

**ANALISIS PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN PADA KAKI MENARA
SALURAN TRANSMISI TEGANGAN TINGGI 150 KV
BANTUL-SEMANU JOGJAKARTA**

Muhammad Suyanto¹

ABSTRACT

The research was carried out to get information about the improvement of grounding resistant value in tower feet of high-voltage network, 150 kV, along tower transmission in power station, Bantul, Semanu. A good grounding system is used to flow current into the ground and prevent the current flow into the electrical equipment if electrical fault occurs. The result of measurement has shown that ground, type grumosol has a low grounding resistant value $<10 \Omega$ because its ground texture of clay has high ability to absorb and keep water and has very tiny particles and colloid property. The grounding resistant values of type regusol, litusol, brown latosol and red mediteran are above 20Ω because of their ground texture, sand and clay. Chemical and physical reaction will take places in soil with clay structure. Its colloid property can tie/hold ion or water and sometimes free salt. The aim of this research is to get information about resistant value of soil type with almost $\leq 5 \Omega$ by installing grounding electrode made from four galvanis steel coated with bronze with 15 mm in diameter, 10 meter long and two ground rods are parallel connected with 2 m each electrode and use counterpoise grounding system model. The result of the improvement is expected to meet standard requirement, SPLN almost $\leq 5 \Omega$.

Keywords : earth resistance, earthing, electrode

INTISARI

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi tentang perbaikan nilai resistansi sistem pentanahan pada kaki menara jaringan tegangan Tinggi 150 kV di sepanjang jalur pemasangan tower, di wilayah Gardu Induk Bantul-Semanu. Sistem pentanahan yang baik diharapkan jika terjadi arus gangguan dapat langsung mengalir ke tanah bukan ke peralatan-peralatan listrik.

Nilai resistansi pentanahan di lapangan menunjukkan, bahwa jenis tanah grumosol mempunyai nilai hambatan pentanahan yang rendah rata-rata $<10 \Omega$, karena tekstur tanah berupa lempung mempunyai kemampuan menyerap dan menahan air yang tinggi dan memiliki bentuk partikel yang sangat kecil atau juga disebut bersifat koloid, sedangkan tanah-tanah regusol, litusol, latosol dan mediteran merah mempunyai nilai hambatan pentanahan rata-rata $>20 \Omega$, mengingat tekstur tanah dari pasir dan geluh-geluh lempung. Tanah bersifat koloid, kebanyakan berstruktur lempung sehingga akan terjadi reaksi kimia dan fisika, kondisi demikian dapat mengikat ion-ion atau air dan kadang-kadang garam-garam bebas. Penelitian tersebut diharapkan akan memberikan informasi nilai hambatan jenis tanah mendekati nilai $\leq 5 \Omega$ dengan cara memasang elektrode pentanahan jenis baja galvanis berlapis tembaga berdiameter 15 mm, panjang 10 m berjumlah 2 batang dihubungkan secara paralel pada jarak antar elektrode 2 m, dengan model sistem pentanahan *counterpoise*. Hasil perbaikan, diharapkan dapat memenuhi syarat ketetapan sesuai dengan ketentuan SPLN $\leq 5 \Omega$.

Kata kunci : Resistansi tanah, Pentanahan, Elektroda

Pendahuluan

Sistem Pentanahan menara saluran transmisi, erat kaitannya dengan suatu usaha pengamanan peralatan sistem maupun personil/operator/makhluk hidup. Perencanaan pentanahan yang baik, memerlukan ketelitian dan keseksamaan yang

tinggi, sehingga dapat diperoleh perlindungan yang terpercaya baik untuk sistem atau peralatan maupun untuk manusia serta makhluk hidup itu sendiri. Perlindungan ini menjamin pelayanan yang terus-menerus dan usia peralatan akan bertambah panjang.

¹ Staf pengajar Jurusan Teknik Elektro, FTI, ISTA Yogyakarta

Sistem pentanahan merupakan salah satu sistem pengamanan terhadap gangguan hubung singkat ke tanah yang terjadi pada suatu sistem atau peralatan. Seperti gangguan satu fase ke tanah, gangguan dua fase ke tanah dan atau gangguan tiga fase ke tanah. Peralatan-peralatan listrik yang sering diamankan terhadap gangguan hubung singkat ke tanah misal: generator, transformator, motor listrik, serta peralatan listrik lainnya bertujuan untuk menghindari terjadinya kenaikan tegangan pada fase yang tidak terganggu.

Gangguan hubung singkat akan menyebabkan mengalirnya arus yang cukup besar akan, merusak peralatan yang terpasang dan membahayakan manusia di sekitarnya bilamana tidak segera diputuskan. Agar tidak terjadi pemutusan, maka diperlukan sistem perlindungan yang mampu melindungi sistem terhadap kemungkinan terjadinya gangguan hubung singkat ke tanah dengan memutus secepat mungkin arus yang dapat mengalir kearah peralatan pemutus (*circuit-breaker*). diperlukan nilai pentanahan sekecil mungkin agar arus gangguan mengalir ke tanah bukan ke peralatan-peralatan.

Permasalahan yang sering timbul adalah nilai hambatan pentanahan akan berbeda-beda pada suatu tempat, hal ini disebabkan antara lain komposisi tanah yang berbeda, kandungan air tanah yang tidak sama, kelembaban tanah, dan juga jenis tanah pada dasarnya terdiri atas tanah rawa, tanah liat, tanah ladang, tanah pasir, tanah kerikil, dan tanah berbatu. Keadaan tersebut diatas menentukan terhadap nilai resistansi pentanahan dan berpengaruh terhadap hantaran listriknya.

Sistem tenaga listrik pada dasarnya dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu : pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi, distribusi dan konsumen. penyaluran energi listrik ke konsumen selain memerlukan peralatan-peralatan pendukung untuk penyaluran, juga dibutuhkan sistem pengamanan sistem yang baik. Suatu pengamanan diperlukan apabila terjadi gangguan-gangguan, seperti hubung singkat, gangguan dari sambaran petir ataupun gangguan tanah da-

pat diatasi oleh suatu sistem atau pengamanan yang terpasang.

Salah satu faktor kunci dalam usaha perlindungan sistem tenaga listrik adalah pentanahan. Suatu tindakan pengamanan perlindungan yang baik akan dilaksanakan, maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan benar. Pentanahan sistem tenaga listrik, baik pentanahan titik netral, dan pentanahan perlengkapan mempunyai pengaruh dalam kelancaran dan keamanan dari sistem tersebut, terutama dalam keadaan gangguan yang berhubungan dengan tanah. Dengan suatu metode cara pembumian atau pentanahan yang baik dan efektif dapat diharapkan kerugian yang ditimbulkan oleh gangguan petir dapat dikurangi atau dapat dihindari, sehingga menjamin keandalan dan keamanan penyaluran tenaga listrik.

Dalam pelaksanaan penerapan pentanahan pada sistem tenaga listrik maupun pentanahan perlengkapan, berdasarkan kondisi dari lingkungan yang bervariasi sehingga sering terjadi penyimpangan terhadap perilaku sistem tersebut, perlu dilakukan perbaikan pentanahan yang dilakukan pada sistem tenaga yang memenuhi syarat dan menca-pai tujuan yang baik. Sistem pentanahan pada kaki menara 150 KV perlu diperbaiki karena hal-hal sebagai berikut :

1. Seringnya terjadi gangguan akibat sambaran petir pada lintasan menara.
2. Bervariasinya kondisi tanah pada sekitar kaki menara saluran transmisi. Perubahan iklim setiap tahunnya sehingga mempengaruhi resistansi tanah.

Penelitian yang pernah dilakukan oleh para pakar kelistrikan dalam bidang pentanahan baik pada sistem grounding pada instalasi maupun jaringan transmisi dan distribusi antara lain cara penambahan pemberian air maupun dengan cara mengubah komposisi tanah dengan zat-zat tertentu sebagaimana dituangkan berikut ini :

1. Dengan menambahkan air, untuk membasahi tanah atau dengan mengubah komposisi kimia dengan memberikan garam disekitar elektrode supaya mendapatkan hambatan jenis tanah yang rendah. Cara ini hanya mampu bertahan sementara saja. Un-

- tuk mendapatkan hambatan jenis tanah yang rata-rata untuk keperluan pentanahan pada kaki menara, maka diperlukan pengukuran dalam jangka waktu tertentu, misalnya selama setahun. Biasanya hambatan tanah juga tergantung dari tingginya permukaan tanah dari permukaan air yang konstan. (Hutauruk, 1991).
2. Dengan cara mengasumsikan bahwa lapisan tanah terdiri atas lapisan-lapisan yang mempunyai nilai tahanan jenis berbeda, maka dalam memilih dan memasang sistem pentanahan perlu diketahui kondisi kondisi pada lapisan tanah yang dalam. Mengingat keterbatasan dari alat-alat pengukuran hambatan tanah untuk menyelidiki kondisi spesifik tanah tersebut, maka dikembangkan suatu metode atau pola pemikiran yang menggambarkan nilai hambatan jenis tanah pada kedalaman tertentu (Pabla, A.S, 1994).
 3. Untuk melindungi kawat fase terhadap sambaran langsung petir, digunakan 1 atau 2 kawat tanah yang terletak diatas kawat fase dengan sudut perlindungan kurang dari 18° . Dengan demikian terjadinya loncatan balik (*back flashover*) karena sambaran petir secara langsung pada puncak menara atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk mengurangnya hambatan kaki menara harus dibuat tidak $<10 \Omega$. Hambatan kaki menara 10 ohm dapat diperoleh dengan menggunakan 1 atau lebih batang pengetanahan (*grounding rod*) atau menggunakan sistem *Counterpoise* tergantung pada hambatan jenis tanah dimana menara transmisi itu berada. (Hutauruk, 1991).
 4. Apabila struktur dari tanah dianggap homogen maka hambatan elektrode untuk 1 batang rod akan semakin kecil bila elektrode tersebut ditanam semakin jauh dari permukaan tanah. Untuk 2 batang elektrode, bila jarak antara keduanya menjadi lebih besar dari panjang elektrode, maka nilai tahanan pentanahan akan menjadi semakin kecil. Bilamana jumlah elektrode semakin banyak maka hambatannya semakin kecil, baik pada tanah yang homogen maupun tak homogen (Tadjudin, 1998).
 5. Pentanahan tiang menara terdiri dari kawat tembaga atau kawat baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam didekat pondasi tiang menara, atau dengan menanam plat aluminium atau tembaga disekitar pondasi tiang yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari kawat tanah akibat sambaran petir (Hutauruk, 1991).
- Perhitungan nilai hambatan tanah dapat digunakan Persamaan (1) untuk hambatan tanah dari berbagai sistem elektrode, Semua pernyataan dalam persamaan-persamaan diperoleh hubungan $R = \rho L/A$ dan didasarkan pada asumsi bahwa hambatan tanah seragam pada seluruh volume tanah, kendati hal ini tidak mungkin atau sangat jarang ada. Persamaan yang biasa digunakan untuk pasak tunggal dikembangkan oleh Profesor H.B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts yaitu:
- $$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad (1)$$
- Keterangan:
 ρ = Hambatan rata-rata tanah (ohm-cm)
L = Panjang pasak tanah (cm)
a = Jari-jari penampang pasak (cm)
R = Hambatan pasak ke tanah (Ω)
- Rumus Dwight menunjukkan, bahwa hambatan tanah merupakan faktor kunci yang menentukan hambatan elektroda dan pada kedalaman beberapa pasak harus ditanam agar diperoleh hambatan yang rendah. Hambatan tanah sangat bervariasi di berbagai tempat, dan akan berubah menurut iklim, hambatan tanah tersebut ditentukan oleh kandungan elektrolit didalamnya, seperti air, mineral-mineral garam-garaman. Tanah kering dan berbatu mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi tanah basah dapat juga mempunyai hambatan tinggi, apabila tidak mengandung garam-garaman yang dapat larut.
- Karena kandungan air dan suhu lebih stabil pada kedalaman yang lebih besar, maka agar dapat bekerja efektif sepanjang waktu, sistem pentanahan dapat dikonstruksi dengan pasak tanah yang ditancapkan cukup dalam di bawah permukaan tanah. Hasil terbaik akan diperoleh apabila kedalaman pasak men-

capai tingkat kandungan air yang tetap. Hambatan tanah dapat dikurangi 15% sampai 90% (tergantung kepada jenis dan tekstur dari tanah) atau dengan perlakuan kimiawi terhadap tanah. Bahan yang digunakan adalah: *sodium chloride*, *magnesium sulfate*, *copper sulfate*, dan *calcium chloride*. Bahan kimia tersebut ditempatkan melingkar di sekeliling elektrode, sedemikian hingga tidak menyentuh elektrode itu. Hasilnya tidak segera tampak dan tidak permanen sehingga perlu diulang secara berkala.

Di sekeliling elektrode, resistansi tanah tersusun atas jumlah resistansi seri atas piringan-piringan tanah virtual, bertumpuk-tumpuk makin keluar dengan jari-jari makin membesar, yang berarti resistansinya semakin mengecil, karena resistansi berbanding terbalik terhadap luas penampang.

Tanah beberapa inci di luar elektrode adalah yang paling penting, untuk usaha memperkecil resistansi pentanahan. Bila resistivitas tanahnya tinggi, bagian inilah yang dapat diberi perlakuan kimiawi (*chemical treatment*). Menambahkan elektrode lain didekat elektrode pertama, tidak banyak membantu memperkecil nilai resistansi.

Elektrode pentanahan kaki menara, yaitu suatu penghantar yang ditanam dalam tanah. Fungsi dari elektrode pentanahan adalah untuk menyalurkan arus listrik dari penghantar pentanahan ke dalam tanah. Pada kaki menara Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT), biasanya elektrode pentanahan yang digunakan adalah jenis batang. Bila menggunakan batang pentanahan, hambatan kaki menara dihitung terlebih dahulu menggunakan persamaan (2) :

$$R = (\rho / 2 \pi L) \ln (2L / d) \quad (2)$$

dengan :

R = Hambatan kaki menara (Ω)

ρ = Hambatan jenis tanah (Ω-m)

L = Panjang batang pentanahan (m)

d = Diameter batang pentanahan (m)

Menurut persamaan (2), hambatan kaki menara akan berkurang dengan menambahkan panjang pada batang pentanahan. Tetapi hubungan ini tidak langsung dan akan mencapai satu titik,

penambahan panjang batang pentanahan hanya akan mengurangi hambatan kaki menara sedikit. Dalam hal ini batang pentanahan dihubungkan paralel satu sama lainnya. persamaan diatas tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara, bila variabel "d" diubah menjadi "A" dan jari-jari batang pentanahan dianggap sama. Nilai A adalah kelipatan batang pentanahan yang tergantung atas penempatan masing-masing batang pentanahan sebagai berikut :

Penempatan 2 Batang diletakkan di mana saja. $A = \sqrt{ar}$ (3)

3 Batang diletakkan membentuk segi tiga

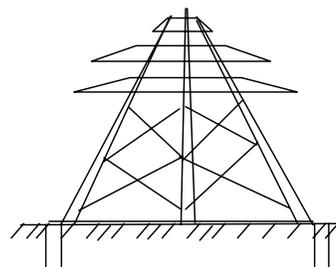
$$A = \sqrt[3]{a^2 r} \quad (4)$$

4 Batang diletakkan membentuk segi empat $A = \sqrt[4]{2 \frac{1}{2} a^3 r}$ (5)

r = Jari-jari dari masing-masing batang pentanahan (harus sama).

a = Jarak antara batang pengetanahan.

Metode Pentanahan Kaki Menara salah satu cara untuk mencegah terjadinya hubungsingkat karena *back flash-over* akibat sambaran petir pada saluran transmisi dengan jalan menurunkan hambatan kaki menara. Maka perlu ditentukan batas maksimal adalah 160-220 kA, namun untuk merencanakan biasanya digunakan besaran antara 60-100 kA, ketentuan hambatan kaki menara yang diijinkan adalah $\leq 10 \Omega$ untuk individual. Jika tahanan kaki menara masih terlalu tinggi atau melebihi batas nilai ketentuan, maka perlu adanya tambahan pentanahan untuk menurunkan hambatan.

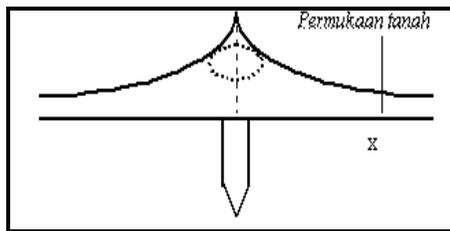


Gambar 1 Pentanahan Menara Dengan Driven Ground

Beberapa metode pentanahan yaitu :

Metode *Driven Ground*, dengan cara menanamkan batang elektroda tegak lurus kedalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter antartara 3/4 inci sampai dengan 2 inci dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter, ditanam tegak lurus ke dalam tanah disekeliling dasar menara.

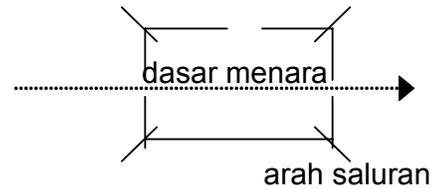
Diperlihatkan distribusi tegangan yang terjadi untuk satu batang elektroda dan 2 batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah, di mana arus kesalahan mengalir dari elektroda tersebut ke tanah sekitarnya dengan jarak elektroda sejauh (X).



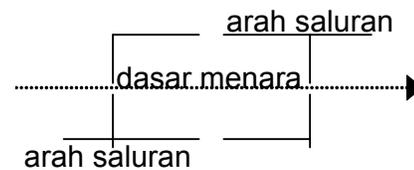
Gambar 2 Distribusi Tegangan yang Terjadi untuk Satu Batang Elektrode. (Pijpaert, 1999.)

Metode *Counterpoise* pentanahan adalah salah satu cara pentanahan menara dengan jalan merentangkan kawat elektroda didalam tanah yang di tanam sedalam 30 cm sampai 90 cm di bawah permukaan tanah. Sistem pentanahan *counterpoise* ini digunakan apabila hambatan kaki menara masih terlalu tinggi dan tidak dapat dikurangi dengan menggunakan cara *driven ground*, oleh karena hambatan jenis tanah terlalu tinggi pada tempat di mana transmisi itu berada. Biasanya dilakukan untuk daerah-daerah pegunungan yang mempunyai hambatan jenis tanah tinggi.

1. Sistem *Counterpoise* radial atau disebut juga "Crow Foot" yaitu terdiri atas kawat-kawat yang direntangkan memanjang radial dari sudut kaki menara dan membuat sudut dengan arah saluran kawat *counterpoise*. *Counterpoise* paralel yaitu terdiri atas kawat-kawat yang direntangkan dari sudut kaki menara sejajar dengan arah saluran.



Gambar 3 *Counterpoise* radial (Tajuddin, 2000)



Gambar 4 *Counterpoise* paralel (Tajuddin, 2000)

Daerah yang mempunyai lapisan tanah yang keras dan berbatu atau daerah yang hambatan jenis tanahnya tinggi. Model diatas batang pentanahan praktis tidak digunakan. Jika digunakan sistem *counterpoise* maka hambatan kaki menara dapat dihitung dengan cara menggunakan persamaan (6).

$$R = \sqrt{r \cdot \rho} \cdot \text{Cotg} \left[L \cdot \sqrt{\frac{r}{\rho}} \right] \quad (6)$$

dengan:

L = Panjang kawat, meter (m)

ρ = hambatan jenis tanah, (Ω -m)

r = hambatan kawat, dalam (Ω /m)

Cotg = Cotangen = tg^{-1}

Ketika surja petir mencapai *counterpoise*, hambatan efektif *counterpoise* tersebut mulanya tinggi. Hambatan mula adalah impedansi surja dari *counterpoise*. Pada saat surja merambat sepanjang kawat, maka hambatan akan menurun.

Tujuan *counterpoise* ini adalah untuk mencapai tetap sebelum tegangan pada puncak menara mencapai tingkat loncatan api dari isolator. Panjang minimum *counterpoise* dapat dihitung dengan memakai rumus sebagai berikut:

$$R = \sqrt{\frac{\rho}{r} \cdot \text{Cotg}^{-1} \left[\frac{R}{\sqrt{r \cdot \rho}} \right]} \quad (7)$$

Bila *counterpoise* terlalu panjang, 2 atau lebih kawat dapat digunakan dalam *counterpoise*, sampai hambatan 10 Ω yang diinginkan bisa diperoleh.

Kandungan uap lembab dalam tanah merupakan unsur variasi, beberapa persen uap lembab akan membuat per-bedaan yang sangat menonjol dalam efektivitas hubungan elektrik dengan tanah. Hal ini benar khususnya untuk kandungan-kandungan dengan uap lembab $\leq 20\%$. Nilai $>20\%$ resistivitas tanahnya tidak terlalu banyak terpengaruh, tetapi nilai $<20\%$ resistivitas meningkat drastis dengan penurunan pada kandungan uap lembab. Kaitannya dengan kandungan uap lembab, tes lapangan menunjukkan bahwa, dengan lapisan permukaan tanah sepuluh kali atau lebih dapat ditanam pada dasar batu. Elektrode yang digerakkan pada dasar batu biasanya memberikan ground yang baik. Diperkuat oleh fakta bahwa dasar-dasar batu sering tidak dapat tembus air dan menyimpan uap lembab yang memberikan kandungan uap lembab yang tinggi.

Pengaruh Jenis Tanah, nilai resistansi pentanahan untuk berbagai jenis tanah adalah berbeda. Hal ini disebabkan karena struktur tanah yang berlainan antara jenis tanah yang satu dengan jenis tanah lainnya. Tanah lempung mempunyai nilai resistansi pentanahan yang rendah, disebabkan komposisinya yang mempunyai bentuk partikel halus, sehingga lebih mudah menyerap air atau mineral-mineral lain dan kemudian menyimpannya. Sifat inilah menyebabkan tanah lempung mempunyai nilai hambatan jenis rendah dibandingkan dengan tanah lainnya, seperti tanah pasir dan tanah berbatu. Lain dengan tanah berpasir, tanah berpasir mempunyai bentuk partikel yang besar dan sulit untuk menyimpan atau menyerap air, sehingga tanah jenis ini mempunyai hambatan jenis yang tinggi.

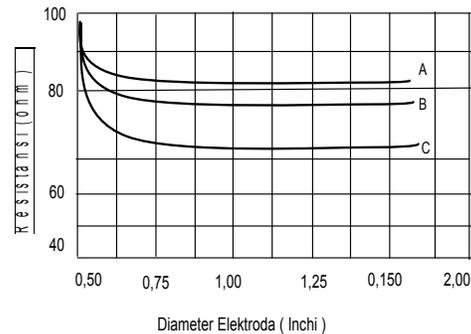
Tabel1: Resistansi beberapa jenis tanah

Jenis tanah	Resistans jenis (Ω -m)
Tanah rawa	30
Tanah liat dan ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir dan kerikil kering	1000

Tanah berbatu	3000
---------------	------

Ket: nilai resistansi rujukan jenis dalam tabel diatas adalah nilai tipikal. (Arismunandar, 1973)

Pengaruh ukuran elektrode yang sangat kecil dalam resistansi akan dapat diakibatkan oleh penggunaan elektroda dengan diameter besar. Pada dasarnya tanah yang mengelilingi elektrode dan bukan diameter yang menentukan resistansi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan dalam resistans adalah sangat kecil antara elektrode yang digerakkan dengan berbagai diameter yang digunakan, dan semua diameter secara praktis merupakan faktor yang dapat diabaikan selama resistans elektrode berkaitan. Seperti diperlihatkan pada Gambar 5 terlihat membandingkan elektrode-elektrode berdiameter 0,5 inci dengan elektrode berdiameter 1 inci dan terlihat bahwa elektrode berdiameter 1 inci, akan mempunyai 2 kali diameter dan 4 kali bidang volume tanah yang menurunkan resistansi hanya sekitar 10 %.



Gambar 5 Pengaruh Diameter Elektrode Terhadap Resistansi rujukan Pentanahan (Arismunandar, 1973)

1. Penelitian ini, untuk memahami sistem pentanahan kaki menara saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV dengan menggunakan batang-batang elektrode (*Grounding Rod*), dengan harapan nilai pentanahan $<5 \Omega$.
2. Untuk mengetahui tentang metode apa yang tepat untuk menurunkan nilai pentanahan pada jenis tanah tertentu yang mempunyai nilai pentanahan yang masih cukup besar.
3. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat menambah sumber bacaan tentang sistem pentanahan, utamanya

yang bersifat teknis dilapangan dan menjadi bahan acuan bagi penelitian selanjutnya dalam rangka pengembangan penelitian sistem pentanahan di masa yang akan datang.

4. Secara praktis hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi di bidang ketenagalistrikan baik industri maupun perusahaan
5. Perlunya sistem pentanahan yang baik untuk menjaga keselamatan atau melindungi peralatan dan manusia dari gangguan arus hubung-singkat, khususnya arus hubung-singkat ke tanah.

Langkah-langkah pengambilan sample data di lapangan tertuang pada tabel 2, 3, 4, 5, dan 6. Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menginformasikan bahwa jenis tanah juga mempengaruhi nilai pentanahan kaki menara transmisi dengan melihat berdasarkan data yang diperoleh. Data penelitian diperoleh dari dua instansi yang terkait, yaitu: PT PLN (persero) Unit Pelayanan Transmisi Yogyakarta dan Pusat Data Sumber daya Alam & Pengkajian Tek-

nologi Terapan (PUSDATT) Jurusan Pentanah Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada(UGM) Jogjakarta (Anam, 2005).

Mekanisme dari perolehan data, yaitu pengukuran nilai pentanahan pada kaki menara transmisi pada Gardu Induk (G.I.) Bantul-Semanu dijadikan sebagai dasar acuan. Pada intinya peneliti ingin mengetahui jenis-jenis tanah sepanjang lintasan yang dilalui menara transmisi antar G.I. Bantul-Semanu. Berdasarkan peta tanah yang dimiliki oleh jurusan tanah UGM, yaitu informasi peta jenis-jenis tanah yang ada di Jogjakarta, dapat diketahui nama jenis tanah pada tiap-tiap menara transmisi antara GI Bantul-Semanu. Berdasar peta lintasan menara transmisi yang dimiliki oleh PT PLN, maka dapat diketahui nama tanah, berdasarkan interpretasi sifat tanah dari peta tanah. Sehingga setelah data-data dikumpulkan kemudian ditabelkan, dasar perhitungan perbaikan penurunan kaki menara yang sesuai $\leq 5 \Omega$.

Tabel 2 Sifat dan Nilai Pentanahan Jenis Tanah Grumusol

No	Titik ambil Sampel tanah Pada Kaki Menara Nomor	Sifat-sifat tanah		Pengukuran dan Perbaikan Hambatan Kaki Menara (Ω)			
		Tekstur	pH	Pengukuran		Perbaikan	
				A	C	A	C
1	61	Lempung	6.2	9,8	10,6	3,89	4,22
2	62	Lempung	6.3	8,8	17,5	3,50	6,96
3	66	Lempung	6.4	7,5	6	2,98	2,39
4	67	Lempung	6.5	7,8	12	3,1	4,77
5	68	Lempung	6.6	7,6	9	3,0	3,58
6	87	Lempung	6.7	8	7	3,2	2,78
7	90	Lempung	6.8	7	5	2,78	1,99
8	94	Lempung	6.9	8	17	3,50	6,76
9	112	Lempung	7.0	9,8	19	3,98	7,54
10	113	Lempung	7.1	6	4,5	2,39	1,9

Tabel 3 Sifat dan Nilai Pentanahan Jenis Tanah Regosol

No	Titik ambil Sampel tanah Pada Kaki Menara Nomor	Sifat-sifat tanah		Pengukuran dan Perbaikan Hambatan Kaki Menara (Ω)			
		Tekstur	pH	Pengukuran		Perbaikan	
				A	C	A	C
1	2	Pasiran	6.1	21	21	8,35	8,35
2	3	Pasiran	6.2	20	20	7,95	7,95
3	6	Pasiran	6.5	20	20	7,95	7,95
4	7	Pasiran	5.8	20	20	7,95	7,95
5	12	Pasiran	6.7	21,5	21,5	8,55	8,55
6	14	Pasiran	6.2	25	25	9,94	9,94
7	15	Pasiran	6.3	25	25	9,94	9,94
8	16	Pasiran	6.4	24	24	9,54	9,54
9	19	Pasiran	6.5	30	30	11,93	11,93
10	20	Pasiran	6.8	30	30	11,93	11,93

Tabel 4 Sifat dan Nilai Pentanahan Jenis tanah Litosol

No	Titik ambil Sampel tanah Pada Kaki Menara Nomor	Sifat-sifat tanah		Pengukuran dan Perbaikan Hambatan Kaki Menara (Ω)			
		Tekstur	pH	Pengukuran		Perbaikan	
				A	C	A	C
1	21	Geluh lempung	5.8	30	30	11,93	11,93
2	24	Geluh lempung	5.9	25	25	9,94	9,94
3	26	Geluh lempung	6.1	20,5	17,5	8,15	6,96
4	27	Geluh lempung	6.2	15	20	9,96	7,95
5	28	Geluh lempung	6.3	20,5	20,5	8,15	8,15
6	29	Geluh lempung	6.4	18	18	5,78	5,78
7	30	Geluh lempung	6.5	20	20	7,95	7,95
8	31	Geluh lempung	6.7	40	40	15,9	15,9
9	32	Geluh lempung	6.6	25	25	9,94	9,94
10	33	Geluh lempung	6.7	25	29	9,94	11,53

Tabel 5 Sifat dan Nilai Pentanahan Jenis Tanah Latosol Coklat

No	Titik ambil Sampel tanah Pada Kaki Menara Nomor	Sifat-sifat tanah		Pengukuran dan Perbaikan Hambatan Kaki Menara (Ω)			
		Tekstur	pH	Pengukuran		Perbaikan	
				A	C	A	C
1	35	Geluh lempung	5.8	25	18	9,94	5,78
2	40	Geluh lempung	5.9	25	25	9,94	9,94
3	57	Geluh lempung	6.0	25	25	9,94	9,94
4	58	Geluh lempung	6.1	26	26	10,34	10,34
5	71	Geluh lempung	6.2	21	21	8,34	8,34
6	73	Geluh lempung	6.3	21	21	8,34	8,34
7	75	Geluh lempung	6.4	22	22	8,75	8,75
8	77	Geluh lempung	6.5	21	25	8,35	9,94
9	82	Geluh lempung	6.6	20	24	7,95	9,54
10	87	Geluh lempung	6.7	23	22	9,15	8,75

Tabel 6 Sifat dan Nilai Pentanahan Jenis Tanah Mediteran Merah

No	Titik ambil Sampel tanah Pada Kaki Menara Nomor	Sifat-sifat tanah		Pengukuran dan Perbaikan Hambatan Kaki Menara (Ω)			
		Tekstur	pH	Pengukuran		Perbaikan	
				A	C	A	C
1	39	Geluh lempung	6.3	21	21	8,35	8,35
2	83	Geluh lempung	6.2	25	18	9,94	5,78
3	88	Geluh lempung	6.2	30	25	11,93	9,94
4	89	Geluh lempung	6.3	22	24	8,75	9,54
5	98	Geluh lempung	6.4	30	30	11,93	11,93
6	101	Geluh lempung	6.5	23	23	9,15	9,15
7	104	Geluh lempung	6.6	25	25	9,94	9,94
8	107	Geluh lempung	6.9	23	25	9,15	9,94
9	109	Geluh lempung	6.8	25	28	9,94	11,13
10	110	Geluh lempung	6.5	25	25	9,94	9,94

KESIMPULAN

Analisis dan pembahasan berdasarkan data-data hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh beberapa kesimpulan, yang dapat digunakan sebagai dasar-dasar untuk memperbaiki hambatan kaki menara pada saluran transmisi jaringan tegangan tinggi 150 kV antara jalur Gardu Induk (GI) Bantul-Semanu Jogjakarta, yaitu: dengan pemberian pentanahan pada kaki menara telah

memperkecil hambatan jenis tanah, berarti akan mengurangi tegangan sambaran saat terjadi sambaran petir pada kawat tanah hantaran udara yang terpasang di atas kawat fase sepanjang saluran pada menara transmisi, dengan rincian hasil kuantitatif sebagai berikut:

Nilai resistansi pentanahan dari hasil pengukuran Tabel 2 menunjukkan, jenis tanah gromusol mempunyai nilai hambatan pentanahan yang rata-rata

rendah $< 10 \Omega$, karena tekstur lempung mempunyai kemampuan menyerap dan menahan air yang tinggi dan memiliki bentuk partikel yang sangat kecil atau juga disebut bersifat koloid.

Hasil pengukuran dan perhitungan pada Tabel 3, 4, 5, dan 6 berupa tanah regusol, litusol dan mediteran merah mempunyai nilai hambatan pentanahan $> 20 \Omega$, mengingat tekstur tanah pasiran dan geluh-geluh lempung. Sebagaimana ditunjukkan pada Table 1, hambatan jenis tanah liat dan ladang, tanah kering, pasir basah, kerikil basah, dan tanah berbatu sangat dipengaruhi dalam pentanahan kaki menara. Untuk mendapatkan hambatan jenis tanah yang kecil bisa dilakukan dengan cara memberikan garam atau air pada tanah di sekitar elektrode.

Bilamana jumlah susunan batang-batang elektrode yang ditanam secara paralel dan tegaklurus ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih banyak, maka hambatan pentanahan akan semakin kecil dan distribusi tegangan gangguan pada permukaan tanah akan lebih merata dengan jarak dan jari-jari antar batang elektrode pentanahan sama.

Faktor yang dapat mempengaruhi konduktansi tanah atau resistansi tanah terhadap pentanahan yang merupakan prinsip-prinsip dasar dalam sistem pentanahan, yaitu: pengaruh uap lembab dalam tanah, pengaruh ukuran elektrode, pengaruh kedalaman elektrode, dan pengaruh hambatan tanah terhadap hambatan elektrode.

Penelitian tersebut diharapkan akan memberikan informasi nilai hambatan jenis tanah mendekati nilai $\leq 5 \Omega$ dengan cara memasang elektrode pentanahan dari jenis baja galvanis berlapis tembaga berdiameter 15 mm, panjang 5 m berjumlah 4 batang dihubungkan secara paralel pada jarak antar elektrode 2 m, dengan model Sistem pentanahan *counterpoise*.

Hasil perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 3, 4, 5, dan 6, diharapkan dapat memenuhi syarat standar ketetapan sesuai dengan ketentuan oleh SP-LN yaitu mendekati nilai $\leq 5 \Omega$. Hasil perhitungan pada kaki menara sampel pengukuran pada tabel 3 nomor 2 dan seterusnya sampai 110, menunjukkan bahwa

dengan nilai pengukuran hambatan pentanahan kaki A 21Ω dan melalui perhitungan di dapat nilai $8,35 \Omega$, sedangkan pada nilai tahanan kaki menara C titik sampel 98 tabel 6 menunjukkan 30Ω , melalui perhitungan didapat nilai hambatan paralel $11,93 \Omega$. Hal ini menunjukkan bahwa pentanahan pada kaki menara saluran transmisi tegangan tinggi 150 KV dengan penambahan 4 batang elektrode yang dipasang secara paralel dapat menurunkan nilai hambatan tanah kaki menara secara signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terselenggara atas bantuan dari Lembaga Penelitian Institut Sains dan Teknologi Akprind Yogyakarta pada tahun anggaran 2006- 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A, 1973, Teknik Tenaga Listrik, Jilid II, Pradya Paramita, Jakarta.
- Anam S, 2005, *Pengaruh jenis tanah terhadap nilai pentanahan menara transmisi SUTT 150 kV Bantul-Semanu*. Pusat Data Sumberdaya Alam dan Pengkajian Teknologi Terapan (PUSDATT), Jurusan tanah Fak. Pertanian, UGM, Jogjakarta.
- Hutauruk, T.S. 1991. *Pengetanahan Neutral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Erlangga. Jakarta.
- Pabla, A.S. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Pijpaert, K.1999. *Peraturan Umum Untuk Elektrode Bumi dan Penghantar Bumi*. Available at <http://www.elektroindonesia.com/elektro>
- Tajuddin, 2000. *Penerapan Sistem Grid Tak Simetri pada Pentanahan Gardu Induk Bulukamba*. Available at <http://www.elektroindonesia.com/elektro>. Diakses 26 Juni 2005.
- Tajuddin, 1998. *Bentuk-bentuk elektroden pentanahan*, Available at <http://www.elektroindonesia.com/>