

SISTEM PENTANAHAN PADA SWITCHGEAR PLTU KARANGKANDRI (Studi Kasus: Pentanahan Pada Outgoing Jaringan Distribusi 150 kV GIS PLTU Karangkandri)

Angkoso Wicaksono¹, Ir. Wiwik Handajadi, M.Eng.², Ir. Gatot Santoso, M.T.³

¹Mahasiswa, ²Dosen Pembimbing Pertama, ³Dosen Pembimbing Kedua

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta

Jl. Kalisahak 28 Komplek Balapan Tromol Pos 45 Yogyakarta 55222

Telp. (0274)563029

INTISARI

GIS (*Gas Insulated Station*) merupakan sarana dari PLTU Karangandri untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit menuju gardu induk (GI) yang memiliki tegangan diatas 20kV sampai 500 kV. Pengaman dari pengguna tenaga listrik ini ada berbagai macam, salah satunya adalah dengan *grounding* peralatan, guna melindungi bahaya arus listrik terhadap manusia, peralatan serta bangunan. Pentanahan merupakan salah satu cara untuk mengurangi pengaruh arus listrik yang dapat terjadi oleh beberapa macam penyebab, seperti terdapatnya *loss voltage* atau hubungan singkat akibat kegagalan isolasi dan bencana alam serta akibat adanya surja petir.

Perbedaan nilai tahanan pentanahan hasil perhitungan dengan kenyataan hasil yang ada di lapangan memiliki perbedaan yang disebabkan oleh beberapa hal seperti jenis tanah, jenis kawat pentanahan yang digunakan, kelembaban dimana sistem kelistrikan tersebut didirikan. Banyaknya jumlah rod yang terpasang berpengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan, jika menggunakan 10 buah ground rod nilai tahanan tanahnya 1,213 Ω . Tahanan tanahnya akan membesar jika jumlah rod nya berkurang. Memperpanjang ground rod juga berpengaruh terhadap nilai tahanan tanahnya.

Untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan pada GIS PLTU guna mengetahui nilai tahanan pentanahannya baik atau tidak dapat digunakan suatu peralatan *earth tester*. Dengan menggunakan *earth tester* dapat diketahui berapa nilai tahanan pentanahan GIS tersebut, ambang batas maksimal untuk nilai tahanan pentanahan adalah 5 Ω .

Kata Kunci : Pentanahan GIS, Alat ukur pentanahan, Arus bocor

ABSTRACT

GIS (*Gas Insulated Station*) is a tool of the Karangandri power plant to distribute electricity from the plant to the substations, which has a voltage above 20 kV to 500 kV. Safety of power users have a wide range, one of which is with the grounding equipment, in order to protect the electric current danger to humans, equipment and buildings. Grounding is a way to reduce influence of electrical currents that can occur by several kind of causes, such as the presence of loss voltage or a short circuit due to insulation failure and natural disasters as well as due to the lightning surge.

Diffrence earthing resistance value calculation result with the results of the existing reality in the field have diffrences caused by several things such as the type of soil, type of grounding wire, the humidity where the electrical system is established proficiency level. A large number of rod installed affect the grounding resistance value, if using 10 pieces of ground rod, resistance value become 1,213 Ω . If the amount of rod decreased, the ground resistance will be increase. If the length of the ground rod increase the ground resistance will be decrease.

To know the value of ground resistance of the power plant in order to determine the value of grounding GIS custody whether or not it can be used an earth tester equipment. By using earth tester can be known how the GIS grounding resistance value, the maximum threshold for the value of resistance grounding is 5 Ω .

Keywords: GIS grounding, earth measuring instrument, current leakage

sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, serta mengamankan komponen – komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal[9]. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi hal yang sangat penting dalam hal pengamanan gangguan listrik. Pengetanahan peralatan berbeda dengan pengetanahan sistem. Pentanahan peralatan sistem 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[9]. Tujuan pengetanahan peralatan adalah untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman/tidak membahayakan untuk semua kondisi operasi normal maupun operasi tidak normal[6]. Tujuan yang lain dari pengetanahan ini adalah untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

Kecelakaan yang sering timbul pada sistem tegangan tinggi terhadap manusia yaitu terjadinya kontak secara langsung maupun tak langsung terhadap benda bertegangan yang terdapat pada area bertegangan. sebenarnya yang menyebabkan bahaya adalah besarnya arus yang mengalir pada tubuh manusia[6]. Kemampuan tubuh manusia sangat terbatas terhadap besarnya arus yang mengalir pada tubuh. Para ahli telah menyelidiki pada batas-batas tertentu dimana besarnya arus belum berbahaya terhadap organ tubuh manusia. Percobaan tersebut menghasilkan temuan mengenai batas-batas besarnya arus dan pengaruhnya terhadap manusia yang berbadan sehat. Batas-batas arus tersebut dibagi menjadi beberapa yaitu: Bila manusia memegang penghantar yang diberi tegangan mulai dari nol kemudian dinaikkan sedikit demi sedikit, arus listrik yang melewati manusia tersebut akan memberi pengaruh.[7] Menurut pengujian yang dilakukan pada *Electrical Testing Laboratory New York* tahun 1993, didapat arus rata-rata atau disebut juga *threshold of perception* untuk laki-laki sebesar 1,1mA, sedangkan bagi perempuan sebesar 0,7 mA. Jika perlu

dipandang untuk menghindari arus persepsi ini, maka arus dibatasi sebesar 0,75 mA untuk peralatan yang terpasang tetap, dan 0,58 mA untuk peralatan yang terpasang *portable*. Apabila arus yang melalui tubuh manusia mencapai besar tertentu maka akan terasa oleh tubuh. Jika arus tersebut melebihi dari arus lepas/*let-go current* maka arus tersebut akan mempengaruhi jantung yang disebut *ventricular fibrillation* yang menyebabkan jantung berhenti bekerja serta peredaran darah tidak lancar hingga menyebabkan kematian[6]. Bila arus yang mengalir lebih dari jumlah arus persepsi, maka tubuh manusia akan merasakan kejutan listrik sehingga otot-otot mulai bereaksi & pada tegangan tertentu dapat menimbulkan rasa sakit[6]. Pada besar arus tertentu orang tak dapat melepaskan sentuhan dari konduktor yang teraliri arus listrik. Menurut penelitian *University of medical school*, didapatkan bagi laki-laki arus lepas rata-rata adalah 16 mA dan untuk perempuan 10,5 mA. Arus reaksi merupakan arus terkecil yang dapat mengakibatkan orang menjadi terkejut[10].

Bila manusia memegang penghantar yang diberi tegangan mulai dari nol kemudian dinaikkan sedikit demi sedikit, arus listrik yang melewati manusia tersebut akan memberi pengaruh. Tegangan sentuh merupakan beda potensial yang terdapat diantara tangan dengan tangan, tangan dengan kaki manusia yang kebetulan tersentuh pada bagian peralatan yang bertegangan[6]. Tegangan langkah merupakan beda potensial pada permukaan tanah dari dua titik yang berjarak kira-kira satu langkah yang dialami seseorang yang menghubungkan kedua titik tersebut dengan kedua kakinya tanpa menyentuh suatu peralatan apapun[6]. Pentanahan ditanam dalam tanah, dalam kurun waktu tertentu, akan terjadi perubahan dalam besar tahananannya[5]. Proses pengukuran, pemeriksaan secara berkala dan evaluasi terus dilakukan untuk mempertahankan nilai tahanan pentanahan yang sesuai dengan standar yang ditentukan yaitu sebesar 5Ω .

Pengaruh jenis tanah terhadap resistansi di tentukan oleh zat-zat yang ada di dalam tanah antara lain air, kandungan garam, kandungan mineral, serta zat lainnya. Nilai resistansi jenis tanah antara satu dengan yang lain ditunjukkan dengan Tabel 1.

Untuk mengetahui secara pasti nilai tahanan jenis tanah perlu dilakukan pengukuran secara berkala, dengan jangka

waktu tertentu dan konsisten disuatu area, kemudian nilai tahanan pentanahan tersebut di rerata untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang pasti di area tersebut.

Tabel 1. Nilai Tahanan Jenis Tanah

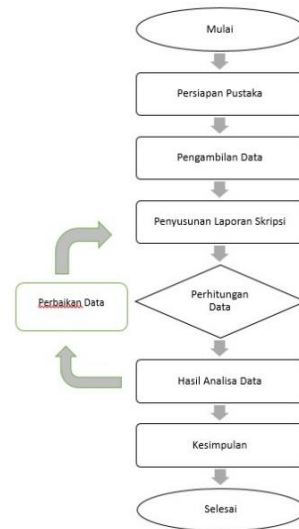
Jenis tanah	Tahanan jenis tanah (Ohm)
Tanah sawah	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir dan kerikil basah	1000
Tanah kerikil basah	500
Tanah berbatu	2000-3000
Pasir/kerikil kering	<1000
Tanah berbatu	3000

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini mengenai sistem pentanahan *switchgear* pada PLTU Karangandri Cilacap yang mengambil studi kasus tentang besar tahanan pentanahan pada area *outgoing* GIS 150 kV. Agar memperoleh data dan informasi secara lengkap, tepat dan jelas, maka penulis menerapkan beberapa metode penelitian, yaitu dengan menggunakan metode survei yaitu memantau secara langsung jenis serta sistem pentanahan yang digunakan pada area *outgoing* GIS PLTU Karangandri Cilacap, jenis kabel pentanahan yang digunakan, jenis tanah serta gangguan yang sering terjadi pada area *outgoing* GIS, metode kedua yaitu metode observasi adalah ikut secara langsung melakukan pengujian terhadap pentanahan pada kaki lightning arrester pada area *outgoing* GIS. Metode yang terakhir yaitu metode studi literatur/ studi pustaka. Studi literatur ini meliputi, mempelajari literatur yang berkaitan dengan sistem pentanahan pada area PLTU di area saluran transmisi 150 kV, serta mempelajari literatur yang berhubungan dengan perhitungan yang diperlukan.

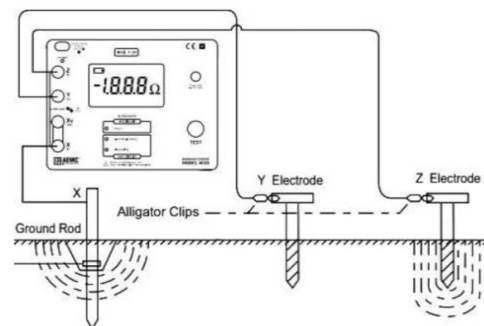
Selain itu penulis mengikuti proses pengujian tahanan pentanahan dilapangan langsung dan juga mengikuti proses pemasangan serta proses commissioning yang dilakukan pada area *outgoing* GIS PLTU Karangandri Cilacap.

Gambar 1 merupakan gambar diagram alir proses penelitian, sedangkan gambar 2 merupakan metode pengukuran tahanan menggunakan metode tiga titik.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

Metode pengukuran tiga titik dimaksudkan untuk mengukur tahanan pembumian[1]. Dimisalkan tiga buah batang pentanahan dimana batang 1 yang tahanannya hendak diukur dan batang-batang 2 dan 3 batang pentanahan pembantu yang diketahui tahanannya.



Gambar 2. Pengukuran Dengan Metode Tiga Titik

Elektroda pentanahan pada lightning arrester merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mencegah terjadinya hubung singkat karena *back flash over* akibat dari sambaran petir pada saluran transmisi. Batasan maksimal tahanan pentanahan yang diperbolehkan adalah maksimal sebesar 5Ω, tetapi pihak PLTU menghendaki untuk tahanan pentanahan pada area *outgoing* GIS kurang dari 0,5Ω. Elektroda batang merupakan elektroda yang terbuat dari bahan tembaga/logam utuh. Elektroda batang ini ditanam pada jarak yang cukup

dalam. Elektroda ini digunakan karena memiliki tahanan pentanahan yang kecil maka sangat baik digunakan. Rumus yang digunakan sebagai perhitungan menggunakan elektroda batang yaitu persamaan di bawah ini.

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \left[\log \left(\frac{8 \cdot L}{D} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

$$R_n = R \left(\frac{1 + \lambda \alpha}{n} \right) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot s} \quad (3)$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{n-1}} \quad (4)$$

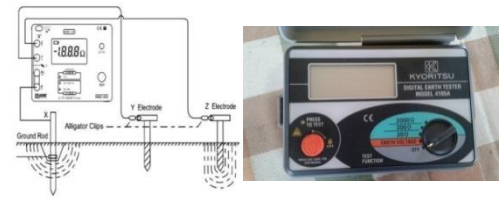
dengan:

- R : tahanan 1 buah rod (Ω)
- ρ : resistivitas jenis tanah (Ω -m)
- π : 3,14
- L : Panjang rod (m)
- D : Diameter rod (m)
- R_n : Jumlah resistansi rod yang dipasang sejajar (Ω)
- λ : Faktor pengali untuk elektroda
- n : Jumlah elektroda yang diparalelkan
- α : Faktor pengali untuk perhitungan elektroda yang dipasang sejajar
- R_p : Tahanan yang diparalelkan

Tabel 2. Faktor Pengali untuk elektroda yang dipasang sejajar

No	Jumlah elektroda	Faktor pengali (λ)
1	2	1,00
2	3	1,66
3	4	2,15
4	5	2,54
5	6	2,87
6	7	3,15
7	8	3,39
8	9	3,61
9	10	3,81

Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan menggunakan alat *Digital Earth Resistance and Soil Resistivity Tester* dengan menggunakan metoda tiga titik. Sistem pengukuran menggunakan 3 titik serta pengukuran praktis dengan menggunakan dua elektroda bantu[1].



Gambar 3. Rangkaian pengujian pentanahan 3 titik, *earth tester*

Petunjuk untuk mengukur tahanan pentanahan pada outgoing GIS yaitu pertama-tama dengan mempersiapkan alat ukur dan pengukuran yang dibutuhkan seperti kunci pas untuk membuka baut pada kaki menara, martil, palu, serta sikat kawat, selanjutnya melakukan pengecekan tegangan baterai dengan menghidupkan *earth tester*, yang kemudian merangkai rangkaian pengujian dengan menjepit kawat pentanahan yang menempel pada kaki lightning arrester dengan menggunakan penjepit kabel hijau. Menanam elektroda pembantu berupa penjepit kabel kuning serta penjepit kabel merah yang sudah disambungkan/dijepitkan pada elektroda bantu. Langkah selanjutnya yaitu menentukan jarak elektroda bantu yang sudah dijepit dengan elektroda bantu kabel merah dan ditancapkan paling jauh dari kaki lightning arrester, kemudian setelah itu elektroda bantu dengan penjepit kabel berwarna kuning yang ditancapkan tepat diantara elektroda warna merah dengan warna hijau.

Setelah rangkaian pengukuran siap yaitu melakukan pengukuran dengan menekan tombol "Test" beberapa detik, setelah beberapa saat muncul nilai tahanan pada layar *earth tester* dan mencatat hasil pengukuran.

Jenis dari *earth tester* memiliki banyak macamnya dan terdiri dari banyak merk. *Earth tester* saat pengukuran nilai tahanan pentanahan ini menggunakan KYORITSU DIGITAL EARTH TESTER. Spesifikasi alat ukur yang digunakan yaitu KYORITSU DIGITAL EARTH TESTER 4105A yang memiliki *range earth voltage* berkisar 20Ω , 200Ω , dan 2000Ω . Rentang toleransi pengukuran maksimal adalah mencapai 30%. *Earth tester* ini memiliki sumber daya sebesar 9V DC, dan memiliki dimensi panjang 158 mm, lebar 105 mm dan tinggi 70 mm, berat 550 gram serta untuk memantau besar nilai pentanahan dengan menggunakan *digital LCD display*.

Tabel 2. Nilai Tahanan Pentanahan Pada Area PLTU Karangandri

Sebelum Improvement		
No	Lokasi	Hasil Pengukuran (Ω)
1	GIS Incoming	0,2
2	GIS Building	0,4
3	GIS Outgoing	65
4	Cable Tray Busbar 6 kV	0,8
5	Laydown Turbine Bray	0,2
6	Panel CCR	3,5
7	ESP Unit 1	0,4
8	ESP Unit 2	0,2
9	Assembly CCR	0,8
10	Chinmey	0,4
11	Bioler 1	0,4
12	Boiler 2	0,2

Hipotesis yang didapatkan yaitu untuk mengetahui dan mengukur nilai tahanan pentanahan pada suatu menara SUTT adalah dengan menggunakan suatu alat bantu berupa *earth tester*. Hal pertama adalah melepaskan batang pentanahan dan mengukurnya dengan metode pengukuran tiga titik, dengan begitu didapatkan nilai tahanan pentanahan pada outgoing GIS. Untuk membandingkan hasil pengukuran dan perhitungan nilai tahanan pentanahan adalah dengan membuat suatu grafik, dimana grafik tersebut akan memperlihatkan berapa besar perbedaan hasil tahanan pentanahan. Selisih hasil perhitungan dengan kenyataan yang terdapat pada lapangan disebabkan oleh beberapa hal seperti suhu, kelembaban tanah, ataupun korosi yang diakibatkan oleh tingkat keasaman tanah. Batang pentanahan selain sebagai pengaman konduktor fasa taerdapat fungsi lain yaitu untuk mengurangi tegangan induksi jika terdapat sambaran petir serta dapat mengurangi medan magnet akibat arus beban pada konduktor fasa dan mengurangi impedansi yang dilalui arus

sambaran petir. Untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan yang sangat tinggi pada area outgoing GIS 150 kV PLTU Karangandri cara yang dianggap paling tepat yaitu dengan penambahan *ground rod* yang dipasang secara sejajar/paralel, untuk mengatasi permasalahan lahan.

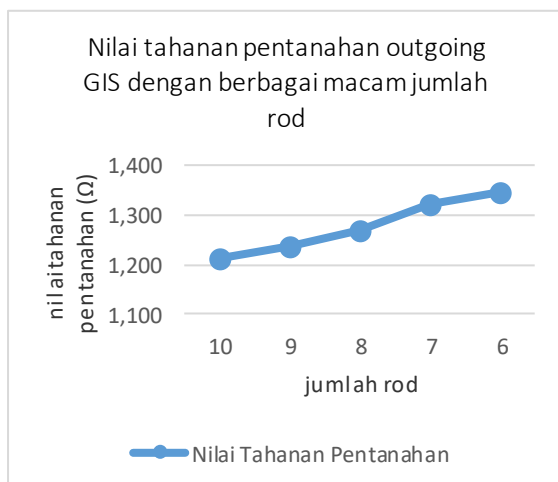
PEMBAHASAN

Tabel 3. Tabel Nilai Tahanan Pentanahan Sebelum dan Sesudah Improvement

Sebelum Improvement			Sesudah Improvement	
No	Lokasi	Hasil Ukur	Lokasi	Hasil Ukur
1	GIS Incoming	0,2	GIS Incoming	0,2
2	GIS Building	0,4	GIS Building	0,4
3	GIS Outgoing	65	GIS Outgoing	0,4
4	Cable Tray Busbar 6 kV	0,8	Cable Tray Busbar 6 kV	0,4
5	Laydown Turbine Bray	0,2	Laydown Turbine Bray	0,2
6	Panel CCR	3,5	Panel CCR	0,4
7	ESP Unit 1	0,4	ESP Unit 1	0,4
8	ESP Unit 2	0,2	ESP Unit 2	0,2
9	Assembly CCR	0,8	Assembly CCR	0,2
10	Chinmey	0,4	Chinmey	0,4
11	Bioler 1	0,4	Bioler 1	0,4
12	Boiler 2	0,2	Boiler 2	0,2

Tabel 4. Nilai tahanan pentanahan outgoing GIS dengan berbagai macam jumlah rod

No	Jumlah ground rod	Nilai tahanan (Ω)
1	10	1,213
2	9	1,236
3	8	1,272
4	7	1,324
5	6	1,346

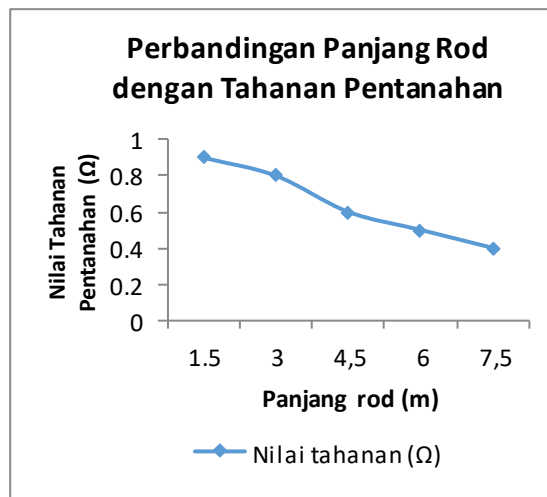


Gambar 4 Perbandingan Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan Dengan Berbagai Macam Jumlah Elektroda

Dari gambar 4 nilai tahanan pentanahan yang tertinggi yaitu dengan penggunaan sistem pentanahan yang berjumlah 6 rod yaitu sebesar 1,346Ω dan nilai yang terendah yaitu dengan menggunakan sistem pentanahan sejajar yang memakai 10 buah rod yaitu 1,213Ω. Untuk penggunaan 7 buah rod yang dipasang sejajar nilai tahanan pentanahannya 1,324Ω. Menggunakan 8 rod yaitu 1,272Ω, menggunakan 9 rod yaitu 1,236Ω. Dari kelima data ini telah memenuhi syarat standar ketentuan PUIL:2000 sebagai nilai pentanahan yang baik yaitu nilai dibawah 5Ω, tetapi nilai dari kelima data tersebut belumlah memenuhi standar untuk pemasangan pentanahan yang disyaratkan di PLTU Karangandri yaitu kurang dari 0,5Ω.

Tabel 5. nilai tahanan pentanahan outgoing GIS dengan berbagai macam jumlah rod

No	Panjang rod (m)	Nilai tahanan (Ω)
1	1,5	0,9
2	3	0,8
3	4,5	0,6
4	6	0,5
5	7,5	0,4



Gambar 5. Perbandingan Panjang Rod Dengan Nilai Tahanan Pentanahan

Dari gambar 5 dapat dijelaskan bahwa dengan spesifikasi rod yang sama, dengan metode pentanahan yang sama, hanya mengubah panjang rod yang ditanam didalam tanah, maka akan mempengaruhi nilai tahanan pentanahan. Dapat diketahui dari gambar 5 bahwa menggunakan 10 rod dengan panjang 1,5 meter yang dipasang secara sejajar dan ditanam didalam tanah, maka menghasilkan nilai tahanan pentanahan sebesar 0,9Ω. Nilai tahanan pentanahan yang paling sedikit yaitu menggunakan rod dengan panjang 7,5 meter yaitu sebesar 0,4Ω. Menggunakan rod dengan panjang 3 meter nilai tahanan pentanahannya 0,8Ω. Menggunakan rod dengan panjang 4,5 meter nilai tahanan pentanahannya menjadi 0,6Ω. Rod dengan panjang 6 meter akan menghasilkan nilai tahanan pentanahan sebesar 0,5Ω.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengambilan data mengenai assasment nilai tahanan pentanahan dan kemudian melakukan analisis mengenai sistem pentanahan pada outgoing GIS 150 kV PLTU Karangandri, maka dapat ditarik kesimpulan yang antara lain :

Untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan pada outgoing GIS 150 kV guna mengetahui nilai tahanan pentanahannya suatu peralatan *earth tester*. Dengan menggunakan *earth tester* dapat diketahui berapa nilai tahanan pentanahan di suatu area, ambang batas maksimal untuk nilai tahanan pentanahan adalah 5 Ω menurut standar PUIL 2000, tetapi untuk nilai

pentanahan peralatan di PLTU, pihak yang bersangkutan menginginkan harga tahanan pentanahan dibawah $0,5\Omega$.

tahanan tanah pada area outgoing GIS 150 kV yang dihitung menggunakan teori dengan membandingkan kenyataan dilapangan terjadi perbedaan nilai, hal tersebut terjadi karena faktor nilai resistivitas jenis tanah di area tersebut. Resistivitas jenis tanah dipengaruhi oleh kelembaban tanah, kadar garam, kadar pH tanah, serta daya hantar listrik.

Dari hasil perhitungan, antara jumlah ground rod yang dipasang dengan nilai tahanan pentanahan, terdapat pengaruh. Semakin banyak ground rod yang dipasang maka nilai tahanannya akan semakin menurun. Hal ini dibuktikan dengan memasang 10 buah ground rod nilai tahanannya sebesar $1,213\Omega$. Nilai tahanan pentanahan tersebut masih lebih baik dibandingkan dengan menggunakan 7 buah rod dengan nilai tahanan pentanahan sebesar $1,324\Omega$.

Panjang rod yang dipasang akan mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah. Hal ini dibuktikan dengan gambar 5 dan tabel 5. Semakin panjang batang pentanahan/rod maka tahanan pentanahannya akan semakin kecil. Sebagai perbandingan, sistem pentanahan menggunakan rod dengan panjang 7,5 meter, nilai tahanan pentanahannya $0,4\Omega$. Dengan menggunakan rod yang mempunyai panjang 3 meter, nilai tahanan pentanahannya $0,8\Omega$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra, Arif, *Evaluasi Nilai Tahanan Pentanahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Transmisi Maninjau-Simpang Empat*. Diakses 3 Agustus 2016.
- [2] Suyanto, Muhammad, 2007, *Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Kaki Menara Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Bantul-Semanu Jogjakarta*. Vol. 12 No.1.
- [3] PT. PLN (Persero), 2010, *Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Saluran Tegangan Tinggi (No. Dokumen:10-22/HARLUR-PTS/2009)*. Jakarta : SK Direksi No. 114.Dir/2010.
- [4] Darmana, Ija, 2012, *Implementasi Sistem Pentanahan Grid Pada Tower Transmisi 150kV (Aplikasi Pada Tower SUTT 150kV Tower 33)*.
- [5] PUIL, 2000, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta
- [6] Hutauruk, 1999, *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Erlangga. Jakarta.
- [7] Hutauruk, 1996, *Transmisi Daya Listrik*. PT. Gelora Aksara Pratama.
- [8] Munandar, Haris, 2009, *Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan Lingkungan*. Erlangga. Jakarta.
- [9] Sumardjati, Prih, 2008, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik*.
- [10] Lazar, Irwin, 1980, *Electrical system analysis and designing for industrial Plant*. Tata Mc Graw-Hill Publishing company Limited. New Delhi.