Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit

Rifki Rizkullah Fazrin[1,*], Trisnawiyana[2], Toto Tohir[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : [1,]rifki.rizkullah.tlis20@polban.ac.id; [2]trisnawiyana@polban.ac.id; [3]toto.tohir@polban.ac.id*

ABSTRAK

Sistem pembumian pada tenaga listrik sangat berperan penting dalam sistem proteksi instalasi listrik. Sistem pembumian dikatakan baik apabila sistem pembumian memiliki nilai resistansi pembumian yang kecil, nilai resistansi pembumian yang ditentukan didalam PUIL 2011 paling besar bernilai 5 Ω. Nilai tahanan pembumian dapat dipengaruhi oleh berbagai aspek antara lain yaitu, kelembaban tanah, struktur tanah, dan kandungan yang ada dalam tanah. Usaha untuk mereduksi atau mengurangi nilai resistansi tanah yaitu salah satunya dengan melakukan *soil treatment* terhadap tanah dengan menambahkan zat aditif berupa bentonit kedalam lubang yang sudah ditanam elektroda batang sebagai media pentanahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari bentonit terhadap nilai tahanan pembumian. Penelitian dan pengujian ini dilakukan dengan metode pengukuran 3 pole, dan lokasi berlokasi di Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung. Hasil pengujian nilai resistansi pembumian elektroda batang yang tidak menggunakan bentonit sebesar 5,3 Ω. Sedangkan hasil penelitian dan pengukuran nilai resistansi pembumian elektroda batang yang menggunakan tambahan bentonit mengalami penurunan dengan nilai sebesar 4,5 Ω. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa bentonit dapat mempengaruhi nilai resistansi pembumian karena dapat membantu mengisi rongga-rongga tanah sehingga antara elektroda batang dan tanah dapat menyatu.

Kata Kunci
Sistem Pembumian, resistansi pembumian, bentonit, metode 3 pole

1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan pusat beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik mestinya tidak akan lepas dari gangguan. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh petir, arus hubung singkat, maupun kegagalan isolasi pekeaaralatan. Akibat dari gangguan tersebut dapat membahayakan jiwa manusia, menyebabkan kegagalan sistem, dan merusak perangkat elektronik. Untuk mengatasi hal tersebut agar arus gangguan dapat dialirkan ke dalam tanah diperlukannya suatu sistem pembumian dalam suatu peralatan. [1]

Sistem pembumian merupakan penghubung sistem dari wadah peralatan dan instalasi ke bumi maupun tanah sehingga dapat memproteksi keselamatan manusia dari arus kejut listrik baik dalam keadaan normal maupun tidak, dan sebagai proteksi komponen instalasi dari adanya bahaya tegangan ataupun arus tidak normal. [2]

Dalam upaya mendapatkan nilai resistansi pembumian yang bagus ada beberapa cara salah satunya dengan memperlakukan tanah secara khusus (*soil earth tester*) dengan menambah media zat aditif berupa bentonit yang digunakan sebagai media pembumian. Bentonit merupakan jenis tanah liat yang terbentuk secara alami dari pelapukan abu vulkanik yang mengandung montmorillonite sekitar 85% dengan mineral-mineral seperti feldspart, dolomit, kalsit, kwarsa, dan mineral lainnya. Bentonit mempunyai pH lebih dari 7 yaitu sebesar 10,5 yang berarti sifat basa pada bentonit sangat tinggi, dimana basa akan menjaga kandungan fosfor pada tanah dan tidak akan menyebabkan korosi sehingga tanah tetap dalam keadaan subur. Salah satu fungsi bentonit yaitu untuk membantu merekatkan dan mengisi ruang kosong antar elektroda batang dengan tanah sehingga didapat nilai resistansi pembumian yang bagus. Elektroda yang dmebanigunakan adalah jenis elektroda batang atau *rod ground* berlapis tembaga. [3]

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti berkeinginan melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan zat aditif bentonit terhadap nilai resistansi pentanahan jenis elektroda batang atau *rod grounding* berlapis tembaga.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pembumian

salah satu faktor yang paling penting dalam memproteksi suatu instalasi maupun perangkat

listrik adalah sistem pembumian yang baik. Sistem pentanahan yang baik adalah sistem dengan nilai resistansi yang rendah terhadap pentanahan. Semakin rendah nilai resistansi pentanahan, semakin baik kualitas pentanahan, sehingga arus Gangguan listrik mengalir lebih mudah ke tanah di mana hambatannya bernilai sekecil mungkin. Standar nilai resistansi yang umum digunakan adalah maksimum 5 ohm, dilakukan dengan pengujian earth *tester*. Nilai dari tahanan pembumian harus serendah mungkin atau mendekati nol agar terhindar dari adanya bahaya. [4]

2.2 Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan merupakan resistansi atau hambatan yang tercipta saat arus mengalir ke bumi. Arus yang mengalir ke dalam tanah mengalir melalui elektroda tanah yang terkubur pada kedalaman tertentu di dalam tanah. . Nilai tahanan pembumian yang baik adalah nilai tahanan pembumian yang rendah. Menurut standar PUIL 2011, nilai tahanan pentanahan ≤ 5 Ω diperlukan untuk menghindari risiko sambaran petir dan lonjakan arus. Pada prinsipnya dijelaskan bahwa nilai tahanan pentanahan yang paling baik mendekati nol, dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai resistansi pentanahan maka semakin bagus pula sistem proteksi pembumian tersebut. [5]

2.3 Tahanan Jenis Tanah

PUIL (Panduan Instalasi Listrik Umum) telah menentukan nilai resistansi standar untuk stasiun sistem tenaga listrik dengan berbagai ukuran. ketetapan peraturan yang dicantumkan didalam PUIL 2011 yaitu sebagai berikut :

1. Pada peralatan listrik dan elektronika, nilai R harus ≤ 5 Ohm.
2. Pada sistem proteksi petir, nilai R harus ≤ 25 Ohm.
3. Pada pembangkit listrik tenaga besar, (≥ 10 kilovolt) nilai R harus ≤ 25 Ohm.
4. Pada pembangkit listrik tenaga kecil, (≤ 10 kilovolt) termasuk menara transmisi, nilai R harus ≤ 10 Ohm. [6]

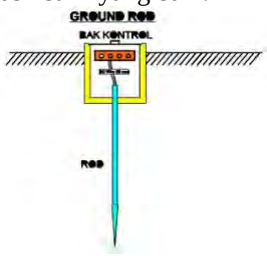
Tabel 1. Tahanan Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Resistansi Jenis Tanah (Ohm)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan tanah ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir dan kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

2.4 Bagian - bagian Sistem Pembumian

2.4.1 Elektroda Batang

Menurut PUIL tahun 2011, 542.2.7 MOD (3.18.2.2) [7] elektroda pentanahan adalah elektroda yang ditanam di dalam tanah dalam keadaan tertentu. Pada penelitian kali ini elektroda yang digunakan yaitu jenis elektroda batang. Elektroda Batang **merupakan elektroda berbentuk batang yang terbuat dari logam berlapis tembaga yang** digunakan untuk menghubungkan peralatan listrik atau sistem dengan tanah yang memiliki konduktivitas listrik yang baik.



Gambar 1 elektroda batang

$$R = \frac{\rho}{2 x \pi x L} \left(ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1\right) \text{.....(II 1)}$$

Dimana:
R = Tahanan pentanahan untuk elektroda pasak (ohm)
ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-m)
L = Panjang elektroda pasak (m)
a = Luas penampang elektroda pasak (m) [8]

2.4.2 Kabel BC

Kabel BC merupakan kabel yang paling sering dipakai untuk memtibangun sistem *grounding* maupun sistem penangkal petir. Kabel ini dalam instalasi *grounding* sebagai kabel penghubung antar kotak kontol.
Kabel BC terbuat dari beberapa kawat tembaga yang dianyam. Selain itu juga kabel BC mempunyai karakteristik ialah tidak mempunyai isolator(pembungkus). Untuk ukuran kabel BC memiliki beberapa ukuran mulai dari 4mm2 sampai dengan ukuran 300 mm2, akan tetapi yang sering digunakan untuk *grounding* yaitu ukuran 16mm2, 25 mm2. [9]

2.4.3 Bentonit

Bentonit merupakan jenis tanah liat yang terbentuk secara alami dari pelapukan abu vulkanik yang mengandung montmorillonite sekitar 85% dengan mineral-mineral seperti feldspart, dolomit, kalsit, kwarsa, dan mineral lainnya. Bentonit mempunyai pH lebih dari 7 yaitu sebesar 10,5 yang berarti sifat basa pada bentonit sangat tinggi, dimana basa akan menjaga kandungan fosfor pada tanah dan tidak akan menyebabkan korosi sehingga tanah tetap dalam keadaan subur. [10]

Salah satu sifat dari bentonit adalah bentonit dapat mengurangi kadar air hingga 5

kali lipat dari berat bentonit itu sendiri sehingga memungkinkan bentonit menopang air di dalam strukturnya. Bentonit juga dapat mengembang hingga 13 kali lipat dibandingkan dengan volume keringnya. Bentonit sering digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanah karena bentonit memiliki sifat :

1. Bentonit memiliki resistivitas jenis tanah yang sangat rendah dan stabil
2. Saat direndam dalam air, bentonit dapat mengembang berkali-kali untuk menahan air di dalam struktur.
3. Bentonit tidak mudah hancur karena bentonit merupakan bagian dari tanah liat itu sendiri.
4. Bentonit tidak menimbulkan korosi pada elektroda
5. Harga yang terjangkau.

Berdasarkan tipenya, bentonit terbagi menjadi 2 macam yaitu :

a. Ca-bentonit

   Ca-bentonit ini memiliki pH dibawah 7 yaitu sekitar 4,0-7,1 yang berarti memiliki sifat asam yang tinggi dan memiliki sifat yang kurang baik dalam daya pengembang serta memiliki daya tukar ion yang cukup besar.

b. Na-bentonit

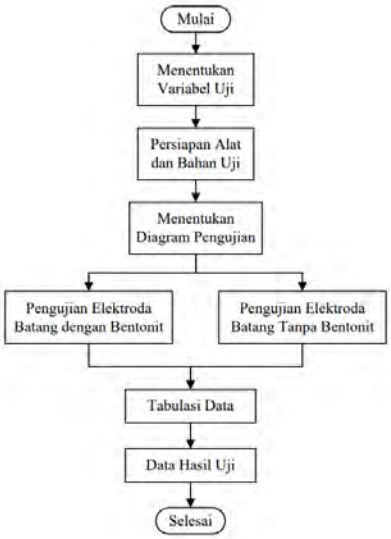
   Na-bentonit atau juga disebut sodium bentonit adalah jenis bentonit yang biasa dipakai untuk kebutuhan pentanahan karena mengandung jenis mineral montmorillonite dengan partikel air tunggal. Na-bentonit memiliki pH lebih dari 7 yaitu sekitar 8,5 – 9 yang berarti memiliki sifat basa yang tinggi. Sehingga dapat mempertahankan kandungan airnya.

2.4.4 Kotak Kontrol

Kotak kontrol biasa disebut sebagai tempat atau sistem penghubung antara kabel BC dengan elektroda pentanahan yang terpasang pada instalasi pembumian.

3. METODELOGI PELAKSANAAN

Berikut ini adalah diagram alir dalam proses pengujian nilai resistansi pentanahan elektroda batang dengan zat aditif bentonit dan tanpa bentonit.



Gambar 2 diagram alir pengujian

Gambar diatas merupakan diagram alir pengujian yang dimana langkah awal sebelum malaksankan penelitian yaitu dengan menentukan *eat* uji terlebih dahulu untuk memperdalam pemahaman tentang objek yang diteliti yang bersumber dari referensi jurnal dan prosiding. Kemudian mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan yang sudah dirancang didalam *Bill of Quantity.* Setelah itu menentukan diagram pengujian sebagai langkah – langkah saat melakukan pengujian elektroda pentanahan. Setelah objek penelitian yaitu elektroda pentanahan selesai dirancang maka dilakukan proses pengukuran elektroda batang yang diberi bentonit dan yang tidak diberi bentonit, lalu dilakukan tabulasi data supaya didapat data hasil uji dari hasil pengukuran.

4. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan analisa hasil pengukuran

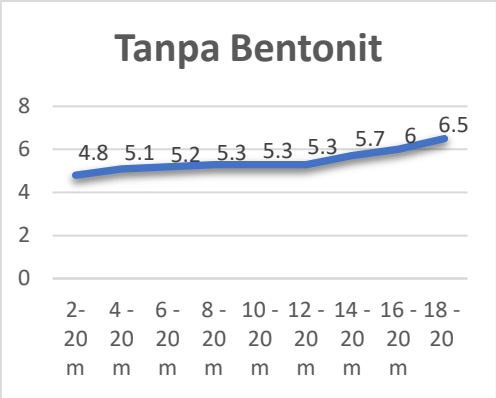
Pengukuran nilai resistansi pembumian dengan metode 3 titik yaitu metode pengukuran memakai 3 terminal *earth tester* yang digunakan dimana terminal E dihubungkan ke elektroda pembumian yang akan diukur, terminal C dan P dihubungkan ke elektroda bantu dengan jarak yang sudah ditentukan. Pengukuran ini menggunakan *earth tester* merek HIOKI 3151. Berikut merupakan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian yang dilakukan di Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung.

Tabel 2 elektoda batang tanpa bentonit

Elektroda Batang	Jarak E-P dan E-C (Meter)	Nilai Resistansi Pentanahan (Ω)
Tanpa Bentonit	2- 20	4,8

	4 - 20	5,1
	6 - 20	5,2
	8 - 20	5,3
	10 - 20	5,3
	12 - 20	5,3
	14 - 20	5,7
	16 - 20	6
	18 - 20	6,5

Data tersebut menunjukan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian pada elektroda tanpa diberi tambahan bentonit menggunakan *earth tester analog*. Dari hasil pengukuran data yang diambil yaitu data yang homogen atau yang sering muncul.



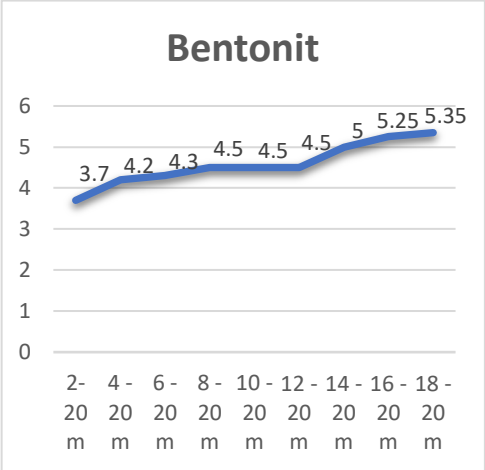
Gambar 3 Grafik tanpa bentonit

Data homogen dari hasil pengukuran diatas yaitu sebesar 5,3 Ω. Nilai tersebut belum menunjukan bahwa nilai resistansi ≤5 Ω sehingga data yang diperoleh belum sesuai dengan standar PUIL 2011. Oleh karena itu untuk membantu menurunkan nilai resistansi pembumian bisa dilakukan dengan cara *soil treatment* yaitu dengan cara menambahkan zat aditif berupa bentonit.

Tabel 3 elektoda batang dengan tambahan bentonit

Elektroda Batang	Jarak E-P dan E-C (Meter)	Nilai Resistansi Pentanahan (Ω)
Bentonit	2- 20	3,7
	4 - 20	4,2
	6 - 20	4,3
	8 - 20	4,5
	10 - 20	4,5
	12 - 20	4,5
	14 - 20	5
	16 - 20	5,25
	18 - 20	5,35

Data tersebut menunjukan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian pada elektroda yang diberi tambahan bentonit menggunakan *earth tester analog*. Dari hasil pengukuran data yang diambil yaitu data yang homogen atau yang sering muncul.



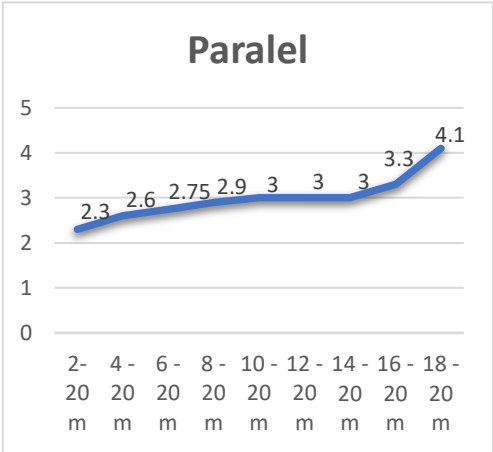
Gambar 4 Grafik bentonit

Data homogen dari hasil pengukuran diatas yaitu sebesar 4,5 Ω. Dari data yang didapat terlihat penurunan nilai resistansi elektroda dengan elektroda batang yang tanpa diberi bentonit. Dengan begitu bertonit terbukti dapat menurunkan nilai resistansi pembumian. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar PUIL 2011 yaitu nilai maksimum nilai tahanan resistansi pembumian ≤5 Ω.

Tabel 4 elektoda batang paralel

Elektroda Batang	Jarak E-P dan E-C (Meter)	Nilai Resistansi Pentanahan (Ω)
Paralel	2- 20	2,3
	4 - 20	2,6
	6 - 20	2,75
	8 - 20	2,9
	10 - 20	3
	12 - 20	3
	14 - 20	3
	16 - 20	3,3
	18 - 20	4,1

Data tersebut menunjukan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian pada elektroda yang diparalelkan menggunakan *earth tester analog*. Dari hasil pengukuran data yang diambil yaitu data yang homogen atau yang sering muncul.



Gambar 5 Grafik paralel

Data homogen dari hasil pengukuran diatas yaitu sebesar 3 Ω. Dari data yang didapat terlihat penurunan nilai resistansi elektroda batang yang diparalelkan. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar PUIL 2011 yaitu nilai maksimum nilai tahanan resistansi pembumian ≤5 Ω.

4.2 Data hasil perhitungan

Sebagai pembanding hasil pengukuran di atas. Adapun hasil perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut:
Perhitungan nilai tahanan pentanahan elektroda batang jenis tanah. Dikarenakan jenis tanah di Laboratorium Instalasi Listrik adalah jenis tanah ladang maka menggunakan resistansi jenis tanah dengan nilai 100 Ω.

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

$$R = \frac{100}{2\ x\ 3{,}14\ x\ 4}.\left(ln\left[\frac{4\ x\ 4}{0{,}01}\right] - 1\right)$$

$$R = \frac{100}{25{,}12}.(ln[1600] - 1)$$

$$R = 3{,}98.(ln[1600] - 1)$$

$$\mathbf{R = 28{,}363\ \Omega}$$

$$\frac{1}{Rp} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \cdots + \frac{1}{Rn} \text{.....(III 1)}$$

Dimana :
R1 = Resistansi pembumian tanpa dengan bentonit = 5,3 Ω.
R2 = Resistansi pembumian dengan bentonit = 4,5 Ω.

$$\frac{1}{\text{Rp}} = \frac{1}{5{,}3} + \frac{1}{4{,}5}$$

$$\frac{1}{\text{Rp}} = \frac{4{,}5 + 5{,}3}{23{,}85}$$

$$\frac{1}{\text{Rp}} = \frac{9{,}8}{23{,}85}$$

$$\text{Rp} = \frac{23{,}85}{9{,}8}$$

$$\mathbf{Rp = 2{,}43\ \Omega}$$

4.3 Analisa data hasil pengukuran dan perhitungan

Dari hasil pengukuran dan perhitungan nilai resistansi menunjukkan hasil yang berbeda dimana nilai resistansi hasil pengukuran menunjukkan nilai sebesar 4,5 Ω, sedangkan nilai resistansi hasil perhitungan menunjukkan nilai sebesar 28,363 Ω. dari data tersebut hasil pengukuran dan perhitungan nilai resistansi pembumian dapat dikatakan berbeda karena perhitungan nilai resistansi pembumian didasarkan pada asumsi kondisi tanah yang ideal, seperti kelembaban dan kekeringan tanah yang standar. Namun, dalam praktiknya, kondisi tanah di lokasi pengukuran dapat bervariasi, misalnya, kelembaban tanah yang tinggi atau kualitas tanah yang buruk. Variasi ini dapat menyebabkan perbedaan nilai resistansi yang diukur.

5. KESIMPULAN

1. Dari pengujian yang dilakukan, bentonit berfungsi sebagai media untuk mengisi ruang kosong antara elektroda batang dengan tanah supaya elektroda batang dengan tanah saling merekat, sehingga dapat diperoleh nilai resistansi yang baik dan rendah.
2. Setelah melaksanakan proses pengujian, hasil analisa menyimpulkan bahwa nilai hasil pengukuran dan perhitungan berbeda. Nilai resistansi pembumian hasil pengukuran yaitu 5,3 Ω untuk elektroda batang tanpa bentonit dan 4,5 Ω untuk elektroda batang yang diberi bentonit. Sedangkan nilai resistansi hasil perhitungan 28,636 Ω.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas fasilitas yang mendukung untuk melaksanakan Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa Program Sarjana

Terapan dan Diploma III Tahun Akademik 2022/2023

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. D. Setiawan and T. Rijanto, "PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT UNTUK MEREDUKSI NILAI RESISTANSI PENTANAHAN JENIS ELEKTRODA BATANG BERLAPIS TEMBAGA DAN PIPA BAJA GALVANIS," *Jurnal Teknik Elektro,* vol. 8, no. 2, pp. 437-444, Mei 2019.

[2] D. Corio, K. Kananda, Neri and K. S. S, "Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang dan Elektroda Mesh dengan Penambahan Bentonit dan Garam Murni (NaCl)," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro,* vol. 13, no. 3, pp. 75-80, September 2019.

[3] I. M. Nur, I. H. Kurniawan and Winarso, "Perbandingan Perbaikan Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi Dan Sistem Pentanahan Arang-Garam (Sigarang)," *JURNAL RISET REKAYASA ELEKTRO,* vol. 3, no. 1, p. 53~72, Juni 2021.

[4] E. Yuniarti, A. Majid and Faisal, "STUDI PERLAKUAN TERHADAP TANAH UNTUK MENENTUKAN NILAI RESISTANSI DAN TAHANAN JENIS TANAH," *Jurnal Surya Energi,* vol. 3, no. 2, pp. 269-275, Maret 2019.

[5] V. D. Andhika and A. I. Agung, "STUDI TENTANG EFEKTIVITAS BEBERAPA MACAM ZAT TERHADAP NILAI RESISTANSI SISTEM PENTANAHAN (GROUNDING)," *Jurnal Teknik Elektro,* vol. 09, no. 03, pp. 501-510, 2020.

[6] M. A. Hakim, A. Syakur and A. Nugroho, "ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BENTONIT DAN GARAM NaCl UNTUK MEREDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN VARIASI KEDALAMAN ELEKTRODA DAN VARIASI KONSENTRASI," *TRANSIENT,* vol. 7, no. 02, pp. 522-528, Juni 2018.

[7] B. S. Nasional, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011), SNI 02252011, 2011.

[8] T. Juniardi and M. I. A. Rudy Gianto, "Analisis Penggunaan Bentonit Gypsum Dan Garam Sebagai Zat Aditif Untuk Soil Treatment Pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS TANJUNGPURA,* vol. 2, no. 1, 2021.

[9] N. W. D. P. S. Dewi, I. G. N. Janardana and W. A. Wijaya, "PEMANFAATAN PENCAMPURAN GYPSUM DENGAN KALSIUM OKSIDA SEBAGAI ZAT ADITIF PADA SISTEM PEMBUMIAN," *Jurnal SPEKTRUM* , vol. 8, no. 3, pp. 37-43, September 2021.

[10] I. G. N. J. W. A. W. Ni Wayan Puspita Sukma Dewi, "PEMANFAATAN PENCAMPURAN GYPSUM DENGAN KALSIUM OKSIDA SEBAGAI ZAT ADITIF PADA SISTEM PEMBUMIAN," *Jurnal SPEKTRUM,* vol. 8, no. 3, pp. 37-43, 2021.