

# ANALISA IMPEDANSI PENGETANAHAN ELEKTRODA BATANG TUNGGAL DALAM BETON RANGKA BAJA TERHADAP INJEKSI ARUS BOLAK BALIK

Achmad Solichan<sup>1)</sup>, Rudy Haryanto<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Fakultas Teknik UNIMUS

e-mail : solihan17@gmail.com

## ABSTRACT

*Low impedance grounding is necessary to anticipate the return flow that can be directly on the ground. Research carried out by field observations to determine the impedance value which is derived by a single rod electrode: Testing the impedance by the planting depth electrode arrangement and frequency settings. The results obtained were impedance value to a depth of 50 cm for 3.2 to 4.8  $\Omega$ , the depth of 100 cm for 3-4  $\Omega$  and 150 cm depth of 0.4 to 0.1  $\Omega$ .*

**Key words:** *Impedance grounding, setting depth grounding*

## ABSTRAKSI

*Impedansi pengetanahan yang rendah sangat diperlukan untuk mengantisipasi arus balik sehingga dapat langsung di ketanahkan. Penelitian dilakukan dengan observasi lapangan untuk mengetahui nilai impedansi yang di hasilkan oleh elektrode batang tunggal. Pengujian impedansi dengan cara pengaturan kedalaman tanam elektrode dan pengaturan frekuensi. Hasil yang diperoleh bahwa nilai impedansi untuk kedalaman 50 cm sebesar 3,2 – 4,8  $\Omega$ , kedalaman 100 cm sebesar 3 - 4  $\Omega$  dan kedalaman 150 cm sebesar 0,4 – 0,1  $\Omega$ .*

**Kata kunci :** *Impedansi pengetanahan, pengaturan kedalaman pengetanahan*

### 1. PENDAHULUAN

Sistem pengetanahan yang baik diperlukan baik untuk proteksi terhadap petir maupun untuk pengetanahan titik netral dari suatu sistem tenaga listrik.

Sistem pengetanahan tersebut sering mendapat injeksi arus impuls dengan frekuensi tinggi (petir) atau bentuk arusnya berubah terhadap waktu.

Perilaku tahanan dalam suatu sistem pengetanahan tergantung pada besar kecilnya frekuensi dari arus yang diinjeksikan terhadap sistem

pengetanahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel frekuensi terhadap sistem pentanahan dan mendapatkan nilai impedansi yang rendah.

Analisa dilakukan perubahan impedansi pengetanahan dengan sumber uji arus bolak-balik berfrekuensi 0 KHz sampai dengan 10 KHz.

### 2. SISTEM PENTANAHAN

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral

dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu sistem proteksi. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut. Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan *earth tester* yang prinsipnya mengalirkan arus searah ke dalam sistem pentanahan. Kenyataan yang terjadi suatu sistem pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls (petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya.

Menurut Anggoro [1] perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi (dasar dan harmonisanya) dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Dalam suatu pentanahan baik penangkal petir atau pentanahan netral sistem tenaga adalah berapa besar impedansi sistem pentanahan tersebut. Besar impedansi

pentanahan tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor.

Faktor internal meliputi :

- a. Dimensi konduktor pentanahan (diameter atau panjangnya).
- b. Resistivitas (nilai tahanan) relative tanah.
- c. Konfigurasi sistem pentanahan.

Faktor eksternal meliputi :

- a. Bentuk arusnya (pulsa, sinusoidal, searah).
- b. Frekuensi yang mengalir ke dalam sistem pentanahan

Untuk mengetahui nilai-nilai hambatan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk sistem pentanahan karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sesederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi yang berbeda mempunyai hambatan jenis tanah yang tidak sama [5].

Syarat sistem pentanahan yang efektif [2] :

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.

- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

Dalam sistem pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan, beberapa standart yang telah disepakati adalah bahwa saluran tranmisi substasion harus direncanakan sedemikian rupa sehingga nilai tahanan pentanahan tidak melebihi  $1\Omega$  untuk tahanan pentanahan pada komunikasi system/ data dan maksimum harga tahanan yang diijinkan  $5\Omega$  pada gedung / bangunan.

Kisi-kisi pentanahan tergantung pada kerja ganda dan pasak yang terhubung. Dari segi besarnya nilai tahanan bahan yang dipakai pasak tidak mengurangi besar tahanan pentanahan sistem namun mempunyai fungsi tersendiri yang penting. Bahannya sendiri mempunyai harga impedansi awal beberapa kali lebih tinggi daripada harga tahanannya terhadap tanah pada frekuensi rendah. Bahan pentanahan dimaksudkan

untuk mengontrol dalam batas aman sesuai peralatan yang digunakan, sedangkan pasak adalah batang sederhana, hal ini penyebab utama jatuhnya tahanan tanah dalam gradient tegangan yang tinggi pada permukaan pasak. Sebagai akibat dari sifat ini maka pasak harus ditempatkan didekat atau sekitar bangunan stasiun. Dalam saluran tegangan tinggi (132KV) tahanan maksimalnya 15 ohm masih dapat ditoleransi dan dalam saluran distribusi (33-0,4 KV) dipilih tahanan 25 ohm.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan antara lain dengan :

- a. Sistem batang elektroda pararel
- b. Sistem pasak tanam dalam dengan beberapa pasak dan diperlakukan terhadap kondisi kimiawi tanah.
- c. Dengan menggunakan pelat tanam, penghantar tanam, dan beton rangka baja yang secara listrik terhubung.

Bagian lain dari sistem pentanahan yaitu hubungan tanah itu sendiri dimana kontak antara tanah dengan pasak yang tertanam harus cukup luas sehingga nilai tahanan dari jalur arus yang masuk atau melewati tanah masih dalam batas yang diperkenankan untuk penggunaan tertentu. Hambatan jenis tanah yang akan menentukan tahanan pentanahan yang

dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi :

- a. Temperatur tanah.
- b. Besarnya arus yang melewati.
- c. Kandungan air dan bahan kimia yang ada dalam tanah.
- d. Kelembaban tanah.
- e. Cuaca.

Tahanan dari jalur tanah ini relatif rendah dan tetap sepanjang tahun. Untuk memahami tahanan tanah harus rendah, dapat dengan menggunakan hukum Ohm yaitu :

$$E = I X R \quad (I)$$

Dimana :  $E$  adalah tegangan (volt)

$I$  adalah arus (ampere)

$R$  adalah tahanan (ohm)

Hambatan arus melewati sistem elektroda tanah mempunyai 3 komponen, yaitu:

- a. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sambungannya.
- b. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah disekitar.
- c. Tahanan tanah sekelilingnya.

Pasak-pasak tanah, batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah, selain itu umumnya ukurannya besar sehingga tahanannya dapat terabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan. Apabila pasak ditanam lebih dalam ke tanah maka tahanan akan berkurang, namun bertambahnya diameter pasak

Analisa Impedansi Pengetanahan .....

secara material tidak akan mengurangi nilai tahanan karena nilai tahanan elektroda pentanahan tidak hanya bergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda tapi juga pada tahanan tanah. Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektrode dan pada kedalaman berapa pasak harus dipasang agar diperoleh tahanan yang rendah. Elektrode baja digunakan sebagai penghantar saluran distribusi dan pentanahan substasion.

Dalam memilih penghantar dapat mempertimbangkan hal berikut :

- a. Untuk tanah yang bersifat korosi sangat lambat, dengan tahanan diatas 100 ohm-m, tidak ada batas perkenan korosi (corosi allowance).
- b. Untuk tanah yang bersifat korosi lambat, dengan tahanan 25-100 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 15% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.
- c. Untuk tanah yang bersifat korosi cepat, dengan tahanan kurang dari 25 ohm-m, batas perkenan korosi adalah 30% dengan pemilihan penghantar sudah mempertimbangkan faktor stabilitas thermal.

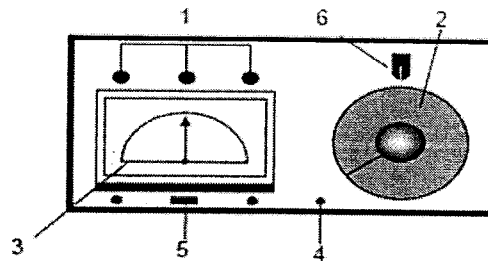
- d. Penghantar dapat dipilih dari ukuran standart seperti 10 x 6mm sampai 65 x 8mm.

Secara umum pentanahan dilakukan dengan mencari titik temu antara keamanan dan meminimalkan biaya. Pada frekuensi rendah didasarkan pada sistem pentanahan dengan diberi jarak antar elektrode. Penelitian tentang karakteristik sistem pentanahan grid analisis dibandingkan dengan grid yang biasa [2].

Hasilnya menunjukkan bahwa untuk kerja sistem pentanahan sangat

dipengaruhi oleh frekuensi arus yang diinjeksikan. Desain pentanahan grid dilakukan dengan memfokuskan pada frekuensi rendah yang mana jarak pemisah elektrode tidak sama lebih efisien daripada jarak pemisah elektrode yang sama. Meskipun demikian ketika frekuensi naik seperti saat terjadi petir sistem pentanahan ini mempunyai impedansi yang lebih tinggi sehingga mengurangi sistem keamanan.

Untuk itu sebelumnya perlu dilakukan pengujian permukaan tanah dengan menggunakan earthing tester



Gambar 1. Peralatan earthing meter

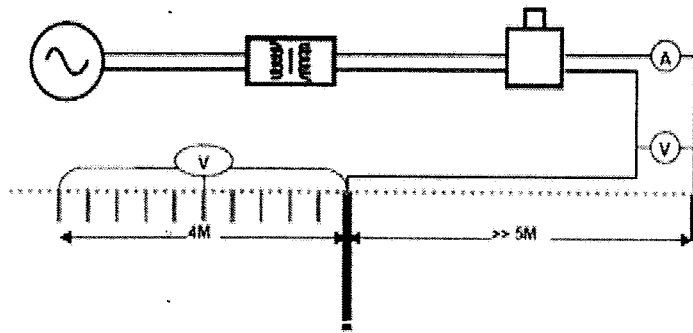
## 2.1 PENGUKURAN IMPEDANSI PENTANAHAN DENGAN PERUBAHAN ARUS GANGGUAN

Nilai tegangan yang dialirkan ke elektroda batang dibuat bervariasi dengan maksud agar diperoleh data nilai tegangan permukaan untuk berbagai arus gangguan tanah yang berbeda-beda. Perubahan nilai tegangan keluaran regulator diatur dari 40 – 240 Volt,

dengan setiap kenaikannya sebesar 40 Volt. Pengukuran tegangan permukaan dilakukan mulai jarak 0 – 4,0 m, dengan variasi perubahannya 0,2 m. Titik-titik di tanah yang akan diukur tegangan permukaan tanahnya ditanami paku dengan kedalaman 10 Cm agar pengukurannya menjadi lebih mudah. Disamping nilai tegangan permukaan tanah, data pengukuran lain yang diambil

ialah besarnya tegangan masukan ( $V_{in}$ ) dan arus ( $I$ ). Hal yang sama dilakukan untuk berbagai jenis tanah dengan kedalaman 0,5 m dan 1,0 m. Dari hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh bahwa kenaikan nilai arus gangguan tidak

menjamin tingginya nilai tegangan permukaan. Karena nilai tegangan permukaan sangat tergantung pada jenis tanah dimana panjang dan kedalaman pembenaman elektroda batang.

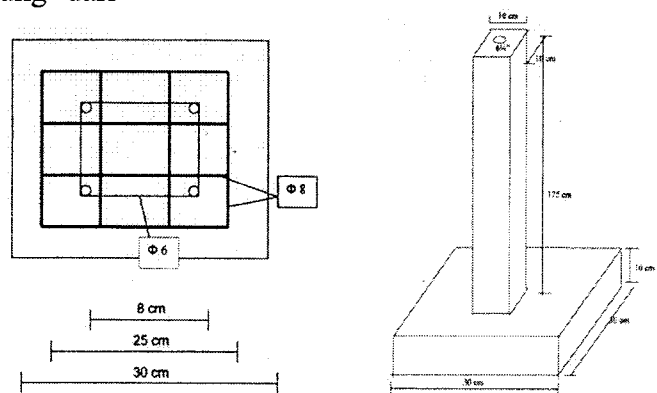


Gambar 2. Pemasangan Earthing Meter Pada Saat Pengukuran

## 2.2. ELEKTRODE

Batang tunggal dengan cara diawali membuat kerangka baja, membuat beton dengan komposisi semen : pasir : split = 1 : 2 : 3. Batang elektroda tembaga dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan, kemudian ujung dari

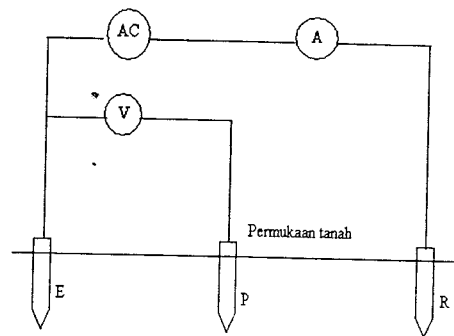
elektroda ditirus dengan menggunakan mesin bubut. Elektroda tembaga yang sudah ditirus dimasukkan dalam beton kerangka baja. Elektroda tersebut diinjeksi arus berfrekuensi 0 KHz sampai 10 KHz



Gambar 3. Beton rangka baja tunggal

Elektrode batang tunggal dalam beton kerangka baja tersebut ditanam dalam tanah yang kemudian diinjeksi

dengan arus bolak balik, seperti pada gambar berikut :



Gambar 4. Sistem pengukuran impedansi pengetanahan

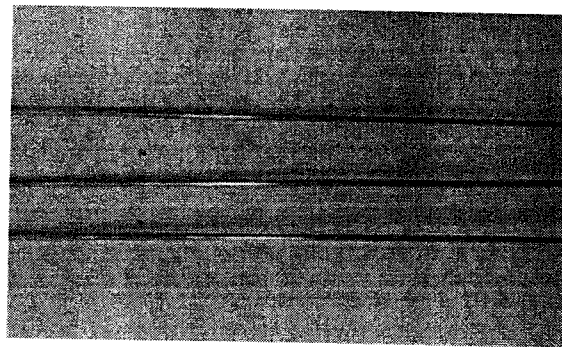
Pengukuran impedansi pengetanahan didasarkan pada tiap tegangan yang terjadi di permukaan tanah akibat adanya injeksi arus AC melalui elektrode sistem pengetanahan. Metode pengukuran menggunakan metode 3 (tiga) titik yaitu:

1. Titik elektrode pengetanahan
2. Titik potensial permukaan tanah
3. Titik arus balik.

Perubahan panjang elektrode sistem pertanahan yang terjadi dalam tanah

dengan menginjeksi arus bolak balik akan sangat berpengaruh terhadap nilai impedansi elektrode.

Nilai impedansi yang kecil/rendah tergantung dari kedalaman tanam elektroda. Sedangkan nilai Impedansi semakin besar dipengaruhi oleh besarnya frekuensi hal ini terpengaruh akibat adanya nilai induktansi dari elektroda tersebut.



Gambar 5. Pasak Elektrode

#### 4. HASIL PENELITIAN

Dari hasil pengambilan data dengan parameter frekuensi ( $f$ ), impedansi ( $z$ ), kedalaman tanam batang

elektrode ( $I$ ) didapatkan nilai seperti pada tabel 4.1. di bawah ini :

Tabel 1. Data hasil pengukuran impedansi dengan variabel frekuensi, kedalaman tanam elektroda ( $l$ ) = 0,5 m

FREKUENSI (f) Hz	BESAR IMPEDANSI (Ohm)		
	(l) m	Pengukuran	Teori
0	0,5	0	0
10	0,5	3,2	38,47
100	0,5	3,2	38,47
500	0,5	3,5	38,49
1000	0,5	3,7	38,49
5000	0,5	3,7	38,50
10000	0,5	4,8	38,50

Tabel 2. Data hasil pengukuran impedansi dengan variabel frekuensi, kedalaman tanam elektroda ( $l$ ) = 1 m

FREKUENSI (f) Hz	BESAR IMPEDANSI (Ohm)		
	(l) m	Pengukuran	Teori
0	1	0	0
10	1	3,0	18,24
100	1	3,0	18,24
500	1	3,4	18,24
1000	1	3,6	18,25
5000	1	4,0	18,25
10000	1	4,0	18,25

Tabel 3. Data hasil pengukuran impedansi dengan variabel frekuensi, kedalaman tanam elektroda ( $l$ ) = 1,5 m

FREKUENSI (Hz)	BESAR IMPEDANSI (Ohm)		
	(l) m	Pengukuran	Teori
0	1,5	0	0
10	1,5	0,4	13,02
100	1,5	0,4	13,02
500	1,5	0,4	13,02
1000	1,5	0,3	13,02
5000	1,5	0,3	13,03
10000	1,5	0,1	13,03



## 5. KESIMPULAN

1. Kedalaman tanam elektrode batang tunggal berbanding terbalik dengan nilai impedansi.
2. Frekuensi arus yang mengalir berbanding lurus dengan nilai impedansi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ardani I, Bambang Anggoro dkk, 2002. *Perilaku Impedansi Pengetanahan batang konduktor terhadap injeksi arus bolak-balik*. FOSTU, Yogyakarta.
2. AS Pabla, Hadi Abdul, 1986. *Sistem distribusi daya listrik*. Erlangga. Jakarta.
3. Bambang Anggoro, Kodrat S dkk, 2002. *Kontur potensial tanah disekitar konduktor pengetanahan dengan injeksi arus berfrekuensi FOSTU*, Yogyakarta.
4. Mazetti, G.M.Veca, 1993. *Impuls behaviour of grounded IEEE transaction on power apparatus and system*. Vol. PAS-102.
5. Hutahuruk, TS, 1986. *Pengetanahan netral sistem tenaga dan pengetanahan peralatan*, Erlangga, Jakarta.
6. Ihsan, Aris Rakhmadi. *Analisis Pengaruh Jenis Tanah terhadap Tegangan Permukaan Tanah*, Alumni Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
7. Agus Supardi, *Pengaruh Frekuensi Arus terhadap Magnitude Impedansi Pentanahan Satu Elektrode Batang*, Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah, Surakarta