

Perbandingan Penambahan Material Asbes Dan Gypsum Dengan Campuran NaCl Dan Arang Untuk Mereduksi Resistansi Pentanahan (Aplikasi: Balai Besar Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Listrik Medan)

Hefri Yuliadi¹, Surya Hardi², Rohana³

^{1,2,3} Kampus Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217, Tegal Sari Mandala II, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara 20371
e-mail: hefriyuliadi22@gmail.com

Abstrak— Sistem pentanahan menjadi bagian terpenting dari sistem tenaga listrik untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil sesuai dengan PUIL, selain kedalaman penanaman elektroda, tahanan jenis tanah yang akan di buat sebagai penempatan pentanahan harus kecil, untuk mengatasi tahanan pentanahan yang relative besar di perlukan zat aditif untuk mereduksi tahanan pentanahan, material asbes dan gypsum dan campuran NaCl-Arang dipilih untuk mereduksi nilai tahanan pentanahan. Pengukuran dilakukan menggunakan metode tiga titik yang dilakukan pada setiap variasi kedalaman elektroda dan komposisi material aditif yang digunakan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui material aditif asbes dan gypsum dengan campuran arang –NaCl serta komposisi yang baik antara keduanya untuk mereduksi tahanan pentanahan di bawah atau sama dengan 5 ohm menurut PUIL. Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa perbandingan persentase penurunan nilai tahanan pentanahan zat aditif Asbes dan Gypsum dan campuran NaCl (garam) – Karbon (arang) adalah pada Asbes sebesar 69,40% sedangkan pada Gypsum sebesar 73,64%. Hal ini menunjukkan bahwa dari hasil perbandingan persentase hasil pengukuran dan perhitungan menyatakan persentase penurunan nilai resistansi pentanahan yang lebih baik dari aditif Gypsum.

Kata kunci : Tahanan Pentanahan, Asbes, Gypsum, Garam, Arang

***Abstract**— The grounding system is the most important part of the electric power system to secure electrical equipment and humans located in the vicinity of the fault by flowing fault current to the ground. One of the factors to get a small grounding resistance value according to PUIL, in addition to the depth of the electrode implant, the soil type resistance that will be made as a grounding placement must be small, to overcome the relatively large grounding resistance, additives are needed to reduce grounding resistance, asbestos and gypsum materials and a mixture of NaCl-Charcoal were chosen to reduce the value of grounding resistance. Measurements were carried out using the three-point method which was carried out at each variation of the electrode depth and the composition of the additive material used to reduce the value of the grounding resistance. This measurement aims to determine the additive material of asbestos and gypsum with a mixture of charcoal-NaCl and a good composition between the two to reduce grounding resistance below or equal to 5 ohms according to PUIL. From the results of the analysis, it can be concluded that the ratio of the percentage decrease in the value of the grounding resistance of Asbestos and Gypsum additives and a mixture of NaCl (salt) - Carbon (charcoal) is 69.40% for Asbestos while 73.64% for Gypsum. This shows that the results of the comparison of the percentage of measurement and calculation results indicate that the percentage reduction in the value of the grounding resistance is better than the Gypsum additive.*

Keywords : Earthing Prisoners, Asbestos, Gypsum, Salt, Charcoal

I. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan adalah faktor penting dalam pengamanan sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan memiliki fungsi yaitu membuang arus lebih ke dalam tanah atau bumi, sehingga dapat mengamankan manusia dari gangguan listrik. Faktor

yang mempengaruhi nilai tahanan pentanahan antara lain jenis tanah, ukuran dan jenis elektroda yang digunakan, kedalaman penanaman batang elektroda. Tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh komposisi tanah, temperatur, kandungan air (kelembaban), dan kandungan kimia dalam tanah [1].

Sistem Pentanahan dirancang untuk memenuhi standar aman bagi manusia dan peralatan yang berada di area sekitarnya. Sistem pentanahan yang digunakan harus benar-benar dapat mencegah bahaya ketika pada saat gangguan terjadi, dimana arus gangguan yang mengalir ke bagian peralatan dan ke peralatan pembumian dapat dibumikan sehingga gradien tegangan disekitar area pembumian menjadi merata dan tidak menimbulkan beda potensial antara titik-titik disekitar, jumlah konfigurasi elektroda tahanan pentanahan menggunakan lebih banyak elektroda dengan bermacam-macam konfigurasi pemancangannya di dalam tanah.

Sistem pentanahan dapat dilakukan dengan cara menanam batang elektroda pada kedalaman tertentu sehingga impedansi pentanahan menjadi kecil, jarak kedalaman penanaman elektroda ke bumi, jenis tanah dan konfigurasi elektroda dapat berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan. kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin baik sehingga arus gangguan tidak mengalir dan tidak merusak peralatan, adapun ketentuan pada sistem pentanahan terdapat pada PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) tahun 2000 bahwa standar untuk tahanan pentanahan yang berlaku tidak boleh lebih dari 5Ω ($\leq 5 \Omega$) namun pada daerah yang memiliki tahanan jenis tanah yang cukup tinggi maka standar maksimumnya adalah (10Ω) [2].

Asbes atau asbestos adalah salah satu bahan tambang yang terdiri dari Magnesium-Calsium-Silikat yang berbentuk serat. Elemen di dalamnya seperti Silica atau pasir, kristal berserat tipis, dengan masing-masing serat terlihat terdiri dari jutaan “fibril” mikroskopis yang dapat terlepas ke udara karena abrasi dan proses lainnya.

Asbes yang digunakan dapat diperoleh dari pemamfaatan bahan bangunan yang sudah tidak terpakai [3].

Gypsum atau kalsium sulfat digunakan sebagai bahan urukan, baik dalam fase sendiri maupun dicampur dengan NaCl dan Arang atau dengan tanah alami berasal dari daerah tersebut. Gypsum mempunyai kelarutan yang rendah sehingga tidak mudah dihilangkan. Gypsum tidak mahal dan biasanya dicampur dengan tanah urukan disekitar elektroda. Gypsum membantu mempertahankan tahanan yang rendah dengan periode waktu yang relatif lama[4].

Balai Besar Pengebangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan dan Listrik Medan (BBPPMPV BBL Medan) memiliki gedung kantor dan juga laboratorium uji yang memerlukan sistem pentanahan yang baik terhadap peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengaliran arus lebih ke dalam tanah atau bumi, pengamanan manusia terhadap gangguan listrik dan untuk memperoleh pentanahan yang baik dan mempunyai resistansi

yang rendah maka penulis akan melakukan penelitian tentang optimasi bahan bubuk Asbes dan Gypsum untuk mereduksi resistansi pentanahan.

II. STUDI PUSTAKA

Pada bagian ini peneliti bermaksud untuk memberikan gambaran tentang kaitan upaya pengembangan dengan upaya-upaya lain yang mungkin sudah pernah ditempuh oleh peneliti sebelumnya guna mendekati permasalahan yang sama atau relatif sama.

1. Moch. Dhofir, dkk (2018) *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, Malang, Indonesia* berjudul *Alternative Grounding Method Using Coconut Shell Charcoal as Media of Mesh Electrodes* menghasilkan pemanfaatan arang kelapa sebagai media alternatif. Pada elektroda jala terbuat dari baja tahan karat berdiameter 8 mm, sedangkan dimensi kisinya adalah 50 cm x 50 cm. Empat variasi jumlah kisi dipertimbangkan, yaitu struktur 1-, 2-, dan 4-kisi dipasang pada kedalaman 80 cm di bawah tanah, sedangkan variasi ketebalan sedang 10 cm dipilih. Resistansi diperoleh dengan menggunakan ketebalan 10 cm lapisan arang dalam *mesh* yang terdiri dari kisi 1-, 2-, dan 4 berturut-turut adalah 268, 131, dan 78 ohm. Penambahan lapisan hingga 80 cm menghasilkan penurunan tahanan sebesar 48%, 33%, dan 44%. Menggunakan arang basah, lapisan 10 cm menghasilkan resistansi pentanahan 26,5, 17,5, dan 14,8 ohm dan pengurangan 25%, 10%, dan 3,6% selanjutnya untuk struktur *mesh* 1-, 2-, dan 4-lattice jika ketebalan lapisan 80 cm [5].
2. Partaonan Harahap, Waleed Khalid, Ahmed Al-Ani (2021), *Department of Electrical Engineering, Muhammadiyah University, School Of Computer and communication Engineering, Universiti Malaysia Perlis, Pauh, Khangar, Malaysia Ministry on Industry and Minerals The State Company for Glass & Refractories, Republic of Iraq* berjudul *The Effect of Charcoal on the Improvement of Grounding Resistance as a Soil Treatment in Reducing Grounding Resistance* menghasilkan arang batok kelapa memiliki nilai resistivitas dari tanah dan memiliki struktur pori yang lebih besar untuk menyerap air lebih banyak, dan memiliki sifat konduktif. Hasil yang diperoleh dari perbandingan penggunaan arang tempurung

kelapa kering dan arang tempurung kelapa basah menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan arang tempurung kelapa basah lebih baik (resistansinya lebih kecil) dibandingkan dengan menggunakan arang tempurung kelapa kering. Tanah, pengukuran resistivitas akan jauh lebih baik pada kedalaman maksimum dari pada kedalaman biasa (110 cm), lebih baik dari 10 cm [6].

3. Sudding, Jamaluddin (2016), *Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Makassar, Parang tambung, Makassar, Indonesia* berjudul *The Processing Of Coconut Shell Based On Pyrolysis Technology To Produce Renewable Energy Sources*, Penelitian ini meliputi pengeringan bahan baku, penyusunan, penggilingan dan pengayakan, pencampuran perekat, pencetakan dan kompresi, pengeringan, dan penentuan karakteristik meliputi densitas, kadar abu, lama pembakaran dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara karakteristik briket yang menggunakan perekat pati dengan yang menggunakan perekat pati sagu. Karakteristik briket yang diproduksi sesuai dengan standar di Indonesia, Amerika Serikat dan Jepang, kecuali Inggris yang memberikan standar yang sangat ketat. Arang aktif dari arang tempurung kelapa yang diaktivasi dengan HCl 1M memiliki daya adsorpsi logam Cr (VI) yang cukup tinggi (mencapai 22,15%) [7].
4. Debit, M. Iqbal Arsyad, Purwoharjono, (2021) Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak berjudul Studi Pemanfaatan Arang Batok Kelapa Untuk Perbaikan Resistansi Pentanahan Menggunakan Jenis Elektroda Plat Berbentuk Persegi, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui pengaruh penambahan arang batok kelapa dengan menggunakan jenis tanah gambut. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 model elektroda A, B, C, D dengan ukuran luas bervariasi mulai dari 15x15 cm hingga 60x60 cm. Elektroda yang digunakan terbuat dari bahan aluminium dengan ketebalan plat 2 mm. Penambahan ketebalan tanah dan arang batok kelapa dibuat bervariasi dengan

kedalaman maksimal 120 cm. Pengukuran dilakukan dengan metode 3 titik menggunakan alat ukur *Earth Resistance Tester* model 4105A. Hasil pengujian dengan penurunan maksimum didapatkan pada kedalaman 120 cm menggunakan elektroda model D dengan nilai resistansi pentanahan tanpa penambahan arang batok kelapa sebesar 9,01 Ohm. Setelah penambahan arang batok kelapa sebesar 4,35 Ohm turun sebesar 51,7%. Nilai resistansi pentanahan yang didapatkan dengan penambahan ketebalan arang batok kelapa 120 cm dibiarkan selama 15 hari menggunakan elektroda model D didapat nilai resistansi pentanahan hari pertama sebesar 4,35 Ohm dan hari terakhir sebesar 4,02 Ohm turun sebesar 7,6% [8].

A. Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan pada dasarnya menyediakan saluran yang memiliki nilai hambatan rendah untuk mencegah gangguan, mencegah sengatan petir dan menghindari potensial pada arus listrik. Gangguan yang terjadi di tanah yang diakibatkan gangguan satu fasa merupakan kesalahan yang paling umum dalam sistem tenaga listrik dan gangguan ini menyumbang sembilan puluh delapan persen dari semua gangguan yang terjadi, sistem pentanahan dibangun dengan menanam elektroda kedalam tanah yang mana elektroda tersebut dikenal sebagai “batang” yang ditanam secara vertikal dan batang tersebut bersifat “konduktor” apabila ditanam secara horizontal. Jaringan pentanahan terbentuk baik dari kombinasi konduktor dan batang atau hanya terbentuk dari konduktor saja, jaringan ini biasanya digunakan dalam pentanahan gardu induk dan digunakan untuk pentanahan pembangkit listrik [2].

Estimasi berdasarkan klasifikasi tanah hanya menghasilkan perkiraan kasar resistivitas, pengujian resistivitas yang sebenarnya sangat penting, tempat-tempat stasiun di mana tanah dapat memiliki resistivitas seragam di seluruh area dan sampai kedalaman cukup dalam jarang ditemukan, biasanya ada beberapa lapisan, masing-masing memiliki resistivitas yang berbeda, perubahan lateral juga terjadi tetapi dibandingkan dengan yang vertikal, perubahan ini biasanya lebih bertahap, pengujian resistivitas tanah harus dilakukan untuk menentukan apakah ada variasi penting dari resistivitas dengan kedalaman, nilai hasil variabel yang diambil harus lebih besar di mana variasinya besar, terutama jika beberapa hasil nilai sangat tinggi untuk menyarankan kemungkinan masalah keamanan [3] [9].

B. Pentanahan Pengkap Petir

Untuk menghindari timbulnya kecelakaan atau kerugian akibat sambaran petir, maka diadakan usaha pemasangan instalasi penangkap petir pada bangunan-bangunan. Akibat sambaran petir ini akan mengakibatkan kerusakan langsung pada objek yang tersambar. Dengan adanya instalasi penangkap petir ini, maka diharapkan sambaran petir dapat dikendalikan melalui instalasi penangkap petir yang diteruskan ke bumi. Bahaya yang dapat ditimbulkan dari penyaluran arus petir ke bumi adalah flash over pada saluran hantaran penurunan serta gradien tegangan disekitar elektroda bumi. Adapun komponen sistem pentanahan secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu hantaran penghubung dan Elektroda pentanahan [10].

Adapun syarat dari sistem pentanahan yang efektif ialah :

- Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman sistem dan peralatan dengan rangkaian yang efektif.
- Dapat menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.
- Menggunakan bahan tahan terhadap korosi dengan berbagai bahan kimia tanah, untuk memastikan ketahanan sesuai umur dari peralatan yang dilindungi.
- Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun dapat dengan mudah dirawat dan perbaikan jika ada masalah.

Karakteristik sistem pentanahan yang efektif yaitu :

- Terencana dengan baik, semua koneksi yang terdapat pada sistem harus merupakan koneksi yang sudah direncanakan sebelumnya dengan kaidah-kaidah tertentu.
- Menghindarkan gangguan yang terjadi pada arus listrik dari perangkat.
- Semua komponen metal harus ditanahkan dengan tujuan untuk meminimalkan arus listrik melalui material yang bersifat konduktif pada potensial listrik yang sama.

C. Jenis-Jenis Tanah dalam Sistem Pentanahan

Klasifikasi tanah yang akan digunakan bergantung kepada kelembutan atau tekstur tanahnya. Tekstur tanah yang dimaksud berupa tampilan tanahnya dimana tampilannya bergantung kepada ukuran dan bentuk partikel dari tanah tersebut. Beberapa klasifikasi tanah adalah tanah berkerikil, tanah (pasir), tanah endapan (lumpur) dan tanah liat. Tanah berkerikil merupakan tanah yang terbentuk dari potongan-potongan batu dengan partikel yang dimiliki berupa kuarsa, *feldspar* dan mineral-mineral lainnya.

Berbeda dengan tanah berkerikil, tanah berpasir terbentuk dari partikel kuarsa dan *feldspar*. Tanah berkerikil dan tanah berpasir memiliki struktur

lapisan yang menampung air cukup banyak dan kedua tanah ini memiliki molekul berupa nitrogen sehingga tanah berkerikil atau tanah berpasir tidak sesuai untuk pentanahan [11].

Tanah yang kering umumnya mempunyai tahanan yang tinggi, namun demikian tanah yang basah juga dapat mempunyai tahanan yang tinggi apabila tidak mengandung garam-garam yang dapat larut. Tahanan tanah berkaitan langsung dengan kandungan air dan suhu, dengan demikian dapat diasumsikan bahwa tahanan suatu sistem pentanahan akan berubah sesuai dengan perubahan iklim setiap tahunnya. Untuk memperoleh kestabilan resistansi pentanahan, elektroda pentanahan dipasang pada kedalaman optimal mencapai tingkat kandungan air yang tetap, pentanahan netral sistem tenaga untuk membatasi tegangan-tegangan pada fasa-fasa yang tidak terganggu, sedangkan pentanahan peralatan bertujuan untuk mencegah terjadinya tegangan sentuh yang berbahaya dan untuk memperoleh impedansi yang kecil atau rendah dari arus hubung singkat ke tanah.

Pentingnya tahanan jenis tanah ini untuk diketahui karena tahanan jenis tanah mempunyai beberapa manfaat yaitu :

- Beberapa data yang diperoleh dari survey geofisika dibawah permukaan tanah dapat membantu untuk identifikasi lokasi pertambangan, kedalaman batu-batuan dan fenomena-fenomena geologi lainnya.
- Tahanan jenis tanah mempunyai pengaruh langsung terhadap korosi pipa-pipa bawah tanah. Apabila tahanan jenis tanah semakin meningkat maka aktivitas korosi akan semakin meningkat pula.
- Tahanan jenis lapisan tanah mempunyai pengaruh langsung dalam sistem pembumian. Ketika merencanakan sistem pembumian, sebaiknya dicari lokasi yang mempunyai tahanan jenis tanah yang terkecil agar tercapai instalasi pembumian yang paling ekonomis.

Faktor keseimbangan antara tahanan pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan ρ . Harga tahanan jenis tanah dalam kedalaman tertentu tergantung pada beberapa faktor yaitu :

- Jenis tanah : liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
- Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau uniform
- Kelembaban tanah
- Temperatur
- Kepadatan tanah

Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) tahanan jenis tanah dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Tanah Jenis Tanah-1 [2]

Jenis Tanah	Nilai Tahanan Jenis (Ω -m)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat Dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir Dan Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Sumber: PUIL 2000

Tabel 2. Tanah Jenis Tanah-2 [2]

Jenis Tanah	Nilai Tahanan Jenis (Ω -m)
Tanah Rawa	10 - 40
Tanah Pertanian	20 - 100
Pasir Basah	50 - 200
Kerikil Basah	200 - 3000
Kerikil Kering	< 1000
Tanah Berbatu	2000 - 3000

Sumber: SNI 04. 0225-2000

Tabel 3. Tanah Jenis Tanah-3 [17]

Jenis Tanah	Nilai Tahanan Jenis (Ω -m)
Tanah Organik	10
Tanah Basah	100
Tanah Kering	1000
Tanah Berbatu	10000

Sumber: IEEE std 81 – 1983

Mengacu pada PUIL 2000 nilai standar pembumian atau resistansi pentanahan untuk bangunan gedung $\leq 5 \Omega$, berbagai upaya dilakukan untuk mendapatkan nilai resistansi ini diantaranya dengan menambah kedalaman elektroda, merubah konfigurasi atau membuat perlakuan kimia terhadap tanah (*soil treatment*) di tanah ladang. *Soil treatment* yang dipilih adalah dengan menambahkan gypsum, gypsum dicampurnya secara merata dengan tanah galian dari tanah lempung sebagai bahan urukan lubang elektroda. Lubang elektroda dibuat dengan berdiameter 30 cm dan kedalaman 100 cm. Dua jenis elektroda yang dipergunakan adalah elektroda tembaga dan baja *stainless* berdiameter 16 mm, dengan 4 variasi berat gypsum, sebagai pembanding ditanam elektroda tembaga dan baja *stainless* tanpa perlakuan. Dari hasil penelitian dan pengukuran selama 14 minggu didapatkan nilai resistansi pentanahan dengan *soil treatment* gypsum berkurang, dari 169,07 Ω pada elektroda tembaga menjadi 60,65 Ω , pada elektroda baja *stainless* dari 224,43 Ω menjadi 62,12 Ω .

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 [12].

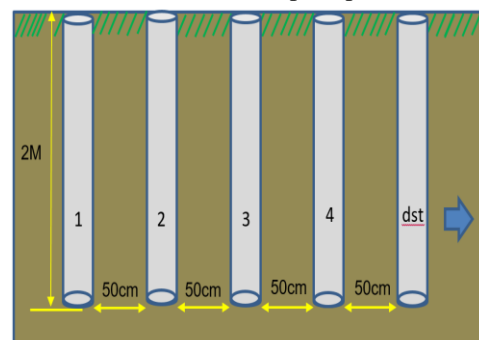
III. METODE

Metode penelitian adalah kualitatif dengan melakukan studi kasus terhadap lokasi penelitian yaitu di Balai Besar Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan dan Listrik (BBPPMPV BBL) Medan. Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan dan Listrik (BBPPMPVBBL) Medan, beralamat di Jln Setia Budi No. 75 Simpang Lima Kapten Sumarsono, Kelurahan Helvetia Timur, Kecamatan Helvetia-Medan dengan waktu pengambilan data dilakukan selama satu bulan yaitu bulan Juli 2021 s.d Agustus 2021 dimana setiap hari dilakukan percobaan untuk mendapat data yang lebih akurat.

Adapun perencanaan penelitian ini adalah :

A. Membuat Rancangan Pentanahan Elektroda

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai resistansi maka dengan membuat lubang berdiameter 10 cm dengan kedalaman 2 m. Selanjutnya di masukkan variasi zat aditif gypsum, gypsum dengan campuran NaCl (garam) + Karbon (arang) dan asbes, asbes dengan campuran NaCl (garam) + Karbon (arang) ke dalam lubang dengan komposisi yang telah di tentukan sesuai Tabel 1. Setiap lubang pentanahan yang dibuat pada penelitian ini diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lubang Pentanahan

Elektroda pentanahan yang digunakan dimasukkan ke dalam lubang pentanahan dengan cara bertahap mulai dari 0,30 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 0,25 m 1,5 m, 1,75 m dan 2 m dan dilakukan pengukuran setiap tahapnya. Jarak antar lubang dengan lubang yang lainnya yaitu 0,5 m. Elektroda

yang digunakan jenis elektroda batang bahan tembaga dengan diameter 0,015 m dengan panjang 2 m. Untuk penanaman elektroda pada lubang yang sudah ditentukan dan diberi tanda pada lubang-lubang yang sudah di gali.

B. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan sebelum dan sesudah penambahan pada zat aditif asbes dan gypsum dengan campuran NaCl - Arang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perbandingan Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan

Material bubuk asbes dan gypsum dengan bahan aditif bubuk NaCl (garam) dan Karbon (arang) di gunakan dalam pengujian mereduksi tahanan pentanahan di BBPPMPV BBL Medan. Pencampuran material aditif bubuk asbes dan gypsum dengan bahan campuran bubuk garam dan arang, dibuat pada ukuran atau komposisi yang bervariasi. Adapun media pentanahan yang digunakan berupa elektroda batang tembaga murni dengan diameter 0,015 m yang ditanam pada kedalaman yang bervariasi antara 0,30 m sampai dengan 2 m. Hasil reduksi resistansi pentanahan dilakukan pada saat sebelum dan sesudah pencampuran material bubuk asbes dan gypsum dengan bahan aditif bubuk garam dan arang.

B. Analisis Perbandingan Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan Sebelum Pencampuran dengan Bahan Aditif

Hasil reduksi material terhadap tahanan pentanahan sebelum pencampuran dengan bahan aditif ditunjukkan dalam Tabel 4.

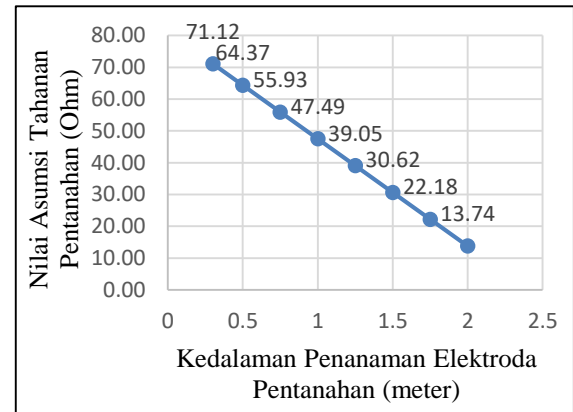
Tabel 4. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Sebelum Pencampuran

Kedalaman Penanaman Elektroda (Meter)	Tahanan Terukur (Ω)		
	Tanah 100%	Asbes 100%	Gypsum 100%
0,30	75	40	35
0,50	65	35	30
0,75	55	29	26
1	45	22	22
1,2 5	35	17,5	17,5
1,50	29	15,5	16
1,75	22	11,5	11,9
2	18,5	10	9
Rata-rata	42,31	22,56	20,80

Tabel 4. menunjukkan hasil reduksi tahanan pentanahan dengan material Tanah 100%, Asbes 100% dan Gypsum 100% sebelum pencampuran dengan bahan aditif bubuk arang dan garam, dimana hasil pengukuran yang dihasilkan pada tanah 100% dengan tahanan terukur tertinggi yaitu pada kedalaman 0,30 m, dengan besar nilai tahanan sebesar 75 Ω dan tahanan terukur terendah yaitu pada kedalaman 2 m, dengan besar nilai tahanan

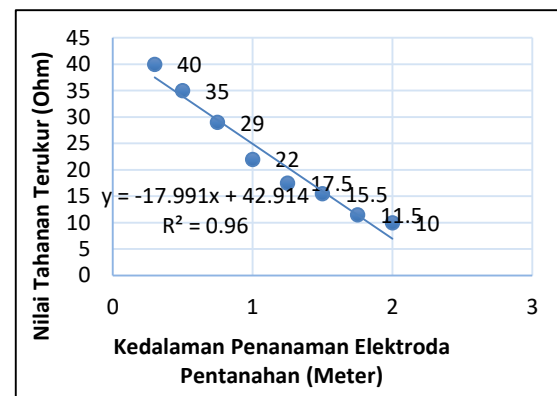
sebesar 18,5 Ω . Pada asbes 100% tahanan terukur tertinggi yaitu pada kedalaman 0,30 m dengan nilai tahanan sebesar 40 Ω dan tahanan terukur terendah yaitu pada kedalaman 2 m dengan besar nilai tahanan sebesar 10 Ω . Pada gypsum tahanan terukur tertinggi yaitu pada kedalaman 0,30 m dengan besar nilai tahanan sebesar 35 Ω dan tahanan terukur terendah yaitu pada kedalaman 2 m dengan besar nilai tahanan yaitu sebesar 9 Ω .

Grafik hasil perhitungan persamaan didapatkan nilai asumsi tahanan pentanahan pada tanah 100%.



Gambar 2. Grafik Asumsi Nilai Y Tahanan Pentanahan Tanah 100%

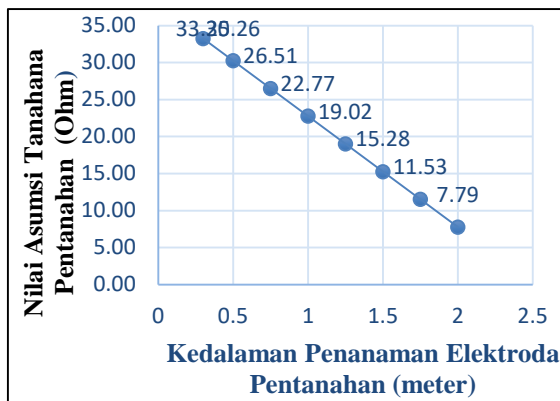
Hasil interpretasi dari pengukuran tahanan pentanahan menggunakan pencampuran bahan aditif dengan material tanah 100%, dari Gambar grafik 2. ditunjukkan bahwa semakin dalam batang elektroda pentanahan ditanamkan semakin turun nilai tahanan pentanahannya dimana nilai tahanan terendah yaitu pada kedalaman 2 m dan besar nilai tahanan pentanahan 18,5 Ω dan hasil prediksi 14,25.



Gambar 3. Grafik Asumsi Nilai Y Tahanan Pentanahan Asbes 100%

Hasil interpretasi dari pengukuran tahanan pentanahan menggunakan pencampuran bahan aditif dengan material asbes 100%, dari gambar grafik 3. ditunjukkan bahwa semakin dalam batang elektroda pentanahan di tanamkan semakin turun nilai tahanan pentanahannya, dimana nilai tahanan terendah yaitu

pada kedalaman 2 m dan besar nilai tahanan pentanahan 10 Ω dan hasil prediksi 6,93 Ω.



Gambar 4. Grafik Asumsi Nilai Y Tahanan Pentanahan Gypsum 100%

Hasil interpretasi dari pengukuran tahanan pentanahan menggunakan pencampuran bahan aditif dengan material Gypsum 100%, dari gambar grafik 4 ditunjukkan bahwa semakin dalam batang elektroda pentanahan di tanamkan, semakin turun nilai tahanan pentanahannya dimana nilai tahanan terendah yaitu pada kedalaman 2 m dan besar nilai tahanan pentanahan 9,00 Ω dan hasil prediksi 7,79 Ω. Dari ketiga material pentanahan hasil reduksi tahanan pentanahan dapat dihitung perbandingan penurunan tahananannya dari nilai tahanan rata-rata masing-masing material tanah 100% dengan asbes 100% dan gypsum 100%.

Tabel 5. Hasil pengukuran tahanan pentanahan setelah pencampuran dengan Arang dan Garam

Kedalaman Penanaman Elektroda (Meter)	Tahanan Pentanahan Terukur (Ω)							
	Asbes 70% + Arang 20% + Garam 10%	Asbes 60% + Arang 30% + Garam 10%	Asbes 50% + Arang 40% + Garam 10%	Asbes 40% + Arang 50% + Garam 10%	Gypsum 70% + Arang 20% + Garam 10%	Gypsum 60% + Arang 30% + Garam 10%	Gypsum 50% + Arang 40% + Garam 10%	Gypsum 40% + Arang 50% + Garam 10%
0.30	30	26	25	22	22	22	17,5	19
0.50	25	22	22	18	17,5	17	15,5	15,5
0.75	22	18	18	15,5	15,5	12,5	13,5	13
1	18	13,5	15,5	12,6	11,5	11,5	9	8,5
1.25	15	12	11,5	10	8	6,5	6	5,5
1.50	9,7	9	10	8	5,5	5	4	5
1.75	8	5,5	5,5	6,3	3,6	2,5	2,7	2,5
2	5	3	2,8	2,7	2,6	2,5	2,2	2,2

Setelah dilakukan perhitungan terdapat bahwa penggunaan asbes dapat menurunkan tahanan pentanahan rata-rata 47,68%, sedangkan penggunaan gypsum dapat menurunkan tahanan pentanahan sebesar rata-rata 50,82%, jadi ada selisih sebesar 3,14% untuk penurunan tahanan pentanahan

antara penggunaan bahan asbes dengan gypsum, hal ini dapat diartikan bahwa penggunaan bahan gypsum dalam mereduksi tahanan pentanahan lebih besar 3,14% dibanding penggunaan bahan asbes.

C. Perbandingan Persentase Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan Zat Aditif Asbes, Gypsum, Campuran Arang dan Garam

Dari hasil perhitungan penurunan nilai pentanahan zat aditif asbes dan gypsum dan campuran arang dan garam yang terlihat pada Tabel 5, maka dapat hasil perhitungan asumsi penurunan nilai tahanan pentanahan zat aditif Asbes campuran NaCl – Arang dibawah ini.

Tabel 6. Hasil perhitungan asumsi penurunan nilai tahanan pentanahan zat aditif Asbes campuran NaCl – Arang

No	Komposisi Bahan	Persamaan Regresi	Y	R ²
1	Asbes 70% + arang 20% + garam 10%	Y=32,99 - 14,50X	18,49	0,988
2	Asbes 60% + arang 30% + garam 10%	Y=28,49 - 13,14X	15,35	0,985
3	Asbes 50% + arang 40% + garam 10%	Y=28,34 - 12,87X	15,47	0,994
4	Asbes 40% + arang 50% + garam 10%	Y=23,84 - 10,57X	13,27	0,986

Hasil Hasil perhitungan penurunan nilai tahanan pentanahan zat aditif Asbes campuran NaCl – Arang dapat dilihat pada Tabel 4.16 yaitu, bahwa nilai tahanan jika X=1 pada Asbes 70% + arang 20% + garam 10% sebesar 18,49 Ohm, Asbes 60% + arang 30% + garam 10% sebesar 15,35 Ohm, Asbes 50% + arang 40% + garam 10% sebesar 15,47 Ohm, Asbes 40% + arang 50% + garam 10% sebesar 13,27 Ohm.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Asumsi Penurunan Nilai Tahanan Pentanahan Zat Aditif Gypsum Campuran Nacl – Arang

No	Komposisi Bahan	Persamaan Regresi	Y	R ²
1	Gypsum 70% + arang 20% + garam 10%	Y=28,56 - 13,14X	15,42	0,986
2	Gypsum 60% + arang 30% + garam 10%	Y=27,79 - 13,29X	14,50	0,978
3	Gypsum 50% + arang 40% + garam 10%	Y=24,60 - 12,16 X	12,64	0,988
4	Gypsum 40% + arang 50% + garam 10%	Y=24,56 - 11,63X	12,91	0,977

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan pentanahan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai tahanan pentanahan mengalami penurunan dibandingkan dari sebelum menggunakan Asbes dan Gypsum, serta dengan penambahan Karbon (arang) – NaCl (garam). Maka perbandingan persentase penurunan nilai tahanan pentanahan zat aditif Asbes dan Gypsum dan campuran

- Karbon (arang) - NaCl (garam) adalah pada Asbes sebesar 69,40% sedangkan pada Gypsum sebesar 73,64%.
2. Hasil nilai penurunan tahanan pentanahan antara bahan aditif Asbes dengan bahan aditif Gypsum yang dikomposisikan dengan Arang dan Garam, Gypsum dengan komposisinya mendapatkan nilai tahanan pentanahan sesuai standar PUIL ≤ 5 pada kedalaman 1,75 m, sedangkan Asbes dengan komposisinya mendapatkan nilai tahanan pentanahan sesuai standar PUIL ≤ 5 pada kedalaman 2 m.
 3. Menurut hasil analisis regresi sederhana yang dilakukan terlihat bahwa terjadi penurunan nilai tahanan pentanahan seiring dengan bertambahnya kedalaman penanaman elektroda pentanahan. Semakin dalam elektroda batang ditanam maka semakin kecil nilai tahanan pentanahannya, dikarenakan pada pentanahan memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan jenis tanah: kelembaban, temperatur, struktur dan kepadatan disetiap titik kedalaman penanaman elektroda.
- DAFTAR PUSTAKA
- [1] H. Nawir, M. R. Djalal, and S. Sonong, "Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–39, 2018, doi: 10.21070/jeee-u.v2i2.1581.
 - [2] 2000 PUIL, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. Puil, pp. 1–133, 2000.
 - [3] S. L. B and R. More, "TAG ARCHIVES : CARCINOGENIC," pp. 1–5, 2021.
 - [4] E. Yuniarti, "Gypsum Sebagai Soil Treatment dalam Mereduksi Tahanan Pentanahan di Ttanah Ladang," *Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Semnastek*, no. November, pp. 1–7, 2016.
 - [5] M. Dhofir, R. N. Hasanah, H. Suyono, and A. R. Belan, "Alternative grounding method using coconut shell charcoal as media of mesh electrodes," *Telkonnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 16, no. 2, pp. 488–494, 2018, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v16i2.8700.
 - [6] P. H. Partaoanan Harahap and W. K. A. Al-Ani, "The Effect of Charcoal on the Improvement of Grounding Resistance as a Soil Treatment in Reducing Grounding Resistance," *J. Renew. Energy, Electr. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 12, 2021, doi: 10.29103/jreece.v1i1.3619.
 - [7] Sudding and Jamaluddin, "The Processing Of Coconut Shell Based On Pyrolysis Technology To Produce Renewable Energy Sources," *Int. Conf. Math. Sci. Technol. Educ. their Appl.*, no. October 2016, pp. 498–510, 2016, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/icmstea/article/download/3565/1976>.
 - [8] M. I. Arsyad, P. Studi, T. Elektro, J. Teknik, F. Teknik, and U. Tanjungpura, "Studi pemanfaatan arang batok kelapa untuk perbaikan resistansi pentanahan menggunakan jenis elektroda plat berbentuk persegi."
 - [9] Adipurnomo, "Standar IEC," *Standarku.Com*, pp. 1–15, 2019, [Online]. Available: <https://standarku.com/standar-iec/>.
 - [10] IEEE, *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems - Redline*, vol. 1991. 2007.
 - [11] P. E. Sutherland, *Principles of Electrical Safety*. 2014.
 - [12] N. Asih, *Analisis Penggunaan Gypsum, Bentonite Dan Arang Sebagai Zat Aditif Untuk Soil Treatment Dalam Sistem Pentanahan*. 2019.