
REDUCTION OF ELECTRODE GROUNDING IMPEDANCE WITH BENTONITE

Wiwik Purwati Widyaningsih

Prodi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang

e-mail : wiwik_pw_zm@yahoo.co.id

Abstract

One of an electrical protection goal is to make the lowest possible of grounding resistance. In this case, some earth fault current is homogenly distributed throughcent the near by ground. Electrical system and equipment grounding play important role in preventing any dangerous touch, step, and transfer voltage to human being. Therefore, it is needed to have the lowest grounding impedance as low as zero ohm. The purpose of electrical grounding is to provide grounding impedance value as small as possible to make fault current homogenly distributed into the ground. This research aims to decrease grounding impedance by means of grounding impedance reduction methode with the addition of bentonite, deepening cultivation of grounding and altering the high of bentonite laying in the ground. The result of this research indicated that deepen the cultivation gave, the smaller the ground impedance obtained was 25.40 Ω without bentonite and with bentonite was 10.20 Ω at the deepen of cultivation on 1.0 meter. The addition of bentonite, the smaller the ground impedance obtained was 15,20 Ω or 59,84 % at the addition of heigh of bentonite on 0.5 meter. The decrease of grounding impedance can be done by deepening cultivation of grounding electrode and addition of heigh of bentonite.

Keywords : *Reduction of grounding impedance, Bentonite.*

PENDAHULUAN

Sebelum tahun 1910 sistem tenaga listrik belum menggunakan sistem pentanahan, hal ini disebabkan oleh sistem tenaga listrik waktu itu mempunyai kapasitas relatif kecil (5 Ampere). Apabila terjadi gangguan fasa ke tanah dengan arus gangguan sama dengan atau kurang dari 5 Ampere, maka busur listrik yang terjadi akan padam dengan sendirinya (Hutauruk, 1991).

Perkembangan beban listrik terus meningkat setiap saat mengakibatkan sistem tenaga listrik berkembang menyesuaikan kebutuhan baik kapasitas, panjang jaringan maupun tegangannya, sehingga arus gangguan yang mengalir ke tanah juga lebih besar dan busur listrik yang ditimbulkan tidak dapat padam dengan sendirinya. Hal ini dapat menimbulkan tegangan lebih transien yang sangat tinggi dan dapat membahayakan sistem, untuk itu diperlukan rancangan suatu sistem yang dapat mengatasi gangguan tersebut yaitu *grounding system* atau sistem pentanahan.

Tujuan utama sistem pentanahan adalah mendapatkan nilai resistans tanah yang relatif kecil, sehingga arus gangguan secepatnya dapat terdistribusi secara merata ke dalam tanah. Karakteristik tanah diperlukan sehubungan dengan pengukuran resistans jenis tanah yang merupakan faktor penting dan mempengaruhi nilai resistans pentanahan. Nilai resistans jenis tanah tergantung pada jenis, lapisan, kelembaban dan temperatur tanah.

Salah satu sistem pentanahan adalah dengan menanam elektroda batang tunggal pentanahan pada kedalaman tertentu sehingga nilai resistans pentanahan kecil. Perubahan diameter elektroda batang tunggal pentanahan berpengaruh sedikit terhadap perubahan resistans pentanahan (Tumiran dkk, 1990).

Upaya mendapatkan nilai resistans jenis tanah yang lebih rendah sering dilakukan dengan mengubah komposisi kimia tanah (*Soil Treatment*). Bentonit dapat digunakan untuk memperkecil nilai resistans pentanahan di daerah yang mempunyai nilai resistans tanah yang tinggi (Pabla, 1981).

Pemberian Magnesium Sulfat ($Mg SO_4$) terhadap elektroda batang tunggal pentanahan dengan kedalaman penanaman elektroda batang tunggal pentanahan bertujuan untuk menurunkan nilai resistans pentanahan (Terrel Croff, 1987). Nilai resistans pentanahan dapat diturunkan dengan memasukkan bentonit ke dalam parit melingkar, variasi jari-jari luar dan kedalaman penanaman elektrode (Lazzana, 1990). Nilai resistans jenis tanah lebih rendah dapat diperoleh dengan mengubah komposisi tanah, yaitu bahan kimia di dekatkan pada elektroda batang tunggal

pentanahan. Cara ini hanya untuk waktu enam bulan sekali dan harus dilakukan secara periodik (Hutauruk, 1991).

Elektroda batang tunggal pentanahan dengan konfigurasi vertikal dan diinjeksi arus AC dengan variabel frekuensi diperoleh nilai impedans pentanahan semakin tinggi (Bambang Anggoro, 2004). Elektroda batang tunggal pentanahan dengan konfigurasi vertikal, horisontal, grid, gabungan grid dengan vertikal yang diinjeksi arus AC dan variabel frekuensi diperoleh hasil nilai impedans pentanahan semakin tinggi (Bambang Anggoro, 2006). Penurunan nilai resistans pentanahan dengan bahan kimia sebesar 15 % sampai dengan 90 % (IEEE Std.141-1993).

Metode yang digunakan untuk mereduksi resistans pentanahan elektroda batang tunggal dengan bentonit pada penelitian ini adalah *Soil Treatment* yaitu dengan metode parit melingkar. Metode parit melingkar pada penelitian ini adalah geometri parit dibuat lingkaran penuh dan diisi dengan bentonit.

DASAR TEORI

Pentanahan pengaman merupakan suatu tindakan pengamanan dalam instalasi yang rangkaiannya di tanahkan dengan cara mentanahkan badan peralatan yang diamankan, sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tercegahlah tegangan sentuh yang membahayakan peralatan (PUIL 2000).

Sistem pentanahan dapat bekerja efektif, apabila (Pabla,1986) :

- a. Jalur impedans rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan
- b. Dapat melawan, menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung.
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Nilai resistans murni (R) sistem pentanahan diakibatkan oleh resistivitas tanah (ρ). Nilai induktans (L) dipengaruhi oleh panjang kedalaman penanaman elektrode dan sifat permitivitas tanah εr = 1. Semakin dalam penanaman elektrode akan semakin besar nilai induktansnya. Nilai kapasitans (C) dipengaruhi oleh arus yang diinjeksikan pada elektrode sistem pentanahan, dengan demikian elektrode tersebut akan bertegangan. Beda potensial antara elektrode batang tunggal dengan titik nol referens menyebabkan sifat kapasitans sistem pentanahan tersebut mempunyai sifat permitivitas ε.

Berdasarkan Pesonen (1960) yang melakukan perhitungan secara empirik, besar nilai resistans (R) pada elektrode yang ditanam dalam tanah tanpa bentonit :

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{4l}{d} - 1 \right) \dots\dots\dots(1)$$

Dan berdasarkan Roy B. Carpenter, Jr dan Joseph A. Lanzoni (2007) besar nilai resistans (R) pada elektrode yang ditanam dalam bentonit adalah :

$$R_b = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{4l}{r_b} - 1 \right) + \frac{\rho_b}{2\pi H} \left(\ln \frac{4H}{d} - 1 \right) - \frac{\rho_b}{2\pi} \left(\ln \frac{4H}{r_b} - 1 \right) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Nilai impedans sistem pentanahan : } Z = j.\omega.L + \frac{R - j\omega.R^2.C}{1 + \omega.R.C} \dots\dots\dots(3)$$

$X_L = 2.\pi.f.L$ adalah sama dengan nol, apabila frekuensi $f = 0$. $X_C = \frac{1}{2\pi.f.C}$ adalah sama dengan tak terhingga, apabila frekuensi $f = 0$. Pada saat frekuensi tertentu akan terjadi resonansi,

sehingga $Z = \frac{R}{1 + \omega.R.C} \dots\dots\dots(4)$

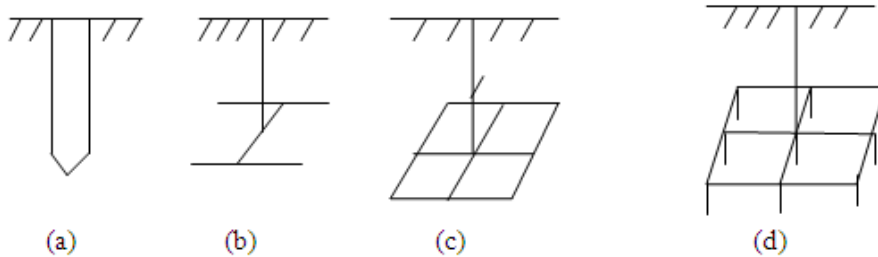
Imajiner impedans sama dengan nol, maka : $L - R^2.C + \omega.R.C^2.L = 0 \dots\dots\dots(5)$

Frekuensi resonansi $f_r = \frac{1}{2.\pi} \sqrt{\frac{R^2.C - L}{R.C^2.L}} \dots\dots\dots(6)$

$$L = \frac{R^2 \cdot C}{\rho \cdot R \cdot C} \dots\dots\dots(7)$$

Cara untuk menurunkan ρ dengan menambahkan bentonit, kokas, garam, tepung logam, semen konduktif ke dalam tanah. Bentonit bersifat tiksotropik berbentuk gel dan tidak mudah bereaksi sehingga harus tertutup. Kondisi tanah yang kering dengan periode waktu panjang menyebabkan bentonit pecah dan sedikit kontak dengan elektrodanya.

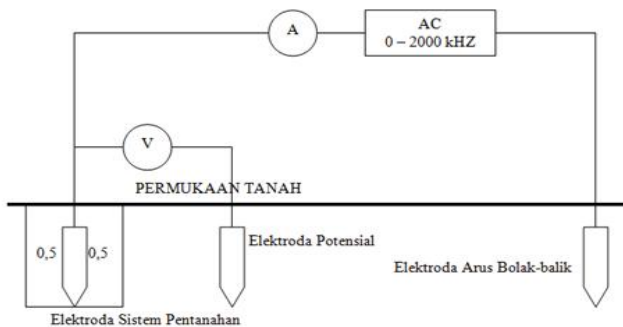
Konfigurasi elektrode sistem pentanahan :



Gambar 1. Konfigurasi elektrode pentanahan
 (a).Elektroda vertikal. (b).Elektroda horisontal
 (c).Elektroda grid (d).Elektroda gabungan antara grid dan vertikal.

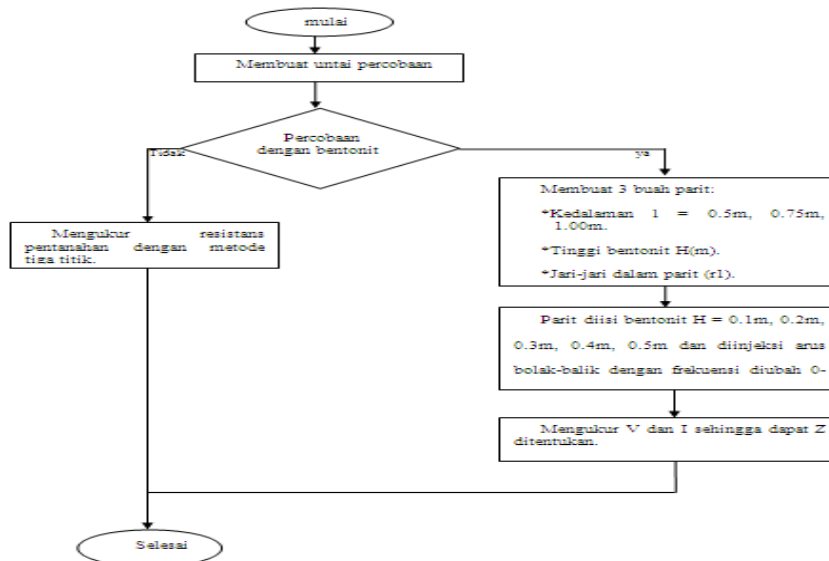
METODOLOGI

a. Membuat rangkaian



Gambar 2. Pengukuran Impedans Pentanahan

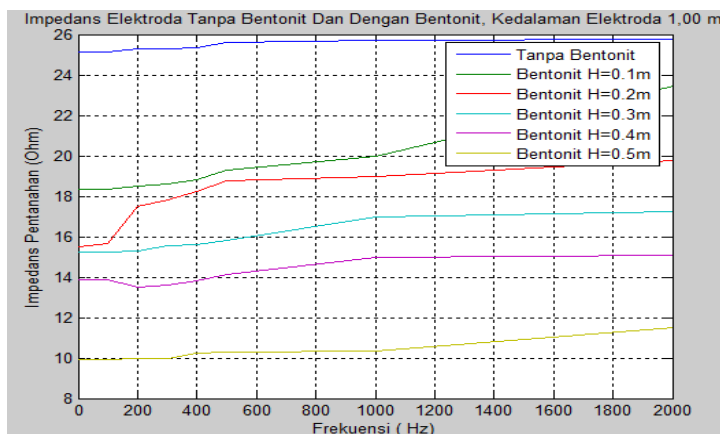
b. Jalan Penelitian :



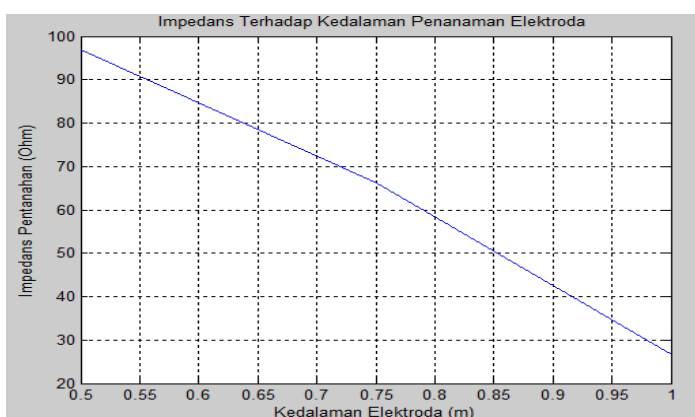
Gambar 2. Diagram Alir Jalannya Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN :

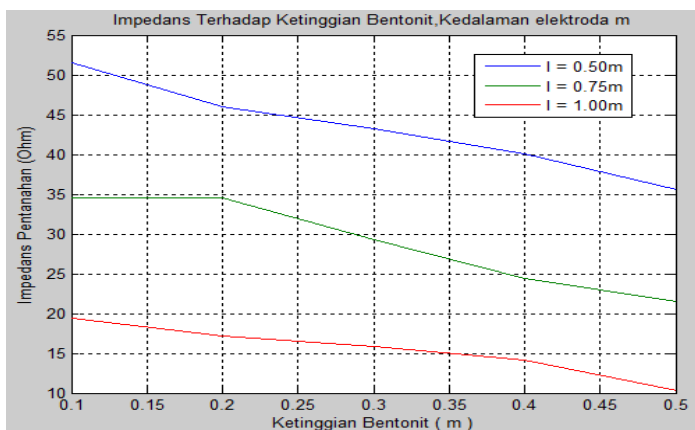
a. Hasil



Gambar 3. Impedans Elektrode Pentanahan Terhadap Frekuensi, l = 1.00 m.



Gambar 4. Impedans Terhadap Kedalaman Penanaman Elektrode



Gambar 5. Impedans Terhadap Ketinggian Bentonit.

b. Pembahasan

Gambar 3. Tanpa bentonit, impedansnya 25,40 Ω. Dengan bentonit, semakin tinggi bentonit yang masuk dalam tanah semakin rendah impedansnya 10,20 Ω. Penurunan impedans sebesar 15,20 Ω atau 59,84 %.

Gambar 4. Semakin dalam penanaman elektrode pentanahan, impedansnya semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin dekatnya ujung elektrode pentanahan terhadap embun tanah.

Gambar 5. Semakin tinggi bentonit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$) yang dimasukkan dalam tanah, impedansinya semakin rendah. Hal ini disebabkan bentonit mempunyai unsur air dan dalam keadaan tidak jenuh mempunyai sifat menyerap kelembaban tanah di sekitar.

KESIMPULAN

1. Penurunan nilai impedansi dapat dilakukan dengan :
 - a. Memperdalam penanaman elektrode pentanahan.
 - b. Ketinggian bentonit dalam tanah
2. Injeksi arus bolak-balik dengan frekuensi dinaikkan pada kedalaman tertentu nilai impedansi semakin tinggi, hal ini akan membahayakan peralatan listrik dan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardani I, Anggoro Bambang, S Kudrat , IS Ngapuli , MP Parouli , 2002, "Perilaku Impedansi Pengetanahan Batang Konduktor Terhadap Injeksi Arus Bolak-balik, FOSTU, Yogyakarta.
- Grecev L, dan Helimbach M, 1997, Frequeuncy Dependent and Transient Characteristics of Substation Grounding Systems, IEEE Transaction on Power Delivery.
- He J , J Yuan , R Zeng , B Zhang , J Zou , dan Z Guan , 2005, Decreasing Grounding Resistance of Substation by Deep-Ground-Well Methode, IEEE Transaction on Power Delivery.
- Hutauruk, TS, 1991, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan, edisi ke 2, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- I.F. Gonos, F.V Topolis L.A Stathopolus, 1999, Transient Impedans of Grounding Rods, IEE. High Voltage Engineering Symposium, Conference Publication No 467.
- Lestari, Harnoko, 1991, Pengaruh Pemberian Bentonit Terhadap Resistansi Pentanahan Yang Menggunakan Batang Pentanah, JTE, FNT,UGM.
- Pabla, AS, 1981, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, edisi ke 1, Penerbit Erlangga.
- Panitia Revisi PUIL, 2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik Indonesia 2000, LIPI Jakarta.
- Papalexopoulos, A.D, dan Meliopoulos AP, 1987, Frequency Dependent Characteristics of Grounding Systems, IEEE Transactions on Power Delivery.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, 2005, Jakarta.
- Tumiran dkk, 1990, Perubahan Diameter Batang Pentanahan.