

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Umum

Instalasi listrik merupakan susunan perlengkapan – perlengkapan listrik yang saling berhubungan serta memiliki ciri terkoordinasi untuk memenuhi satu atau sejumlah tujuan tertentu. Instalasi listrik terdiri atas sistem penerangan, sistem pensaklaran, sistem pengkabelan, sistem pembumian dan sistem lain yang dibutuhkan. Instalasi listrik dapat berupa sebuah instalasi yang sederhana yang hanya terdiri atas atau satu titik atau satu instalasi yang rumit dan kompleks.

Sistem pembumian merupakan bagian dari sebuah instalasi listrik. Sistem pembumian adalah sistem yang dirancang sedemikian rupa untuk menghubungkan bagian konduktif terbuka dari peralatan – peralatan listrik yang dipakai dengan bumi sebagai referensi tegangan nol, pembuatan sistem pembumian ini bertujuan untuk menghindarkan manusia dari kejutan listrik apabila tersentuh bagian konduktif terbuka yang bertegangan. Bagian konduktif ini bisa bertegangan apabila instalasi listrik mengalami kegagalan isolasi sehingga kawat fasa terhubung dengan bagian konduktif tertentu.

Sistem pembumian terdiri dari beberapa sistem sesuai dengan cara pemasangannya. Sistem tertentu adalah sistem TT, Sistem TN yang terdiri dari TN-C, TN-S, serta Sistem IT. Pembahasan lebih lanjut tentang sistem yang dipakai pada instalasi pembumian gardu distribusi pada pembahasan

berikut. Sistem pembumian terdiri dari beberapa perlengkapan listrik berupa penghantar pembumian dan elektroda pembumian.

Pemasangan sistem pembumian sangat tergantung pada kondisi lingkungan dimana sistem pembumian dibuat, sehingga sebuah sistem pembumian tidak bisa disamakan di semua tempat, misalkan tempat dengan jenis tanah lembab dan kering pasti akan sangat berbeda usaha – usaha yang dilakukan supaya sistem yang dibuat sesuai dengan standar yang ditentukan.

2.2. Maksud dan Tujuan

Sistem pembumian adalah bagian dari instalasi yang menghubungkan elektroda pembumian atau logam lain yang bersifat seperti elektroda pembumian (bagian dari tiang lapisan pelindung kabel dsb).

Tujuan pembumian pada suatu sistem tenaga listrik secara umum adalah :

1. Memberikan perlindungan terhadap bahaya listrik bagi pemanfaat listrik dan lingkungannya.
2. Mendapatkan keandalan penyaluran pada sistem baik dari segi kualitas, keandalan ataupun kontinuitas penyaluran tenaga listrik.
3. Membatasi kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terhubung tanah dan nilai tegangan kerja minimal.

Pada jaringan distribusi tenaga listrik terdapat sejumlah titik pembumian baik pada sisi Tegangan Menengah maupun pada sisi Tegangan Rendah yaitu :

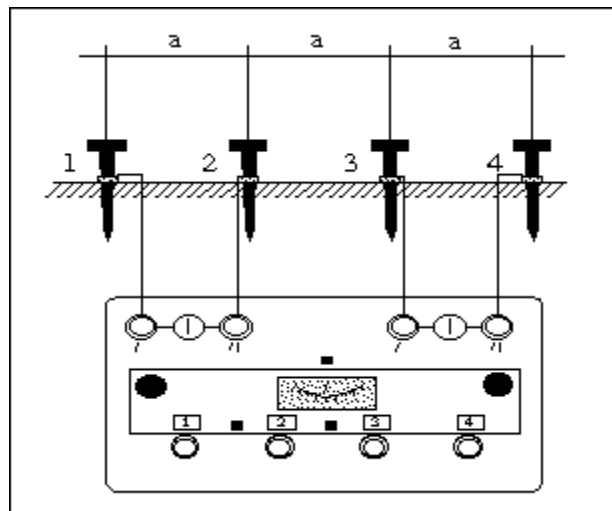
1. Penumbumian pada konstruksi jaringan distribusi
 - a. Penumbumian titik netral transformator
 - b. Penumbumian titik netral transformator sisi Tegangan Rendah (sekunder) pada Gardu Distribusi
 - c. Penumbumian penghantar netral sisi Tegangan Menengah dan Tegangan Rendah
 - d. Penumbumian penghantar tanah (*shield wire*) sisi Tegangan Rendah
 - e. Penumbumian pelindung lapisan tembaga, baja pada kabel bawah tanah
2. Penumbumian alat proteksi dan alat ukur
 - a. Penumbumian Lightning Arrester
 - b. Penumbumian CT/PT
3. Penumbumian Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE)
 - a. Penumbumian badan (panel) PHB – TM, PHB – TR, Kabel Tray / Rak Kabel
 - b. Penumbumian Palang (Cross arm / travers).

2.3. Metode Pengukuran Tanah penumbumian

Nilai tahanan penumbumian merupakan suatu syarat aman tidaknya suatu sistem penumbumian yang dibuat. Untuk mengetahui nilai Tahanan Penumbumian ini maka dapat dilakukan metode untuk mengukurnya, metode tersebut adalah sebagai berikut.

a. Metode Von Werner

Metode ini disebut juga dengan metode empat batang karena menggunakan empat batang elektroda dalam pengukurannya. Skema pengukuran dengan metode ini terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Metode Pengukuran Von Werner

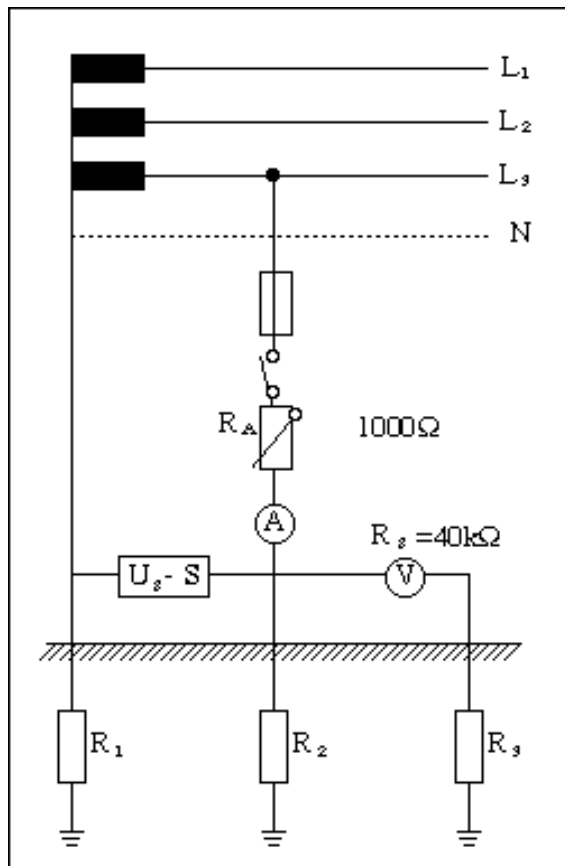
Cara pengukuran dilakukan dengan terlebih dahulu mengatur jarak antar elektroda. Seperti terlihat pada gambar, jarak antar elektroda adalah a meter, sehingga jarak antar terminal secara berurutan sama. Setelah dibuat rangkaian seperti gambar maka proses pengukuran dapat dikerjakan. Peralatan ukur akan mengalirkan arus maka proses pengukuran dapat dikerjakan. Peralatan ukur akan mengalirkan arus melalui terminal 1 dan 4 lalu susut tegangan pada terminal 2 dan 3 akan diukur. Jika beda tegangan antar elektroda 2 dan 3 adalah ΔV , dan arus yang dialirkan melalui elektroda 1 dan 4 adalah I , maka perbandingan ini adalah nilai tahanan pentanahan R . sesuai dengan persamaan

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

b. Pengukuran dengan Volt meter dan Ampermeter

Cara pengukuran adalah seperti terlihat pada gambar 2.1. Penghantar pembumian dihubungkan dengan penghantar fasa instalasi melalui gawai proteksi arus lebih, sakelar, tahanan yang dapat diukur dari 20Ω sampai 1000Ω , dan Ampermeter. Antar titik serkit setelah ampermeter dengan elektroda bumi bantu dipasang voltmeter. Jarak elektroda bantu disesuaikan dengan jenis elektroda yang digunakan. Jika elektroda batang atau pipa maka elektroda bantu harus berjarak sekurang – kurangnya 20 meter dari elektroda yang akan diukur.

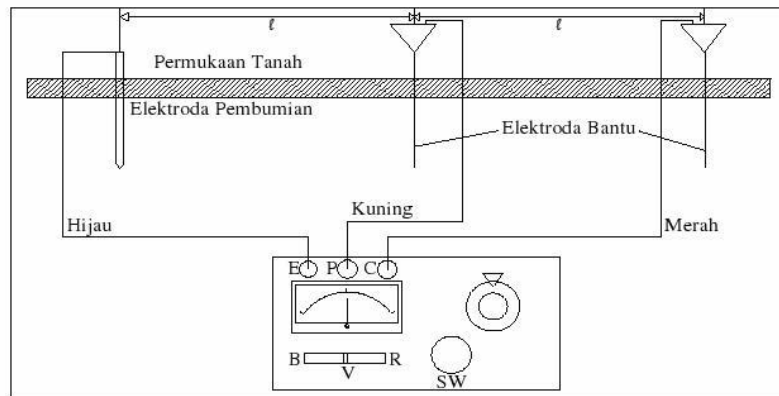
Pada saat sakelar dimaskukan, tahanan tersebut harus dalam keadaan maksimum. Setelah sakelar dimasukkan, tahanan diatur sedemikian rupa hingga ampermeter dan voltmeter menunjukkan simpangan secukupnya sesuai dengan apa yang diharapkan oleh operator. Hasil dari tegangan dan arus yang ditunjukkan oleh alat ukur tersebut adalah tahanan pembumian yang diukur. Persamaan matematikanya seperti pada persamaan 2.2.



Gambar 2.2. Metode Pengukuran dengan Voltmeter dan Amperemeter

c. Pengukuran dengan menggunakan Earthtester

Pengukuran dengan menggunakan Earthtester ini menggunakan dua buah elektroda bantu, dan pengukurannya lebih mudah dilakukan dengan dua metode yang telah disebutkan terdahulu. Pengukuran dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan jarak elektroda pembumian dengan elektroda bantu, jarak yang umum digunakan berkisar 5 – 10 meter. Pengukuran dengan metode ini dapat dilihat pada gambar 2.3

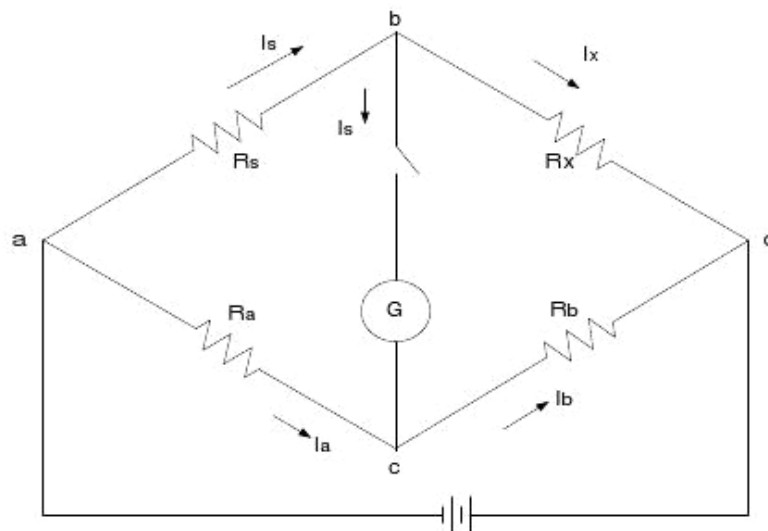


Gambar 2.3. Pengukuran dengan earthtester

Setelah elektroda bantu ditancapkan ditanah pada kedalaman sekitar 30 cm dan l 5 – 10 meter maka elektroda dihubungkan dengan alat ukur dengan menggunakan kabel yang sudah ditentukan. Ada tiga warna kabel yaitu hijau, kuning dan merah. Kabel warna hijau salah satu ujungnya dihubungkan dengan terminal *earth* pada alat ukur dengan simbol E dan ujung satu lagi dihubungkan dengan elektroda pembedian. Kabel warna kuning dihubungkan dengan terminal P (*potential*) pada alat ukur dan ujung yang lain dihubungkan dengan elektroda bantu yang paling dekat ke elektroda utama. Kabel warna merah dihubungkan ke terminal dengan simbol C (*Current*) pada alat ukur dan ujung yang lain dihubungkan dengan elektroda bantu yang paling jauh dari elektroda bantu. Istrumen ukur adalah earthtester dan dapat digantikan dengan peralatan lain yang dapat melakukan fungsi yang sama dengan earthtester. Gambar alat – alat yang digunakan dengan metode ini dapat dilihat pada lampiran.

Setelah semuanya terangkai dengan benar maka pengukuran dapat dilakukan tetapi perlu diperhatikan dahulu apakah baterai masih baik atau tidak dan besar tegangan rangkaian dengan memilih selector yang tersedia di peralatan. Apabila semua dalam kondisi baik maka pengukuran pembumian dapat dilakukan dengan menekan tombol sw pada peralatan setelah terlebih dahulu memindah selector ke sebelah symbol Ω , lalu memutar piringan penunjuk besar hambatan sampai jarum penunjuk telah menunjuk angka nol. Dan nilai yang ditunjukkan oleh piringan yang diputar tersebut adalah nilai tahanan pembumian yang terukur.

Pengukuran dengan menggunakan earthtester menggunakan prinsip jembatan wheatstone.



Gambar 2.4. Jembatan Weathstone

Pada saat sakelar ditekan maka arus akan mengalir melalui galvanometer, sehingga jarum penunjuk galvanometer akan menunjukkan nilai tertentu. Jika nilai yang ditunjukkan adalah nol berarti

arus yang mengalir pada galvanometer adalah nol. Prinsip jembatan wheathstone adalah membuat arus yang mengalir melalui gamvanometer bernilai nol dengan mengubah nilai tahanan R_x , hal ini dilakukan dengan memutar piringan logam tahanan variable pada earthtester sampai galvanometer menunjukkan nilai nol. Ketika nilai yang ditunjukkan pada galvanometer adalah nol maka nilai yang ditunjukkan pada piringan tahanan variable tersebut adalah nilai tahanan pentanahan yang sedang diukur. Persamaannya terlihat pada persamaan berikut

$$R_x = \frac{R_b R_s}{R_a}$$

2.4. Persyaratan Penumbumian

Menurut PUIL 2000 ada beberapa persyaratan dalam instalasi sistem penumbumian. Syarat – syarat tersebut adalah sebagai berikut :

a. Warna Penghantar Penumbumian

Penghantar proteksi diberi warna loreng hijau kuning sebagai pengenal termasuk penghantar proteksi yang merupakan salah satu inti dari kabel dan kabel tanah. Pengecualiannya adalah terhadap penghantar geser jika penghantarnya dapat dikenal dengan jelas, misalnya melalui bentuknya dan tulisan yang ada padanya.

b. Luas Penampang Penumbumian

Luas penampang penghantar proteksi tidak boleh kurang dari nilai yang tercantum dalam tabel 2.1. di bawah.

Luas Penampang Penghantar phasa instalasi S (mm ²)	Luas Penampang Minimum Penghantar Proteksi Yang Berkaitan S _p (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Sumber PUIL 2000, hal 80

Tabel 2.1 Ukuran Penampang Penghantar Pembumian

Tabel ini hanya berlaku jika penghantar proteksi dibuat dari bahan yang sama dengan penghantar phasa. Jika bhanya tidak sama, maka luas penampang penghantar proteksi ditentukan dengan cara memilih luas penampang yang mempunyai konduktansi yang ekivalen dengan hasil Tabel.

Luas penampang setiap penghantar proteksi yang tidak merupakan bagian dari kabel suplai atau selungkup kabel, dalam setiap hal tidak boleh kurang dari 2,5 mm² jika terdapat proteksi mekanis dan 4 mm² jika tidak terdapat proteksi mekanis.

c. Ukuran Elektroda

Ukuran minimum elektroda dapat dipilih menurut Tabel

Tabel Ukuran Elektroda Pembumian

No	Bahan Jenis Elektroda	Baja digalvanisasi dengan proses pemansan	Baja Berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda Pita	Pita Baja 100 mm ² setebal minimum 3 mm	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2mm
		Penghantar pilin 95 mm ² (bukan kawat halus)		Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus)
2	Elektroda Batang	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa baja 25 mm² - Baja Profil (mm) L 65 mm² x65x7 u 6,5 T6x50x3 - Batang Profil lain yang setaraf 	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 µm	
3	Elektroda Pelat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ²		Pelat Tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1m

Tabel 2.2. Ukuran Elektroda Pembumian

d. Persyaratan Lain

- penghantar aluminium tanpa perlindungan mekanis tidak diperkenankan dipakai sebagai penghantar bumi.
- Penghantar bumi harus dilindungi jika berada di tempat dengan bahaya kerusakan mekanis.
- Pada penghantar bumi harus dipasang sambungan yang dapat dilepas untuk keperluan pengujian resistans pembumian.
- Sambungan penghantar bumi dengan elektroda bumi harus kuat secara mekanis dan menjamin hubungan listrik dengan baik, misalnya dengan menggunakan las, klem, atau baut kunci yang tidak mudah lepas. Klem pada elektroda pipa harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10mm.

2.5. Elektroda Pembedaan

Elektroda pembedaan adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Adanya kontak langsung tersebut bertujuan agar diperoleh pelaluan arus yang sebaik-baiknya apabila terjadi gangguan sehingga arus tersebut disalurkan ketanah.

Menurut PUIL 2000 [3.18.11] elektroda adalah pengantar yang ditanamkan ke dalam tanah yang membuat kontak langsung dengan tanah. Untuk bahan elektroda pentanahan biasanya digunakan bahan tembaga, atau baja yang bergalvanis atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain misalnya pada perusahaan kimia.

Jenis-jenis elektroda yang digunakan dalam pentanahan adalah sebagai berikut:

1. Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda dari pipa besi baja profil atau batangan logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah secara dalam. Panjang elektroda yang digunakan sesuai dengan pentanahan yang diperlukan.

Untuk menentukan besarnya tahanan pembedaan dengan satu buah elektroda batang dipergunakan rumus sebagai berikut

$$R_{bt} = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right)$$

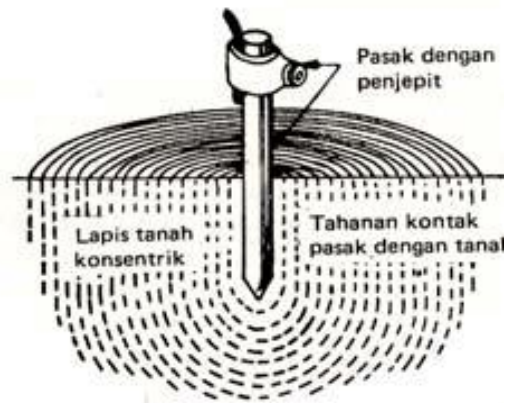
Dimana :

R_{bt} = tahanan pembedaan elektroda batang (Ω)

P = tahanan jenis tanah (Ωm)

L = panjang batang yang tertanam (m)

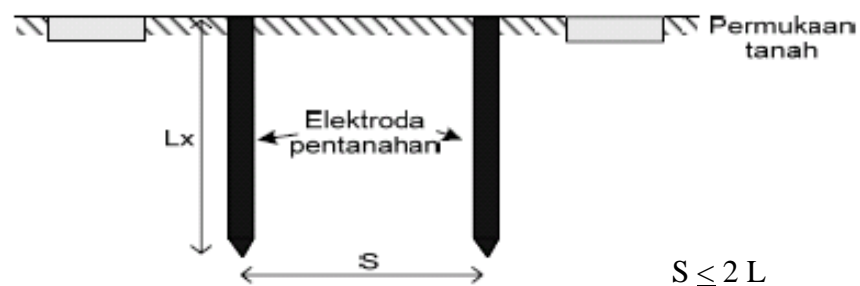
d = diameter elektroda batang (m)



Gambar 2.5.

Elektroda Batang dan Lapisan-lapisan Tanah di Sekeliling Elektroda

Setelah didapatkan nilai tahanan pentanahan dengan satu buah elektroda batang, dimana belum didapatkan nilai tahanan yang diinginkan, maka tahanan pentanahan dapat diperkecil dengan memperbanyak elektroda yang ditanahkan dan dihubungkan paralel.

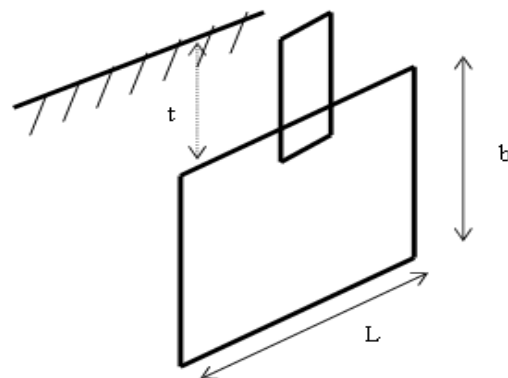


Gambar 2.6.

Elektroda batang dan lapisan – lapisan tanah disekililing elektroda

2. Elektroda Bentuk Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari plat logam. Pada pemasangannya elektroda ini dapat ditanam tegak lurus atau mendatar tergantung dari tujuan penggunaannya. Bila digunakan sebagai elektroda pembumihan pengaman maka cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter di bawah permukaan tanah dihitung dari sisi plat sebelah atas. Bila digunakan sebagai elektroda pengatur yaitu mengatur kecuraman gradien tegangan guna menghindari tegangan langkah yang besar dan berbahaya, maka elektroda plat tersebut ditanam mendatar.



Keterangan Gambar :

L = Panjang Plat

t = kedalaman tertanam ≥ 1
meter

b = lebar plat

Gambar 2.7.

Elektroda Plat Dipasang Vertikal

3. Elektroda Bentuk Pita

Elektroda ini merupakan logam yang mempunyai penampang yang berbentuk pita atau dapat juga berbentuk bulat, pita yang dipilin atau dapat juga berbentuk kawat yang dipilin. Elektroda ini dapat ditanam secara dangkal pada kedalaman antara 0,5 sampai 1 meter

dari permukaan tanah, tergantung dari kondisi dan jenis tanah. Dalam pemasangannya elektroda pita ini dapat ditanam dalam bentuk memanjang, radial, melingkar atau kombinasi dari lingkaran dan radial.

Besar tahanan pembumian untuk elektroda pita dapat dihitung dengan rumus :

$$R_{pt} = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} \right)$$

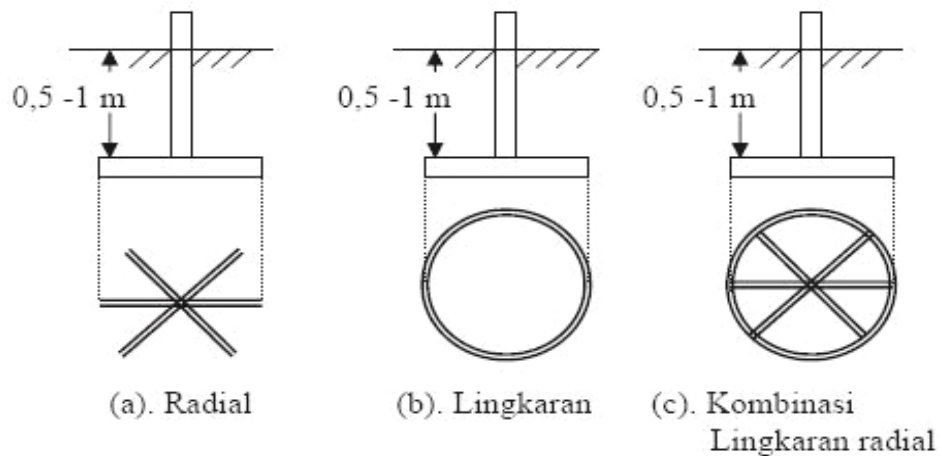
Dimana :

R_{pt} = tahanan pembumian elektroda pita (Ω)

P = tahanan jenis tanah (Ωm)

L = panjang elektroda pita yang tertanam (m)

D = lebar pita / diameter elektroda pita kalau bulat (m)



Gambar 2.8.

Jenis – jenis elektroda Pita dan cara Pemasangannya

4. Elektroda Lain

Bila persyaratan dipenuhi jaringan air minum dari logam dan selubung logam kabel yang tidak diisolasi yang langsung ditanamkan kedalam tanah. Besi tulang beton atau konstruksi baja bawah tanah lainnya boleh dipakai untuk elektroda.

2.6. Konduktor Pentanahan

Konduktor yang digunakan untuk pentanahan harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

- a. Memiliki daya hantar jenis (conductivity) yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang berbahaya.
- b. Memiliki kekerasan (kekuatan) secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
- c. Tahan terhadap peleburan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena magnitude arus gangguan dalam waktu yang lama.
- d. Tahan terhadap korosi.

Dari persamaan kapasitas arus untuk elektroda tembaga yang dianjurkan oleh IEEE Guide standar

2.7. Tahanan Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pentanahan dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah (ρ). Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tidaklah sama. Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah yaitu :

1. Pengaruh Keadaan Struktur Tanah

Kesulitan yang biasa dijumpai dalam mengukur tahanan jenis tanah adalah bahwa dalam kenyataanya komposisi tanah tidaklah homogen pada seluruh volume tanah, dapat bervariasi secara vertikal maupun horizontal, sehingga pada lapisan tertentu mungkin terdapat dua atau lebih jenis tanah dengan tahanan jenis yang berbeda, oleh karena itu tahanan jenis tanah tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang tetap. Untuk memperoleh harga sebenarnya dari tahanan jenis tanah, harus dilakukan pengukuran langsung ditempat dengan memperbanyak titik pengukuran.

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Tabel 2.3. Tahanan Jenis Tanah

2. Pengaruh Unsur Kimia

Kandungan zat –zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu diperhatikan pula. Didaerah yang mempunyai tingkat curah hujan yang tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung dalam lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

Untuk mendapatkan tahanan jenis yang lebih rendah, sering dicoba dengan mengubah komposisi kimia tanah dengan memberikan garam atau air pada tanah dekat elektroda pembedaan ditanam. Cara ini hanya baik untuk sementara sebab proses penggaraman harus dilakukan secara periodik, sedikitnya 6 (enam) bulan sekali.

3. Pengaruh Iklim

Untuk mengurasi variasi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, pembedaan dapat dilakukan dengan menanam elektroda pembedaan sampai mencapai kedalaman dimana terdapat air tanah yang konstan. Kadangkala pembedaan elektroda pembedaan memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi sehingga harga tahanan jenis tanah harus diambil untuk keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

Proses mengalirnya arus listrik didalam tanah sebagian besar akibat dari proses eletrolisa, oleh karena itu air didalam tanah akan mempengaruhi konduktivitas atau daya hantar listrik dalam tanah tersebut. Dengan demikian tahanan jenis tanah akan dipengaruhi pula oleh besar kecilnya konsentrasi air tanah atau kelembaban tanah, maka konduktivitas daripada tanah akan semakin besar sehingga tahanan jenis tanah semakin kecil.

4. Pengaruh Temperatur Tanah

Temperatur tanah sekitar elektroda pembedaan juga berpengaruh pada besarnya tahanan jenis tanah. Hal ini terlihat sekali pengaruhnya pada temperatur dibawah titik beku air ($0^{\circ}C$), dibawah harga ini penurunan temperatur yang sedikit saja akan menyebabkan kenaikan harga tahanan jenis tanah dengan cepat.

gejala di atas dapat dijelaskan sebagai berikut ; pada temperatur di bawah titik beku air ($0^{\circ}C$) , air di dalam tanah akan membeku, molekul-molekul air dalam tanah sulit untuk bergerak, sehingga daya hantar listrik tanah menjadi rendah sekali. Bila temperatur tanah naik, air akan berubah menjadi fase cair, molekul-molekul dan ion-ion bebas bergerak sehingga daya hantar listrik tanah menjadi besar atau tahanan jenis tanah turun. Pengaruh temperatur terhadap tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

2.8. Metode Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Pengukuran tahanan jenis tanah biasanya dilakukan dengan cara :

1. Metode tiga titik (*three – point methode*)

Metode tiga titik (*three-point methode*) dimaksudkan untuk mengukur tahanan pentanahan. Misalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahananannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 sebagai batang pengentanahan pembantu yang juga belum diketahui tahananannya, seperti pada gambar 130.

Bila tahanan diantara tiap-tiap batang pengetanahan diukur dengan arus konstan, tiap pengukuran dapat ditulis sebagai berikut :

$$R_{1-2} = \frac{V_{1-2}}{I} = R_{11} + R_{22} - 2 R_{12}$$

$$R_{1-3} = \frac{V_{1-3}}{I} = R_{11} + R_{33} - 2 R_{13}$$

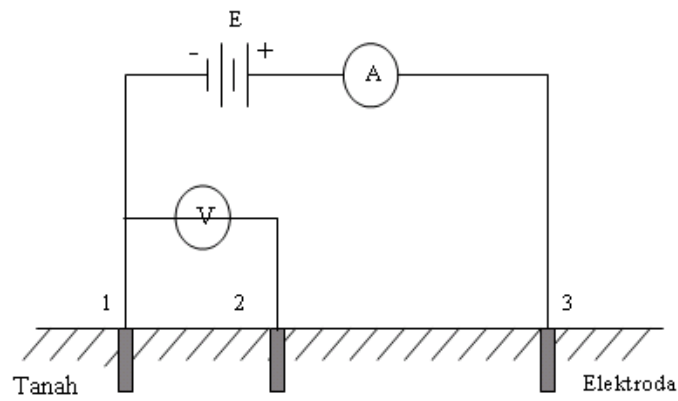
$$R_{2-3} = \frac{V_{2-3}}{I} = R_{22} + R_{33} - 2 R_{23}$$

$$\frac{V_{1-2} + V_{1-3} + V_{2-3}}{I} = 2R_{11} - 2R_{12} - 2R_{13} + R_{23}$$

Tetapi, $V_{1-3} = V_{1-2} + V_{2-3}$

$$\text{Jadi : } R = \frac{V_{1-2}}{I} = R_{11} - R_{12} - R_{13} + R_{23}$$

$$\text{Akhirnya } R_{11} = R + R_{12} + R_{13} - R_{23}$$



Gambar 2.9.

Rangkaian Pengukuran Tahanan Jenis Tanah dengan Metode Tiga Titik.

Tahanan batang pengetanahan dari elektroda 1 dapat dibuat:

$$R_{12} + R_{13} - R_{23} = 0 \dots\dots\dots$$

2. Metode empat titik (*four electrode methode*)

Metoda pengukuran yang dipergunakan adalah metoda empat titik seperti gambar 131.

Bila arus I masuk ke dalam tanah melalui salah satu elektroda dan kembali ke elektroda yang lain sehingga pengaruh diameter konduktor dapat diabaikan. Arus masuk ke tanah mengalir secara radial dari elektroda, misalkan arah arus dalam tanah dari elektroda 1 ke elektroda 2 berbentuk permukaan bola dengan jari-jari r , luas permukaan tersebut

adalah $2\pi r^2$, dan rapat arus adalah :

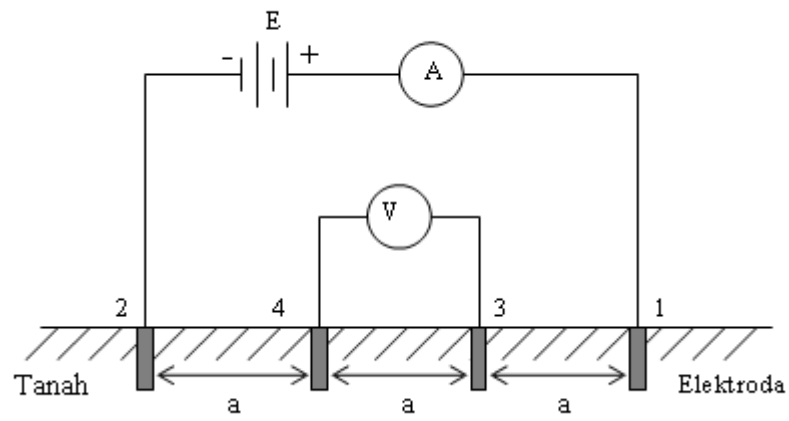
$$J = \frac{1}{2\pi \cdot r^2}$$

dimana:

$$J = \text{kerapatan arus [} A/m^2 \text{]}$$

$r = \text{jari-jari [m]}$

$I = \text{ arus yang mengalir dalam tanah [A]}$



Gambar 2.10.

Rangkaian Pengukuran Tahanan Jenis Tanah dengan Metoda Empat Titik