

Pengaruh Penambahan Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Bentonit untuk Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan

Jefrianto Simamora¹, Yul Martin², Herri Gusmedi³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹jefrysiamamora2@gmail.com

²yul.martin16@gmail.com

³herri.gusmedi@eng.unila.ac.id

Intisari — Sistem pentanahan merupakan salah satu bagian penting yang harus diperhatikan untuk menjamin keamanan dan keandalan operasi sistem tenaga listrik. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, dengan adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat dengan cepat dialirkan kedalam tanah dan disebarkan kesegala arah. Tahanan pentanahan yang baik sesuai dengan standar yang berlaku tidak boleh lebih dari 5 Ω. Keadaan tanah yang akan ditanam dengan sistem pentanahannya sering kali tidak sesuai dengan yang diharapkan. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu cara yang dapat memperbaiki nilai tahanan pentanahan adalah dengan menggunakan zat adiktif berupa bentonit pada tanah pentanahan. Bentonit diuji pada jenis tanah lempung dan ladang. Bentonit yang digunakan adalah bentonit yang telah diaktivasi dengan asam sulfat (H₂SO₄) 0,8M, 1M, dan 1,2M. Nilai tahanan pentanahan diukur menggunakan earth resistace tester selama 14 hari berturut-turut.

Hasil pengujian pada tanah lempung tanpa bentonit didapatkan rata-rata nilai tahanan penatanahannya sebesar 329,89 Ω, dengan bentonit tanpa aktivasi 122,54 Ω, Bentonit teraktivasi 0,8M sebesar 101,64 Ω, bentonit teraktivasi 1M sebesar 96,71 Ω dan bentonit teraktivasi 1,2M sebesar 85,5 Ω. Sedangkan pada tanah ladang tanpa bentonit didapatkan 124,89 Ω, dengan bentonit tanpa aktivasi 70,24 Ω, bentonit teraktivasi 0,8 M sebesar 37,96 Ω, bentonit teraktivasi 1M sebesar 28,07 Ω dan bentonit teraktivasi 1,2M sebesar 85,5 Ω. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan konsentrasi terbaik untuk aktivasi bentonit adalah 1,2 M.

Kata kunci — Tahanan pentanahan, bentonit teraktivasi, asam sulfat.

Abstract — Grounding system is one of the important part which must be considered to ensure the safety and reliability of electric operating system. When the disruption happened in electric power system, Grounding system can divert the uncontrolled current from disruption quickly into the ground and spread it everywhere. The resistance of good grounding which according the regulation, must not be more than 5 Ω. The condition of ground that will be planted with grounding system, sometimes does not fit the expectation. To solve this problem, we need to fix the resistance's value by adding addictive substance that is bentonit in ground. Grounding is tested on the type of clay and fields. Bentonit that is used by us, has been activated with sulfuric acid (H₂SO₄) 0,8M, 1M, dan 1,2M. Earthing resistance values measured using earth resistance tester for 14 days in row.

The result of testing in clay without bentonit, we got the average value of grounding is 329,89 Ω, bentonit without activation, we got 122,54 Ω, 0,8M Activated Bentonit changed the resistance to 101,64 Ω, 1M Activated Bentonit changed the resistance to 96.71 Ω. Meanwhile, in the fields without bentonit, we got 124.89 Ω, Non-activated bentonit changed the resistance to 70.24 Ω, 0.8 M activated bentonit changed the resistance to 37.96 Ω, 1M activated bentonit changed the resistance to 28.07 Ω, and 1.2 M activated bentonit changed the resistance to 85.5 Ω. From the observation, we can conclude that the best concentration for activating bentonit is 1.2 M.

Keywords— Grounding Resistance, Activated Bentonit, Sulfuric acid.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pentanahan merupakan salah satu bagian penting yang harus diperhatikan untuk menjamin keamanan dan keandalan operasi sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan mempunyai pengaruh dalam kelancaran dan keamanan dari sistem tenaga listrik, terutama pada saat terjadi gangguan yang berhubungan dengan tanah. Dengan adanya pentanahan yang baik dan efektif, diharapkan kerugian yang mungkin timbul oleh gangguan-gangguan dapat dikurangi bahkan dihindari.

Tahanan pentanahan yang baik sesuai dengan standar yang berlaku tidak boleh lebih dari 5 . Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan pentanahan adalah jenis tanah, kadar garam tanah, temperatur tanah dan kelembaban tanah. Kelembaban tanah dapat dibuat dan dijaga dengan pemberian zat adiktif yang bersifat menyerap/*adsorpsi* terhadap cairan dan gas. Zat adiktif tersebut dapat berupa gipsum, serbuk arang, garam, zeolit, dan bentonit.

Pada penelitian ini zat adiktif yang digunakan untuk menurunkan tahanan pentanahan adalah bentonit teraktivasi. Bentonit yang telah teraktivasi digunakan sebagai bahan untuk menimbun lubang pentanahannya, dan akan diuji pada tanah lempung dan tanah ladang. Nilai tahanan pentanahan tersebut akan didapat melalui hasil pengukuran menggunakan alat pengukuran *earth tester* dengan metode 3 titik.

Melalui hasil penelitian ini diharapkan dengan penambahan bentonit yang telah teraktivasi kontak asam dapat memperbaiki nilai tahanan pentanahan dan nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan atau pemasangan sistem pentanahan

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengukur dan menganalisa pengaruh penambahan bentonit teraktivasi terhadap penurunan nilai tahanan pentanahan pada tanah lempung dan ladang.
- 2) Menganalisa perubahan nilai tahanan pentanahan yang diberi zat adiktif bentonit yang telah diaktivasi dengan variasi konsentrasi H₂SO₄.
- 3) Membandingkan tahanan pentanahan tanpa penambahan zat adiktif, penambahan bentonit dan penambahan bentonit teraktivasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir.^[1] Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan bumi. Pentanahan suatu peralatan listrik diharapkan dapat membatasi tegangan antara bagian-bagian dari suatu peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua keadaan, baik pada keadaan normal atau pada saat terjadi gangguan.

B. Tahanan Pentanahan

Nilai tahanan pentanahan dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah dan metode sistem pentanahannya. Persamaan untuk mencari nilai tahanan pentanahan pada sistem pentanahan *driven rod* adalah sebagai berikut.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left[\ln \left(\frac{4l}{a} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Dimana : R = tahanan jenis tanah (ohm.m)

l = 3.14 atau (22/7)

a = panjang elektroda (m)

r = jari-jari elektroda (m)

C. Tahanan Jenis Tanah ()

Tahanan jenis tanah adalah sebuah faktor keseimbangan antara tahanan tanah dan kapasitansi disekitarnya yang di representasikan dengan (ρ) dalam sebuah persamaan matematik.

Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

(2)

Dimana:

= Tahanan jenis rata-rata tanah (.m)

= Jarak antara batang elektroda yang terdekat (m)

R_r = Tahanan tanah terukur (ohm)

Tabel 1. Tahanan jenis tanah

No.	Jenis Tanah	Tahanan jenis tanah (.m)
1	Tanah Rawa	10-40
2	Tanah Pertanian	20-100
3	Pasir Basah	50-200
4	Kerikil Basah	200-3000
5	Kerikil Kering	<1000
6	Tanah Berbatu	2000-3000

Sumber: PUIL 2000

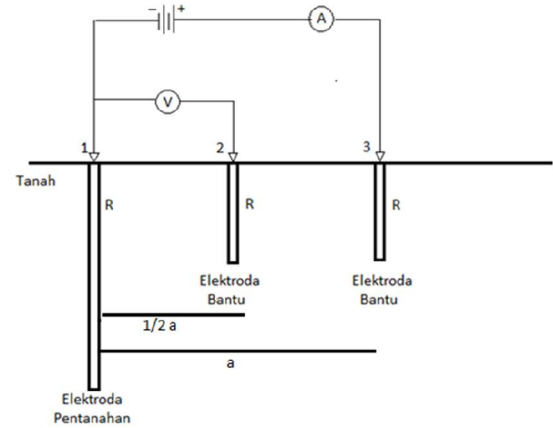
D. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Beberapa faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain:

- Kadar garam tanah
- Pengaruh kandungan air (kelembaban)
- Pengaruh temperatur
- Pengaruh kandungan elektrolit tanah

E. Pengukuran Tahanan Pentanahan Metoda Tiga Titik

Untuk mengetahui besar resistansi tanah dapat menggunakan metode tiga titik, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gbr. 1. Pengukuran metode tiga titik

a adalah jarak elektroda batang utama dengan elektroda batang bantu 2, elektroda batang bantu 1 dimasukkan ke tanah dengan jarak $\frac{1}{2} a$ dari elektroda batang utama. untuk mendapatkan nilai resistansi tanahnya dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = \frac{V_{1-2}}{I} \quad (3)$$

Dimana :

V = Tegangan yang terukur oleh Voltmeter (volt)

I = Arus yang diinjeksikan oleh sumber (ampere)

R = Resistansi tanah (ohm)

F. Bentonit

Bentonit adalah lempung (*clay*) yang sebagian besar terdiri dari montmorillonit. Montmorillonit merupakan bagian dari kelompok *smectit* dengan komposisi kimia secara umum $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$.

Berdasarkan tipenya, bentonit dibagi menjadi dua:

1) Na-bentonit

Na bentonit memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan ke dalam air, dan tetap terdispersi beberapa waktu di dalam air. Mempunyai pH 8,5 sampai 9,8.

2) Ca-bentonit

Ca-bentonit kurang dapat mengembang apabila dicelupkan di dalam air, Ph-nya sekitar 4,0-7,1 dan daya tukar ionnya cukup besar

G. Proses Aktivasi Bentonit

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk aktivasi bentonit, yaitu :

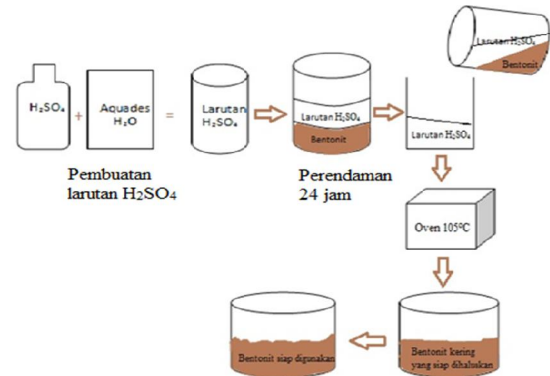
1) Secara Fisika (Pemanasan)

Pada proses ini, aktivasi dilakukan dengan bantuan panas, uap dan gas CO_2 . Bentonit dipanaskan pada temperatur $300\text{-}350^\circ\text{C}$ untuk memperluas permukaan butiran bentonit.

2) Secara Kimia (Kontak Asam)

Tujuan dari aktivasi kontak asam adalah untuk menukar kation Ca^{+} yang ada dalam Ca-bentonit menjadi ion H^{+} dan melepaskan ion Al, Fe, dan Mg dan pengotor-pengotor lainnya pada kisi-kisi struktur, sehingga secara fisik bentonit tersebut menjadi aktif. Zat kimia yang umum digunakan untuk proses aktivasi ini adalah asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCL).

Kemudian aktivasi dilakukan dengan mencampur bentonit dan larutan H_2SO_4 sambil diaduk, dan di biarkan selama 24 jam hingga bentonit mengendap. Proses selanjutnya adalah memisahkan larutan dan endapan bentonit. Setelah itu bentonit disaring, lalu di cuci, kemudian dikeringkan pada suhu 105°C sampai beratnya konstan. Setelah kering bentonit dihaluskan. Secara sederhana, proses pembuatan bentonit teraktivasi dapat dilihat dari gambar 2 berikut:



Gbr. 2 Proses aktivasi bentonit

Diulangi perlakuan yang sama untuk proses pembuatan menggunakan larutan H_2SO_4 1 M dan H_2SO_4 1,2 M.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

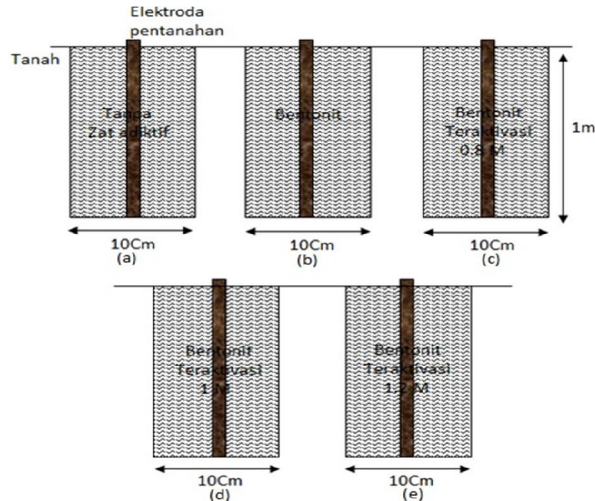
- 1) Elektroda batang
- 2) Kawat pentanahan
- 3) Klem
- 4) *Earth resistance tester*
- 5) Na-Bentonit ± 80 kg
- 6) H_2SO_4 (asam sulfat)
- 7) Aquades

B. Aktivasi Bentonit

Proses pertama yang dilakukan adalah dengan merendam bentonit dengan menggunakan larutan H_2SO_4 0,8M,

C. Perancangan Pengujian

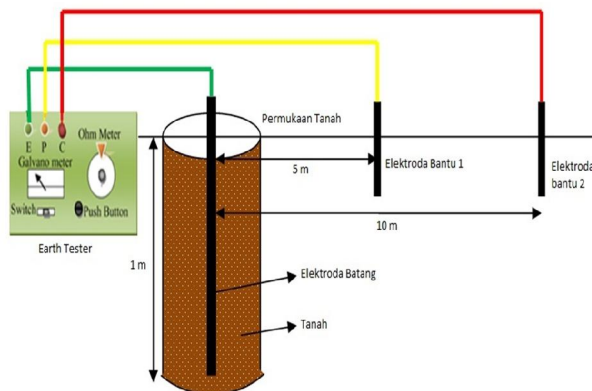
Penelitian ini dilakukan di tanah lempung dan tanah ladang. Pada tiap jenis tanah dilakukan 5 pengujian yaitu pentanahan tanpa zat adiktif, pentanahan bentonit tanpa aktivasi, bentonit teraktivasi H_2SO_4 0,8M, bentonit teraktivasi H_2SO_4 1 M dan bentonit teraktivasi H_2SO_4 1,2M. Variasi dari masing – masing tipe tanah dapat dilihat seperti gambar 3 dibawah.



Gbr. 3 Variasi lubang pentanahan

D. Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan

Rangkaian pengukuran tahanan pentanahan pada masing-masing objek penelitian dengan menggunakan elektroda batang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gbr. 4 Skematik rangkaian pengujian

Dengan menggunakan Earth Resistance Tester, maka akan diketahui besar tahanan pentanahan. Pengukuran dilakukan setiap hari pada pukul 08.00 dan 16.00 WIB selama 2 minggu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data pengukuran di tanah sekitar Labolatorium Teknik Elektro untuk tanah lempung, dan untuk pengujian tanah ladang dilakukan di Perumahan Bataranila.

A. Data pengukuran tanah lempung

Berikut ini adalah data tahanan pentanahan pada tanah lempung selama 14 hari.

Tabel 2. Data tanah lempung

Jam ke-	R Tanah ()	R Bentonit ()	R Bentonit teraktivasi 0,8 M ()	R Bentonit teraktivasi 1 M ()	R Bentonit teraktivasi 1,2 M ()
18	395	194	159	152	140
24	398	196	160	151	140
42	396	195	160	151	140
48	398	198	161	150	141
66	391	180	155	149	135
72	390	185	156	150	136
90	384	180	155	149	145
96	320	135	120	120	100
114	300	105	85	84	71
120	300	104	84	82	70
138	300	93	84	82	70
144	300	94	80	80	69
162	300	90	76	75	65
168	300	93	76	76	64
174	290	93	76	75	64
180	295	96	77	76	65
198	300	96	77	76	64
204	300	98	80	76	65
220	310	97	82	75	66
226	308	98	82	75	65
244	320	97	83	76	66
250	318	106	82	76	65
266	318	100	83	75	65
272	320	105	82	75	65
290	320	100	83	75	64
296	322	105	84	76	65
314	322	98	82	76	65
320	322	100	82	75	64

Berdasarkan data pada tabel dapat dilihat nilai tahanan tanah tanpa zat adiktif, penambahan bentonit tanpa aktivasi, penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 0,8 M, penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M dan penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1,2 M. Dari data diatas diperoleh nilai

rata-rata pentanahannya yaitu untuk pentanahan tanpa zat adiktif sebesar 329,89 , dengan bentonit tanpa aktivasi sebesar 122,54 , bentonit teraktivasi H₂SO₄ 0,8 M sebesar 101,64 bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M sebesar 96,71 dan untuk bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1,2 M sebesar 85,5 .

B. Data pengukuran tanah ladang

Berikut ini adalah data pengukuran tahanan pentanahan pada tanah ladang selama 14 hari pengukuran.

Tabel 3. Data tanah ladang

Jam ke-	R Tanah	R Bentonit	R Bentonit teraktivasi 0,8 M	R Bentonit teraktivasi 1 M	R Bentonit teraktivasi 1,2
18	130	90	50	40	35
24	133	95	55	45	38
42	132	90	52	42	36
48	133	93	55	45	40
66	130	90	50	40	36
72	132	93	52	45	42
90	130	85	40	30	25
96	125	85	35	25	20
114	120	75	30	20	18
120	130	64	35	25	22
138	130	60	32	22	20
144	135	64	35	25	22
162	122	60	30	20	18
168	125	62	32	22	22
174	120	60	32	22	18
180	128	62	35	25	22
198	115	60	32	22	18
204	120	62	34	24	20
220	110	60	34	24	18
226	125	64	35	25	22
244	122	64	34	24	18
250	125	60	36	26	21
266	132	62	34	24	18
272	120	60	35	25	22
290	115	63	34	24	20
296	118	62	36	26	21
314	118	60	34	24	20

320	122	62	35	25	22
-----	-----	----	----	----	----

Berdasarkan data pada tabel dapat dilihat nilai tahanan tanah ladang tanpa zat adiktif, penambahan bentonit tanpa aktivasi, penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 0,8 M, penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M dan penambahan bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1,2 M. Dari data diatas diperoleh nilai rata-rata pentanahannya yaitu untuk pentanahan tanpa zat adiktif sebesar 124,89 , dengan bentonit tanpa aktivasi sebesar 70,24 , bentonit teraktivasi H₂SO₄ 0,8 M sebesar 37,96 bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1 M sebesar 28,07 dan untuk bentonit teraktivasi H₂SO₄ 1,2 M sebesar 23,96

C. Analisa Data

Dari data nilai tahanan pentanahan yang didapatkan melalui hasil pengukuran pada masing – masing objek penelitian diperoleh nilai dengan perbedaan yang cukup signifikan. Nilai tahanan pentanahan pada tanah tanpa bentonit didapatkan nilai yang tidak stabil, nilai tahanan pentanahan pada tanah lempung dan tanah ladang yang tidak menggunakan bentonit sangat bergantung pada kondisi temperatur lingkungan sekitar pentanahan, pada saat temperatur rendah nilai pentanahannya mengalami penurunan, saat temperatur tinggi nilai pentanahannya meningkat kembali.

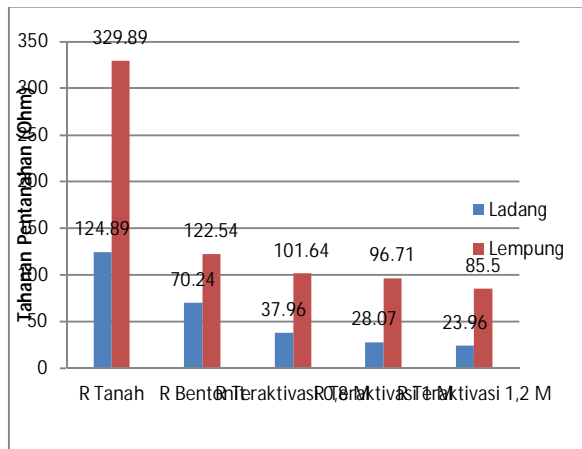
Untuk pengukuran dengan penambahan bentonit teraktivasi nilai pentanahan yang diperoleh lebih baik dari pentanahan tanpa zat adiktif, meskipun nilai pentanahan pada hari pertama masih sangat besar namun nilai pentanahannya berangsur – angsur menurun dan tidak mengalami kenaikan yang besar meskipun temperatur tinggi.

Sedangkan untuk pengukuran dengan bentonit teraktivasi nilai pentanahan yang diperoleh lebih baik dibandingkan pentanahan tanpa bentonit dan pentanahan dengan pentanambahan bentonit tanpa aktivasi. Nilai yang diperoleh masih cukup besar namun nilai yang diperoleh berangsur – angsur

menurun cukup stabil meskipun saat temperatur tinggi. Hal ini membuktikan bahwa bentonit mampu menurunkan nilai tahanan pentanahan dengan cara menjaga kelembaban tanah.

D. Perbandingan rata-rata tahanan pentanahan tanah lempung dan tanah ladang

Perbandingan tahanan pentanahan tanah ladang dan lempung dapat dilihat pada gambar 5 di bawah:



Gbr. 5 Grafik perbandingan tanah lempung dan tanah ladang

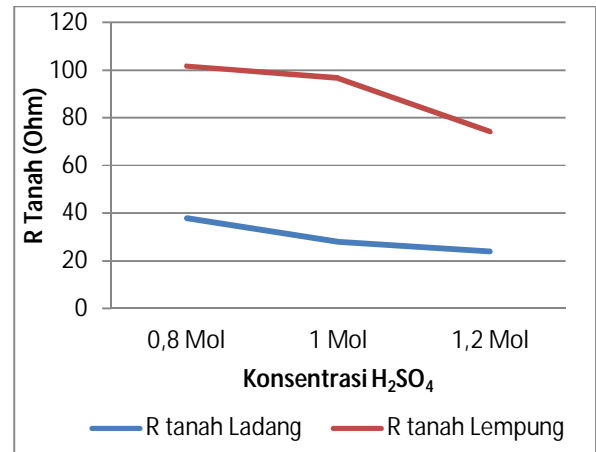
Dari gambar 5 di atas dapat dilihat perbandingan penurunan nilai tahanan pentanahan pada tanah lempung dan ladang, presentase penurunan dari masing-masing pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Persentase penurunan

Persentase Perubahan	Tanah Lempung (%)	Tanah ladang (%)
Bentonit tanpa aktivasi	62,85	43,75
Bentonit teraktivasi 0,8M	69,2	69,74
Bentonit teraktivasi 1M	70,69	77,52
Bentonit teraktivasi 1,2M	74,09	80,81

E. Perbaikan nilai tahanan pentanahan menurut variasi konsentrasi asam sulfat.

Melalui data rata-rata nilai tahanan pentanahan yang diperoleh, nilai-nilai variasi konsentrasi asam sulfat dapat digambarkan dalam bentuk grafik 6 yang ditampilkan berikut:



Gbr. 6 Grafik pengaruh asam sulfat

Setiap grafik menunjukkan nilai tahanan pentanahan yang menurun. Melalui ketiga variasi konsentrasi aktivasi ini, terlihat bahwa pentanahan dengan pemberian bentonit teraktivasi 1,2 M memberikan nilai yang lebih baik dari pada bentonit yang teraktivasi dengan konsentrasi 0,8 M dan 1 M. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan aktivasi 1,2 M menunjukkan nilai penurunan terbaik yaitu sebesar 74,09 % pada tanah lempung dan 80,81 % pada tanah ladang.

Hal ini membuktikan bahwa bentonit teraktivasi dengan konsentrasi 1,2 M membuat bentonit lebih mengembang dan menyerap air lebih banyak, sehingga membuat tanah menjadi lembab dan memiliki nilai tahanan lebih kecil.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah mendapatkan hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan dengan pemberian bentonit teraktivasi, maka dapat diambil beberapa kesimpulan berikut:

Pentanahan yang menggunakan bentonit teraktivasi memiliki nilai tahanan pentanahan yang lebih baik dibandingkan pentanahan yang menggunakan bentonit tanpa aktivasi.

Bentonit teraktivasi mampu menurunkan nilai tahanan pentanahan yang tergantung dari konsentrasi asam sulfat. Hal ini dapat dilihat dari rata-rata nilai tahanan pentanahan yang diperoleh dari pengukuran.

Pentanahan dengan menggunakan bentonit teraktivasi H_2SO_4 1,2 M dalam penurunan nilai tahanan pentanahan lebih baik dari pada bentonit teraktivasi H_2SO_4 0,8 M dan 1 M.

B. Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai pentanahan dengan menggunakan bentonit teraktivasi sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan saran berikut:

Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi H_2SO_4 perlu dilakukan pengujian berbagai variasi konsentrasi lainnya .(1,4 M, 1,6 M, 1,8 M, dll)

Pengujian selanjutnya perlu dilakukan variasi diameter dan kedalaman lubang pentanahan.

Pemberian Zat Adiktif Pada Tanah Pentanahan. Universitas Lampung, Bandar Lampung.

- [7] Grounding-Penangkal petir, www.instalasi jaringan.com/grounding.html, terakhir di akses 26 januari 2014
- [8] http://www.academia.edu/7127795/BAB_10_SISTEM_PENTANAHAN_JARINGAN_DISTRIBUSI
- [9] IEEE Std 81™-2012. *IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.* New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc
- [10] Rosadlima Dee Panda, *Modifikasi Bentonit Terpilar Al dengan Kitosan untuk Absorpsi Logam Berat*, Universitas Indonesia, Depok, Januari 2012, hal 22
- [11] Widyarningsih, 2011. Wiwik purwati. *Perbaikan Tahanan Pentanahan Dengan Menggunakan Bentonit* .Politeknik Negeri Semarang.Semarang

REFERENSI

- [1] Hutaauruk, T.S. 1999. *Pengetahuan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan.* Jakarta: Erlangga
- [2] Badan Standarisasi Nasional, 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000)* Jakarta : Yayasan PUIL.
- [3] Ihsan, Aris Rakhmadi, 2002. *Analisis pengaruh jenis tanah terhadap tegangan permukaan tanah.* Skripsi: Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- [4] Suarya, P, 2008, *Adsorpsi Pengotor Minyak Daun Cengkeh oleh Lempung Teraktivasi Asam.* Jurnal kimia, Vol 4, No . 1, hal 19-24
- [5] Iwan. S, 2002. *Uji Stabilitas Struktur Na-Monmorillonit Terhadap Perlakuan Asam Sulfat dan Asam Klorida.* Skripsi: FMIPA UGM, Yogyakarta
- [6] Sinaga, Daniel Fransisko. 2011. *Perbaikan Nilai Tahanan Pentanahan Dengan*