

Pengaruh Pencampuran Gypsum Sebagai Zat Aditif Untuk Penurunan Nilai *Resistansi Grounding* Pada Elektroda Batang Tunggal

Yul Martin

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung
Bandarlampung, Indonesia
yul.martin@eng.unila.ac.id

Dikpride Despa

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung
Bandarlampung, Indonesia
Dikpride.despa@eng.unila.ac.id

Lusmeilia Afriani

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung
Bandarlampung, Indonesia
Lusmeilia.afriani@eng.unila.ac.id

Abstrak— Tahanan pentanahan berbanding lurus dengan besarnya tahanan jenis tanah. Tahanan jenis tanah itu sendiri dipengaruhi beberapa hal yaitu struktur tanah, temperatur, pengaruh kandungan air (kelembaban), dan pengaruh kandungan kimia dalam tanah. Penelitian ini untuk menganalisis penurunan nilai tahanan pentanahan dengan penambahan zat aditif berupa gypsum tanpa campuran tanah dan gypsum yang dicampur dengan tanah. Hasil penelitian menunjukkan nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum tanpa campuran tanah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif. Tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum bercampur tanah secara rata-rata dapat menurunkan nilai tahanan pentanahan sebesar 153,56 ohm dengan 25% gypsum, 157,2 ohm dengan 75% gypsum dan 169,91 ohm dengan 50% gypsum.

Kata Kunci— *Tahanan Pentanahan, Tahanan Jenis Tanah; Gypsum, Elektroda Batang Tunggal*

I. PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada jalur khatulistiwa yang mempunyai tingkat hari guruh cukup tinggi berkisar 100-200 hari guruh pertahun. [1]. Penyaluran daya listrik ditransmisikan melalui saluran udara tegangan tinggi, selanjutnya di distribusikan melalui tegangan menengah 20 kV hingga sampai ke pusat beban. Kontruksi menara dan tiang distribusi memungkinkan tersambar oleh petir dikarenakan terbuka terhadap alam sehingga arus petir akan mencapai titik tertentu dari objek yang tersambar yang menyebabkan terganggunya penyaluran daya. Gangguan yang terjadi akan memiliki dampak penurunan tegangan dan stabilitas sistem tenaga, serta membahayakan manusia dan dapat merusak peralatan listrik dan elektronik. Hal ini dapat dijaga dengan sistem pentanahan yang baik. [2].

Sistem pentanahan yang baik mempunyai nilai resistansi tanah berkisar 1-5 ohm, namun untuk mendapatkan nilai resistansi yang rendah cukup sulit karena dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, suhu dan kelembapan, kondisi elektrolit tanah dan temperatur

Sistem pentanahan harus memperhatikan beberapa hal penting yaitu tahanan pada elektroda pentanahan, tahanan antara elektroda pentanahan dan tanah, tahanan dari tanah di sekitar elektroda pentanahan. Tahanan pada elektroda pentanahan biasanya diabaikan karena nilai tahanan elektroda biasanya lebih kecil dibandingkan dengan tahanan tanah. [2]. Nilai dari tahanan pentanahan di sekitar elektroda pentanahan yang dibumikan perlu diperhatikan karena diperlukan nilai

tahanan jenis tanah yang rendah sebagai penunjang sistem pentanahan di mana arus gangguan nantinya dialirkan menuju tanah.

Nilai tahanan jenis dari tanah di sekitar elektroda biasanya tidak langsung didapatkan nilai yang rendah, oleh sebab itu untuk merancang sistem pentanahan yang baik perlu dilakukan pengkajian terlebih dahulu terhadap tempat pentanahan yang akan digunakan. Daerah dengan tahanan jenis tanah yang tinggi apabila ingin digunakan sebagai tanah pentanahan maka perlu dilakukan suatu perlakuan pada tanah tersebut sehingga nilai tahanan pentanahannya menjadi rendah. Menurunkan tahanan jenis tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan cara memodifikasi elektroda pentanahan yang akan ditanam di dalam tanah dan menambahkan zat aditif ke dalam tanah pentanahan. [3].

Pada penelitian sebelumnya kami melakukan eksperimen menggunakan zat aditif bentonit dan zeolit sebagai zat aditif yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai tahanan jenis tanah ada bermacam-macam yaitu *sodium klorida* (NaCl), *magnesium* (Mg), *copper sulfate* (CuSO₄.H₂O), dan *calcium chloride* (CaCl₂). [4] [5] Penelitian ini menggunakan gypsum (*calcium sulfate dihydrate*) sebagai zat aditif. Gypsum digunakan sebagai zat aditif untuk menurunkan tahanan jenis tanah karena mampu menyerap air dan memperbaiki struktur tanah.

Penelitian ini melakukan eksperimen penambahan gypsum sebagai zat aditif pada tanah. Gypsum yang ditambahkan ke dalam tanah divariasikan menjadi empat variasi yaitu gypsum tanpa dicampur dengan tanah, dan gypsum bercampur tanah dengan komposisi 75% gypsum bercampur 25% tanah, 50% gypsum bercampur 50% tanah dan 25% gypsum bercampur 75% tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh penambahan variasi zat aditif gypsum terhadap penurunan nilai tahanan jenis tanah. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu mendapatkan variasi zat aditif yang paling baik yang dapat menurunkan tahanan pentanahan secara signifikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah merupakan material yang tersusun dari 8 unsur mineral pembentuk butirannya dan persentase terbesar adalah oksigen mencapai 46,6%, Unsur lainnya adalah Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, *Foth, H, (1990)*. Pencampuran antar unsur gypsum dan tanah menghasilkan suatu kekompakan dalam menetralkan adanya resistensi grounding elektroda batang. Sehingga penelitian ini dapat mencapai tujuan yang sebenarnya. Sifat tanah itu sendiri dapat di tentukan dengan

penelitian sifat fisik tanah berupa kadar air, berat volume, berat jenis, perilaku dari plastisita dan elastisitas pada tanah serta ukuran butirannya. Kepadatan suatu tanah juga mempengaruhi perilaku dari hasil penelitian dan pemadatan tanah akan menyebabkan berkurangnya air dan udara dalam pori [5]. Berikut ini diberikan tabel sifat fisik tanah yang digunakan sebelum tanah tersebut dicampur dengan gypsum.

TABEL I SIFAT FISIK DARI TANAH YANG DIPAKAI DALAM PENELITIAN

DESCRIPTION	BOR 1 1,60 - 2,00	
UNDISTURBED SAMPLE		
Water Content	%	37,39
Density	gr/cm ³	1,47
Specific gravity (Gs)		2,57
Percent Lose No. 200	%	33,94
Atterberg Limit		
LL	%	51,33
PL	%	39,59
PI	%	11,75
Direct Shear Test		
Cohesion (c)	kg/cm ²	0,15
Internal Friction Angle (ϕ) ... ⁰		26,54
Consolidation		
Cv	cm ² /s	0,132
Cc		0,129

Tabel 1 menunjukkan dimana kadar air pada saat pengambilan sample termasuk kandungan air yang tinggi. Sample tanah diambil pada kedalaman antara 1,6 m sampai 2 meter. Diambil dengan tabung *undisturb*. Dari hasil penelitian tersebut dinyatakan bahwa kandungan lempungnya mencapai 33,94% dan termasuk pasir berlempung.

B. Gypsum

Gypsum merupakan zat kimia yang mempunyai rumus $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Gypsum diklaim mengandung 50% hingga 95% CaSO_4 (*Kalsium Sulfate Dehydrate*) dan di dalam CaSO_4 alami terdapat 23,5% sulfur dan 29,4% kalsium. Kandungan sulfur dari gipsum tidak mengurangi sifat alkalinitas dari tanah (Alkalinitas adalah sifat di mana zat akan membentuk garam kimia ketika digabungkan dengan asam) dan kandungan kalsium dalam gipsum tidak mempengaruhi tingkat keasaman (pH) tanah. [6]. Bentuk fisik gipsum dapat dilihat pada gbr 1.



Gambar 1. Serbuk Gypsum

Gypsum sebagai zat aditif yang digunakan untuk mengubah komposisi kimia tanah, dimana mempunyai nilai kelarutan yang rendah sehingga tidak mudah hilang. Gypsum merupakan batu yang terbentuk dari pengendapan air laut,

mineral yang tersusun dari kalsium sulfat dehydrate dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Komposisi Calcium Oksida (CaO) 32.57%, Air (H₂O) 20.93%, dan Sulfur (S) 18.62%. Komposisi ini diharapkan gypsum dapat menurunkan resistansi pentanahan.

Gypsum dalam bentuk batuan, terbentuk karena dua hal yaitu penguapan air tanah dan pengendapan air tanah itu sendiri. Perubahan iklim dan reaksi oksidasi menyebabkan sulfur berubah menjadi asam sulfur yang terdapat di dalam tanah yang mengandung CaCO_3 dan membentuk gipsum. Gypsum adalah garam yang terlarut, *hydrous calcium sulphate* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tingkat kelarutannya 2,6 gram dm^{-3} dalam air pada suhu 25⁰ C dan tekanan 1 atmosfer. Tanah yang gersang dan semi-gersang menyebabkan gipsum cenderung larut pada musim hujan dan cenderung mengendap ketika tanah mulai kering. [7].

Tahanan jenis (ρ) gipsum memiliki nilai yang berbeda-beda bergantung keadaan sekitarnya. Penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan nilai tahanan jenis gipsum murni berbentuk batuan sebesar lebih dari 800 ohm.m sedangkan untuk daerah dengan kondisi tanah yang basah menunjukkan gipsum memiliki konduktivitas yang tinggi dengan tahanan jenis yang rendah (mendekati 1 ohm.m). Hal tersebut dikarenakan ion-ion terlarut di dalam air yang berasal dari material yang mengandung garam. [8]

C. Electroda Batang

Sistem pentanahan yang baik sangat ditentukan dengan jenis tanah yang baik untuk menentukan resistivitas tanahnya karena tidak semua jenis tanah memiliki nilai resistivitas yang baik, dimana hal ini dipengaruhi oleh kerapatan serta kontaminasi tanah tersebut. Untuk melihat sistem pentanahan dapat di tunjukan dalam berbagai nilai resistivitas tanah untuk berbagai jenis tanah. Tabel 2 menunjukkan kriteria jenis tanah berikut nilai resistivitasnya.

TABEL II. JENIS TANAH DAN NILAI RESISTIVITAS

Jenis Tanah	Resistivitas Tanah (ohm-cm)
Tanah liat, tanah kebun, dll	500-5000
Tanah liat	800-5000
Campuran tanah liat, pasir dan kerikil	4000-25000
Pasir dan Kerikil	6000-10000
Batu Tulis, pasir berbatu, dll	1000-50000

Sumber: Tagg G.F, 1964. Eart Resistance, london, The Whitefriars Press Ltd [9].

Hasil penelitian pada tabel 2 mengelompokkan kriteria jenis tanah dengan nilai resistivitas yang di dapatkan pada daerah tertentu. Nilai resistivitas diambil dari pengukuran melalui sampel dari jenis tanah tertentu namun dimungkinkan mendapatkan hasil dengan kondisi sama dengan sampel diambil.

Sistem pentanahan bertujuan untuk mendapatkan nilai resistansi yang rendah untuk menyalurkan arus gangguan ke tanah melalui media elektroda batang tunggal. Elektroda batang tunggal terbuat dari tembaga, besi baja profil, dimana dipengaruhi oleh ukuran, dimensi, dan bahan dari elektroda batang tersebut. Pada umumnya elektroda batang menggunakan silinder yang terbuat dari tembaga murni, batang tembaga telanjang dan dilapisi (*copper-clad steel*),

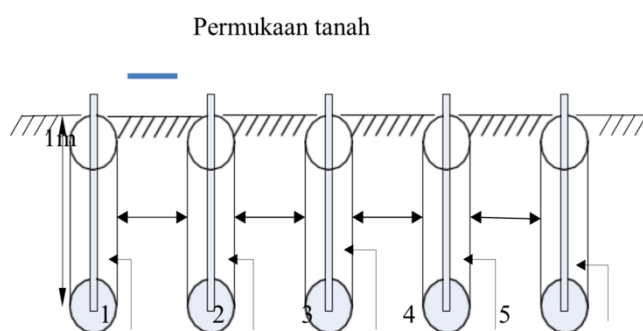
batang besi tahan karat (stainless rod), kawat tembaga yg dimasukkan ke dalam batang pipa galvanisasi, baja yang disepuh tembaga.

Penelitian ini bertujuan mengetahui besarnya nilai resistansi pentanahan pada tanah lempung terhadap pencampuran gypsum dengan berbagai komposisi.

III. EXPERIMENTAL SETUP

Metode yang digunakan untuk penentuan nilai di resistansi pentanahan dengan melubangkan tanah dengan kedalaman 1 m, dimana elektroda batang ditanam pada kedalaman dan diameter yang telah ditentukan, selanjutnya di masukkan zat aditif gypsum kedalam lubang dan dicampurkan dengan tanah dengan komposisi yang telah di tentukan.

Gypsum divariasikan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai zat aditif pada tanah pentanahan. Terdapat lima pentanahan pada penelitian ini yaitu gypsum 100%, gypsum 75%, gypsum 50%, gypsum 25% dan tanpa gypsum sebagai pembanding. Setiap lubang pentanahan yang dibuat pada penelitian ini diilustrasikan seperti pada gambar 2. Elektroda pentanahan yang digunakan dimasukkan ke dalam lubang pentanahan dengan diameter 10 centimeter dan kedalaman 1 meter. Selanjutnya tiap-tiap lubang pentanahan ditambahkan zat aditif. Jarak antar elektroda dengan elektroda yang lainnya yaitu 50 centimeter.



Gambar 2. Lubang pengukuran

Keterangan komposisi

1. Tanah: 100%
2. Gypsum : 100%
3. Gypsum: 75 %
4. Gypsum: 50%
5. Gypsum: 25%

Jarak antar lubang : 50 cm

Elektroda yang digunakan jenis elektroda batang berbahan dari tembaga dengan diameter 0.015m dengan panjang 1 m. Ujung elektroda akan ditanam kedalam tanah sebagai titik sentuh pusat elektroda ke tanah. Untuk penanaman elektroda pada lubang yang sudah ditentukan dan diberi tanda pada lubang-lubang yang sudah di gali.

Ada 5 lubang di gali dengan kedalaman 1 m, kemudian lubang 1 diisi dengan tanah murni 100% tanpa campuran dan lubang ke 2 sampai ke 5 di isi dengan pencampuran gypsum dengan nilai presentasi 25%-75% sebagai bahan zat aditif yang sudah halus dan tidak menggumpal.

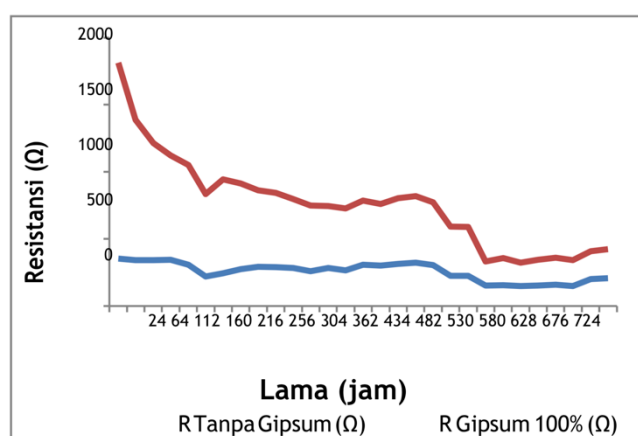
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan pembuatan lubang pentanahan dan dilanjutkan dengan melakukan pencampuran variasi gypsum dengan tanah dengan variasi 100% gypsum, 75% gypsum bercampur 25% tanah, 50% gypsum bercampur 50% tanah dan 25% gypsum bercampur 75% tanah. Variasi gypsum yang telah tercampur dimasukkan ke dalam lubang pentanahan dengan kedalaman masing-masing lubang 1 m dan diameter 10 cm

A. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan

1) Variasi Gypsum 100 %

Grafik pada gbr.3 menunjukkan nilai resistansi dengan lamanya pengukuran tanah sebagai sampel tanpa campuran dengan gypsum dan pengukuran nilai resistansi tanah dicampur dengan gypsum 100%



Gambar 3. Grafik pengukuran gypsum 100%

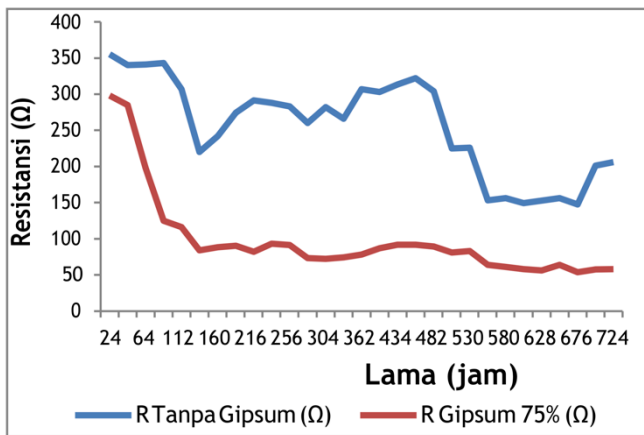
Pada gbr.3 terlihat bahwa nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum sangat tinggi pada awal pengukuran. Kepadatan gypsum di dalam tanah mempengaruhi (menurunkan) kemampuan gypsum dalam menyerap air. Hal tersebut mengakibatkan nilai tahanan pentanahan menjadi tinggi. Setelah lokasi sekitar objek penelitian mengalami hujan, tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 100% mulai mengalami penurunan. Penurunan nilai tahanan pentanahan ini dikarenakan gypsum yang ada di dalam lubang pentanahan telah menyerap air dan mineral yang terdapat pada tanah disekitarnya. Data hasil pengukuran pada penelitian dari 538 jam hingga 732 jam memperlihatkan nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 100% tidak berbeda jauh dengan tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif. Hal tersebut menunjukkan bahwa tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 100% tidak berbeda jauh dengan nilai tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif

2) Variasi Gypsum 75 %

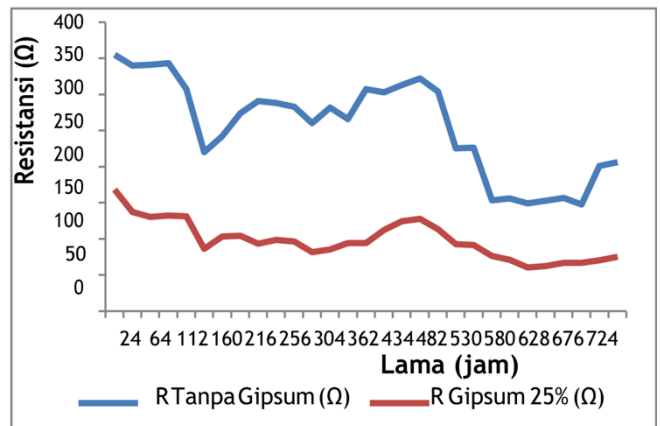
Pada gbr.4 terlihat bahwa nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 75% lebih baik dibandingkan dengan nilai tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif di mana tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 75% lebih rendah dibandingkan dengan tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif. Nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 75% mengalami penurunan drastis pada awal pengukuran pentanahan hingga pengukurun dengan waktu penelitian 130 jam. Penurunan nilai tahanan pentanahan

tersebut disebabkan campuran bahan yang digunakan sebagai zat aditif menyerap air dan mineral tanah yang terdapat pada tanah di sekitar lubang pentanahan.

gypsum menunjukkan variasi tanah dan gypsum 25% jauh lebih signifikan hasil yang di dapat berdasarkan pengukuran selama 724 jam

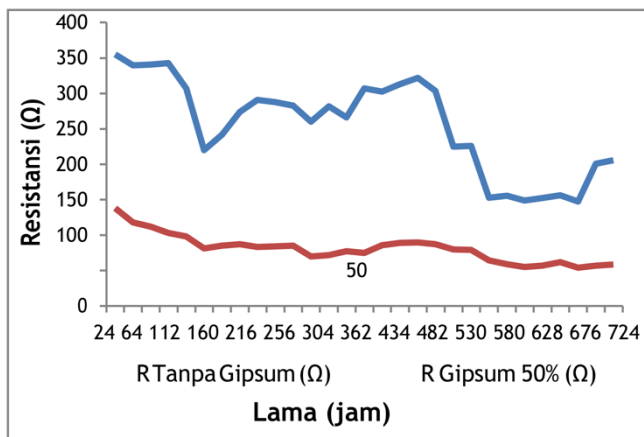


Gambar 4. Grafik pengukuran gypsum 75%



Gambar 6. Grafik pengukuran gypsum 25%

3) Variasi Gypsum 50 %



Gambar 5. Grafik pengukuran gypsum 50 %

Pada gbr.5 Terlihat bahwa nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 50% lebih baik dibandingkan dengan nilai tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif. Hal tersebut dikarenakan campuran bahan gypsum 50% dan tanah 50% mampu menyerap air lebih baik dibandingkan dengan tanah tanpa penambahan zat aditif. Nilai tahanan pentanahan yang terukur dari 556 jam hingga 732 jam elektroda ditanam tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa campuran gypsum 50% dan tanah 50% telah mencapai titik jenuh dalam menurunkan tahanan pentanahan di mana nilai tahanan pentanahan terendah yang terukur yaitu sebesar 51,8 ohm.

4) Variasi Gypsum 25 %

Grafik pada gbr.6 dibawah ini menunjukkan nilai resistansi tanah dengan variasi 75% penambahan gypsum pada tanah dari nilai resistansi pada line biru pengukuran resistansi pada tanah. Terjadi penurunan signifikan setelah pengukuran 24 jam seperti terlihat pada grafik pada gambar 6. Dari berbagai pengukuran yang dilakukan dengan komposisi tanah dan

Nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 25% lebih baik dibandingkan dengan nilai tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif di mana nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum 25% lebih rendah. Hal tersebut dikarenakan kemampuan campuran bahan gypsum 25% dan tanah 75% dalam menyerap air dan mineral di dalam tanah lebih baik, dibandingkan dengan tanah tanpa penambahan zat aditif.

Data hasil pengukuran selama penelitian 732 jam menunjukkan nilai tahanan pentanahan terendah yang didapatkan dengan penambahan 25% gypsum yaitu sebesar 60,3 ohm. Data tersebut menunjukkan bahwa gypsum 25% telah mencapai titik jenuhnya dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan. Hal ini dikarenakan kemampuan gypsum 25% dalam menyerap air dan mineral di sekitarnya telah mencapai batas maksimal.

B. Persentase Perubahan Tahanan Pentanahan

Pengukuran nilai tahanan pentanahan selama kurang lebih 1 bulan untuk setiap perlakuan terhadap gypsum, maka dilakukan perhitungan persentase perubahan tahanan pentanahan dengan persamaan.

$$R = \frac{R_x}{R_y} \times 100\% \quad (1) \dots [10].$$

Dimana,

R_x = nilai tahanan pentanahan tanpa gypsum

R_y = nilai tahanan pentanahan dengan gypsum

Nilai tahanan pentanahan yang digunakan dalam perhitungan persentase perubahan merupakan nilai pengukuran rata-rata. Di bawah ini merupakan tabel persentase penurunan nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gypsum yang bercampur dengan tanah

TABEL 2 PERSENTASE PERUBAHAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN

	Nilai Tahanan Pentanahan (Ω)	Presentase Perubahan Nilai Tahanan Pentanahan (%)
Tanah	248,99	-
75% Gypsum	91,79	63,13%
50% Gypsum	79,08	68,24%
25% Gypsum	95,43	61,67%

Berdasarkan hasil perhitungan dari Persamaan 1, persentase perubahan nilai tahanan pentanahan terbesar diperoleh pentanahan dengan penambahan 50% gipsum dengan persentase penurunan sebesar 68,24. Penurunan nilai tahanan pentanahan tidak ada perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan tahanan pentanahan dengan penambahan 75% gypsum dan 25% gipsum.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gipsum, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan gypsum sebagai zat aditif pada tanah dapat menurunkan nilai tahanan jenis tanah. Pada penelitian ini, Gypsum menyerap air dan mineral yang terkandung pada tanah sehingga nilai tahanan jenisnya mengalami penurunan.
2. Nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gipsum 50% pada penelitian ini merupakan yang paling baik
3. Nilai tahanan pentanahan dengan penambahan gipsum 100% memiliki nilai yang tidak berbeda jauh dengan nilai tahanan pentanahan tanpa penambahan zat aditif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas bantuan moril dan materil pada fakultas teknik dan jurusan teknik elektro UNILA.

REFERENSI

- [1] Zoro, Reynaldo, 2013. Makalah seminar fenomena petir, Pertamina Refinary Unit (RU) IV, Cilacap, Jawa Tengah
- [2] Hutaeruk TS, 1991, Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan, Erlangga, Jakarta.
- [3] G. Vijayaraghavan, M. Brown, dan M. Barnes, Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection, London: IDC Technologies, 2004.
- [4] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE std 2000
- [5] Yul Martin et all, Response Zat Aditif bentonit Teraktifasi Fisika dan kimia sebagai bahan ramah lingkungan untuk mereduksi nilai tahanan Grounding, Seminar Nasional PPL UNS dan BPPTPDAS, 2018
- [6] Afriani L, 2014, Soil Shear Strength, Graha Ilmu Publisher
- [7] U.Jones, Fertilizer and Soil Fertility second edition, Virginia, Reston Publishing Co, 1982
- [8] Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), Management of Grypsiferous Soils, Roma, 1990
- [9] A.G Maysounave, Geoelectrical Characteristization of Sulfate Rocks, Barcelona, Universitat de Barcelona, 2011
- [10] Tagg, G.F, 1964, Eart Resistance, London: The Whitefrier Press Ltd
- [11] K.E.Case, Prinsip-prinsip Ekonomi, Jilid 1, Jakarta: Erlangga, 2007