenis selalu bervariasi sesuai dengan keadaan saat pengukuran. Semakin tinggi suhu semakin tinggi pula tahanan jenisnya. Sebaliknya semakin lembab tanah maka semakin rendah pula tahanan jenisnya, sehingga tahanan jenis tanah dapat dirumuskan :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln\left(\frac{4L}{a} - 1\right) \right\} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- L = Panjang Elektroda batang (m)  
 $\rho$  = Tahanan Jenis tanah ( $\Omega$ )  
R = Tahanan Bentang Suatu Elektroda( $\Omega$ )  
ln= = Logaritma Natural





Secara umum nilai - nilai resistansi jenis tanah untuk pentanahan ini diperlihatkan pada tabel berikut:<sup>[1]</sup>

Tabel 2.2 Resistansi Jenis Tanah<sup>[1]</sup>

No	Jenis Tanah	Tahanan jenis tanah (Ohm-Meter)
1	Tanah Rawa	30
2	Tanah liat dan tanah lading	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

Sumber dari internet : *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*

## 2.6 Nilai Tahanan

Nilai yang standar mengacu pada PUIL yaitu kurang dari atau sama dengan 5 ohm. Bahwa nilai sebesar 5 ohm ini merupakan nilai maksimal dari resistan grounding yang masih bisa ditoleransi. Nilai yang berada pada range 0 ohm – 5 ohm adalah nilai yang aman dari suatu instalasi yang terdapat grounding didalamnya.

### 2.6.1 Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan harus mendapatkan nilai yang sekecil mungkin untuk menghindari bahaya – bahaya yang timbul oleh adanya arus gangguan tanah. Hantaran netral harus diketanahkan di dekat sumber listrik, pada saluran udara setiap 200m dan di setiap konsumen. Tahanan grounding satu elektroda di dekat sumber listrik, trafo dengan jarak 200m maksimum adalah 10 ohm dan tahanan grounding dalam suatu sistem ini tidak boleh lebih dari 5 ohm (Standar PUIL 2000).<sup>[5]</sup>



Jika nilai tahanan melebihi standar tersebut maka dapat dikatakan sistem grounding tersebut tidak akan bekerja dengan baik, maksudnya tidak mengamankan manusia dari tegangan sentuh.

International Elektrotechnical Commission (IEC) mengusulkan besar tegangan sentuh yang diizinkan sebagai fungsi dari lamanya gangguan seperti pada tabel 2.3 dibawah ini :<sup>[2]</sup>

Tabel 2.3 Tegangan Sentuh Terhadap Manusia

Tegangan Sentu Volt (RMS)	Waktu Pemutus Maksimum (Detik)
<50	~
50	5,0
75	1,0
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,3

Sumber dari internet : [Http://ak-403.wordpress.com/2008/10/04/tahanan-pentanahan](http://ak-403.wordpress.com/2008/10/04/tahanan-pentanahan)

### 2.6.2 Faktor – Faktor yang mempengaruhi besar tahanan grounding<sup>[2]</sup>

1. **Bentuk Elektroda.** Ada bermacam – macam bentuk elektroda yang banyak digunakan, seperti jenis batang, pita, dan plat.
2. **Jenis Bahan dan Ukuran Elektroda.** Sebagai peletakannya yang di dalam tanah, maka elektroda dipilih dari bahan – bahan tertentu yang memiliki konduktivitas sangat baik dan tahan terhadap sifat – sifat yang merusak dari tanah, seperti korosi.
3. **Jumlah Elektroda.** Untuk mendapatkan tahanan grounding yang efektif dan bila tidak cukup dengan satu elektroda, bisa digunakan lebih banyak elektroda dengan bermacam – macam konfigurasi penanamannya di dalam tanah.

4. **Kedalaman Penanaman di dalam tanah.** Penanaman ini tergantung dari jenis dan sifat – sifat tanahnya. Ada yang lebih efektif ditanam secara dalam, dan ada juga yang ditanam secara dangkal.
5. **Faktor – Faktor Alam.** Jenis tanah : Tanah gembur, berpasir, berbatu dll.

## 2.7 Pengukuran Tahanan Pentanahan ( Earth Tester)

Ada berbagai macam cara instrumen pengukur tahanan pentanahan, salah satu contohnya adalah *Earth Tester*. Untuk melakukan metode pengukuran ini dilakukanlah sebagai berikut :<sup>[1]</sup>

- a) Pengukuran secara normal (metode 3 kutub)

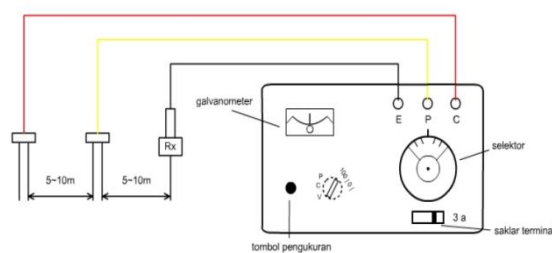
Adapun cara menggunakan *Earth Tester* dengan metode 3 kutub yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan penyesuaian nol
2. Menghubungkan kabel pengukuran

Tekan tombol daya kemudian tekan tombol Fn untuk menampilkan 3 POLE.

3. Mengukur tahanan tanah

Berikut untuk metode 3 kutub seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.7.1 Pengukuran Metode 3 Kutub

- b) Pengukuran secara Praktis (metode 2 kutub)

Adapun cara menggunakan *Earth Tester* dengan metode 2 kutub yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan penyesuaian nol
2. Menghubungkan kabel pengukuran





2. Dua batang elektroda <sup>[1]</sup>

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left( 1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5^4} \right) \quad (2.3)$$

## 2.10 Arus Yang Melalui Tubuh Manusia

Tubuh manusia mempunyai kemampuan terhadap besarnya arus yang mengalir di dalamnya. Berapa besar dan lamanya arus yang masih mengalir dapat ditahan oleh tubuh manusia sampai batas yang belum membahayakan. Dalam hal ini telah banyak di amati oleh para ahli dengan berbagai macam percobaan baik dengan tubuh manusia itu sendiri maupun dengan hewan tertentu. Dalam batas – batas tertentu dimana besarnya arus yang belum berbahaya terhadap organ tubuh manusia telah diadakan berbagai macam percobaan terhadap orang – orang sukarelawan yang menghasilkan batas – batas besarnya arus dan pengaruhnya bagi manusia yang berbadan sehat. Batas – batas arus tersebut dibagi menjadi berikut :

1. Arus mulai terasa.
2. Arus mempengaruhi ototnya.
3. Arus mengakibatkan kematian.
4. Arus reaksi.

### 2.10.1 Arus mulai terasa

Orang yang memegang penghantar yang diberi tegangan mulai dari harga nol dan dinaikkan secara perlahan, Arus listrik yang melalui tubuh orang tersebut akan memberikan pengaruh, mula – mula akan merasakan syaraf sehingga akan terasa menjadi getaran yang tidak berbahaya. Bila dengan arus bolak – balik. Tetapi bila dengan arus searah akan terasa sedikit panas pada telapak tangan. Pada Elektrical Testing Laboratory New York tahun 1993 telah dilakukan pengujian terhadap 40 orang laki – laki dan perempuan, dan didapat arus rata – rata sebagai berikut :<sup>[1]</sup>

- a) Untuk Laki – Laki : 1,1 mA<sup>[1]</sup>
- b) Untuk Perempuan : 0,7 mA<sup>[1]</sup>



### 2.10.2 Arus Mempengaruhi Otot

Tegangan yang menyebabkan terjadinya tingkat arus yang mulai terasa (Persepsi) dinaikkan lagi maka orang akan terasa sakit, dan jika arus terus dinaikkan lagi maka otot – otot akan terasa kaku sehingga orang tersebut tidak dapat berdaya lagi untuk melepaskan konduktor yang disentuh itu. Di University of California Medical School telah dilakukan penyelidikan terhadap 13a5 orang laki – laki dan 30 orang perempuan dan diperoleh angka rata – rata dan arus mempengaruhi otot adalah sebagai berikut :<sup>[1]</sup>

- a) Untuk Laki – Laki : 16mA<sup>[1]</sup>
- b) Untuk Perempuan : 10,5 mA<sup>[1]</sup>

Berdasarkan atas penyelidikan ini telah diterapkannya batas maks dimana orang yang masih dapat dengan segera melepaskan konduktor bila terkena arus listrik sebagai berikut :

- a) Untuk Laki – Laki : 9 mA<sup>[1]</sup>
- b) Untuk Perempuan : 6 mA<sup>[1]</sup>

### 2.10.3 Arus Yang Mengakibatkan Kematian

Jika arus yang melewati tubuh manusia lebih besar dari arus yang mempengaruhi otot dapat mengakibatkan pingsan bahkan sampai mengalami kematian. Hal ini disebabkan arus listrik yang mempengaruhi jantung. Yang menyebabkan jantung berhenti bekerja dan peredaran darah tidak jalan dan orang itu akan mengalami kematian.

Untuk menyelidiki keadaan ini tidak dapat dilakukan terhadap manusia :<sup>[1]</sup>

Tabel 2.4 Batasan – Batasan Arus dan Pengaruhnya Pada Manusia

Besar Arus	Pengaruh Pada Tubuh Manusia
------------	-----------------------------



0 – 0,9 Ma	Belum dirasakan pengaruhnya, tidak menimbulkan reaksi apa – apa.
0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik, tetapi tidak menimbulkan akibat kejang, kontraksi atau kehilangan kontrol.
1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan – akan ada yang merayap didalam tangan.
1,6 – 6,0 mA	Tangan sampai ke siku merasa kesemutan.
6,0 – 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah. Rasa sakit tidak tertahankan.
13 – 15,0 mA	
15 – 20,0 mA	penghantar masih dapat melepaskan dengan daya besar sekali.
20 – 50,0 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar.

Sumber dari internet : *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Peralatan.*

#### 2.10.4 Tahanan Tubuh Manusia

Tahanan manusia berkisar di antara 500 ohm sampai 100.000 ohm tergantung dari tegangan, keadaan kulit pada tempat yang mengadakan hubungan (Kontak) dan jalannya arus dalam tubuh. Kulit yang terdiri dari lapisan tanduk mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi terhadap tegangan yang tinggi kulit yang menyentuh konduktor langsung terbakar, sehingga tahanan dari kulit ini tidak berarti apa – apa. Tahanan tubuh manusia ini yang dapat membatasi arus.<sup>[1]</sup>

Berdasarkan hasil penelitian para ahli maka sebagai pendekatan diambil harga tahanan tubuh manusia sebesar 1000 Ohm :<sup>[1]</sup>

Tabel 2.5 Berbagai Harga Tahanan Tubuh Manusia

Peneliti	Tahanan (Ohm)	Keterangan
Dalziel AIEE Committee Report 1958	500 2.330	dengan tegangan 60 cps. dengan tegangan 21 Volt. tangan ke tangan I <sub>k</sub> = 9 mA.



Laurent	1.130	tangan ke kaki
	1.680	tangan ke tangan dengan arus searah
	800	tangan ke kaki dengan 50 cps.
	3.000	

Sumber dari internet : Pengetahuan Netral Sistem Tenaga & Pengetahuan Peralatan

## 2.11 Gardu Distribusi

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen baik tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Adapun jenis gardu distribusi :<sup>[5]</sup>

1. Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
2. Gardu pasangan dalam : Gardu beton, Gardu Kios

### 2.11.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah :<sup>[5]</sup>

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat.
2. Mengamankan Sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu – gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen – konsumen. Dengan ini dijelaskan bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.



### 2.11.2 Macam – Macam Gardu Distribusi

1. **Gardu Beton**, merupakan seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan *switching*/proteksi, terangkai didalam bangunan kecil yang dirancang dan difungsikan dengan konstruksi batu dan beton. Seperti gambar dibawah :



Gambar 2.11.1 Gardu Beton

2. **Gardu Portal**, adalah gardu listrik tipe terbuka dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat dudukan transformator nya minimal 3 meter diatas tanah. Seperti gambar berikut :



Gambar 2.11.2 Gardu Portal

3. **Gardu Distribusi tipe Cantol**, Transformator yang terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan *switching* dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tabung / tanki transformator. Seperti gambar dibawah :



Gambar 2.11.3 Gardu Cantol

4. **Gardu Kios**, Kotak tempat peralatan listrik terbuat dari bahan besi. Gardu kios bukan merupakan gardu permanen tetapi hanya gardu sementara sehingga dapat mudah untuk dipindah – pindahkan. Seperti gambar dibawah :

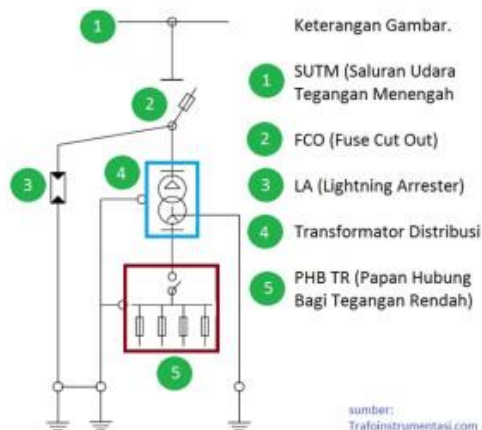


Gambar 2.11.4 Gardu Kios

## 2.12 Diagram Satu Garis Gardu Portal

Diagram satu garis pada gardu portal ditunjukkan pada gambar dibawah ini

.[5]



Gambar 2.12 Diagram Satu Garis Gardu Portal



Masing – masing komponen utama dari gardu portal adalah sebagai berikut :<sup>[5]</sup>

1. **SUTM** (Saluran Udara Tegangan Menengah)

SUTM adalah saluran distribusi dimana sumber tegangan 20 KV disalurkan dari gardu induk menuju pusat – pusat beban.

2. **FCO** (Fuse Cut Out)

FCO adalah komponen proteksi yang bekerja apabila arus yang melewatinya lebih besar dari arus maksimum yang diizinkan.

3. **LA** (Lightning Arrester)

Lightning Arrester adalah komponen proteksi yang akan melindungi sistem dari gangguan kenaikan tegangan karena sambaran petir ke saluran distribusi.

4. **Transformator Distribusi**

Trafo distribusi adalah perangkat listrik yang bertugas untuk mengkonversikan tegangan menengah menjadi tegangan rendah dan menyalurkan arus yang lebih besar ke pusat beban atau pelanggan.

5. **PHB TR** (Panel Hubung bagi Tegangan Rendah)

PHB TR adalah suatu kombinasi dari satu atau lebih perlengkapan hubung bagi tegangan rendah yang digunakan untuk menyalurkan ke pelanggan.

### 2.13 Pengaruh Tahanan Tanah Terhadap Tahanan Elektroda<sup>[1]</sup>

Tahanan elektroda pentanahan ke tanah tidak hanya tergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda, tetapi juga pada tahanan tanah. Tahanan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman beberapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang kecil. Tahanan tanah sangatlah bermacam – macam di berbagai tempat, dan berubah – ubah tahanannya menurut iklim. Tahanan tanah ini ditentukan oleh kandungan elektrolit didalamnya, kandungan air, mineral – mineral dan garam – garam. Tanah yang kering mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi tanah yang basah dapat juga mempunyai tahanan apabila tidak mengandung garam – garam yang dapat larut.



Karena tahanan tanah berkaitan langsung dengan air dan suhu, maka dapat saja diasumsikan bahwa tahanan pentanahan suatu sistem akan berubah sesuai perubahan iklim setiap tahunnya. Variasi – variasi tersebut dapat dilihat karena kandungan air dan suhu lebih stabil pada kedalaman yang lebih besar, maka agar dapat bekerja efektif sepanjang waktu, sistem pentanahan dapat dikonstruksikan dengan elektroda yang ditanamkan cukup dalam dibawah permukaan tanah. Hasil yang terbaik akan diperoleh apabila kedalaman elektroda mencapai tingkat kandungan air yang tetap.<sup>[1]</sup>

#### **2.14 Sistem Pentanahan Arrester**

Karena pentingnya fungsi arrester dalam sistem koordinasi isolasi pada instalasi tenaga listrik, maka pemasangan alat ini harus benar – benar memenuhi persyaratan teknis. Arrester yang berfungsi mengalirkan arus lebih ke tanah apabila terjadi gangguan petir, maka sistem pentanahannya harus memenuhi standar yang ditentukan. Kebanyakan arrester dilakukan dengan pentanahan lokal, yaitu dengan Rods yang dimasukkan ke tanah dekat dengan arrester. Selanjutnya dari terminal pentanahan arrester dihubungkan ke rods dengan menggunakan konduktor. Untuk sistem pentanahan yang digunakan pada gardu induk, besarnya tahanan pentanahan untuk arrester harus memenuhi standar PUIL yaitu  $\leq 5 \Omega$ .

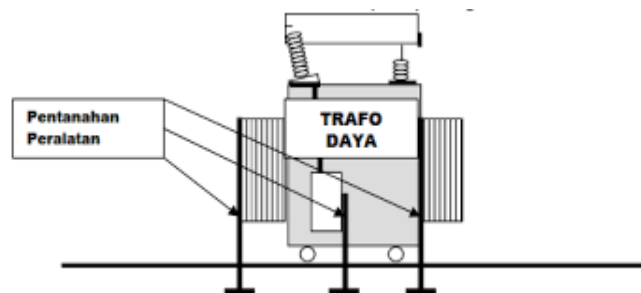
#### **2.15 Sistem Pentanahan Titik Netral**

Pentanahan titik netral dari sistem tenaga listrik merupakan suatu keharusan saat ini, karena sistem ini sudah demikian besar dengan jangkauan yang luas dan tegangan yang tinggi. Pentanahan titik netral ini dilakukan pada alternator pembangkit listrik dan transformator daya pada gardu – gardu distribusi.

Pada titik netral ini perlu sekali bagian ini diketanahkan / di grounding karena salah satu bagian ini termasuk bagian yang terpenting juga. Maka harus dilakukan dengan sistem pentanahan juga agar dapat aman dari gangguan seperti petir.

## 2.16 Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan adalah pentanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Bila terjadi hubung singkat suatu penghantar dengan suatu peralatan, maka akan terjadi beda potensial (tegangan), yang dimaksud peralatan disini adalah bagian – bagian yang bersifat konduktif yang pada keadaan normal tidak bertegangan seperti body trafo, body PMT, body PMS, body motor listrik, dudukan baterai dan sebagainya, bila seseorang berdiri ditanah dan memegang peralatan yang bertegangan, maka akan ada arus yang mengalir melalui tubuh orang tersebut yang dapat membahayakan. Untuk menghindari hal ini maka peralatan tersebut perlu diketanahkan. Pentanahan demikian disebut dengan pentanahan peralatan. Sebagai contoh pemasangan ditunjukkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.16 Pemasangan Pentanahan Peralatan

Selain tegangan sentuh tidak langsung ada dua potensi bahaya sengatan listrik yang dapat diamankan melalui pentanahan ini, yaitu tegangan langkah dan tegangan eksposur.

Tujuan pentanahan peralatan adalah sebagai berikut :<sup>[1]</sup>

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian – bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian – bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal. Untuk mencapai tujuan ini suatu sistem pentanahan peralatan atau instalasi dibutuhkan. Sistem pentanahan ini gunanya adalah untuk memperoleh potensial yang merata dalam semua bagian struktur dan peralatan.



2. Untuk memperoleh impedansi yang kecil / rendah dari jalan balik arus hubung singkat ketanah. Kecelakaan pada personil timbul pada saat hubung singkat ketanah terjadi. Jadi bila arus hubung singkat ketanah itu dipaksakan mengalir melalui impedansi tanah yang tinggi, ini akan menimbulkan perbedaan potensial yang besar dan berbahaya. Juga impedansi yang besar pada sambungan – sambungan pada rangkaian pentanahan dapat menimbulkan busur listrik dan pemanasan yang besarnya cukup menyalakan material yang mudah terbakar.