

BAB II

SISTEM PENTANAHAN

2.1 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan mulai dikenal pada tahun 1900. Sebelumnya sistem-sistem tenaga listrik tidak diketanahkan karena ukurannya masih kecil dan tidak membahayakan. Namun setelah sistem-sistem tenaga listrik berkembang semakin besar dengan tegangan yang semakin tinggi dan jarak jangkauan semakin jauh, baru diperlukan sistem pentanahan. Kalau tidak, hal ini bisa menimbulkan potensi bahaya listrik yang sangat tinggi, baik bagi manusia, peralatan dan sistem pelayanannya sendiri.^[7]

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.^[7]

Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, dll. Secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah, menjamin kerja peralatan listrik/elektronik, mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik, dan menyalurkan energi serangan petir ke tanah.^[1]

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu sistem proteksi. Pengetanahan peralatan, berlainan dengan pengetanahan sistem.^[5]

Tidak jarang orang umum atau awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam memprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem Pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut.^[1]

Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :^[6]

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (surge currents).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan system mekanik yang kuat namun mudah pelayanan.

2.2 Fungsi Dan Tujuan Pentanahan Sistem Dan Peralatan

Fungsi pentanahan adalah untuk mengalirkan arus gangguan kedalam tanah melalui suatu elektroda pentanahan yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan. Disamping itu berfungsi juga sebagai pengaman baik bagi manusia maupun peralatan dari bahaya listrik.^[7]

2.2.1 Tujuan sistem pentanahan

Pentanahan tidak terbatas pada sistem tenaga saja, namun mencakup juga sistem peralatan elektronik, seperti telekomunikasi, komputer, kontrol di mana diterapkan komunikasi data secara intensif dan sangat peka terhadap interferensi gelombang elektromagnet dari luar. Pentanahan di sini lebih dititikberatkan pada keterjaminan sinyal dan pemrosesannya.^[7]

Adapun tujuan sistem pentanahan secara umum adalah :^[7]

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik.
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.
5. Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya flashover.
6. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan computer.

2.2.2 Tujuan Pengetanahan Peralatan

Pengetanahan peralatan berlainan dengan pengetanahan sistem, yaitu pengetanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Tujuan dari pengetanahan peralatan tersebut adalah :^[5]

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.
2. Untuk memperoleh impedansi yang kecil atau rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

Secara singkat tujuan pengetanahan peralatan itu dapat diformulasikan sebagai berikut :^[5]

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki penampilan (performance) dari sistem.

2.3 Jenis - Jenis Pentanahan

Secara umum sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :^[7]

1. Pentanahan sistem.
2. Pentanahan peralatan.
3. Pentanahan penangkal petir.

2.3.1 Pentanahan Sistem

Sistem dengan titik netral ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung.^[4]

Tujuan sistem pentanahan adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (realibility) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (restrike ground fault).
5. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

2.3.2 Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan sistem pentanahan netral pengaman (PNP) adalah tindakan pengamanan dengan cara menghubungkan badan peralatan / instalasi yang diproteksi dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih. Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Sebagai contoh adalah

bagian-bagian mesin atau alat yang terbuat dari logam (penghantar listrik), seperti kerangka dan rumah mesin listrik, dan panel listrik.^[7]

Pentanahan Peralatan bertujuan :^[5]

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki penampilan dari sistem.

2.3.3 Pentanahan Penangkal Petir

Sistem proteksi petir (SPP) merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memproteksi bangunan serta segala hal yang ada di dalamnya dari bahaya sambaran petir. Standar dari SPP sangatlah penting supaya bangunan dan makhluk hidup didalamnya tidak mengalami bahaya. SPP pada bangunan dibagi menjadi 2 yaitu SPP Eksternal dan SPP Internal. SPP eksternal difokuskan untuk menangkap kilat petir dengan sistem terminasi udara, mengalirkan arus petir dengan aman menuju bumi dengan sistem down conductor, lalu menyebarkan arus petir ke bumi dengan menggunakan sistem terminasi pembumian. Sedangkan SPP internal difokuskan untuk mencegah percikan bahaya didalam struktur bangunan menggunakan ikatan penyama potensial (IPP) antara komponen SPP Eksternal dan elemen pengatur elektrik lainnya yang berada didalam struktur bangunan. Dalam pemasangan sistem proteksi petir pada bangunan harus memenuhi standar yang berlaku. Hal ini sangat penting karena apabila instalasi penangkal petir tidak memenuhi standar, instalasi penangkal petir tidak akan bekerja dengan maksimal. Standar yang digunakan pada pokok bahasan sistem proteksi petir ini adalah SNI 03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan gedung, PUIL 2011, IEC 622305-3.^[2]

2.4 Macam-Macam Pentanahan Sistem

Ada bermacam-macam pentanahan sistem. Antara satu dan lainnya mempunyai kelebihan dan kekurangan masing. Bahasan berikut ini tidak dimaksudkan membahas kekurangan dan kelebihan metoda tersebut, namun lebih menitikberatkan pada macam-macam pentanahan titik netral yang umum digunakan. Jenis pentanahan sistem akan menentukan skema proteksinya, oleh karena itu, jenis pentanahan ini sangat penting diketahui.^[7]

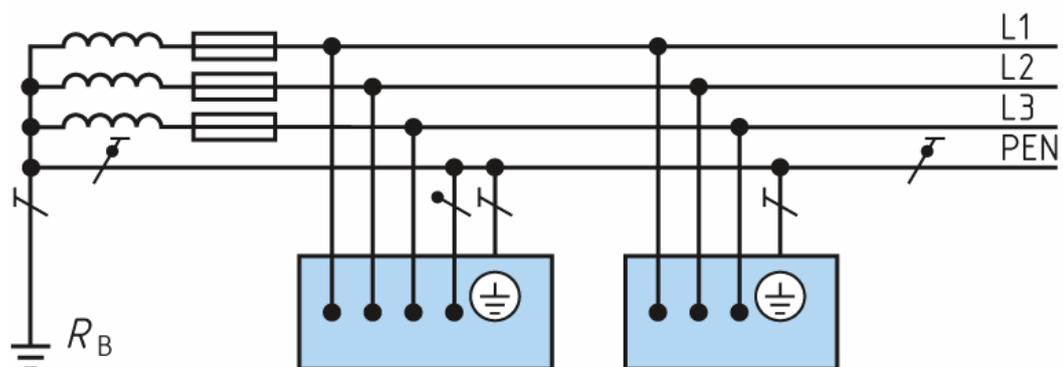
Ada lima macam skema pentanahan netral sistem daya, yaitu:

1. TN (*Terra Neutral*) System, terdiri dari 3 jenis skema, yaitu:
 - a. TN-C,
 - b. TN-C-S, dan
 - c. TN-S
2. TT (*Terra Terra*)
3. IT (*Impedance Terra*)

(Terra = bhs Perancis yang berarti bumi atau tanah)

2.4.1 TN-C (*Terra Neutral-Combined*) : Saluran Tanah Dan Netral Disatukan

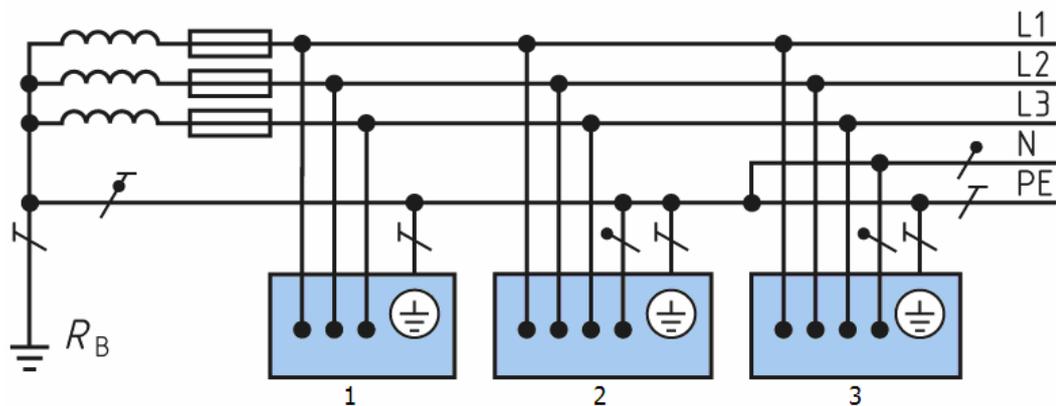
Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman disatukan pada sistem secara keseluruhan. Semua bagian sistem mempunyai saluran PEN yang merupakan kombinasi antara saluran N dan PE. Disini seluruh bagian sistem mempunyai saluran PEN yang sama.^[7]



Gambar 2.1 Saluran Tanah dan Netral disatukan (TN-C)^[2]

2.4.2 TN-C-S (Terra Neutral-Combined-Separated): Saluran Tanah dan Netral disatukan dan dipisah

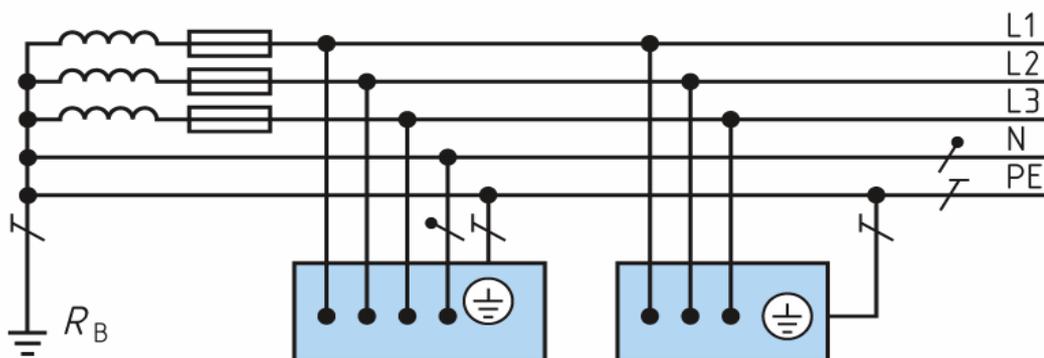
Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman dijadikan menjadi satu saluran pada sebagian sistem dan terpisah pada sebagian sistem yang lain. Di sini terlihat bahwa bagian sistem 1 dan 2 mempunyai satu hantaran PEN (*combined*). Sedangkan pada bagian sistem 3 menggunakan dua hantaran, N dan PE secara terpisah (*separated*).^[7]



Gambar 2.2 Saluran Tanah dan Netral disatukan sebagian sistem (TN-C-S)^[2]

2.4.3 TN-S (Terra Neutral-Separated): Saluran Tanah dan Netral-dipisah

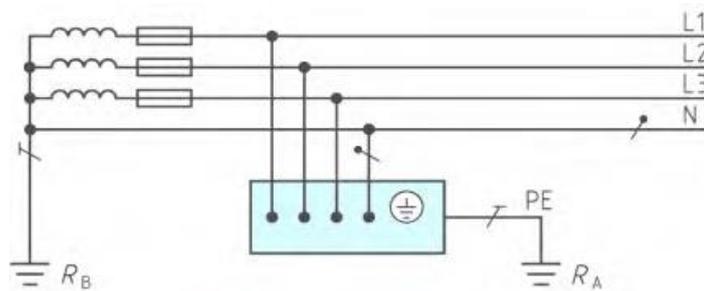
Pada sistem ini saluran netral dan saluran pengaman terdapat pada sistem secara keseluruhan. Jadi semua sistem mempunyai dua saluran N dan PE secara tersendiri (*separated*).^[7]



Gambar 2.3 Saluran Tanah dan Netral dipisah (TN-S)^[2]

2.4.4 TT (Terra Terra) system: Saluran Tanah dan Tanah

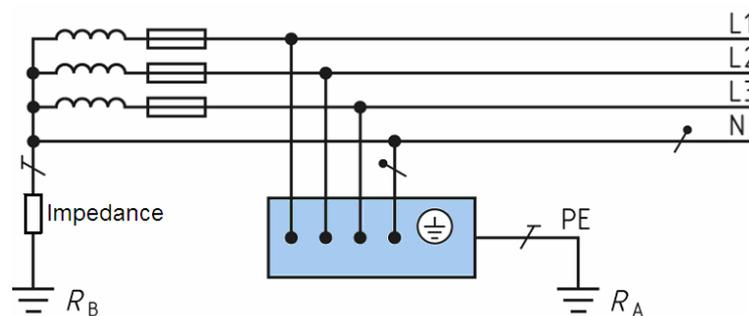
Sistem yang titik netralnya disambung langsung ke tanah, namun bagian-bagian instalasi yang konduktif disambungkan ke elektroda pentanahan yang berbeda (berdiri sendiri). Dari gambar di bawah ini terlihat bahwa pentanahan peralatan dilakukan melalui sistem pentanahan yang berbeda dengan pentanahan titik netral.^[7]



Gambar 2.4 Saluran Tanah Sistem dan Saluran Bagian Sistem Terpisah (TT)^[2]

2.4.5 IT (Impedance Terra) System: Saluran Tanah melalui Impedansi

Sistem rangkaian tidak mempunyai hubungan langsung ke tanah namun melalui suatu impedansi, sedangkan bagian konduktif instalasi dihubungkan langsung ke elektroda pentanahan secara terpisah. Sistem ini juga disebut sistem pentanahan impedansi. Ada beberapa jenis sambungan titik netral secara tidak langsung ini, yaitu melalui reaktansi, tahanan dan kumparan petersen. Antara ketiga jenis media sambungan ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. Namun, secara teknis jenis sambungan kumparan petersen yang mempunyai kinerja terbaik. Permasalahannya adalah harganya yang mahal.^[7]



Gambar 2.5 Saluran Tanah Melalui Impedansi (IT)^[2]

2.5 Macam-Macam Pentanahan Peralatan

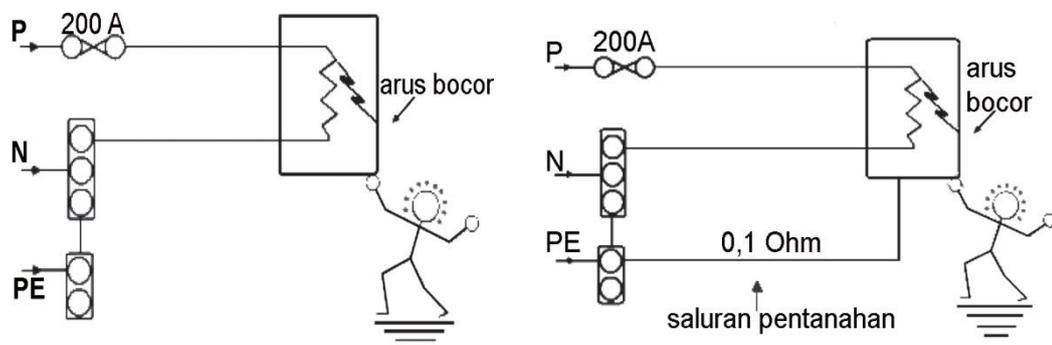
Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Sebagai contoh adalah bagian-bagian mesin atau alat yang terbuat dari logam (penghantar listrik), seperti kerangka dan rumah mesin listrik, dan panel listrik.^[7]

Ada tiga macam pentanahan peralatan, yaitu :

1. tegangan sentuh tidak langsung.
2. tegangan langkah.
3. tegangan eksposur.

2.5.1 Tegangan Sentuh Tidak Langsung

Tegangan sentuh tidak langsung adalah tegangan pada bagian alat/instalasi yang secara normal tidak dilalui arus namun akibat kegagalan isolasi pada peralatan/instalasi, pada bagian-bagian tersebut mempunyai tegangan terhadap tanah Gambar 2.6. Bila tidak ada pentanahan maka tegangan sentuh tersebut sama tingginya dengan tegangan kerja alat/instalasi. Hal ini, sudah tentu, membahayakan manusia yang mengoperasikannya atau yang ada di sekitar tempat itu. Selama alat pengaman arus lebih tidak bekerja memutuskan rangkaian, keadaan ini akan tetap bertahan. Namun dengan adanya pentanahan secara baik, kemungkinan tegangan sentuh selama terjadi gangguan dibatasi pada tingkat aman atau maksimum 50 V untuk ac.^[7]



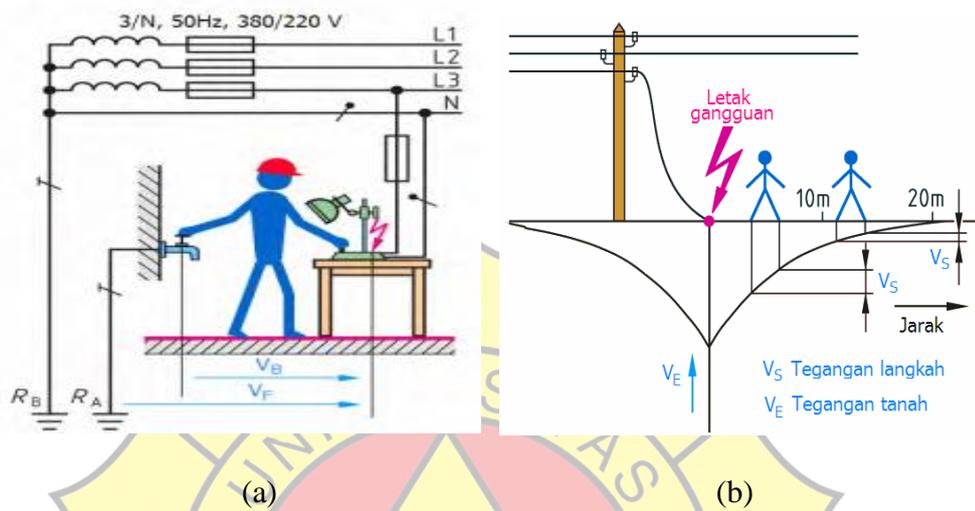
Gambar 2.6 Tegangan Sentuh Tidak Langsung^[7]

Dalam gambar ini terlihat jelas perbedaan antara sebelum dan setelah ada pentanahan pada alat yang terbungkus dengan bahan yang terbuat dari logam (penghantar). Pada keadaan sebelum diketanahkan, bila terjadi arus gangguan (arus bocor), maka selungkup alat mempunyai tegangan terhadap tanah sama dengan tegangan sumber (tegangan antara L-N). Tegangan ini sudah tentu sangat membahayakan operator atau orang yang menyentuh selungkup alat tersebut dan pengaman arus beban lebih tidak bekerja memutuskan aliran bila tidak melampaui batas kerjanya. Sehingga kalau pun terjadi sengatan pada manusia alat pengaman ini masih belum akan bekerja karena arus listrik yang mengalir ke tubuh tidak cukup besar untuk bekerjanya pengaman akibat dari adanya tahanan tubuh yang relatif besar. Sedangkan, pada keadaan setelah dilakukan pentanahan, maka bila terjadi arus gangguan, karena tahanan pentanahan sangat kecil (persyaratan), maka akan mengalir arus gangguan yang sangat besar sehingga membuat bekerjanya pengaman arus lebih, yaitu dengan memutuskan peralatan dari sumber listrik. Dalam waktu terjadinya arus gangguan ini, dan dengan tahanan pentanahannya sangat rendah, tegangan sentuh dapat dibatasi pada batas amannya.^[7]

2.5.2 Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang terjadi akibat aliran arus gangguan yang melewati tanah. Arus gangguan ini relatif besar dan bila mengalir dari tempat terjadinya gangguan kembali ke sumber (titik netral) melalui tanah yang mempunyai tahanan relatif besar maka tegangan di permukaan tanah akan menjadi tinggi. Gambar 2.7 mengilustrasikan tegangan ini. Bila kita perhatikan Gambar 2.7 (a), satu tangan memegang dudukan lampu dan tangan satunya lagi memegang kran air. Antara kran air dan dudukan lampu dalam keadaan normal tidak bertegangan. Tetapi ketika terjadi gangguan ke tanah, arus mengalir kembali ke sumber melalui pentanahan RA dan RB. Adanya aliran arus gangguan ini menimbulkan tegangan antara letak gangguan dan RA sebesar VF dan antara kran air dan dudukan lampu sebesar VB. Besar kedua tegangan ini ditentukan oleh besar arus gangguan dan tahanan pentanahannya. Semakin besar arus dan tahanan

akan semakin besar pula tegangan sentuhnya. Besar tegangan ini harus dibatasi dalam batas aman begitu juga lama waktu terjadinya tegangan harus dibatasi sependek mungkin. Lama waktu terjadinya tegangan ini dibatasi oleh waktu kerja alat pengaman arus lebih.^[7]



Gambar 2.7 Tegangan Langkah^[7]

International Electrotechnical Commission (IEC) merekomendasikan besar dan lama tegangan sentuh maksimum yang diperbolehkan seperti dalam tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Tegangan Sentuh dan Waktu Pemutus Maksimum^[7]

Tegangan Sentuh RMS Maksimum (V)	Waktu Pemutusan Maksimum (Detik)
<50	~
50	5,0
75	1,0
90	0,5
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

Berdasarkan tabel ini dapat dikatakan bahwa semakin tinggi tegangan sentuh semakin pendek waktu pemutusan yang dipersyaratkan bagi alat pengaman proteksinya. Untuk tegangan sentuh kurang dari 50 V AC tidak ada persyaratan waktu pemutusannya, yang berarti bahwa tegangan itu diperkenankan sebagai tegangan permanen.^[7]

Bila terjadi gangguan tanah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.7 (b), di mana ada salah satu saluran fasa putus dan menyentuh tanah, maka akan terjadi tegangan eksposur dengan gradien seperti ditunjukkan oleh gambar. Tegangan ini ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah yang besar yang mengalir melalui tanah untuk kembali lagi ke sumber. Gradien tegangan semakin menurun dengan semakin jauhnya jarak dari letak gangguan. Tegangan ini sangat membahayakan orang yang ada di atas tanah/lantai sekitar terjadinya gangguan tersebut walaupun yang bersangkutan tidak menyentuh bagian-bagian mesin. Tegangan ini adalah tegangan antar kaki dan karena itulah kemudian disebut tegangan langkah. Tegangan langkah harus dibatasi serendah mungkin dan dalam waktu yang sependek-pendeknya. Besar tegangan langkah diminimalisir dengan sistem pentanahan sedangkan waktu pemutusannya dilakukan dengan peralatan pengaman.

2.5.3 Tegangan Eksposur

Ketika terjadi gangguan tanah dengan arus yang besar akan memungkinkan timbulnya beda potensial antara bagian-bagian yang dilalui arus dan antara bagian-bagian yang tidak dilalui arus terhadap tanah yang disebut tegangan eksposur. Tegangan ini bisa menimbulkan busur tanah (*grounding arc*) yang memungkinkan terjadinya kebakaran atau ledakan. Arus gangguan tanah di atas 5A cenderung tidak dapat padam sendiri sehingga menimbulkan potensi kebakaran dan ledakan. Dengan sistem pentanahan ini, membuat potensial semua bagian struktur, peralatan dan permukaan tanah menjadi sama (*uniform*) sehingga mencegah terjadinya loncatan listrik dari bagian peralatan ke tanah. Yang tidak kalah pentingnya adalah ketika terjadi gangguan tanah, tegangan fasa yang mengalami gangguan akan menurun. Penurunan tegangan ini sangat mengganggu

kinerja peralatan yang sedang dioperasikan. Kejadian ini pula bisa mengganggu kerja paralel generator-generator sehingga secara keseluruhan akan mengganggu kinerja sistem tenaga.^[7]

Rural Electrification Administration (REA), AS, merekomendasi tegangan langkah dan waktu pemutusan maksimum yang diperbolehkan seperti tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Tegangan Langkah dan Waktu Pemutusan Gangguan Maksimum yang Diizinkan^[7]

Lama Gangguan t (detik)	Tegangan Langkah yang Diizinkan (V)
0,1	7.000
0,2	4.950
0,3	4.040
0,4	3.500
0,5	3.140
1,0	2.216
2,0	1.560
3,0	1.280

Jadi secara singkat, pentanahan peralatan ini dimaksudkan untuk :

1. mengamankan manusia dari sengatan listrik baik dari tegangan sentuh maupun tegangan langkah.
2. mencegah timbulnya kebakaran atau ledakan pada bangunan akibat busurapi ketika terjadi gangguan tanah.
3. memperbaiki kinerja sistem.

2.7 Elektroda Pentanahan dan Tahanan Pentanahan

Elektroda Pentanahan dan Tahanan Pentanahan Tahanan pentanahan harus sekecil mungkin untuk menghindari bahaya-bahaya yang ditimbulkan oleh adanya arus gangguan tanah. Hantaran netral harus diketanahkan di dekat sumber listrik atau transformator, pada saluran udara setiap 200 m dan di setiap konsumen. Tahanan pentanahan satu elektroda di dekat sumber listrik, transformator atau jaringan saluran udara dengan jarak 200 m maksimum adalah 10 Ohm dan tahanan pentanahan dalam suatu sistem tidak boleh lebih dari 5 Ohm.^[7]

Seperti yang telah disampaikan di atas bahwa tahanan pentanahan diharapkan bisa sekecil mungkin. Namun dalam prakteknya tidaklah selalu mudah untuk mendapatkannya karena banyak faktor yang mempengaruhi tahanan pentanahan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah:

1. Bentuk elektroda.

- Ada bermacam-macam bentuk elektroda yang banyak digunakan, seperti jenis batang, pita dan pelat.

2. Jenis bahan dan ukuran elektroda.

Sebagai konsekwensi peletakannya 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. Ukuran elektroda dipilih yang mempunyai kontak paling efektif dengan tanah.

3. Jumlah/konfigurasi elektroda.

Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang dikehendaki dan bila tidak cukup dengan satu elektroda, bisa digunakan lebih banyak elektroda dengan bermacam-macam konfigurasi pemancangannya didalam tanah.

4. Kedalaman pemancangan/penanaman di dalam tanah.

Pemancangan ini tergantung dari jenis dan sifat-sifat tanah. Ada yang lebih efektif ditanam secara dalam, namun ada pula yang cukup ditanam secara dangkal.

5. Faktor-faktor alam Dan Jenis tanah.

tanah gembur, berpasir, berbatu, dan lainlain, moisture tanah: semakin tinggi kelembaban atau kandungan air dalam tanah akan memperrendah tahanan jenis tanah; kandungan mineral tanah: air tanpa kandungan garam adalah isolator yang baik dan semakin tinggi kandungan garam akan memperrendah tahanan jenis tanah, namun meningkatkan korosi; dan suhu tanah: suhu akan berpengaruh bila mencapai suhu beku dan di bawahnya. Untuk wilayah tropis seperti Indonesia tidak ada masalah dengan suhu karena suhu tanah ada di atas titik beku.

2.8 Jenis – Jenis Elektroda Pentanahan

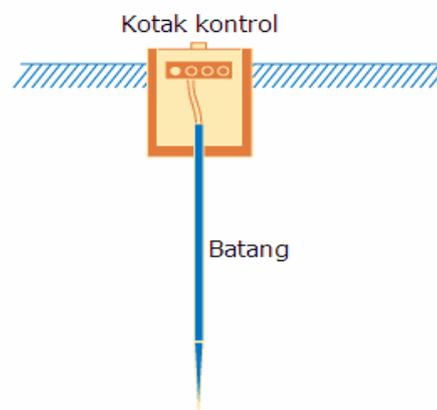
Pada prinsipnya jenis elektroda dipilih yang mempunyai kontak sangat baik terhadap tanah. Berikut ini akan dibahas jenis-jenis elektroda pentanahan dan rumus-rumus perhitungan tahanan pentanahannya.

Berikut adalah jenis-jenis elektroda yang banyak digunakan:

1. Elektroda Batang (Rod).
2. Elektroda Pita.
3. Elektroda Plat.

2.8.1 Elektroda Batang (Rod)

Berdasarkan jenis-jenis elektroda pentanahan yang sering gunakan secara umum, berikut gambar serta keterangan elektroda batang (Rod).



Gambar 2. 8 Elektroda Batang^[7]

Elektroda batang ialah 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 induk-gardu induk. Secara teknis, elektroda batang ini mudah pemasangannya, yaitu tinggal memancangkannya ke dalam tanah. Di samping itu, elektroda ini tidak memerlukan lahan yang luas.^[7]

Contoh untuk n pentanahan batang berlaku peramaan berikut:

$$R_n = \frac{\eta R}{N} \dots\dots\dots [2.1]$$

Dimana :

R_n = Tahanan Pentanahan

R = Tahanan Terpisah

η = Koefisien kombinasi

N = Jumlah elektroda pentanahan

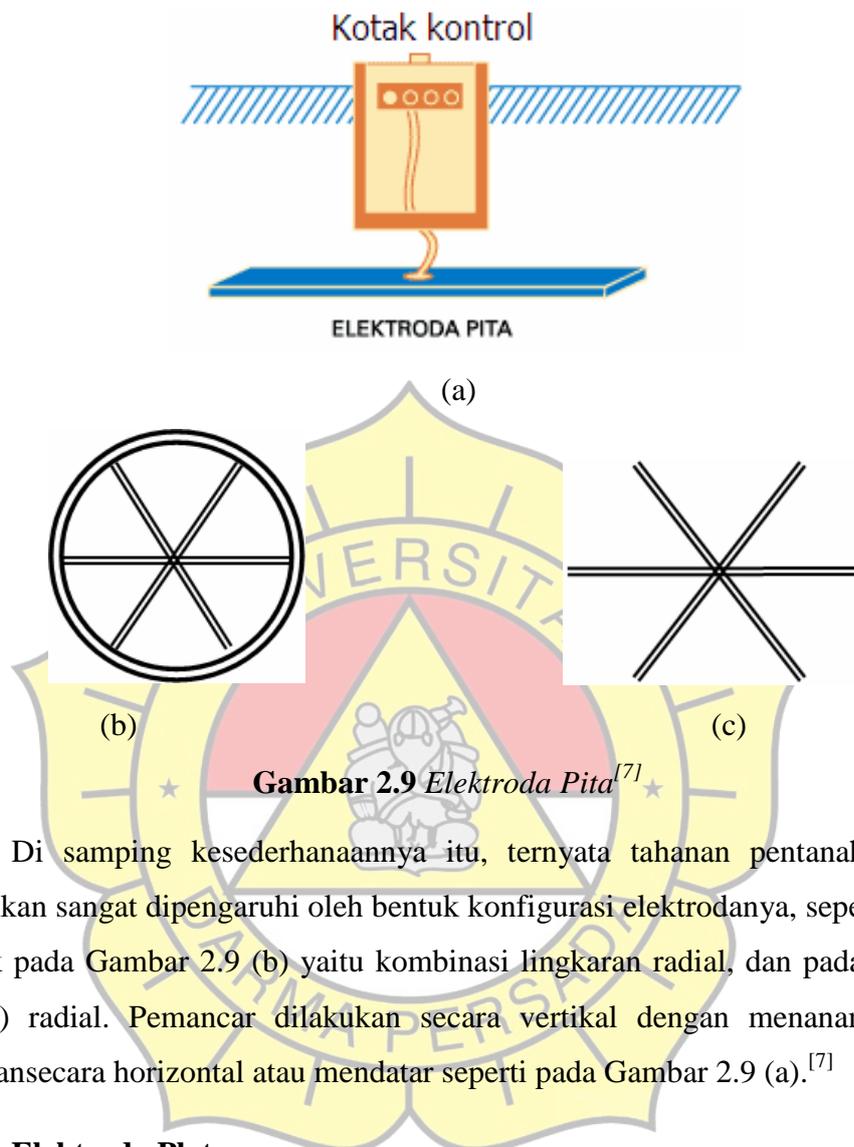
η tergantung dari jarak antara maing - masing yang harganya diperlihatkan dalam table berikut.^[9]

Tabel 2. 3 Nilai Koefisien Kombinasi^[9]

Jarak (m)	0,5	1	2	3	4	5
η	1,35	1,20	1,15	1,10	1,05	1,0

2.8.2 Elektroda Pita

Elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Kalau pada elektroda jenis batang, pada umumnya ditanam secara dalam. Pemasangan ini akan bermasalah apabila mendapati lapisan-lapisan tanah yang berbatu, disamping sulit pemancangannya, untuk mendapatkan nilai tahanan yang rendah juga bermasalah. Ternyata sebagai pengganti pemancangan secara vertikal ke dalam tanah, dapat dilakukan dengan menanam batang hantaran secara mendatar (horisontal) dan dangkal.^[7]

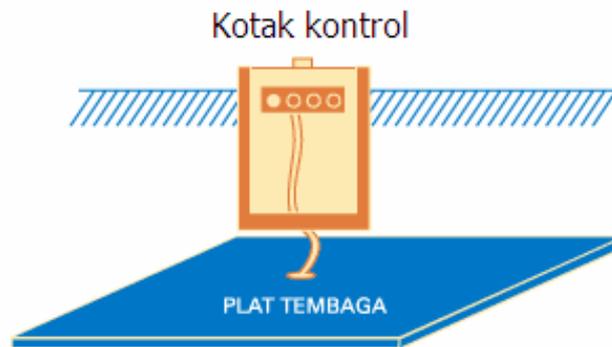


Gambar 2.9 Elektroda Pita^[7]

Di samping kesederhanaannya itu, ternyata tahanan pentanahan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi elektrodanya, seperti dalam bentuk pada Gambar 2.9 (b) yaitu kombinasi lingkaran radial, dan pada Gambar 2.9 (c) radial. Pemancar dilakukan secara vertikal dengan menanam batang hantaran secara horizontal atau mendatar seperti pada Gambar 2.9 (a).^[7]

2.8.3 Elektroda Plat

Pada umumnya elektroda ini ditanam dalam. Elektroda ini digunakan bila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.^[7]



Gambar 2.10 Elektroda Plat^[7]

Elektroda pelat merupakan elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa.

2.9 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan jenis tanah sangat menentukan tahanan pentanahan dari elektrodaelektroda pentanahan. Tahanan jenis tanah diberikan dalam satuan Ohm-meter. Dalam bahasan di sini menggunakan satuan Ohm-meter, yang merepresentasikan tahanan tanah yang diukur dari tanah yang berbentuk kubus yang bersisi 1 meter.^[7]

Yang menentukan tahanan jenis tanah ini tidak hanya tergantung pada jenis tanah saja melainkan dipengaruhi oleh kandungan moistur, kandungan mineral yang dimiliki dan suhu (suhu tidak berpengaruh bila di atas titik beku air). Oleh karena itu, tahanan jenis tanah bisa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat yang lain tergantung dari sifat-sifat yang dimilikinya. Sebagai pedoman kasar, tabel berikut ini berisikan tahanan jenis tanah yang ada di Indonesia.^[7]

Tabel 2.4 Tahanan Jenis Tanah^[2]

NO	Deskripsi tanah	Tahanan Jenis tanah (ohm-m)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan tanah lading	100
3	Pasir basah	200
4	Krikil basah	500
5	Pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

Pengetahuan ini sangat penting khususnya bagi para perancang sistem pentanahan. Sebelum melakukan tindakan lain, yang pertama untuk diketahui terlebih dahulu adalah sifat-sifat tanah di mana akan dipasang elektroda pentanahan untuk mengetahui tahanan jenis pentanahan. Apabila perlu dilakukan pengukuran tahanan tanah. Namun perlu diketahui bahwa sifat-sifat tanah bisa jadi berubah-ubah antara musim yang satu dan musim yang lain. Hal ini harus betul-betul dipertimbangkan dalam perancangan sistem pentanahan. Bila terjadi hal semacam ini, maka yang bisa digunakan sebagai patokan adalah kondisi kapan tahanan jenis pentanahan yang tertinggi. Ini sebagai antisipasi agar tahanan pentanahan tetap memenuhi syarat pada musim kapan tahanan jenis pentanahan tinggi, misalnya ketika musim kemarau.^[7]

2.10 Tahanan Pentanahan

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 elektrode atau pasak tanah yang ditancapkan cukup dalam dibawah

permukaan tanah. Hasil terbaik akan diperoleh apabila kedalaman elektrode atau pasak mencapai tingkat kandungan air yang tetap.^[5]

Tabel berikut ini dapat digunakan sebagai acuan kasar harga tahanan pentanahan pada tanah dengan tahanan jenis tanah tipikal berdasarkan jenis dan ukuran elektroda.

Tabel 2.5 Reistansi Pembumian Pada Resistansi Jenis^[2]

Jenis Elektrode	Pipa atau Penghantar Pilin				Barang atau Pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas - ± 1 m dibawah permukaan tanah	
	Panjang (m)				Panjang (m)				Ukuran (m ²)	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5x1	1x1
Resistansi Pembumian (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Untuk tahanan jenis tanah yang lain (ρ), nilai tahanan pentanahan adalah nilai pentanahan dalam table dikalikan dengan faktor.

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \frac{\rho}{100} \dots \dots \dots [2.2]$$

Yang dimana (ρ) tahanan jenis tanah yang lain, dan tahanan pentanahan pada jenis tanah dengan tahanan jenis $\rho_1 = 100$

2.11 Luas Penampang Elektroda Pentanahan

Ukuran elektroda pentanahan akan menentukan besar tahanan pentanahan. Berikut ini adalah tabel yang memuat ukuran-ukuran elektroda pentanahan yang umum digunakan dalam sistem pentanahan. Tabel ini dapat digunakan sebagai petunjuk tentang pemilihan jenis, bahan dan luas penampang elektroda pentanahan.^[7]

Tabel 2.6 Luas Penampang Minimum Elektroda Pentanahan^[7]

No	Jenis Elektroda	Bahan		
		Baja berlapis seng	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda Batang	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa baja 25 mm - Baja profil (mm) L 65x65x7 U 6,5 T 6x50x3 - Batang profil lain yang setaraf 	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 2,5 mm	
2	Elektroda Pita	<ul style="list-style-type: none"> - Pita baja 100 mm² setebal minimum 3 mm² - Penghantar pilin 95 mm² (bukan kawat halus) 	- 50 mm ²	<ul style="list-style-type: none"> - Pita tembaga 50 mm² tebal minimum 2 mm² - Penghantar pilin 35 mm² (bukan kawat halus)
3	Elektroda Plat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²