

**PENGUNAAN GYPSUM DAN MAGNESIUM SULFAT  
SEBAGAI UPAYA MENURUNKAN NILAI RESISTANSI PENTANAHAN**

**Erliza Yuniarti<sup>1</sup>, Dedi Hermanto<sup>2</sup>, Prima Ahmadi<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>**Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang**

email : [erlizay@yahoo.com](mailto:erlizay@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Sistem pentanahan atau pembedahan sangat dibutuhkan untuk pengamanan sistem tenaga listrik dan penangkal petir, dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Semakin kecil nilai resistansi atau tahanan pentanahan akan semakin baik terutama untuk pengamanan personal dan peralatan-peralatan listrik. Perlakuan terhadap elektroda pentanahan jenis rod berbahan tembaga menggunakan gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang dapat menyerap air dan magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ) yang dapat menetralkan kejenuhan elektroda dan dapat menurunkan tingkat keasaman tanah sehingga membantu proses perlambatan korosi yang terjadi pada elektroda. Perlakuan untuk menurunkan nilai resistansi dengan penambahan gypsum dan magnesium sulfat menggunakan bantuan kotak berbahan aluminium, didapat nilai resistansi pentanahan sebesar  $1\Omega$ , menjadi upaya yang paling efektif untuk menurunkan nilai resistansi tanah karena tidak diperlukan elektroda yang panjang atau tempat yang luas.

*Kata kunci : gypsum, magnesium sulfat, resistansi pentanahan*

**PENDAHULUAN**

Sistem pentanahan yang baik diperlukan untuk proteksi terhadap petir maupun untuk pentanahan titik netral dari sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan tersebut sering mendapat injeksi arus implus dengan frekuensi tinggi (petir) atau bentuk arus yang berubah terhadap waktu. Perlakuan tanah dalam suatu sistem pentanahan tergantung pada besar kecil frekuensi dari arus yang diinjeksikan terhadap sistem pentanahan tersebut. Sistem tenaga listrik yang semakin besar, dapat menimbulkan arus gangguan yang semakin besar pula, dengan demikian terjadi gangguan tanah yang mungkin besar pula. Busur listrik tidak dapat padam dengan sendirinya, ditambah lagi dengan gejala-gejala busur tanah atau *arcing grounds* semakin menonjol. Oleh karena itu pada sistem-sistem tenaga relatif besar, sistem tidak lagi dibiarkan terapan atau sistem delta, tetapi titik netral sistem itu diketanahkan melalui tahanan reaktansi.

Peralatan utama sistem pentanahan adalah elektroda, dalam pemilihan elektroda harus memperhatikan bahan maupun sifat elektrodanya, yang terutama harus mempunyai konduktivitas yang tinggi serta resistivitas yang rendah, agar arus yang mengalir cepat ke dalam tanah (Makmur, S dkk, 2016). Jika tanah memiliki kelembaban kurang dari 15% dari berat tanah maka tahanan akan naik. Untuk mempertahankan kelembaban tanah dapat ditambahkan air dan garam sebagai zat aditif untuk merubah komposisi kimia tanah, namun garam berakibat buruk karena elektroda pentanahan karena elektroda akan cepat mengalami korosi. Penggunaan zat aditif seperti bentonit, gypsum, atau macronite yang dicampurkan langsung dengan tanah, dan dimasukkan ke lubang penelitian, dengan perlakuan diatas mampu mereduksi tahanan pentanahan hingga 60% (Widyaningsih, 2013; Yuniarti, 2016).

Analisis tahanan pentanahan dengan mengubah komposisi kimia tanah, menggunakan zat aditif gypsum yang dicampur dengan magnesium sulfat mengacu pada paten US 4511444A tentang penggunaan komposisi secara kering, dari sekitar 65 sampai sekitar 85% berat kalsium hidroksida, dari sekitar 1 sampai sekitar 8% berat kalsium sulfat, dari sekitar 10 sampai sekitar 30% berat lempung bentonit dan dari sekitar 0,25 sampai sekitar 10% berat kalsium fluorida. Paten US 2567855 A membahas penggunaan bahan harus memiliki konduktivitas elektrolitik yang baik namun tidak boleh terlalu larut untuk dilepaskan, harus mampu membasahi dengan mudah di air tanah, dan harus mempertahankan kelembaban selama musim kering sehingga terhindar dari hilangnya konduktivitas. Untuk mengamankan keefektifan arus maksimum dari magnesium, pengurukan harus cenderung meminimalkan lokalisasi korosi logam. Spesifikasi ini dipenuhi sebagian oleh campuran bentonit dan gypsum yang sekarang digunakan. Namun, campuran tersebut tidak menguntungkan karena mereka menyerap air

tanah dengan sangat lambat, sehingga pembekuan bentonit-kalsium sulfat perlu dilakukan untuk digunakan sebagai media anoda dalam sistem proteksi katodik.

Dengan penelitian komposisi gypsum dan magnesium sulfat yang sesuai, tahanan pentanahan dapat diturunkan sampai dengan 5 Ohm atau lebih rendah dan dapat memperlambat laju korosi elektroda yang ditanam dengan penggunaan magnesium sulfat. Penelitian dilakukan di tanah lempung dikarenakan jalur transmisi di daerah Sumatra Selatan banyak terletak di daerah dataran rendah.

## TINJUAN PUSTAKA

### Sistem Pentanahan

Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem, untuk mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan *earth tester* yang pada prinsipnya adalah dengan mengalirkan arus searah kedalam sistem pentanahan. Sesuai Standar Perusahaan Listrik Negara SPLN 2 tahun 1978, telah ditetapkan metode pentanahan untuk sistem transmisi tegangan tinggi 150 kV-500 kV yaitu pentanahan netral efektif dan penambahan reaktansi, pengaman sistem diatas dilaksanakan dengan pemutusan cepat dan penutupan cepat (Pabla, 1991). Pada sistem 20 kV yang umumnya berdekatan dengan konsumen dan jaringan telekomunikasi maka faktor keselamatan dan induktif lebih penting diperhatikan.

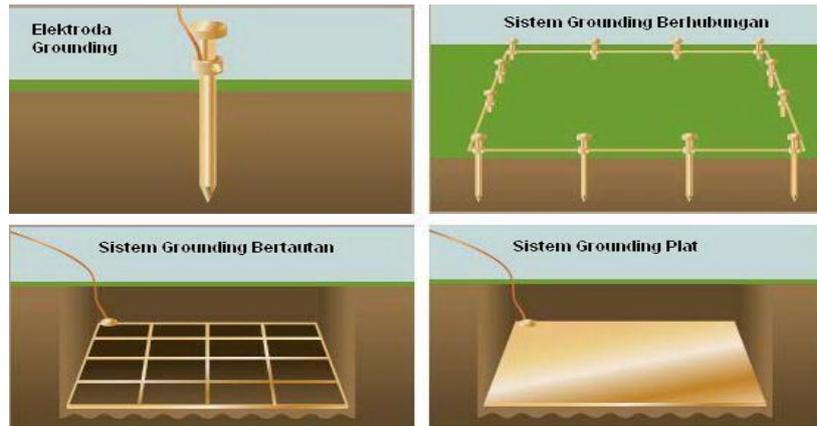
Menurut Anggoro (2002) perilaku tahanan sistem pentanahan sangat tergantung pada frekuensi dasar dan harmonisasi dari arus yang mengalir ke sistem pentanahan tersebut. Dalam sistem pentanahan semangkin kecil nilai tahanan maka semangkin baik, terutama untuk pengaman personil dan peralatan-peralatan listrik. Beberapa standar yang telah disepakati nilai tahanan pentanahan tidak melebihi 10 Ohm untuk tahanan pada komunikasi sistem data maksimum harga tahanan yang di izinkan 5 Ohm pada gedung dan bangunan, dalam aliran tegangan tinggi 120 kV tahanan maksimalnya 15 Ohm masih dapat di toleransi dan dalam saluran distribusi 33-0,4 kV dipilih tahanan 25 Ohm.

Besarnya nilai tahanan dengan menggunakan elektroda tidak hanya bergantung pada kedalaman dan luas permukaan elektroda tapi juga pada tahanan jenis tanah. Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa pasak harus di pasang agar diperoleh tahanan yang rendah, semangkin dalam elektroda dipasang resistansi pentanahan semangkin rendah (Yuniarti, 2016), hal ini disebabkan semakin dalam elektroda dipasang kelayakan kualitas secara elektris semangkin baik.

Elektroda yang dipakai untuk sistem pentanahan disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 2000 adalah elektroda batang, elektroda pita dan elektroda plat. Elektroda batang adalah batang-batang sederhana, sebaliknya dapat memberikan impedansi surja yang dapat berharga sekitar separuh harga tahanan frekuensi rendahnya. Hal ini penyebab utama jatuhnya tahanan tanah dalam gradien tegangan yang tinggi pada permukaan elektroda (Pabla, 1991). Sebagai akibat dari sifat-sifat ini, maka elektroda harus di tempatkan didekat atau disekitar bangunan stasion.

Metode-metode yang dapat digunakan untuk menurunkan atau mereduksi nilai tahanan pentanahan (Gambar 1) diantaranya,

- a. Batang pentanahan tunggal (*single grounding rod*)
- b. Batang pentanahan ganda (*multiple grounding rod*)
- c. Anyaman pentanahan (*grounding mesh*)
- d. Pelat pentanahan (*grounding plate*)



Gambar 1. Metode Mereduksi Tahanan Pentanahan

Sumber : <https://www.google.co.id/imgres?imgref=http%3A%2F%2F2.bp.blogspot.com%2F->

### Nilai Resistansi Tanah

Resistansi jenis tanah merupakan sebuah faktor keseimbangan antara resistansi tanah dan kapasitansi disekitarnya yang dipersentasikan dengan  $\rho$  (rho) dalam sebuah persamaan matematik. Ideal suatu pentanahan besar tahananannya adalah nol Ohm, tidak ada suatu standar mengenai ambang batas nilai tahanan pentanahan yang harus diikuti semua badan. Badan NFPA dan IEEE telah merekomendasikan nilai tahanan pentanahan lebih kecil atau samadengan 5 Ohm. Tujuan nilai tahanan pentanahan adalah untuk mendapatkan tahanan pentanahan serendah mungkin yang bisa dipertimbangkan baik secara ekonomis dan secara fisik, IEEE std 142-1991 menjadi rekomendasi besarnya tahanan jenis tanah.

Tabel 1. Tahanan Jenis Tanah Berdasarkan IEEE std 142-1991

No.	Deskripsi Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm-cm)
1	Mengandung kerikil tinggi, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	60.000-100.000
2	Mengandung kerikil dan tandus, campuran kerikil dan pasir kerapatan rendah dan tidak halus	100.000-250.000
3	Berkerikil dan liat, tandus, campur tanah liat dan pasir	20.000-40.000
4	Pasir berlumpur, campuran pasir dan lumpur	10.000-50.000
5	Pasir liat, campuran pasir dan tanah liat, tandus	5.000-20.000
6	Pasir halus berlumpur dan liat mengandung plastic berkonsentrasi rendah	3.000-8.000
7	Pasir halus atau lumpur, limpus elastic	8.000-30.000
8	Tanah liat berkerikil, liat berpasir, liat berlumpur, tidak liat	2.500-6.000
9	Liat aborganik dengan kandungan pelastic tinggi	1.000-5.500

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa elektroda harus ditanam agar diperoleh tahanan yang rendah (Zulfikar, 2012). Tanah yang kering biasanya mempunyai tahanan tanah yang tinggi, sebaliknya tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang rendah apabila mengandung garam-garam yang mudah larut. Untuk memperoleh kesetabilan resistansi pentanahan, elektroda ditanam pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap.

### Bahan dan Konduktivitas Elektroda

Syarat yang utama untuk elektroda pentanahan adalah tidak mudah berkarat (non-corrosive metal), kokoh secara mekanis terhadap desakan atau pukulan serta memiliki kemampuan konduktivitas yang tinggi atau daya hantar listrik yang baik (Hutauruk, 1991). Pada sistem pentanahan bahan yang umum digunakan untuk

elektroda yaitu tembaga dan baja. Penggunaan tembaga dapat membentuk sel galvanis dengan bahan logam lain yang tertanam di dalam tanah seperti saluran pembungkus dapat mempercepat terjadinya korosi pada logam tersebut. Pencegahan korosi dan kerusakan tersebut dilakukan dengan pelapisan timah pada tembaga atau melapisi logam-logam lain atau aspal, terutama yang dekat dengan elektroda tembaga. Penggunaan elektroda baja baik untuk sistem grid maupun elektroda tanam (Yuniarti, 2016).

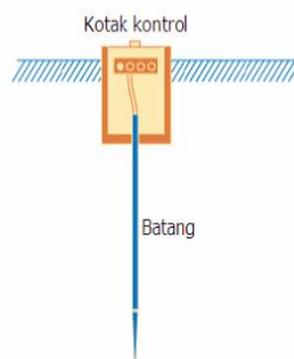
Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas (termal) (Holman, 1995; Irnin 2015). Menurut Mushach (1995) nilai konduktivitas suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dari suatu bahan, bahan yang memiliki konduktivitas termal besar merupakan konduktor yang jelek. Tabel 2 berikut menunjukkan konduktivitas termal berbagai bahan (Zemansky, 2002).

Tabel 2. Konduktivitas Thermal Bahan

Bahan Logam	$k$ (W/m.K)
Perak	406,0
Tembaga	385,0
Alumanium	205,0
Bahan Logam	$k$ (W/m.K)
Kuningan	109,0
Besi	73,0
Baja	50,2
Timbal	34,7
Raksa	8,3

### Elektroda Batang

Elektroda batang (rod) merupakan elektroda dari batang logam misalnya tembaga berdiameter minimum 5/8” atau batang logam baja profil/galvanis berdiameter 1,5” (Makmur.S, dkk 2015). Secara teknis elektroda ini mudah dalam pemasangannya, yaitu dengan menancapkan kedalam tanah. Kelebihan elektroda ini tidak membutuhkan lahan yang luas dan perawatannya sederhana.



Gambar 2. Elektroda Batang

Sumber : <http://binbulal.files.wordpress.com/2009/11/ground-system.jpg?w=455&h=342>

Berikut persamaan untuk menghitung nilai tahanan pentanahan ( $\Omega$ ) untuk elektroda batang atau elektroda rod (Hutahuruk, 1982),

$$R_G = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[ \ln \left( \frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right]$$

Dengan ,

- $R_G$  = Tahanan Pentanahan ( $\Omega$ )
- $R_R$  = Tahanan Pentanahan untuk Batang Tunggal ( $\Omega$ )
- $\rho$  = Tahanan Jenis Tanah ( $\Omega$ .meter)
- $L_r$  = Panjang Elektroda (meter)
- $A_R$  = Diameter Elektroda (meter)

## Gypsum dan Magnesium

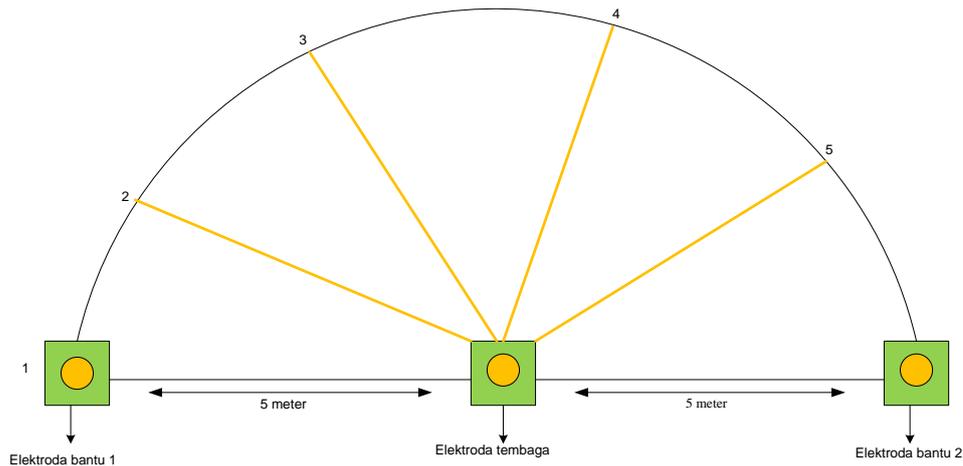
Gypsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gypsum merupakan mineral dan terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Di dalam gypsum terkandung dua molekul yaitu  $\text{CaSO}_4$  dan  $2\text{H}_2\text{O}$ . Gypsum terbagi menjadi dua yaitu anhidrit dan dehydrate. Anhidrit terbentuk dari 32,6% zat kapur (Ca), 20,9%  $\text{H}_2\text{O}$  dan 32,6% belerang (S), jika dehydrate kandungannya sama dengan anhidrit yang membedakan adalah molekul airnya. Penggunaan gypsum tidak menimbulkan pencemaran udara dan tanah, selain itu murah, tahan api, tahan deteriorasi oleh faktor biologis dan tahan terhadap zat kimia. Penggunaan gypsum dalam penelitian ini karna gypsum tahan terhadap air dan gypsum memiliki konduktivitas yang sangat rendah.

Magnesium adalah salah satu jenis logam yang dikategorikan logam ringan. Magnesium termasuk unsur yang berlimpah yang ada di bumi, sekitar 2% terdapat pada kulit bumi dan terlarut didalam air laut dengan konsentrasi rata-rata 0,13% . magnesium ditemukan dalam 60 jenis mineral, diantaranya dolomit, magnesit dan carnalit. Magnesium memiliki sifat yang ringan, mudah terbakar dan mudah bereaksi dengan logam. Maka dari itu magnesium sering dipadukan dengan bahan kimia lain, diantaranya yaitu magnesium sulfat. Magnesium sulfat adalah suatu garam anorganik (senyawa kimia) yang mengandung magnesium, sulfat dan oksigen. Magnesium sulfat sangat larut dalam air (Sunawar, 2013). Magnesium sulfat dapat menetralkan kejenuhan zat-zat yang meracuni tanah seperti aluminium, zat besi dan tembaga. Magnesium dapat mengubah pH tanah (keasaman) jika tanah ditambahkan dengan magnesium sulfat maka keasaman tanah tersebut akan menurun. Penggunaan magnesium sulfat bertujuan untuk menetralkan kejenuhan tembaga dari bahan elektroda dan dapat menurunkan keasaman dari tanah sehingga memperlambat pengkorosian elektroda.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental dengan terurai dalam langkah-langkah penelitian sebagai berikut,

1. Survei lokasi penelitian  
Lokasi terpilih setelah diperoleh jenis tanah yang sesuai yaitu tanah organik dengan lapisan tanah yang seragam, tidak mengandung banyak air atau lembab. Lahan yang digunakan untuk penelitian adalah  $\pm 16 \text{ m}^2$  dengan jari-jari 5 m. Tanah digali sedalam 100 cm berbentuk persegi dengan panjang sisinya  $\pm 10$  cm, agar pembuatan lubang sesuai yang diinginkan maka digunakan peralatan manual.
2. Persiapan peralatan dan bahan  
Pembuatan kotak menggunakan bahan aluminium sebanyak 2 buah kotak, kotak berbentuk persegi panjang. Ukuran lebar dan tinggi kotak pertama diambil dari diameter elektroda yang digunakan dan dikalikan 3 panjangnya kotak mengikuti panjang elektroda, sehingga kotak pertama memiliki ukuran lebar 4,5 cm, panjang 100 cm dan tinggi 4,5 cm. Kotak kedua berukuran lebar 9 cm, panjang 100 cm dan tinggi 9 cm, lebar dan tinggi kotak kedua diambil dari diameter elektroda dikalikan 6 dan panjang kotak mengikuti panjang elektroda.
3. Penentuan titik sentris tempat alat ukur *earth tester* dipasang dan titik elektroda batang ditanam, dengan ketentuan letak sentris alat dan elektroda ditengah-tengah lokasi yang di ukur.  
Metode pengukuran tahanan menggunakan metode tiga titik, dimana 1 batang elektroda memiliki 2 buah titik atau pasak bantu (Gambar 3).



Gambar 3. Pengukuran dengan Metode 3 Titik

3. Persiapan zat aditif  
Memperiapkan dan mengayak gypsum yang akan digunakan serta dibersihkan dari kotoran, magnesium sulfat dihaluskan sehingga magnesium yang mengkristal dapat menjadi butiran kecil.
4. Percobaan dengan 3 variasi komposisi zat aditif (perlakuan) dan 1 kali tanpa perlakuan, diukur sebanyak 4(lima) kali untuk mendapatkan hasil yang terbaik

## HASIL DAN ANALISA

Menghitung nilai tahanan pentanahan ( $\Omega$ ) untuk elektroda batang atau elektroda rod (Hutahuruk, 1982), dengan panjang elektroda 1,15 m berdiameter 0,15 m dan tahanan jenis tanah  $50 \Omega \cdot m$  maka secara teoritis nilai resistansi pentanahan dapat dihitung,

$$R_R = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,15} \left[ \ln \left( \frac{4 \cdot 1,15}{0,15} \right) - 1 \right]$$

$$R_R = 16,78 \Omega$$

Nilai resistansi pentanahan masih lebih tinggi dari yang diinginkan yaitu  $5 \Omega$ , untuk itu elektroda kedalaman tanam sebaiknya ditambah menjadi  $\pm 5$  meter untuk mendapatkan nilai yang mendekati atau sama.

Adapun hasil pengukuran resistansi pentanahan dengan 3 perlakuan dan tanpa perlakuan adalah sebagai berikut,

### a. Pengukuran Tahanan Pentanahan Tanpa Pemberian Zat Aditif

Pengukuran dilakukan dengan cara menanam batang elektroda secara langsung kedalam tanah, tanpa perlakuan apapun. Elektroda rod ditanam langsung ditanah ladang dengan menggunakan bantuan palu sedalam 90 cm dari panjang elektroda 100 cm. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode 3 titik (Gambar 3). Berikut gambar elektroda rod yang ditanam ditanah ladang



Gambar 4. Elektroda rod Tanpa Perlakuan

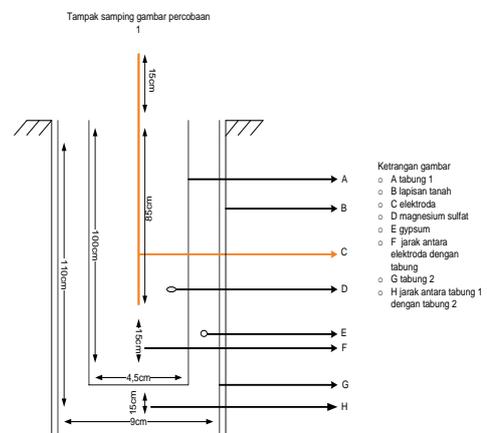
Tabel 3. Resistansi Pentanahan Tanpa Perlakuan

Pengujian	Pengukuran Resistansi ( $\Omega$ ) ke -					Rerata
	1	2	3	4	5	
Tanpa Perlakuan	340	335	335	335	335	336

Nilai rerata resistansi pentanahan masih cukup tinggi ini disebabkan resistansi tanah di tanah ladang cukup tinggi yaitu mencapai 200  $\Omega$ . mkedalaman elektroda masih kurang untuk itu elektrodadirekomendasikan untuk ditanam langsung ketanah karena besarnya parameter gangguan atau surja tidak dapat disalurkan ke tanah dengan baik.

#### b. Pengukuran Tahanan Pentanahan Dengan Perlakuan 1

Pada pengukuran ini tanah diberi perlakuan dengan penambahan gypsum dan magnesium sulfat menggunakan bantuan kotak. Dengan cara, kotak pertama yang berukuran panjang 100 cm lebar 4,5 cm dan tinggi 4,5 cm sebagai tempat dari magnesium sulfat, dengan isi seberat 2.025 kg. Kotak kedua yang berukuran panjang 100 cm lebar 9 cm dan tinggi 9 cm sebagai tempat gupsum, dengan isi seberat 8.1 kg tetapi karena kotak pertama akan dimasukkan kedalam kotak kedua maka dikurang 2.025 kg sehingga isi kotak kedua menjadi 6.075 kg. Posisi kotak pertama saat dimasukkan kedalam kotak kedua dinaikkan kepermukaan setinggi 15 cm. Batang elektroda ditanam di kotak pertama yang berisi magnesium sulfat, posisi elektroda dinaikkan 15 cm dari permukaan kotak (Gambar 4)



Gambar 6. Skema dan Elektroda Dengan Perlakuan 1

Tabel 4. Resistansi Pentanahan Perlakuan 1

Pengujian	Pengukuran Resistansi ( $\Omega$ ) ke -					Rerata
	1	2	3	4	5	
Perlakuan 1	1	1	1	1	1	1

Nilai resistansi pentanahan mendapatkan hasil yang konstan yaitu 1  $\Omega$ , magnesium sulfat yang terhubung langsung dengan elektroda tembaga menghasilkan resistansi pentanahan yang diinginkan, magnesium sulfat yang merupakan garam anorganik dapat menetralkan kejenuhan yang merusak tanah pH tanah dengan menurunkan keasman tanah (Sunawar, 2013) sehingga dalam waktu cukup lama magnesium sulfat dapat menurunkan keasman dari tanah sehingga memperlambat pengkorosian elektroda pentanahan.

#### Pengukuran Tahanan Pentanahan Dengan perlakuan 2

Pengukuran ini tanah diberi perlakuan dengan menggunakan media satu kotak, yaitu kotak yang berukuran panjang 100 cm lebar 9 cm dan tinggi 9 cm. Isi dari kotak yaitu 8.1 kg dan terdiri dari dua campuran gypsum dengan magnesium sulfat dengan berat masing-masing 4.05 kg. Berikut hasil penelitian dan gambar di lapangan.



Gambar 7. Skema dan Elektroda dengan Perlakuan 2

Tabel 5. Resistansi Pentanahan Perlakuan 2

Pengujian	Pengukuran Resistansi ( $\Omega$ ) ke -					Rerata
	1	2	3	4	5	
Perlakuan 2	772	752	728	720	728	740

Pencampuran gypsum dan magnesium sulfat dengan komposisi 1:1 secara fisik dapat dilakukan, gypsum yang dalam referensi dapat menurundaankan resistansi, dan pada perlakuan 1 dapat menurunkan samapai dengan 1  $\Omega$ , belum mendapatkan hasil resistansi pentanahan yang lebih rendah, karena magnesium sulfat dan gypsum yang dicampur menunjukkan tingkat keasaman menjadi lebih tinggi dan gypsum mengeras menjadi kapur (CaO).

### Pengukuran Tahanan Pentanahan Dengan Perlakuan 3

Pada pengukuran ini menggunakan kotak yang berukuran panjang 100 cm lebar 4,5 cm dan tinggi 4,5 cm. Kotak berisi magnesium sulfat dengan isi 2,025 kg dan bagian luar dikelilingi gypsum dengan isi seberat 8,1 kg. Dengan posisi elektroda dinaikan 15 cm dari dasar kotak. Berikut hasil penelitian dan gambar percobaan dilapangan.



Gambar 9. Skema dan elektroda Perlakuan 3

Tabel 6. Resistansi Pentanahan Perlakuan 3

Penguujian	Pengukuran Resistansi ( $\Omega$ ) ke -					Rerata
	1	2	3	4	5	
Perlakuan 3	104	100	103	104	104	103

Pemisahan gypsum dan magnesium sulfat dalam kotak pada perlakuan satu mampu menurunkan resistansi ke nilai yang direkomendasikan, perlakuan 2 ini dapat dipergunakan bila dapat 1 kotak saja sebagai tempat magnesium sulfatnya dan gypsum diletakkan dibagian luar lubang, sehingga tidak bersentuhan langsung dengan magnesium sulfat. Perlakuan ini mampu menurunkan nilai resistansi hingga 30% dari tanpa perlakuan hal ini. Pada bagian luar dapat kotak menyerap/menahan laju air sehingga mampu menurunkan resistansi, namun fungsi gypsum menjadi tidak maksimal karena akan terpengaruh dengan suhu tanah disekitarnya.

### KESIMPULAN

Perlakuan penambahan gypsum dan magnesium sulfat dengan bantuan 2 buah kotakdidapat nilai resistansi sebesar  $1\Omega$ , merupakan upaya yang paling efektif untuk menurunkan nilai resistansi tanah yaitu dengan mengubah komposisi kimiawi tanah, dengan cara ini tidak memerlukan elektroda yang panjang dan tempat yang luas. Selain itu bahan kimia yang digunakan tidak mencemari lahan yang digunakan bahkan gypsum dapat menyuburkan tanah dan magnesium menetralsir kejenuhan dari tembaga.

### DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J.P. 1995. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- Hutauruk, T.S. 1991. *Transmisi Daya Listrik*, Jurusan Elektro Teknik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- <http://binbulal.files.wordpress.com/2009/11/ground-system.jpg?w=455&h=342>
- Irnin, A.D.A., 2015. *Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan metode Gandeng*, Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika Vol. 6 No.1
- Makmur, S. dkk. 2016. *Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan plat*, Jurnal Intek Vol.3 No.2.
- Mushach, M. 1995. *Termodinamika dan Mekanika Statistik*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Pabla, A.S. 1991. *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sunawar, A. 2013. "Universitas Negeri Jakarta". *Analisis Pengaruh dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah*, Jurnal Setrum Vol. 2 No.1
- Widyaningsih, W.P. 2013. *Perubahan Konfigurasi Elektroda Pentanahan Batang Tunggal Untuk Mereduksi Tahanan Pentanahan*, Jurnal Teknik Energi Vol.9 No.2.
- [www.google.co.id/imgres?imgres=http%3A%2F%2F2F2.bp.blogspot.com%2F-](http://www.google.co.id/imgres?imgres=http%3A%2F%2F2F2.bp.blogspot.com%2F-)
- Yuniarti, E. 2016. *Pengaruh Umur Pada Variasi Volume Penambahan Gypsum Terhadap Perubahan Nilai Resistansi Pentanahan*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Zemansky, M.W. dan Dittman, R.H. 2002. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: ITB.
- Zulfikar, L. 2012. *Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod Terhadap Resistansi Jenis Tanah*, Jurnal Iltek Vol.1 No.14 (Oktober 2012).