

# PENGARUH KELEMBABAN TANAH TERHADAP TAHANAN PENTANAHAN STUDI KASUS PADA GARDU INDUK KEMAYORAN 150 KV

<sup>1</sup>Rahmawati Fajri Latiefa, <sup>2</sup>Irzan Zakir, <sup>3</sup>Massus Subekti

<sup>1,2,3</sup> Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

<sup>1,2,3</sup> Email: rahmawatifajrilatiefa@google.com, irzan.zakir@unj.ac.id, massus@unj.ac.id

## Abstrak

Nilai tahanan pentaahan pada Gardu Induk harus mendekati 0  $\Omega$  atau kurang dari 1  $\Omega$ , dan dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah dan metode sistem pentanahan yang digunakan. Tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh faktor eksternal, salah satunya adanya kelembaban tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kelembaban tanah terhadap nilai tahanan pentanahan, dan mengetahui pengaruh yang akan terjadi jika tahanan pentanahan gardu induk melebihi nilai standar IEEE Std 80-2000 yaitu kurang dari 1  $\Omega$ . Penelitian ini melakukan pengukuran aktual tahanan pentanahan dengan sistem *driven rod* dan tahanan pentanahan dengan sistem grid saat kondisi tanah basah dan tanah kering, serta perhitungan tahanan pentanahan grid Gardu Induk Kemayoran 150 kV dalam kondisi tanah kering dan tanah basah dengan menggunakan perhitungan manual berdasarkan IEEE Std 80-2000, dan perhitungan menggunakan *software* ETAP 12.6. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa kelembaban tanah dapat mempengaruhi nilai tahanan pentanahan, dengan berdasarkan saat kondisi tanah kering nilai tahanan pentanahan lebih tinggi dibandingkan saat kondisi tanah basah. Hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan sistem *driven rod* menunjukkan nilai tahanan pentanahan adalah 27,72  $\Omega$  saat kondisi tanah kering dan 18,92  $\Omega$  saat kondisi tanah basah, hasil pengukuran tahanan pentanahan dengan sistem grid menunjukkan nilai tahanan pentanahan adalah 0,076  $\Omega$  saat kondisi tanah kering dan 0,049  $\Omega$  saat kondisi tanah basah, hasil perhitungan manual tahanan grid adalah 0,078  $\Omega$  untuk kondisi tanah kering dan 0,056  $\Omega$ , dan hasil perhitungan ETAP tahanan grid adalah 0,071  $\Omega$  untuk kondisi tanah kering dan 0,051  $\Omega$  untuk kondisi tanah basah.

**Kata kunci** : Tahanan Pentanahan, Tahanan Grid, Tahanan Jenis Tanah, *Ground Potential Rise* (GPR)

## PENDAHULUAN

Dalam sistem tenaga listrik, Gardu induk memiliki peranan dalam pengaturan daya ke gardu-gardu induk lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu induk distribusi melalui feeder (penyulang) tegangan menengah. Sehingga besar kemungkinan gardu induk mengalami gangguan yang disebabkan oleh timbulnya arus lebih akibat petir dan hubung singkat. Arus lebih akan mengalir ke dalam tanah melalui peralatan yang terbuat dari metal, sebagai akibat dari tidak berfungsinya isolasi peralatan dengan baik dan nilai tahanan pentanahan yang besar. Oleh karena itu, peralatan harus disertai pentanahan dengan nilai tahanan pentanahan harus mendekati 0  $\Omega$  atau kurang dari 1  $\Omega$ , sebagai jalur untuk mengalirkan arus ke tanah saat keadaan gangguan.

Timbulnya arus gangguan ini menyebabkan gradien tegangan di antara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah, dan gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri. Apabila arus gangguan yang dialirkan ke tanah dipaksakan mengalir pada penghantar pentanahan yang nilai tahanan pentanahannya tinggi, maka akan timbulnya gradien tegangan semakin besar. Besar atau kecilnya nilai tahanan

pentanahan dipengaruhi oleh tahanan elektroda pentanahan, tahanan kontak antara elektroda pentanahan dengan tanah di sekitarnya, dan tahanan jenis tanah. Tahanan elektroda pentanahan dan tahanan kontak bergantung dari jenis elektroda pentanahannya, sedangkan tahanan jenis tanah bergantung dari jenis tanah (Aris Sunawar, 2013).

Nilai tahanan jenis tanah yang akurat dapat diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung pada lokasi pentanahan, karena struktur tanah yang sesungguhnya belum tentu sama dengan ketetapan nilai tahanan jenis tanah yang berlaku untuk beberapa jenis tanah. Pada suatu lokasi ditemukan nilai tahanan jenis tanah yang berbeda-beda (non uniform soil). Hal ini terjadi karena nilai tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, dan kadar garam.

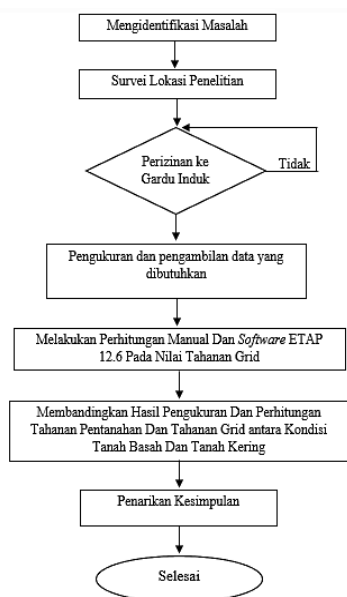
Untuk dapat menjamin keamanan dan keselamatan manusia yang berada di wilayah gardu induk ketika terjadi arus gangguan yang mengalir ke tanah, maka nilai tahanan pentanahan perlu diperhatikan. Hal ini dikarenakan ketika arus lebih masuk ke bumi, maka timbul potensial tanah di sekitar gardu induk. Semakin tinggi munculnya potensial tanah maka semakin besar kemungkinan

muncul tegangan yang berbahaya bagi orang dan peralatan baik di wilayah gardu induk, maupun di luar gardu induk.

### METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Penelitian dilakukan dengan melakukan kerja lapangan untuk mengumpulkan data, yaitu berupa data primer yang diperoleh dengan melakukan pengukuran tahanan grid dan pengukuran tahanan pentanahan, serta mengumpulkan data sekunder berupa desain sistem pentanahan grid Gardu Induk Kemayoran pada awal pembangunan. Pada penelitian ini, teknik analisis data menggunakan statistik deskriptif.

Pada penelitian ini, prosedur penelitiannya, digambarkan dalam gambar 3 :



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

### Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pada penelitian ini, pengukuran tahanan pentanahan menggunakan metode *driven rod* berdasarkan metode tiga titik atau *fall of potential*. Prinsip pengukuran dengan metode tiga titik atau *fall of potential* ditentukan berdasarkan nilai tahanan pentanahan Rx melalui aliran arus AC yang konstan diantara batang elektroda E dan batang elektroda C, sehingga muncul beda potensial antara elektroda E dan elektroda P.

### Pengukuran Tahanan Grid

Pengukuran tahanan grid dilakukan melalui konduktor pentanahan peralatan *switchyard* Gardu Induk Kemayoran 150 kV yang terhubung ke sistem pentanahan grid. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode *fall of potential* atau metode tiga titik ditentukan berdasarkan nilai tahanan pentanahan Rx melalui aliran arus AC yang konstan diantara batang elektroda E dan batang elektroda C, sehingga muncul beda potensial antara elektroda E dan elektroda P.

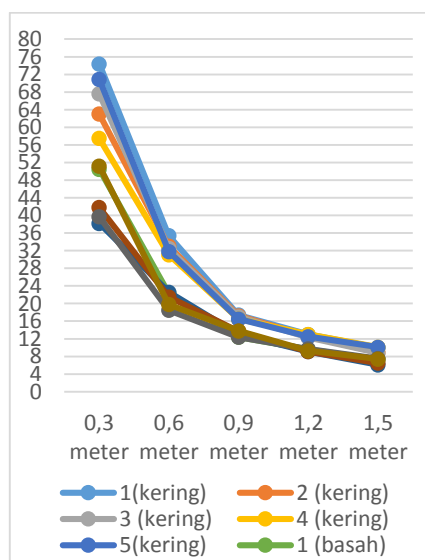
### Penentuan Nilai Tahanan Jenis Tanah

Berdasarkan nilai tahanan pentanahan yang terukur melalui metode *fall of potential*, nilai tahanan jenis tanah dapat ditentukan dengan persamaan yang berlaku pada IEEE Std 80-2000. Menurut IEEE Std 80 (2000: 54) nilai tahanan jenis tanah dengan metode *fall of potential* atau dikenal dengan metode tiga titik dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot R}{\ln\left(\frac{8 \cdot L}{d}\right) - 1}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengaruh Kondisi Tanah Kering dan Tanah Basah Terhadap Tahanan Pentanahan.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Kondisi Tanah Kering Dan Kondisi Tanah Basah Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan

Hasil menunjukkan bahwa pada semua titik pengukuran saat kondisi tanah kering nilai tahanan pentanahan lebih tinggi daripada nilai tahanan pentanahan saat kondisi tanah basah, dan nilai tahanan pentanahan menunjukkan semakin atas lapisan tanah maka nilai tahanan pentanahan relatif bervariasi. Oleh karena nilai tahanan pentanahan tanah saling mempengaruhi dengan nilai tahanan jenis tanah, maka saat kondisi tanah kering nilai tahanan jenis tanah juga lebih tinggi daripada nilai tahanan jenis tanah saat kondisi tanah basah, dan nilai tahanan jenis tanah menunjukkan semakin atas lapisan tanah maka nilai tahanan jenis tanah relatif bervariasi.

### Pengaruh Kondisi Tanah Basah dan Tanah Kering Terhadap Tahanan Grid Gardu Induk Kemayoran 150 kV

Salah satu aspek penilaian keamanan sistem pentanahan grid Gardu Induk adalah nilai tahanan pentanahannya tidak melebihi nilai standar IEEE Std 80-2000, yaitu kurang dari 1  $\Omega$ . Pada penelitian ini sistem pentanahan yang digunakan Gardu Induk Kemayoran 150 yang digunakan adalah sistem pentanahan grid. Pada penelitian ini tahanan grid Gardu Induk Kemayoran diketahui melalui pengukuran dan perhitungan.

**Tabel 1.** Input Data Nilai Tahanan Pentanahan Grid Untuk Perhitungan Manual

No.	Parameter	Hitung Manual
1.	Tahanan jenis tanah Tanah ( <i>lower soil</i> ) Kondisi Basah	13,24 $\Omega$ -m
2.	Tahanan jenis tanah Tanah ( <i>lower soil</i> ) Kondisi Kering	18,64 $\Omega$ -m
3.	Kedalaman Penanaman grid (h)	0,75 meter
4.	Luas area sistem pentanahan grid (A)	12523,9 m <sup>2</sup>
5.	Panjang total konduktor grid pentanahan ( $L_T$ )	4289,45 m

**Tabel 2.** Input Data Nilai Tahanan Pentanahan Grid Untuk Perhitungan *Software*

No.	Parameter	Hitung Manual
1.	Tahanan jenis tanah Tanah ( <i>lower soil</i> ) Kondisi Basah	13,24 $\Omega$ -m
2.	Tahanan jenis tanah Tanah ( <i>lower soil</i> ) Kondisi Kering	18,64 $\Omega$ -m
3.	Kedalaman Penanaman grid (h)	2,46 ft
4.	Jarak antara konduktor pada sumbu x	32,81 ft
5.	Jarak antara konduktor pada sumbu y	16,41 ft
6.	Panjang total konduktor grid ( $L_T$ )	14076 ft

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan nilai tahanan pentanahan Gardu Induk Kemayoran 150 kV yang dilakukan pada kondisi tanah yang berbeda maka pengaruhnya dapat dijabarkan sebagai berikut :

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Grid Kondisi Tanah Kering Dan Kondisi Tanah Basah

Parameter	IEEE Std 80-2000	Nilai Rata-rata	
		Kondisi Kering	Kondisi Basah
Tahanan Pentanahan Grid ( $R_g$ )	< 1 $\Omega$	0,076 $\Omega$	0,049 $\Omega$

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Manual Nilai Tahanan Grid Kondisi Tanah Kering dan Tanah Basah

Parameter	IEEE Std 80-2000	Nilai Rata-rata	
		Kondisi Kering	Kondisi Basah
Tahanan Pentanahan Grid ( $R_g$ )	< 1 $\Omega$	0,078 $\Omega$	0,056 $\Omega$

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan ETAP Nilai Tahanan Pentanahan Kondisi Tanah Kering dan Tanah Basah

Parameter	IEEE Std 80-2000	Nilai Rata-rata	
		Kondisi Kering	Kondisi Basah
Tahanan Pentanahan Grid ( $R_g$ )	< 1 $\Omega$	0,071 $\Omega$	0,051 $\Omega$

Berdasarkan nilai pengukuran dan perhitungan tahanan grid, menunjukkan pada kondisi tanah kering nilai tahanan grid lebih tinggi dibandingkan pada kondisi tanah basah, dengan rata-rata penurunan yang terjadi sebesar 30%. Perbedaan nilai tahanan grid yang terjadi antara kondisi tanah kering dengan kondisi tanah basah menunjukkan adanya pengaruh kelembaban tanah dengan nilai tahanan pentanahan.

### Pengaruh Nilai Tahanan Pentanahan Terhadap Nilai GPR (*Ground Potential Rise*)

Untuk mengetahui seberapa pengaruh tahanan pentanahan sistem pentanahan grid terhadap nilai kenaikan potensial bumi (GPR) maka diasumsikan:

- Arus gangguan yang mengalir pada Gardu Induk Kemayoran memiliki nilai yang sama namun dengan perubahan nilai tahanan jenis tanah.
- Nilai Arus hubung singkat berdasarkan laporan arus hubung singkat GI/GITET P2B Semester 1 2017 pada lampiran VII.
- Tidak ada perubahan desain sistem pentanahan grid Gardu Induk Kemayoran.

Berdasarkan ketentuan asumsi tersebut, maka didapatkan nilai potensial bumi (GPR) sebagai berikut.

**Tabel 6.** Pengaruh Nilai Tahanan Grid Terhadap Nilai Potensial Bumi (GPR) Dengan Hitung Manual

Jenis Tanah	$\rho$ ( $\Omega$ -m)	$R_g$ ( $\Omega$ )	$I_g$ (A)	GPR (V)
Tanah rawa	30	0,12	10593,36	1340,06
Tanah Liat	100	0,42	10593,36	4466,18
Pasir Basah	200	0,84	10593,36	8932,36
Kerikil Basah	500	2,10	10593,36	22330,91
Tanah Berbatu	1000	4,21	10593,36	44661,82

Berdasarkan perhitungan probabilitas potensial bumi yang muncul ketika arus gangguan, maka dapat dinyatakan bahwa nilai tahanan pentanahan mempengaruhi nilai kenaikan potensial bumi. Sehingga nilai tahanan

pentanahan juga dapat dipengaruhi oleh nilai kelembaban walaupun pengaruh yang terjadi tidak terlalu signifikan. Tinggi rendahnya nilai tahanan grid akan berpengaruh juga dengan potensial tahanan bumi yang mungkin dapat muncul dipermukaan. Oleh karena itu, berdasarkan nilai tahanan grid pada dua kondisi tanah di Gardu Induk Kemayoran 150 kV maka hasilnya sebagai berikut :

**Tabel 7.** Nilai Potensial Bumi Berdasarkan Nilai Tahanan Grid Gardu Induk Kemayoran 150 kV

Metode	$R_g(\Omega)$		$I_g$ (A)	GPR (V)	
	Kering	Basah		Tanah Kering	Tanah Basah
Ukur	0,076	0,049	10593	805,01	519,07
Hitung Manual	0,078	0,056	10593	826,28	593,23
Hitung ETAP	0,071	0,051	10593	752,13	540,26
	Rata-Rata			794,47	550,85

Berdasarkan perhitungan nilai potensial bumi (GPR) dengan nilai tahanan grid pada kondisi kering dan kondisi basah, nilai potensial bumi lebih tinggi pada kondisi kering dibandingkan dengan kondisi basah.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, serta mengacu pada hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

- Terdapat pengaruh kelembaban tanah terhadap nilai tahanan pentanahan, pada kondisi tanah kering nilai tahanan pentanahan lebih tinggi dibandingkan kondisi tanah basah, dengan hasil sebagai berikut :
  - Dari segi pengukuran tahanan pentanahan dengan sistem pentanahan *driven rod* pada area *switchyard* Gardu Induk Kemayoran 150 kV, nilai tahanan pentanahan pada kondisi tanah kering adalah 27,72  $\Omega$  sedangkan pada kondisi tanah basah adalah 18,92  $\Omega$ .
  - Dari segi pengukuran tahanan pentanahan dengan sistem pentanahan grid pada peralatan *switchyard* Gardu Induk Kemayoran 150 kV, nilai tahanan pentanahan pada kondisi tanah kering

adalah  $0,076\Omega$ , sedangkan pada kondisi tanah basah adalah  $0,049\Omega$ .

- c. Dari segi perhitungan tahanan pentanahan sistem grid Gardu Induk Kemayoran 150 kV, dengan perhitungan manual nilai tahanan pentanahan pada kondisi tanah kering adalah  $0,078\Omega$  sedangkan pada kondisi tanah basah adalah  $0,056\Omega$ . Sedangkan dengan perhitungan ETAP 12.6 nilai tahanan pentanahan pada kondisi tanah kering adalah  $0,071\Omega$  sedangkan pada kondisi tanah basah adalah  $0,051\Omega$ .
2. Berdasarkan simulasi pengaruh tahanan pentanahan terhadap munculnya potensial bumi (*Ground Potential Rise*) saat arus gangguan masuk ke tanah, maka nilai tahanan pentanahan Gardu Induk harus kurang dari  $1\Omega$  atau mendekati  $0\Omega$ , untuk meminimalisir nilai potensial bumi (*Ground Potential Rise*) yang dapat menimbulkan tegangan yang berbahaya bagi manusia.

#### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan serta kondisi nyata di lapangan maka disarankan:

1. Melakukan pengukuran tahanan pentanahan secara periodik untuk mengecek kembali nilai potensial bumi (GPR) ketika arus gangguan terjadi.
2. Menggunakan material pelapis permukaan tanah untuk mengurangi terjadinya perubahan kelembaban tanah akibat perubahan cuaca.

#### DAFTAR PUSTAKA

E&S Grounding Solution. (2015). What is Ground Potential Rise or Earth Potential Rise. <http://www.esgroundingsolutions.com/what-is-ground-rise-and-earth-potensial-rise/>. (Diakses tanggal 20 Desember 2017)

Gunawan, Imam. (2013). *Metode Penelitian Kualitatif Teori dan Praktik*. Jakarta: Bumi Aksara

Hutauruk, T.S. (1987). *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga

IEEE Std 80. (2000). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*, New York, USA: 2000

IEEE Std 142. (2007). *IEEE Grounding of Industrial and Commercial Power System*, New York, USA: 2007

Morstad, Anders. (2012). *Grounding of Outdoor High Voltage Substation Samnanger Substation* [Tesis]. Norwegian: Department of Electric Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology

Nugoro, Dedi. (2006). Konfigurasi Elektroda Batang Pada Sistem Pentanahan. *Jurnal Transistor*, 6: 7 – 22

Oktakimia. (2015). Korosi Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya. <http://oktakimia.wordpress.com/2015/05/07/koros-dan-faktor-faktor-yang-mempengaruhinya/amp> (Diakses pada tanggal 25 Desember 2017)

Pasaribu, Linda. (2011). *Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur, Dan Kadar Garam Terhadap Tahanan Pentanahan Tanah* [Tesis]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Putra, Reza, dkk. (2017). Pengaruh Variasi Kedalaman Elektroda Dan Resistivitas Tanah Dalam Memprediksi Potensi Korosi Dengan Metode Wenner. *ISSN 2338 – 7122*, 111 – 116

Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan. Lembaran Negara RI Tahun 2009, No. 133, Sekretariat Negara. Jakarta

Rhamdani, Deni. (2008). Analisis Resistansi Tanah Berdasarkan Pengaruh Kelembaban, Temperatur, dan Kadar Garam, [Skripsi].

Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Sam, Hisam. (2016). Mengetahui Kenapa Air Hujan Dapat Menyebabkan Perkaratan Pada Logam? <http://www.dosenpendidikan.com/kenapa-air-hujan-dapat-menyebabkan-perkaratan-pada-logam/>.(Diakses pada tanggal 25 Desember 2017)

SNI PUIL. (2000), Amandemen 1 Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL), Badan Standardisasi Nasional.2000.

Sofyan, Andi. (2013). Sistem Pentanahan Grid Gardu Induk PLTU Teluk Sirih. *Jurnal Momentum*, 14: 36 – 45

Sugiyono (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta

Sunawar, Aris. (2013). Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah. *Jurnal Setrum*, 2: 16 – 21

Susianto, Nirwan. Korosi. [www.studio-belajar.com/korosi](http://www.studio-belajar.com/korosi). (Diakses pada tanggal 25 Desember 2017)

Tadjuddin, dkk. (2000). Penerapan Sistem Grid Tak Simetri pada Pentanahan Gardu Induk Bulukumba.[www.elektroindonesia.com/elektro/ener31.html](http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener31.html). (Diakses pada tanggal 25 Desember 2017)