

THE PHYSICAL TREATMENT SOIL CHARACTERISTICS FOR GROUNDING SYSTEMS ON MADIUN AND SURABAYA REGION

Bambang Anggoro, Ngapuli I. Sinisuka, Parouli M. Pakpahan, dan Dicky Irman B.*

ABSTRAK

Penelitian tentang karakteristik tanah dengan pengukuran tahanan dan tahanan jenis tanah merupakan faktor penting guna menentukan besarnya tahanan pengetanahan. Dengan mengetahui struktur dan karakteristik tanah maka evaluasi dan perencanaan sistem pengetanahan akan diperoleh hasil yang optimal. Nilai tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanah, temperatur, kelembaban, dan pengaruh kandungan kimianya. Pada penelitian ini akan dipelajari karakteristik tanah dari daerah Madiun dan Surabaya dengan berbagai macam perlakuan fisik yaitu penambahan air, penambahan arang dan penambahan larutan garam dan diuji dari frekuensi 0 Hz sampai dengan frekuensi 15 MHz. Secara umum penambahan air & garam akan memperkecil besar impedansi tanah sedang penambahan arang tidak merubah banyak besar impedansi. Sifat resistif dan kapasitif sangat tergantung dari perilaku fisik yang diberikan pada tanah tersebut.

Kata kunci: tahanan tanah, tahanan jenis tanah, tahanan pengetanahan, sistem pengetanahan.

ABSTRACT

The research on soil characteristic by measuring soil resistancy and resistivity is an important factor to make a good grounding impedance. The optimal evaluation and planning of the grounding system can be achieved by understanding the soil structure and characteristic. The soil resistivity varies upon soil composition, temperature, water content and its chemical content. In this research we analyse soil characteristics of the samples from Madiun and Surabaya areas by conducting some physical treatments such as water, salt, and carbon treatments. These samples then are tested using 0Hz – 15MHz frequency from sinusoidal power supply. Generally, soil impedance has a negative correlation upon addition of water and salt content, but has no correlation upon additional carbon content.

Keywords: soil resistance, soil resistivity, grounding resistance, grounding system.

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik mempunyai kemungkinan yang sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya arus gangguan akibat isolasi peralatan yang tidak berfungsi dengan baik. Arus gangguan tersebut akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar sistem tenaga listrik. Arus gangguan ini menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan juga gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri. Besarnya gradien tegangan pada permukaan tanah tergantung pada tahanan jenis tanah atau sesuai dengan struktur tanah tersebut.

Salah satu usaha untuk memperkecil tegangan permukaan tanah dilakukan dengan cara menambahkan elektroda pengetanahan yang ditanam ke dalam tanah atau memperlakukan tanah secara khusus. Perlakuan khusus tanah merupakan titik masalah yang diteliti pada percobaan ini dan diharapkan dengan perlakuan khusus tersebut impedansi pengetanahan dapat

diperkecil. Dalam penelitian ini tanah yang diuji diambil dari daerah Madiun dan Surabaya. Dengan melihat mikroskopis komposisi tanah diharapkan terlihat korelasi sifat listrik dan komposisi tanah.

2. METODA PENELITIAN

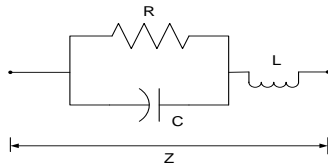
Penelitian karakteristik tanah ini dilakukan dengan penambahan air, arang dan larutan garam dan mengikuti beberapa langkah, sbb:

- Pengambilan sampel tanah didaerah Madiun dan Surabaya.
- Tanah dikeringkan dan dibuat sehomogen mungkin dengan menghaluskan tanah.
- Tanah ditreatment dengan menambah air atau garam atau arang dengan persentase sesuai yang diinginkan.
- Mengadakan pengukuran dengan rangkaian seperti pada gambar 3.1 dan 3.2 di Laboratorium Tegangan dan Arus Tinggi, Teknik Elektro - ITB.
- Mengolah data-data pengukuran yang telah diperoleh dengan dibuat kurva-kurva.
- Analisis kurva dengan tabel-tabel hasil olahan.

* Sekolah Teknik Elektro dan Informatika - ITB
E-mail: bambanga@hv.ee.itb.ac.id

3. EKSPERIMEN

Rangkaian Ekuivalen Impedansi Pengetanahan dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Impedansi.

$$Z = R \cos \varphi + jZ \sin \varphi$$

$$Z = \frac{R}{1 + (\omega RC)^2} + j \left(\omega L - \frac{\omega CR^2}{1 + (\omega RC)^2} \right) \quad \dots(2.1)$$

Dari persamaan diatas dapat ditentukan nilai L dan C sebagai berikut

$$L = \frac{Z \sin \varphi + \frac{\omega CR^2}{1 + (\omega RC)^2}}{\omega} \quad \dots(2.2)$$

$$C = \sqrt{\frac{R - Z \cos \varphi}{Z \cos \varphi \omega^2 R^2}} \quad \dots(2.3)$$

3.1 Sampel Tanah

Jenis tanah yang diambil sebagai sampel adalah:

- Tanah Madiun
- Tanah Surabaya

3.2 Peralatan yang Digunakan

- a. Generator frekuensi.
Generator frekuensi berfungsi memberikan arus injeksi ke sistem pengetanahan dalam rentang frekuensi 0 Hz hingga 15 MHz.
- b. Osiloskop digital.
Osiloskop digital berfungsi untuk mengukur besarnya tegangan jatuh dan mengukur beda fasa antara tegangan dan arus.
- c. Bak tanah yang terbuat dari mika.
Bak tanah ukuran 10x10x10cm berfungsi untuk tempat tanah yang akan di uji dengan penambahan beberapa partikel ke dalamnya.
- d. Timbangan.
Timbangan berfungsi untuk menentukan berat tanah dan partikel-partikel yang akan dicampur ke dalam tanah berdasarkan konsentrasi yang diinginkan.

3.3 Percobaan

Percobaan dilakukan dengan mengetes jenis tanah dengan kondisi:

- Kering (standar)
- Basah (penambahan air)
- Penambahan arang yang sudah dihaluskan.
- Penambahan larutan garam.

a. Percobaan Tanah Kering

Percobaan pada saat tanah dalam kondisi kering dan halus. Sampel diukur dengan berat sekitar 1 Kg atau sesuai dengan volume bak 0,001m³.

b. Percobaan Tanah dengan penambahan air

Percobaan dilakukan dengan penambahan air pada tanah kering dengan penambahan 2,5 % berat tanah atau setara 25 gram berat air. Penambahan dilakukan secara bertahap 2,5% sampai dengan 15%. Pencampuran tanah dan air dilakukan secara merata.

c. Percobaan dengan penambahan arang

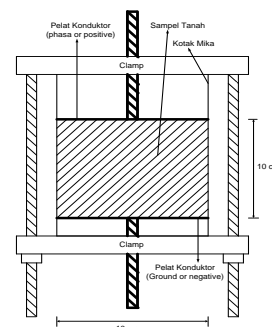
Percobaan dilakukan dengan penambahan arang yang sudah dihaluskan pada tanah kering dengan penambahan 2,5 % berat tanah atau setara 25 gram berat arang. Penambahan dilakukan secara bertahap 2,5% sampai dengan 15%. Pencampuran tanah dan arang dilakukan secara merata.

d. Penambahan dengan larutan garam

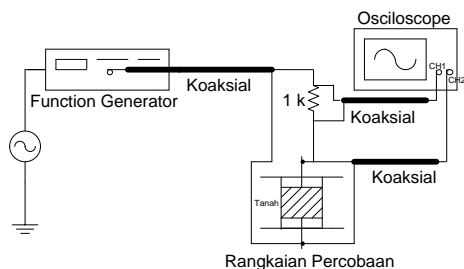
Percobaan dilakukan dengan penambahan larutan garam pada tanah kering dengan komposisi penambahan garam seberat 2,5 % berat tanah atau setara 25 gram berat garam ditambah dengan 5% air atau setara dengan berat 50 gram air. Penambahan dilakukan secara bertahap 2,5% larutan garam sampai dengan 15%. Pencampuran tanah dan larutan garam dilakukan secara merata.

3.4 Pengukuran

Pengukuran sistem pengetanahan ini dilakukan pada sebuah kotak mika berukuran 10 x 10 x 10 cm yang berisi tanah, dimana bagian atas dan bawah bak diberikan plat metal sejajar.



Gambar 2. Bak Pengetanahan.



Gambar 3. Rangkaian percobaan.

Generator frekuensi sebagai sumber arus diinjeksikan pada sistem pengetanahan. Sistem pengetanahan yaitu bak mika yang pada bagian atas dan bawahnya diberikan plat metal sejajar.

Percobaan dilakukan dengan memberikan tegangan yang konstan pada tahanan 1000 Ohm sebesar 10 Volt.

Channel 1 pada osiloskop membaca tegangan pada tahanan 1000 Ohm (V_1), dimana tegangan ini digunakan untuk mengukur arus dan Channel 2 membaca tegangan sistem pengetanahan (V_2). Besar tegangan V_1 konstan 10 volt dan tegangan V_2 berubah-ubah sesuai dengan perubahan frekuensi, jenis tanah dan perlakuan terhadap tanah tersebut. Percobaan dilakukan dengan mengubah frekuensi dari 0 Hz sampai dengan 15 Hz. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah harga tegangan pada sistem pentanahan (bak mika berisi tanah) atau V_2 dan perbedaan sudut fasa antara tegangan pada tahanan 1000 Ohm atau V_1 dengan tegangan pada sistem pentanahan atau V_2 .

3.5 Mencari Unsur Kimia Tanah

Penelitian unsur kimia tanah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara. Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari unsur atau kandungan-kandungan kimia tanah dan konsentrasinya di dalam tanah yang telah di uji. Untuk mencari unsur kimia yang terkandung dalam tanah, metoda yang dipergunakan adalah metoda X-Ray Fluorescence.

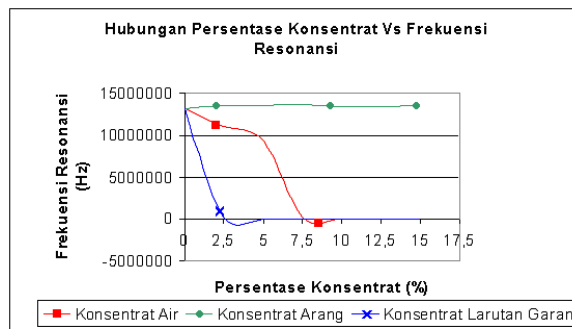
4. HASIL PENGUKURAN

4.1 Hasil Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

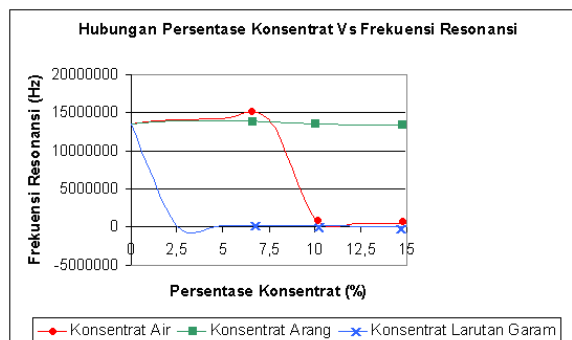
Hasil pengukuran tahanan jenis tanah ditampilkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

4.2 Hasil Pengukuran Frekuensi Resonansi

Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara persentase konsentrasi (air, arang atau larutan garam) dengan frekuensi resonansi (Hz).



Gambar 4. Grafik karakteristik frekuensi resonansi Tanah Madiun dengan berbagai perlakuan fisik.

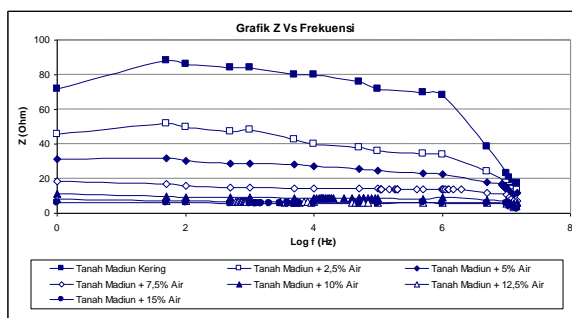


Gambar 5. Grafik karakteristik frekuensi resonansi Tanah Surabaya dengan berbagai perlakuan fisik.

4.3 Hasil Pengukuran Impedansi dan beda fasa dengan Berbagai Perlakuan Fisik

Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara frekuensi (dalam skala logaritma) dengan impedansi atau beda fasa.

4.3.1 Karakteristik Tanah Madiun dengan Penambahan Air



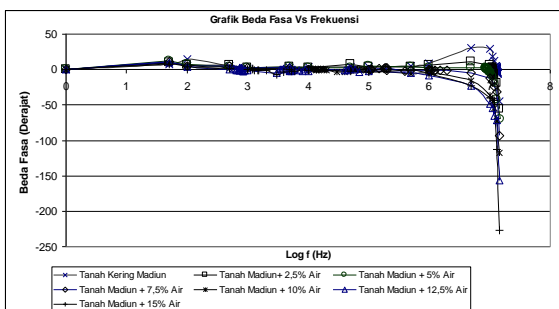
Gambar 6. Grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

Tabel 1. Tahanan jenis tanah Madiun dengan berbagai macam perlakuan fisik.

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm Cm)
Tanah Madiun Kering	720
Tanah Madiun Kering + 2,5% Air	450
Tanah Madiun Kering + 5% Air	312
Tanah Madiun Kering + 7,5% Air	184
Tanah Madiun Kering + 10% Air	112
Tanah Madiun Kering + 12,5% Air	80
Tanah Madiun Kering + 15% Air	64
Tanah Madiun Kering + 2,5% Arang	720
Tanah Madiun Kering + 5% Arang	840
Tanah Madiun Kering + 7,5% Arang	889
Tanah Madiun Kering + 10% Arang	920
Tanah Madiun Kering + 12,5% Arang	920
Tanah Madiun Kering + 15% Arang	960
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 2,5% Garam	72
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 5% Garam	34
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 7,5% Garam	16,8
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 10% Garam	12,8
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 12,5% Garam	6,4
Tanah Madiun Kering + 5% Air + 15% Garam	6

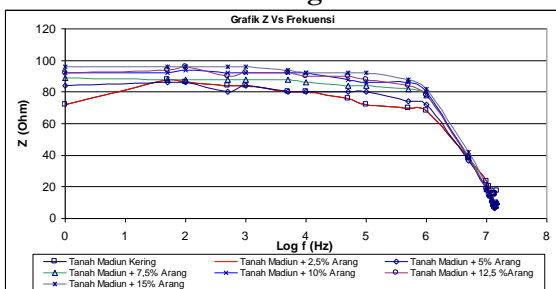
Tabel 2. Tahanan jenis tanah Surabaya dengan berbagai macam perlakuan fisik.

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm Cm)
Tanah Surabaya Kering	840
Tanah Surabaya Kering + 2,5% Air	496
Tanah Surabaya Kering + 5% Air	336
Tanah Surabaya Kering + 7,5% Air	288
Tanah Surabaya Kering + 10% Air	164
Tanah Surabaya Kering + 12,5% Air	132
Tanah Surabaya Kering + 15% Air	104
Tanah Surabaya Kering + 2,5% Arang	920
Tanah Surabaya Kering + 5% Arang	980
Tanah Surabaya Kering + 7,5% Arang	980
Tanah Surabaya Kering + 10% Arang	1000
Tanah Surabaya Kering + 12,5% Arang	960
Tanah Surabaya Kering + 15% Arang	1000
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 2,5% Garam	86
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 5% Garam	30
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 7,5% Garam	15,2
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 10% Garam	14,4
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 12,5% Garam	7,2
Tanah Surabaya Kering + 5% Air + 15% Garam	6,4

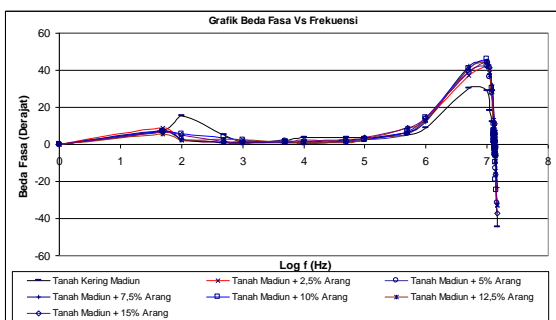


Gambar 7. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.3.2 Karakteristik Tanah Madiun dengan Penambahan Arang

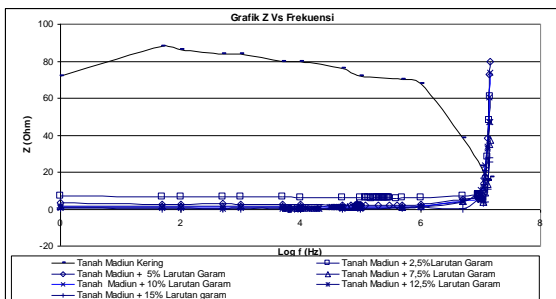


Gambar 8. Grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

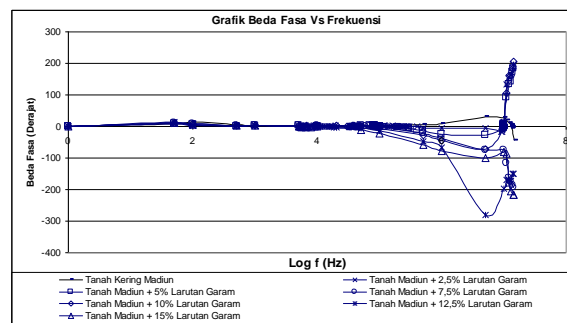


Gambar 9. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.3.3 Karakteristik Tanah Madiun dengan Penambahan Larutan Garam

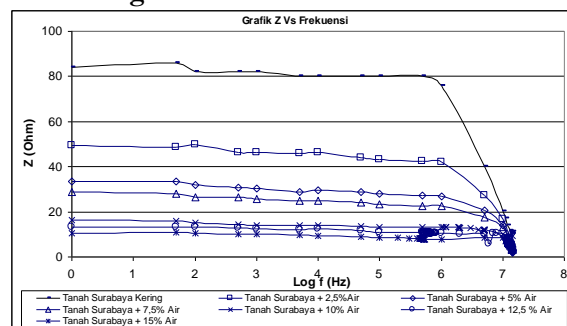


Gambar 10. Grafik Hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

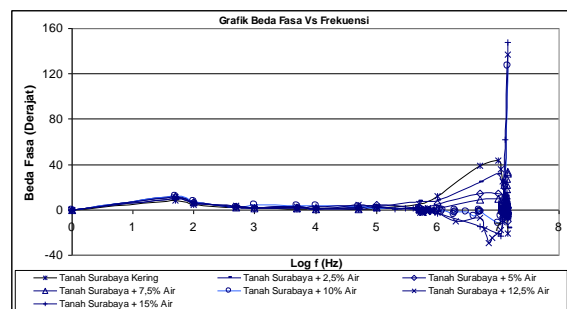


Gambar 11. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.3.4 Karakteristik Tanah Surabaya dengan Penambahan Air

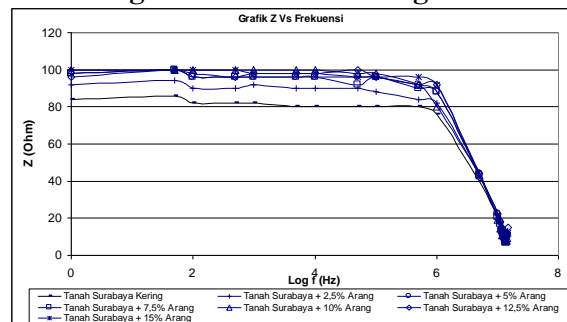


Gambar 12. Grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

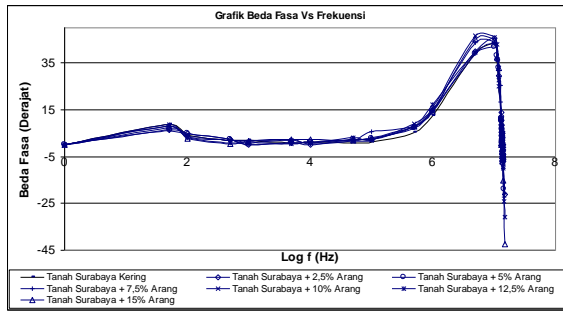


Gambar 13. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.3.5 Karakteristik Tanah Surabaya dengan Penambahan Arang

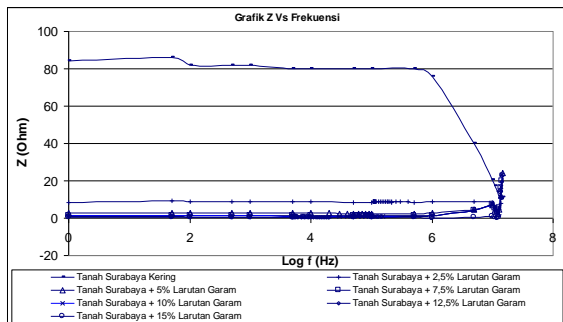


Gambar 14. Grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.

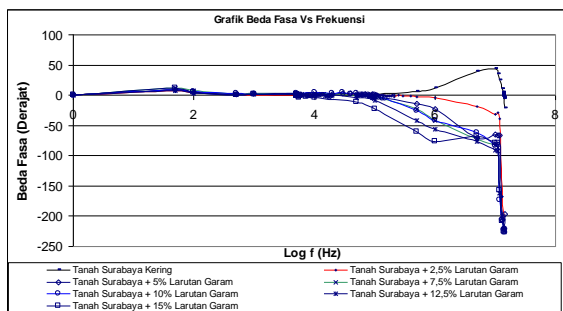


Gambar 15. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.3.6 Karakteristik Tanah Surabaya dengan Penambahan Larutan Garam



Gambar 16. Grafik hubungan antara impedansi dengan frekuensi.



Gambar 17. Grafik hubungan antara beda fasa dengan frekuensi.

4.4 Unsur Kimia Tanah

Tabel 3. Persentase unsur kimia tanah.

Unsur Kimia	Tanah Madiun	Tanah Surabaya
Si	25,528%	21,787%
Ti	0,454%	0,495%
Al	9,528%	10,761%
Fe	4,707%	5,960%
Mn	0,201%	0,084%
Ca	2,073%	2,318%
Mg	1,201%	0,820%
Na	0,441%	0,722%
K	0,200%	0,311%
P	0,054%	0,052%

5. ANALISA

Hasil pengukuran didapat harga tegangan sistem pengetanahan (V_2) dan beda fasa antara tegangan (V_1) dengan tegangan (V_2). Dari beda fasa akan terlihat sistem pengetanahan bersifat resistif, kapasitif atau induktif. Jika arus dan V_2 sefasa maka tanah bersifat resistif. Sifat resistif terjadi pada saat frekuensi resonansi.

Sedangkan jika arus mendahului tegangan V_2 maka tanah bersifat kapasitif, tetapi sebaliknya jika arus terbelakang dari V_2 maka tanah bersifat induktif. Tanah bersifat kapasitif terjadi pada frekuensi dibawah frekuensi resonansi. Tanah bersifat induktif terjadi pada frekuensi diatas frekuensi resonansi. Dari pengukuran V_2 diperoleh harga impedansi yang nilainya berubah-ubah sesuai dengan kenaikan frekuensi dan berbagai macam perlakuan fisik. Harga tahanan jenis tanah diukur pada saat frekuensi bernilai nol.

5.1 Karakteristik Tahanan Jenis Tanah

5.1.1 Tanah Madiun

Dari Tabel 1 terlihat nilai tahanan jenis sebelum diberikan perlakuan fisik (saat kering) sebesar 720 Ohm cm. Nilai tahanan jenis akan turun jika dilakukan penambahan air dan larutan garam. Tetapi penambahan arang bisa dianggap tidak mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah. Penambahan air lebih baik dilakukan sampai dengan 15% karena akan menurunkan nilai tahanan jenis lebih banyak yaitu menjadi 64 Ohm cm. Sedangkan penambahan larutan garam sampai dengan 15% akan lebih baik lagi karena penurunan nilai tahanan jenis lebih banyak yaitu menjadi 6 Ohm cm.

5.1.2 Tanah Surabaya

Dari Tabel 2 terlihat nilai tahanan jenis sebelum diberikan perlakuan fisik (saat kering) sebesar 840 Ohm cm. Nilai tahanan jenis akan turun jika dilakukan penambahan air dan larutan garam. Tetapi penambahan arang bisa dianggap tidak mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah. Penambahan air lebih baik dilakukan sampai dengan 15% karena akan menurunkan nilai tahanan jenis lebih banyak yaitu menjadi 104 Ohm cm. Sedangkan penambahan larutan garam sampai dengan 15% akan lebih baik lagi karena penurunan nilai tahanan jenis lebih banyak yaitu menjadi 6,4 Ohm cm.

5.2 Karakteristik Frekuensi Resonansi

5.2.1 Tanah Madiun

Dari Gambar 1 terlihat frekuensi resonansi akan berubah jika diberikan penambahan air dan larutan garam, sedangkan penambahan arang tidak mempengaruhi nilai frekuensi resonansi. Pada saat diberikan penambahan air frekuensi resonansi akan turun sesuai dengan kenaikan persentase air. Semakin besar persentase air frekuensi resonansi akan semakin kecil. Begitupula pada saat diberikan penambahan larutan garam frekuensi resonansi akan turun dengan cepat sesuai dengan kenaikan persentase larutan garam.

5.2.2 Tanah Surabaya

Dari Gambar 2 terlihat frekuensi resonansi akan berubah jika diberikan penambahan air dan larutan garam, sedangkan penambahan arang tidak mempengaruhi nilai frekuensi resonansi. Pada saat diberikan penambahan air frekuensi resonansi akan naik sampai dengan persentase air 7,5%, tetapi diatas persentase 7,5% frekuensi resonansi akan turun. Sedangkan pada saat diberikan penambahan larutan garam frekuensi resonansi akan turun sesuai dengan kenaikan persentase larutan garam.

5.3 Karakteristik Impedansi dan Beda Fasa

Pada grafik impedansi dan beda fasa nilai frekuensi ditampilkan dalam nilai logaritma. Hal ini dilakukan agar perubahan frekuensi sampai dengan 15 MHz dapat terlihat dengan jelas pada setiap kenaikan frekuensi.

5.3.1 Tanah Madiun

▪ Dengan Penambahan Air

Dari Gambar 6 terlihat nilai impedansi akan turun jika dilakukan penambahan air dan kenaikan frekuensi. Nilai impedansi akan terus turun jika persentase air yang diberikan lebih besar. Begitupula nilai impedansi akan turun jika semakin besar frekuensi. Nilai impedansi turun pada frekuensi diatas 100 Hz.

Dari Gambar 7 terlihat nilai beda fasa naik turun jika frekuensi dinaikkan pada frekuensi diatas 100 Hz untuk semua perlakuan penambahan air dari 2,5% sampai dengan 15%. Untuk frekuensi diatas 1MHz beda fasa turun drastis. Nilai beda fasa turun untuk setiap kenaikan penambahan air.

▪ Dengan Penambahan Arang

Dari Gambar 8 terlihat nilai impedansi berubah dengan penambahan arang tetapi perubahannya tidak terlalu berarti karena perubahannya kecil sekali. Penambahan arang yang semakin besar persentasenya tidak berpengaruh terhadap penurunan impedansi. Nilai impedansi turun untuk frekuensi diatas 1 MHz.

Dari Gambar 9 terlihat nilai beda fasa naik untuk frekuensi dibawah 100 Hz, kemudian diatas 100 Hz nilainya hampir konstan. Tetapi pada frekuensi antara 1 MHz -10 MHz beda fasa naik drastis. Tetapi kemudian turun drastis diatas 10 MHz. Nilai beda fasa naik jika penambahan arang dinaikkan sampai dengan 15%.

▪ Dengan Penambahan Larutan Garam

Dari Gambar 10 terlihat nilai impedansi turun drastis dimulai pada penambahan 2,5% dan nilainya semakin turun sesuai kenaikan persentase larutan garam. Pada tanah kering impedansi turun mulai dari frekuensi 100 Hz dan turun dengan drastis pada frekuensi 1 MHz. Sedangkan pada penambahan larutan garam impedansi nilai naik drastis pada frekuensi diatas 10 MHz.

Dari Gambar 11 terlihat nilai beda fasa konstan nilainya dari frekuensi 0 sampai 10 KHz tetapi kemudian turun pada frekuensi diatas 10 KHz. Nilai beda fasa turun untuk setiap kenaikan penambahan larutan garam.

5.3.2 Tanah Surabaya

▪ Dengan Penambahan Air

Pada Gambar 12 terlihat nilai impedansi akan terus turun penambahan air sampai dengan 15%. Begitupun nilai impedansi akan turun jika frekuensi semakin besar. Nilai impedansi turun drastis pada frekuensi diatas 1 MHz.

Pada Gambar 13 terlihat nilai beda fasa pada frekuensi dibawah 100 Hz naik. Kemudian konstan nilainya dari frekuensi 100 sampai 1 MHz, tetapi pada frekuensi diatas 1 MHz untuk penambahan air diatas 10% beda fasa naik dan kemudian turun drastis diatas frekuensi 10 MHz, sedangkan untuk penambahan air dibawah 10% beda fasa akan naik pada frekuensi 1 MHz dan kemudian turun pada frekuensi 10 MHz.

Nilai beda fasa turun untuk setiap kenaikan penambahan air.

▪ Dengan Penambahan Arang

Pada Gambar 14 terlihat nilai impedansi akan semakin besar jika ditambah arang. Semakin besar persentase arang impedansi semakin besar walaupun tidak terlalu berarti perubahannya. Tetapi jika frekuensi dinaikkan nilai impedansi akan turun. Impedansi turun saat frekuensi diatas 1 MHz.

Dari Gambar 15 terlihat nilai beda fasa naik untuk frekuensi dibawah 100 Hz, kemudian diatas 100 Hz nilainya hampir konstan sampai dengan frekuensi 100 KHz. Tetapi pada frekuensi antara 100 KHz -10 MHz beda fasa naik drastis. Tetapi kemudian turun drastis pada frekuensi diatas 10 MHz. Nilai beda fasa naik jika penambahan arang dinaikkan sampai dengan 15%.

▪ Dengan Penambahan Larutan Garam

Pada Gambar 16 terlihat nilai impedansi turun drastis jika ditambah larutan garam. Impedansi turun drastis dengan penambahan larutan garam mulai dari persentase 2,5%. Nilainya akan terus turun jika persentase larutan terus ditambah sampai 15%. Tetapi pada penambahan larutan garam ini impedansi justru naik pada frekuensi diatas 10 MHz.

Pada Gambar 17 terlihat nilai beda fasa hampir konstan nilainya sampai dengan frekuensi 10 KHz, tetapi kemudian nilai beda fasa turun pada frekuensi diatas 10 KHz. Nilai beda fasa turun untuk setiap kenaikan penambahan larutan garam.

5.4 Unsur Kimia Tanah

Untuk semua jenis tanah unsur silikon merupakan unsur yang paling banyak pada tanah. Presentasi unsur kimia dalam tanah dari masing-masing daerah hampir sama, akan tetapi mempunyai karakteristik yang berbeda baik dilihat dari resistivitasnya maupun pergeseran sudut phasanya. Untuk sementara dapat dinyatakan bahwa faktor treatment lebih menentukan besar kecilnya resistivitas dan sudut phasa

6. SIMPULAN

Berdasarkan hal-hal diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Tahanan jenis untuk berbagai jenis tanah (tanah Madiun dan Surabaya) akan turun jika ditambahkan air dan larutan garam. Penambahan dengan larutan garam sampai dengan 15% akan lebih baik karena nilai

tahanan jenis akan kecil mendekati nol. Sedangkan penambahan arang tidak akan berarti apa-apa terhadap tahanan jenis.

- b) Frekuensi resonansi untuk berbagai jenis tanah akan turun jika ditambahkan air dan larutan garam, sedangkan jika ditambahkan arang konstan.
- c) Harga impedansi akan turun jika ditambahkan air dan larutan garam. Penambahan dengan larutan garam lebih baik karena nilai impedansi dapat turun dengan nilai yang sangat kecil mendekati nol. Sedangkan penambahan arang dapat mengakibatkan kenaikan nilai impedansi walaupun tidak terlalu berarti karena kenaikannya sangat kecil.
- d) Harga impedansi pada penambahan air dan arang dapat turun dengan menaikkan frekuensi diatas 1 MHz. Sebaliknya pada penambahan larutan garam impedansi naik jika frekuensi dinaikkan diatas 10 MHz.
- e) Nilai beda fasa akan turun jika ditambahkan air dan larutan garam, tetapi nilainya akan naik jika ditambahkan arang.
- f) Unsur silikon merupakan unsur terbanyak pada semua jenis tanah sehingga semua jenis tanah mempunyai karakteristik yang hampir sama.

DAFTAR ACUAN

- Anggoro, B. (2000), 'Beberapa Faktor Penentu Nilai Resistansi Tanah Sebagai Data Untuk Merancang Tahanan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik', *Proceeding ECCIS*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Anggoro, B. (2000), 'Analisa Perilaku Tahanan Pengetanahan Terhadap Sumber Arus Frekuensi Tinggi Dengan Metode Perjalanan Gelombang Elektromagnetik', *Proceeding ECCIS*, Universitas Brawijaya Malang.
- Anggoro, B., Kudrat, S., Ngapuli, dan Parouli, P. (2001), 'Prediksi Sistem Pengetanahan Dilihat Dari Kontur Garis Ekipotensial di Permukaan Tanah Disekitar Sistem Pengetanahan', *Proceeding FOSTU*, SNWTT IV, Batam.
- Anggoro, B., Kudrat, S., Ngapuli, dan Parouli, P. (2001), 'Variasi Besar Impedansi Sistem Pengetanahan Terhadap Konfigurasi Grid Akibat Posisi dan Bentuk Arus Injeksi', *Proceeding FOSTU*, SNWTT IV, Batam.

- Anggoro, B., Parouli, dan Wido, S. (2002), 'The Patern of Around Potential Rise (GPR) in the Grounding Measurement with Many Return Electrode', *Proceeding*, Joint Conference of ACED & K-J Symposium on ED and EHV Soongsil University, Seoul, Korea.
- Hutahuruk, T.S. (1991), **Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan**, Penerbit Erlangga.
- Kurniawan, H. (2004), **Karakteristik Grounding untuk Berbagai Macam Perlakuan Tanah**, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Mitchell, J.K. (1976), **Fundamental of Soil Behavior**, John Wiley and Sons, University of California Berkeley.
- Parouli, Waluyo, dan Anggoro, B. (2002), 'Study on Impedance Characteristic of Grounding Rod Under Impuls Current', *Proceeding*, Joint Conference of ACED & K-J Symposium on ED and EHV Soongsil University, Seoul, Korea.
- Reynolds, J.M. (1997), **An Introduction to Applical and Enviromental Geophysics**, John Wiley and Sons.
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers (1992), **IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems**, 5th Edition, IEEE Std 142-1991, New York.

Diterima: 02 Mei 2005

Disetujui untuk diterbitkan: 13 Desember 2006