

STUDI PEMBUMIHAN NETRAL JARINGAN LISTRIK

Oleh:

Janter Napitupulu ¹⁾

Gozali ²⁾

Immanuel Munthe ³⁾

Universitas Darma Agung, Medan ¹⁾

Teknik PT.Aulia Rizky Engineering ²⁾

Akademi Teknologi Industri Immanuel ³⁾

E-mail :

jantermh@gmail.com ¹⁾

Goztan88@yahoo.co.id ²⁾

imanuelmunthe813@gmail.com ³⁾

ABSTRACT

An Electric Power System is always equipped with a neutral point grounding from the Generator as an electric machine that generates power, as well as a transformer neutral point grounding as an electrical machine and the distribution network that distributes it. The function of grounding here is as a protector against electrical interference from outside, resulting in an overvoltage in a healthy phase. This excess voltage will be neutralized through the resistance conductor. Also with the occurrence of load imbalance resulting in a live neutral phase that can be neutralized with the resistance. In addition, grounding can function as a protector of the machine body which is connected to the resistance line in the event of an overvoltage or short-circuit fault. Some of the important objectives of grounding are to protect phase-to-ground faults in the form of transients and continuous faults, prevent large fault currents from occurring, and reduce fault currents to their minimum values. The grounding system must meet the standards and requirements in order to work effectively. Grounding must use materials that are corrosion resistant to various chemical conditions that have low resistance values so that they can transmit large and repeated fault currents. The principle is Ohm's Law, namely $E = I \times R$. The framework of the Electrical Machine which is connected to the ground through a grounding system with a resistance above the standard will have a voltage if there is a phase-to-ground fault.

Keywords: *Resistance, Specific resistance, Neutral wire, Electrode*

ABSTRAK

Suatu Sistem Tenaga Listrik selalu dilengkapi dengan pentanahan titik netral dari Generator sebagai mesin listrik yang membangkitkan daya, demikian pula pentanahan titik netral trafo sebagai mesin listrik dan jaringan distribusi yang menyalurkannya. Fungsi pengetanahan disini adalah sebagai pelindung terhadap adanya gangguan listrik dari luar sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan lebih pada fasa yang sehat. Kelebihan tegangan ini akan dinetralisasi melalui konduktor (penghantar) pentanahan. Juga dengan terjadinya ketidakseimbangan beban yang mengakibatkan fasa netral yang bertegangan dapat dinetralisasi dengan pentanahan tersebut. Selain itu, pentanahan dapat berfungsi sebagai pelindung body mesin yang dihubungkan dengan hantaran pentanahan bila timbul gangguan tegangan lebih maupun gangguan hubung singkat. Beberapa tujuan penting dari pentanahan adalah memproteksi gangguan fasa ke tanah baik berupa transien maupun gangguan yang

berlangsung terus menerus, mencegah timbulnya arus gangguan yang besar, dan mengurangi arus gangguan sampai harga minimumnya. Sistem pentanahan harus memenuhi standard dan syarat agar dapat bekerja efektif. Pentanahan harus menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi yang memiliki nilai tahanan rendah agar dapat menyalurkan arus gangguan yang besar dan berulang-ulang. Prinsipnya, adalah Hukum Ohm yaitu $E = I \times R$. Kerangka Mesin Listrik yang terhubung ke tanah melalui sistem pentanahan dengan tahanan diatas standard akan memiliki tegangan bila terjadi gangguan fasa ke tanah.

Kata Kunci : Resistansi, Tahanan jenis, Kawat netral, Elektroda

I. PENDAHULUAN

Pentanahan yang dilakukan pada titik netral mesin listrik dan pentanahan kerangka mesin dilakukan dengan cara menghubungkan kerangka mesin maupun fasa netral melalui konduktor ke bumi. Pentanahan netral jaringan tegangan listrik ini dilakukan untuk mencegah bahaya tegangan yang timbul antara fasa yang terganggu serta netral yang terhubung ke bumi dapat digunakan sebagai hantaran kembali bila terjadi hubung singkat antara hantaran fasa dengan bagian yang diketanahkan tersebut. Demikian pula jaringan tegangan listrik dapat mencegah arus kebocoran ke tanah yang terus – menerus yang dapat mengakibatkan terjadinya kebakaran.

Dalam penerapan pentanahan netral jaringan tegangan listrik ini, bila terjadi hubung singkat antara hantaran fasa dengan netral/tanah maka, akan timbul panas disekeliling sambungan elektroda pentanahan. Panas ini menyebabkan penguapan yang menyebabkan harga tahanan pentanahan bertambah besar. Akibatnya arus hubung singkat yang disalurkan akan menjadi bertambah kecil.

Pada sistem tenaga listrik sering terjadi kecelakaan terhadap manusia. Dalam hal ini bila terjadi hubungan langsung dimana manusia berada dalam daerah yang mempunyai gradien tegangan yang tinggi, misalnya terjadi hubungan antara fasa dengan kerangka peralatan, kerangka ini menjadi bertegangan. Untuk mencegah terjadinya tegangan kejut yang berbahaya kerangka peralatan itu harus dihubungkan ketanah melauai impedansi / elektroda pentanahan yang rendah, dan

impedansi pentanahan itu harus sedemikian kecilnya sehingga tegangan I.Z yang timbul pada kerangka tidak berbahaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sistem Pentanahan dengan Kawat Netral

Kawat tanah merupakan perangkat perlindungan pada jaringan listrik. Pada jaringan tegangan tinggi kawat tana enjadi perlindungan terhadap sambaran langsung petir[1]. Sistem pentanahan kawat netral dilakukan dengan menghubungkan fasa netral dengan bumi melalui suatu konduktor. Dalamnya konduktor yang ditanamkan ke dalam bumi tergantung kepada keadaan tahanan tanah tersebut. Menurut PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) tahun 1977 pasal 325 B₃ hal 34 bahwa tahanan pentanahan total dari seluruh sistem tidak boleh lebih dari 5 ohm dan dengan luas penampang 16 mm² untuk hantaran diatas tanah setiap jarak 200 meter dan 100 mm² untuk pipa baja yang digalvanisasi dengan tebal 3mm untuk hantaran didalam tanah.

Jika bahan hantaran tanah tersebut sama dengan hantaran phasanya maka hantaran pentanahannya diatur sebagai berikut:

Tabel 1. Hantaran Pentanahan

Hantaran fasa mm ²	Hantaran Netral	
	Dalam pipa instalasi, kabel berurat banyak dan kabel tanah mm ²	Pada saluran udara dan instalasi pasangan terbuka di di alam

		terbuka maupun dalam bangunan (mm ²)
1,5	1,5	
2,5	2,5	
4	4	4
6	6	6
10	10	10
16	16	16
25	16	25
35	16	35
50	25	50
70	35	50
95	50	50
120	70	70
150	70	70
195	95	95
240	120	120
300	150	150
400	185	185

II.2 Sambungan Pentanahan

Sistem pentanahan pada pusat – pusat distribusi mempunyai persyaratan yang harus dipenuhi seperti hal di bawah ini :

1. Sistem pentanahan tegangan tinggi yang dipasang pada pusat distribusi harus selalu dijaga terpisah.
2. Tahanan tanah dari sambungan – sambungan tanah tegangan tinggi dan tegangan rendah berharga tidak lebih dari 30 ohm untuk satu elektroda.
3. Elektroda – elektroda dari sistem pentanahan tegangan tinggi diletakkan tidak kurang dari jarak 6 feet (1,82 meter) terhadap sistem tegangan rendah.
4. Jarak (clearance) diantara tiap hantaran atau bagian logam yang dihubungkan ke sistem pentanahan tegangan tinggi dan setiap hantaran atau bagian penghantar yang dihubungkan ke sistem pentanahan tegangan rendah sebaiknya tidak kurang dari 1,5 inci.

Pemisahan secara fisis yang disyaratkan dibagian (4) diatas adalah sangat penting sebab keadaan kerusakan peralatan – peralatan yang disebabkan oleh surja petir, busur (break down) tegangan tinggi ke netral sistem tegangan rendah akan terjadi bila jarak tidak terjaga tetap.

Sambungan tanah dari sistem pentanahan tegangan tinggi ditempatkan, dipasangkan dan dijaga tetap agar mempunyai tahanan, ke tanah selamanya tidak lebih dari 30 ohm. Hantaran – hantaran pentanahan tegangan tinggi digunakan untuk membuat sambungan – sambungan itu tidak akan lebih kecil dari luas penampang sebagai mana dinyatakan dalam Tabel II.1 dibawah ini :

Tabel 2. Hantaran pentanahan tegangan

tinggi

Level Gangguan 3 phasa	Ukuran minimum daripada hantaran pentanahan
Kurang dari 5000 A	0,035 in ² (22,6 mm ²)
5000 A sampai 10.000 A	0,06 in ² (39,3 mm ²)
Di atas 10.000 A	0,10 in ² (64,5 mm ²)

Sambungan tanah dan penyambungannya adalah sedemikian rupa hingga tahanan tanah tidak melebihi harga yang dinyatakan dibawah ini :

Transformator dengan rating 50 KVA tahanan tanahnya adalah maksimum 30 ohm untuk sebuah elektroda trafo dengan rating 50 KVA sampai dengan 500 KVA tahanan tanahnya adalah maksimum 15 ohm untuk sebuah elektroda. Trafo dengan rating sampai 500 KVA keatas tahanan tanahnya adalah 10 ohm untuk sebuah elektroda.

Hantaran – hantaran yang digunakan untuk menyambung terminal netral atau batang netral hantaran netral dari jala distribusi yang keluar disesuaikan dengan Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Hantaran – hantaran penyambung

Ukuran hantaran aktif	Ukuran minimum hantaran
--------------------------	----------------------------

	penyambung
Kurang dari 0,2 in ² (129 mm ²)	Tidak kurang dari seperempat hantaran aktif terbesar, lebih besar dari 0,035 in ² (22,5 mm ²)
Lebih dari 0,2, in ² (129 mm ²)	Tidak kurang dari separuh hantaran aktif terbesar, lebih besar dari 0,1 in ² (64,5 mm ²)

II.3 Interkoneksi Sistem Pentanahan Tegangan Tinggi

Sistem pentanahan tegangan tinggi dan sistem pentanahan tegangan rendah bisa saling dihubungkan pada Gardu Distribusi bila mana keadaan tersebut dipenuhi:

1. Hantaran – hantaran pentanahan terpisah digunakan untuk menghubungkan perlengkapan perlengkapan tegangan tinggi dan tegangan rendah ketanah. Interkoneksi dari sistem pentanahan tegangan tinggi dan tegangan rendah harus dilakukan dekat dengan sambungan tanah.
2. Tahanan tanah dari sistem sistem pentanahan tegangan tinggi dan tegangan rendah diinterkoneksi tidak boleh lebih dari harga 10 ohm
3. Rusaknya sambungan diantara sistem pentanahan tegangan tinggi dan rendah tidak boleh mengakibatkan dalam suatu tahanan tanah lebih dari 30 ohm. Karena salah satu tujuan pentanahan disini adalah untuk memperkecil rugi – rugi, sesuai dengan hukum ohm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1 Elektroda pentanahan

Keefektifan dari elektroda pentanahan untuk melengkapi suatu sambungan diantara sistem pentanahan dengan masa bumi, tergantung dari beberapa faktor jenis – jenis elektroda yang dipasang.

Elektroda pentanahan sebaiknya ditanam dalam bagian tanah yang selalu basah, bila elektroda ini dalam bentuk plat, luas minimum 2 ft² (0,185 m²). Bila terbuat dari plat tembaga tebalnya tidak boleh kurang dari 0,6 inci, bila dari besi atau dari baja tidak boleh kurang dari ¼ inci tebalnya.

Elektroda dalam bentuk pipa harus mempunyai diameter tidak kurang dari ½ inci (baik pipa baja maupun pipa besi). Pipa baja atau pipa besi harus dari jenis yang galvanisir, dan pipa ini harus ditanam minimum mencapai 8 ft (2,4 meter), dan tidak boleh dicat permukaannya serta dilapis dengan lapisan yang bersifat isolasi listrik.

Driven elektroda cara pemasangannya vertikal kedalamannya harus tidak kurang dari 4 ft (1,2 meter). Dan mungkin lebih dari itu untuk memperoleh tahanan tanah yang cukup rendah, elektroda strip, penanamannya pada kedalaman tidak kurang dari 18 inci dibawah permukaan tanah, sedangkan elektroda plat penanamannya tidak kurang dari 4 ft (1,2 meter) dibawah permukaan tanah.

Kedalaman dari elektroda yang di tanam adalah merupakan faktor yang paling penting yang akan mempengaruhi tahanan tanahnya, pertama oleh sebab volume dari permukaan tanah mempengaruhi langsung kenaikan panjang elektroda dibawah permukaan tanah, dan yang kedua tahanan jenis tanah akan turun dengan semakin dalamnya elektroda dalam tanah.

Bila hantaran – hantaran yang menghubungkan keelektroda – elektroda terlihat dari luar (misalnya pada pusat distribusi netral sistem dihubungkan ke tanah), maka hantaran – hantaran ini harus dilindungi terhadap kerusakan – kerusakan mekanis. Pemilihan bahan dan pemakiannya harus hati – hati untuk sambungan – sambungan keelektroda untuk menghindari kemungkinan adanya korosi elektrolit, misalnya karena adanya

perbedaan jenis material pada sambungan – sambungan elektroda tersebut.

Pada umumnya tahanan jenis tanah bernilai 10000 ohm / cm, kalau sebuah elektroda dari pipa air minum terbuat dari logam dengan diameter 1 inci dan panjang 2,5 meter dimasukkan dalam tanah, tahanan elektroda ini mungkin bernilai ± 30 ohm / cm, jadi bila kita menghendaki tahanan hanya 3 ohm / cm, maka haruslah kita pasang elektroda tanah secara paralel sebanyak 10 buah dan jaraknya tidak boleh kurang dari 3 meter.

Bahan elektroda dibuat dari bahan logam yang tahan korosi, seperti hard draw baja berlapis tembaga dan stainless steel, dan dianggap ekonomis dalam daerah – daerah korosip yaitu pada daerah dimana tahanan jenis tanah sangat rendah (misalnya 3000 ohm / cm). Secara umum elektroda digalvanisir cukup aman bilamana digunakan dalam daerah – daerah dimana tahanan jenis tanahnya 3000 ohm / cm.

Meskipun tahanan diantara tanah dan elektroda tergantung dari keadaan tanah yang tertentu dimana elektroda berhubungan bagi elektroda yang benar – benar, misalnya 2 inci diameternya tidak mengurangi harga tahanannya dibandingkan dengan elektroda – elektroda dengan diameter ½ inci atau ¾ inci. Tahanan dari elektroda diameter 1 inci, ¾ inci, dan ½ inci terlihat pada grafik 8. diameter minimum dari suatu elektroda tegak lebih banyak ditentukan pertimbangan secara mekanis dari pada secara listrik, dan dalam praktek pemilihan diameter dianggap cukup kuat sampai mudah bagi elektroda tersebut ditancapkan kedalam tanah, untuk tahanan jenis tanah tertentu dengan tanpa mengalami perubahan bentuk. Makin besar diameter biasanya makin sukar untuk ditancapkan ke dalam tanah.

Salah satu cara untuk mengatasi persoalan memperoleh sambungan tanah dengan tahanan rendah ialah dengan elektroda – elektroda strip yang dibenam, pada tempat dengan tahanan jenis tanah

yang tinggi terutama pada permukaan tanah berlapis serta berpadas dimana penempatan elektroda jenis tegak tidak dimungkinkan, elektroda strip biasanya terbuat dari bahan tembaga dengan ukuran 1 x 1/16 inci atau kabel tembaga telanjang pada penampang 0,04 in² (25,8 mm²) – 0,06 in² (38,7 mm²) yang diletakkan pada kedalaman tidak kurang dari 18 inci dan penanaman lebih dalam hanya sedikit memberikan keuntungan. Kedalaman 3 feet (1 meter) merupakan batas ekonomis dari penanaman elektroda strip, tahanan tanahnya akan berkurang kira – kira 5 % dibandingkan dengan apabila ditanam pada kedalaman 18 inci, dan untuk memperoleh tahanan tanah yang lebih rendah biasanya diusahakan dengan memasang elektroda yang lebih panjang.

Tabel 4. Data umum tahanan jenis tanah.

NO	Jenis Permukaan tanah	Tahanan jenis Ohm / cm
1	Tanah rawa	3000
2	Tanah liat dan tanah ladang	10000
3	Pasir basah	20000
4	Kerikil basah	50000
5	Pasir dan kerikil kering	100000
6	Tanah berbatu	300000

III.2 Perhitungan dari Tahanan Tanah Suatu Elektroda

Bila tahanan jenis permukaan tanah diketahui, maka tahanan (R) dari suatu elektroda tunggal dapat dihitung, untuk elektroda tegak (Driven Elektroda):

$$R = \frac{\rho}{83 \times L} \log \frac{48 \times L}{d}$$

Dimana :

R = tahanan (ohm)

ρ = tahanan jenis tanah (ohm / cm)

L = panjang elektroda (feet)

D = diameter elektroda (inci)

b. Strip Elektroda

$$R = \frac{\rho}{83 \times L} \log \frac{24 \times L^2}{wt}$$

Dimana :

t = kedalaman (feet)

W = lebar (untuk drip)

= 2 x diameter (bulat) (in)

Contoh :

Diambil tahanan tanah, 10000 ohm / cm, tahanan tanah pada bermacam – macam kedalaman dari elektroda pipa air minum terbuat dari logam dengan diameter 1 inci :

Rumus Elektroda Tegak :

$$R = \frac{\rho}{83 \times L} \log \frac{48 \times L}{d}$$

Untuk panjang elektroda (L) = 4 feet dan diameter (d) adalah 1 inci, tahanan jenis tanah = 10000 ohm

Maka :

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 4} \log \frac{48 \times 4}{1} \\ &= 30 \times \log 192 \\ &= 68,6 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 6 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 6} \log \frac{48 \times 6}{1} \\ &= \frac{10000}{498} \log \frac{288}{1} \\ &= 20 \log 288 \\ &= 20 \times 2,45 \\ &= 49 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 8 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 10} \log \frac{48 \times 10}{1} \\ &= \frac{10000}{830} \log 480 \\ &= 12 \times 2,6 \\ &= 31,2 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk diameter elektroda $\frac{3}{4}$ inci atau 0,75 inci dengan tahanan jenis tanah 10000 ohm / cm dan panjang elektroda berbeda.

Untuk panjang elektroda (L) = 4 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 4} \log \frac{48 \times 4}{0,75} \\ &= 30 \log 256 \\ &= 72 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 6 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 6} \log \frac{48 \times 6}{0,75} \\ &= 20 \log 384 \\ &= 51,6 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 8 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 8} \log \frac{48 \times 8}{0,75} \\ &= 15 \log 512 \\ &= 40,5 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 10 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 10} \log \frac{48 \times 10}{0,75} \\ &= 12 \log 640 \\ &= 33,6 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk diameter elektroda $\frac{1}{2}$ inci dengan tahanan jenis tanah 10000 ohm / cm dan panjang elektroda yang berbeda

Untuk panjang elektroda 4 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 4} \log \frac{48 \times 4}{0,5} \\ &= 30 \log 384 \\ &= 77,4 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 6 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 6} \log \frac{48 \times 6}{0,5} \\ &= 20 \log 576 \\ &= 55,2 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 8 feet

$$\begin{aligned} R &= \frac{10000}{83 \times 8} \log \frac{48 \times 8}{0,5} \\ &= 15 \log 768 \\ &= 43,2 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Untuk panjang elektroda 10 feet

$$R = \frac{10000}{83 \times 10} \log \frac{48 \times 10}{0,5}$$

$$= 12 \log 960$$

$$= 35,76 \text{ ohm}$$

4. KESIMPULAN

Dari uraian diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semua jaringan distribusi dan instalasi listrik diharuskan menggunakan pentanahan untuk menghindari kerusakan akibat gangguan tegangan lebih dan menghindarkan bahaya manusia dari kebocoran arus.
2. Pentanahan dapat lebih efektif jika tahanan elektroda yang ditanam dalam tanah adalah rendah, atau semakin kecil tahanan elektroda maka elektroda semakin baik untuk hantaran arus terhadap bumi dalam gangguan hubung singkat.
3. Pentanahan netral yang menggunakan elektroda pipa / batang didaerah yang mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi maka sebaiknya pentanahan elektroda dipasang secara paralel untuk mendapatkan tahanan tanah yang lebih rendah, tetapi biayanya sedikit akan lebih mahal, atau sebaiknya digunakan elektroda strip yang dipasang secara tersebar seluas mungkin. Dengan elektroda strip akan diharapkan tahanan tanah rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. J Napitupulu. A Hernandez, G Hutapea, 2021. Studi Kegagalan

Perlindungan Kawat Tanah Terhadap Sambaran Petir Pada Saluran Transmisi 150 Kv. JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO 10 (2), 60-67.

2. Djiteng Marsudi, 2006, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Balai Penerbit Graha Mulia.
3. Marsudi Djiteng, 2005, Pembangkit Energi Listrik, Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Abdul Kadir, 1998 “*Transmisi Tenaga Listrik*” Universitas Indonesia (UI-Press).
5. Cekmas Cekdin, 2005 “ *Teori Dan Contoh Soal Teknik Elektro* ” ANDI, Yogyakarta.
6. Robandi Imam, 2006 “*Desain Sistem Tenaga Modern*”, Penerbit ANDI OFFSET, Yogyakarta.
7. Stevenson Jr. William D. Prof, 1990 “*Analisa sistem Tenaga Listrik*”. Edisi 4, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. T.S. Hutauruk, 1985 “*Transmisi Daya Elektrik*” Erlangga, Jakarta.
9. Kadir, Abdul, 1996, “*Pembangkit Tenaga Listrik*”/ Abdul Kadir, - Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia, (UI-Press),
10. Pandjaitan, Bonar, 1999.,” *Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik*”, editor, Agus Widyantoro.- Jakarta, Prenhallindo,
11. Stevenson, W.D.Jr., 1993,” *Analisa system Tenaga Listrik*”, Penerbit Erlangga, Jakarta.