

## **BAB II**

### **SISTEM PEMBUMIHAN GARDU INDUK**

#### **2.1. Umum**

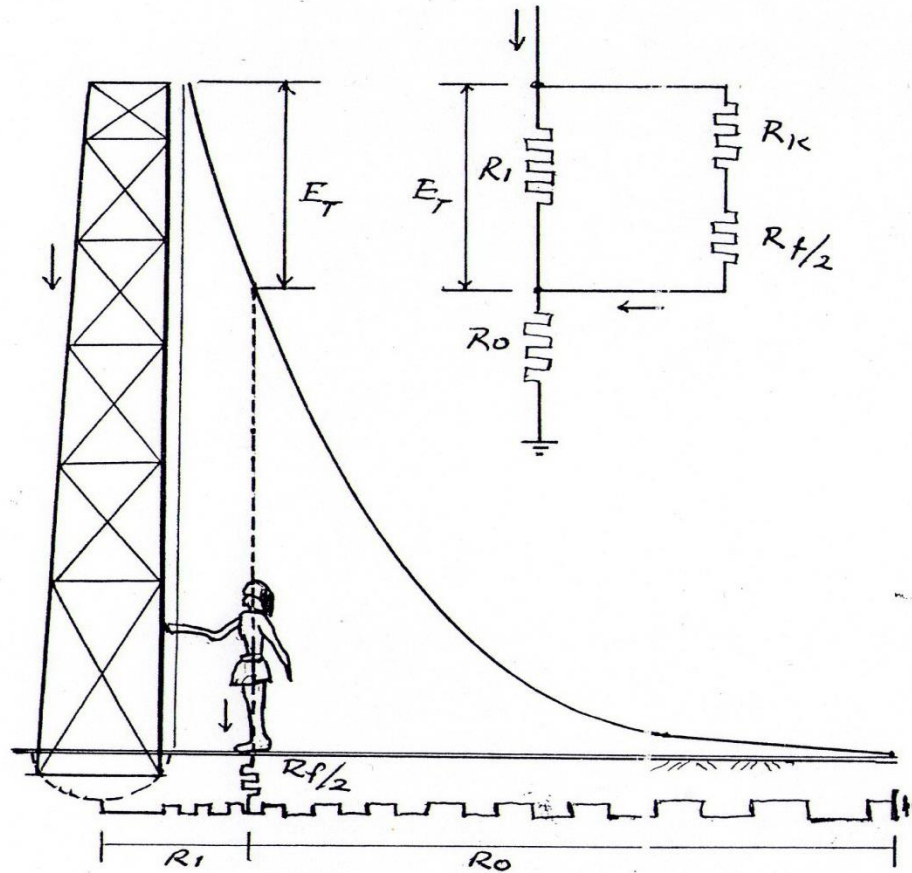
Dalam instalasi listrik, ada 4 bagian yang harus di bumikan, yaitu:

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam yang dalam keadaan normal tidak bertegangan dan dengan mudah bisa di sentuh oleh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.

##### **a. Tegangan Sentuh**

Tegangan sentuh adalah beda potensial antara kenaikan potensial tanah dengan potensial pada suatu titik berjarak 1 meter pada permukaan tanah. Pada permukaan tanah ini jika seorang berdiri sambil menyentuh suatu peralatan yang dibumikan pada saat terjadi gangguan. Besarnya arus gangguan dibatasi oleh tahanan tubuh manusia dan tahanan kontak ke tanah dari kaki manusia tersebut.

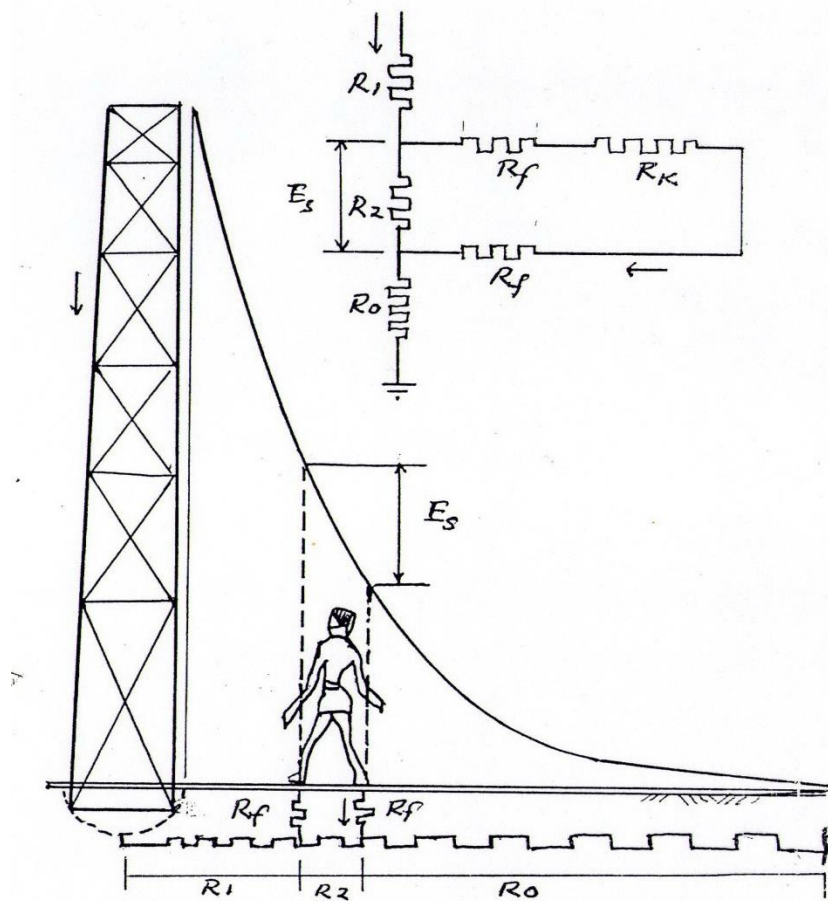
Gambar 2.1 menunjukkan salah satu kejadian yang menyebabkan timbulnya tegangan sentuh pada saat terjadi gangguan.



Gambar 2.1. Tegangan Sentuh

### b. Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul diantara dua kaki manusia yang sedang berdiri diatas tanah yang sedang dialiri oleh arus gangguan ke tanah.



Gambar 2.2. Tegangan Langkah

2. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari *Lightning Arrester*. Hal ini diperlukan agar *Lightning Arrester* berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai penangkap petir. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki

tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang transmisi.

4. Titik Netral dari Transformator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

## **2.2. Tujuan Penumian**

Pada saat terjadi gangguan, arus gangguan yang mengalir antara sistem penumian di Gardu Induk dan tanah sekitarnya akan menyebabkan timbulnya gradien potensial di dalam dan di sekitar Gardu Induk. Gradien potensial ini dapat membahayakan manusia yang berada di dalam Gardu Induk. Tingkat bahaya tersebut tergantung pada besarnya gradien potensial, waktu lamanya arus gangguan yang mengalir, dan impedansi dari tubuh manusia yang dialiri arus. Besarnya arus yang mengalir pada tubuh manusia tergantung dari kondisi fisik dan tahanan tubuh manusia itu sendiri.

Jadi tujuan utama dalam memasang sistem penumian adalah :

1. Memberikan sarana untuk mengalirkan arus listrik ke bumi, baik pada keadaan normal maupun pada saat terjadi gangguan tanpa

melebihi batas-batas operasi dari peralatan atau mempengaruhi yang dapat merugikan kontinuitas pelayanan.

2. Menjamin agar orang yang berada disekitar instalasi listrik yang di bumikan tidak mengalami kejut listrik yang membahayakan pada saat ada gangguan.
3. Untuk pembumian Lightning Arester dan kawat tanah.
4. Penghematan isolasi pada transformator dengan hubungan bintang yang di titik netralnya di bumikan.

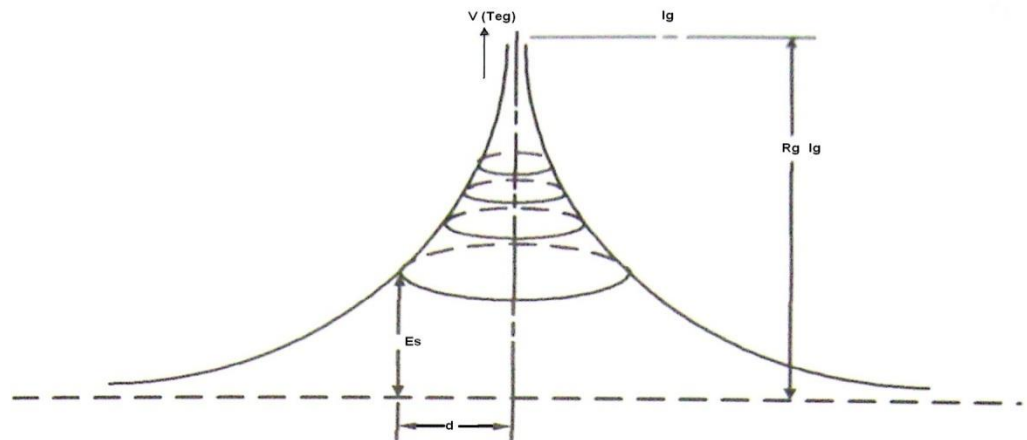
### **2.3. Macam – Macam Sistem Pembumian Di Gardu Induk**

Sistem pembumian yang di gunakan pada Gardu Induk ada beberapa macam, yaitu :

- a. Sistem Pembumian Batang (grounding rod)
- b. Sistem Pembumian Grid
- c. Sistem Pembumian Kombinasi Batang dan Grid

#### **2.3.1. Sistem Pembumian Batang (Grounding Rod)**

Pada mulanya sistem pembumian pada gardu induk menggunakan batang-batang elektroda pembumian yang di tanam secara tegak lurus di dalam tanah, jika tahanan pembumian masih terlalu tinggi maka perlu tambahan elektroda pembumian untuk menurunkan nilai tahanannya.



Gambar 2.3. Distribusi tegangan permukaan disekitar elektroda batang

Keterangan gambar 2.3. :

$E_s$  : tegangan pada permukaan tanah (volt)

$d$  : jarak radial dari batang elektroda (meter)

$R_g$  : tahanan pembumian batang elektroda (ohm)

$I_g$  : arus gangguan yang mengalir pada batang elektroda (amper)

Apabila suatu peralatan di dalam suatu gardu induk mengalami gangguan ke tanah, maka arus gangguan tersebut akan mengalir ke tanah dan akan mengakibatkan naiknya gradien tegangan pada permukaan tanah. Besarnya tegangan maksimum tersebut sebanding dengan tahanan pembumian. Pada gambar 2.3. memperlihatkan distribusi tegangan yang

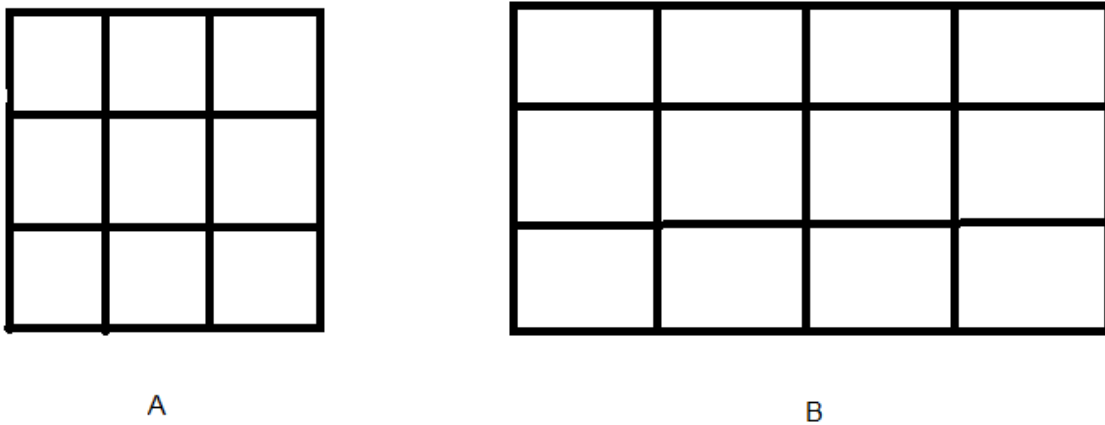
terjadi untuk satu batang elektroda tegak lurus didalam tanah, di mana arus gangguan mengalir dari elektroda itu ke tanah.

### **2.3.2. Sistem Pembumian Grid (Grounding Grid)**

System pembumian ini dilakukan dengan menanam batang-batang elektroda pembumian secara paralel dengan permukaan tanah dan sejajar dengan permukaan tanah dan elektroda tersebut dihubungkan satu dengan yang lainnya. Makin banyak konduktor yang digunakan dalam sistem ini, tegangan yang timbul di permukaan tanah akan makin terdistribusi secara merata pada saat terjadi gangguan.

Dalam sistem pembumian grid ini di diharapkan dapat meningkatkan keamanan dari pekerja atau orang-orang yang sedang berada didalam atau sekitar gardu induk pada saat terjadi gangguan. Yang menjadi alasan menggunakan sistem pembumian ini adalah bentuknya yang lebar sehingga tahananannya menjadi kecil di bandingkan sistem pembumian batang. Seperti yang diketahui bahwa tahanan tubuh manusia adalah konstan, nilainya tergantung pada posisi kontak tubuh manusia apakah dari kaki ke kaki atau dari tangan ke kaki. Jadi yang mempengaruhi besarnya arus yang mengalir dalam tubuh manusia adalah besarnya tegangan sentuh atau langkah dan nilai tahanan tersebut.

Pada pembumian grid ini apabila terjadi gangguan ke tanah maka tegangan yang timbul di permukaan tanah akan berkurang, jadi sistem pembumian ini sangat baik, tetapi harga dari sistem pembumian ini cukup mahal, tergantung jarak atau jumlah mesh yang di pakai. Karena alasan tersebut maka di buat bentuk yang lebih sederhana dan murah, tetapi masih cukup aman bagi operator jika terjadi gangguan.



Gambar 2.4. Contoh Bentuk Pembumian Sistem Grid

Keterangan gambar 2.4. :

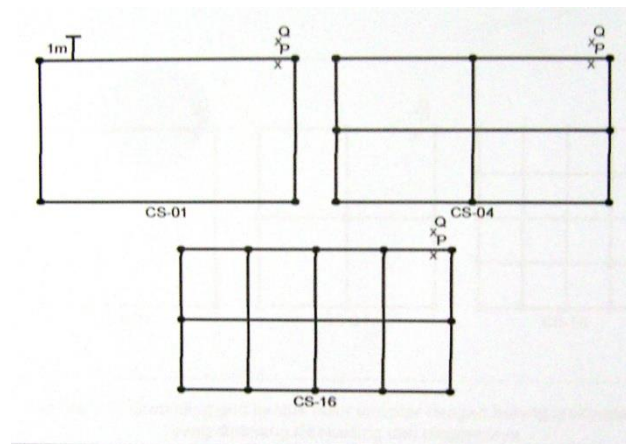
A= Bujur sangkar 9 mesh

B= Empat persegi panjang 12 mesh

Bentuk grid yang biasa digunakan adalah bujur sangkar atau empat persegi panjang, dimana masing-masing dapat terdiri dari 1 mesh, 2 mesh atau lebih seperti terlihat pada gambar 2.4.

Sistem pembumian ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain, tegangan *mesh* pada permukaan dapat di buat seragam dan sangat kecil, yaitu pada kondisi menyerupai pelat pejal tercapai, serta bahaya akibat tegangan langkah dapat dihindari atau di buat relative kecil.

### 2.3.3. Sistem Pembumian Kombinasi Grid dan Batang



Gambar 2.5. Sistem Pembumian Kombinasi *Grid* dan *Batang*

Kombinasi sistem pembumian suatu tempat sering kali menggunakan kombinasi pembumian grid (grounding grid) yang di tanam secara horizontal dengan elektroda batang (rod) yang di tanam secara vertical pada kedalaman tertentu dari permukaan tanah, dapat di klasifikasikan menjadi dua macam, di antaranya adalah:

1. Kombinasi dengan batang elektroda (rod) di pasang di sekeliling dari *Grounding Grid*.

Pada system kombinasi ini dimana batang elektroda (rod) hanya di pasang di sekeliling dari system pembumian anyaman (grounding grid) yang terbagi atas dua bentuk, yaitu : bentuk bujur sangkar (kubus) dan bentuk segi empat (persegi panjang).

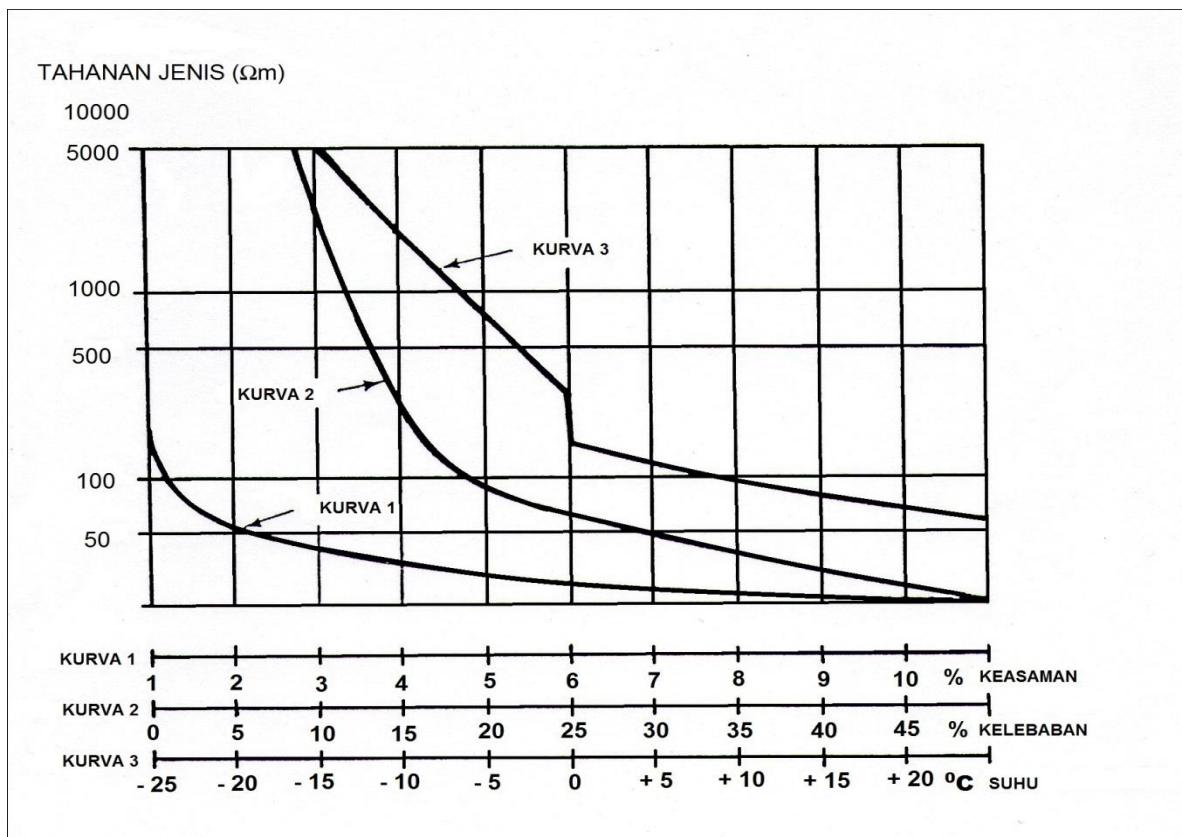
2. Kombinasi dengan batang elektroda (Rod) di pasang di sekelilingnya dan diagonal dari *Grounding Grid*.

System kombinasi dengan pemasangan batang elektroda (rod) yang di pasang di sekeliling dan diagonal dari system pembumian grid juga terdapat dua bentuk yaitu bujur sangkar (kubus) dan segi empat (persegi panjang). Perbedaanya pada pemasangan batang elektroda di tambah pada diagonal-diagonalnya. Pada bentuk bujur sangkar terdiri dari beberapa jenis berdasarkan luas daerah dari system pembumian anyaman (*grounding grid*).

#### **2.4. Tahanan Jenis Tanah ( $\rho$ )**

Nilai tahanan jenis tanah ini tidak sama untuk masing-masing daerah. Nilai tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor yaitu :

- Jenis tanah : tanah liat, berlapis, berbatu, dan lain-lain
- Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau sama rata (uniform).
- Kelembaban tanah.
- Keasaman tanah
- Temperature.



Gambar 2.5<sup>1</sup>. Efek dari kelembabab, suhu, dan keasaman tanah terhadap tahanan pada tanah

<sup>1</sup> IEEE Committee Report, "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", ANSI/IEEE Standard 80-1986

Dari grafik diatas terlihat beberapa hubungan yang mempengaruhi tahanan pada tanah, yaitu keasaman tanah kelembaban tanah dan suhu pada tanah.

Tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) akan menentukan besarnya tahanan kontak kaki, dan untuk mendapatkan tahanan jenis tanah rata-rata guna keperluan perencanaan maka di perlukan penelitian atau pengukuran dalam jangka waktu tertentu.

#### 2.4.1. Berbagai Macam Tahanan Jenis Tanah<sup>2</sup>

Nilai tahanan jenis tanah berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti di tunjukkan pada Tabel 2.1. dibawah ini.

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat & tanah ladang	Pasir	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Tahanan jenis (ohm-m)	30	100	200	500	1000	3000

Tabel 2.1. Tahanan jenis tanah murni diberbagai macam jenis tanah

<sup>2</sup> Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia 1987 hal. 68

## 2.5. Ukuran dan Susunan Elektroda Pembumian<sup>3</sup>

Besarnya nilai tahanan dari elektroda pembumian juga bergantung pada ukuran dan susunan elektroda. Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia tahun 1987 nilai rata-rata tahanan elektroda pembumian untuk ukuran minimumnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis Elektrode	Pita atau pengahantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas +1 m dibawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m <sup>2</sup> )	
	10	25	50	100	1	2	3	4	0,5x1	1x1
Resistans pembumian (ohm)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Table 2.2. Nilai rata-rata tahanan elektroda pembumian

<sup>3</sup> Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia 1987 hal. 69