

**PENGARUH RESISTANSI PEMBUMIAN TERHADAP PRAKIRAAN JANGKA
PENDEK BIAYA INSTALASI SISTEM PEMBUMIAN PERALATAN PADA
GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN**

***INFLUENCE OF GROUNDING RESISTANCE AGAINST SHORT TERM
FORECASTING SYSTEM GROUNDING INSTALLATION COSTS OF
EQUIPMENT IN BUILDING ENGINEERING LABORATORY
UNIVERSITY BORNEO TARAKAN***

Achmad Budiman

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan,
Jalan Amal Lama No.1 Tarakan, Kalimantan Utara. 77123.
Email Address : achmad1177@gmail.com

ABSTRAK

Pembumian sistem yang kurang mampu untuk menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Risiko yang lebih banyak arus tidak akan optimal disalurkan kembali ke bumi. Semakin kecil nilai resistensi, semakin baik sistem pembumian. Dalam kondisi tertentu tanah, landasan ketahanan nilai juga dipengaruhi oleh kedalaman penanaman elektroda. Pengukuran hasil tanah satu batang perlawanan nilai dengan panjang 1.5 m, diameter 0.045 m, kedalaman 3 m di gedung Laboratorium rekayasa Universitas Borneo Tarakan diperoleh nilai R (bumi) = 12,76 Ω , sementara perhitungan R (bumi) = 12.85 Ω dengan rata-rata nilai tanah liat berlumpur resistivitas (ρ) = 38.58 Ω -m. Untuk pencapaian $\Omega \leq 5$ nilai perlawanan grounding yang diperlukan dalam persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2000) akan memerlukan minimal tiga tanah batang, biaya yang diperlukan untuk membangun sebuah sistem grounding dengan tanah tiga batang adalah Rp. 11.875.000. Jangka pendek biaya yang diperlukan untuk membangun sebuah sistem *grounding* dengan asumsi tingkat pertumbuhan tetap 3,5% pada tahun 2018 dari Rp 12,291,571.45 sampai 2022 adalah Rp 14,109,206.10.

Kata kunci: Batang tunggal elektroda, Biaya, Bumi perlawanan, Resistivitas

ABSTRACT

Earthing systems are less well able to cause damage to electrical equipment. The risks are more current can not be optimally channeled back to earth. The smaller the resistance value, The better the earthing system. In certain soil conditions, grounding resistance value is also influenced by the depth of planting electrodes. The measurement results one ground rod resistance value with a length of 1.5 m, a diameter of 0.045 m, a depth of 3 m in Building Engineering Laboratory of the Borneo Tarakan University obtained value R (earth) = 12.76 Ω , while the calculation of R (earth) = 12.85 Ω with the average value of muddy clay resistivity (ρ) = 38.58 Ω -m. For the attainment of the grounding resistance value $\leq 5 \Omega$ as required in the General Terms Electrical Installation (PUIL 2000) will require a minimum of three ground rod, The cost required to build a grounding system with three ground rod is Rp. 11.875.000. Short term the cost required to build a grounding system with assuming a fixed growth rate of 3.5% in 2018 of Rp 12,291,571.45 until 2022 is Rp 14,109,206.10.

Keywords : Single rod electrodes, Cost, Earthing resistance, Resistivity

PENDAHULUAN

Universitas Borneo Tarakan terletak sangat dekat dengan wilayah pesisir pantai amal dan mempunyai kondisi tanah berbeda dengan daerah perkotaan. Kondisi tanah tersebut mempengaruhi sistem pembumian peralatan kelistrikan. Sistem pembumian yang kurang baik dapat mengakibatkan arus bocor tidak dapat disalurkan secara maksimal kembali ke bumi sehingga menimbulkan resiko keamanan dalam hal penggunaan peralatan listrik. Semakin kecil nilai tahanan pembumian maka semakin baik sistem pembumiannya. Pada kondisi tanah tertentu, nilai tahanan pembumian juga dipengaruhi oleh kedalaman penanaman elektroda. Sehingga sistem pembumian yang baik sangatlah penting.

Pembumian menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) adalah penghubungan suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari sirkit listrik, dengan bumi menurut cara tertentu dan Nilai tahanan pembumian yang dipersyaratkan dalam PUIL 2000 adalah $\leq 5 \Omega$.

Pencapaian dalam penelitian ini adalah mengetahui kedalaman optimal elektroda pasak tunggal Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan dengan nilai tahanan pembumian $\leq 5 \Omega$ dan selisih antara pengukuran dan perhitungan tidak lebih dari 1%.

Sistem pembumian (*grounding system*) adalah suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk

melepaskan arus lebih atau arus gangguan ke dalam bumi salah satu melepas muatan arus petir. Tingkat kehandalan sebuah *grounding* ada dinilai konduktivitas logam terhadap tanah yang ditancapinya. Semakin konduktif tanah terhadap benda logam maka semakin baik. Kelayakan *grounding* harus bisa mendapatkan nilai tahanan sebaran maksimal 5 ohm (PUIL 2000 : 68) dengan menggunakan *earth grounding tester*. Namun begitu untuk daerah yang resistansi jenis tanahnya sangat tinggi resistansi pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 ohm (PUIL 2000 : 68).

Menurut (Hutauruk, T.S, 1991), untuk mengetahui nilai-nilai tahanan jenis tanah yang akurat harus dilakukan pengukuran secara langsung pada lokasi yang digunakan untuk sistem pembumian karena struktur tanah yang sesungguhnya tidak sederhana yang diperkirakan, untuk setiap lokasi berbeda mempunyai tahanan jenis yang berbeda.

Elektroda pembumian adalah penghantar yang ditanam dalam tanah dan membuat kontak langsung dengan tanah. Penghantar pembumian yang tidak berisolasi ditanam dalam tanah dianggap sebagai elektroda pembumian. Ukuran minimum elektroda pembumian dapat dilihat pada Tabel 1 (PUIL, 2000: 82).

Tabel 1. Ukuran Minimum Elektroda Pembumian

Bahan jenis elektrode	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
Elektrode batang	Pipa baja 25 mm Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 μm	

Sumber: PUIL 2000

Untuk melakukan perhitungan tahanan pembumian elektroda pasak tunggal menggunakan persamaan dalam IEEE Std 142-2007 yang dikembangkan oleh Profesor H. B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts:

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

Dengan:

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-cm)
 L = Panjang elektroda pasak (cm)
 a = Jari-jari elektroda pasak (cm)
 R = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak (ohm)

Tujuan utama pembumian adalah menciptakan jalur yang *low impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. Penerangan, arus listrik, *circuit switching* dan *electrostatic discharge* adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik atau *transient voltage*.

Pembiayaan merupakan bagian yang penting dalam sistem

kelistrikan sub bagian pembumian peralatan dan perlu prakiraan pembiayaan tahun berikutnya berdasarkan kurs rupiah tahun berjalan. Prakiraan pembiayaan tersebut dapat menggunakan persamaan trend eksponensial.

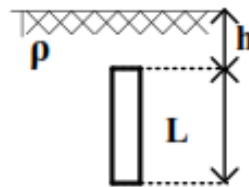
$$L_n = L_o + (1 + \alpha)^n$$

Dengan:

L_n = Pembiayaan tahun ke-n (Rupiah)
 L_o = Pembiayaan tahun awal (Rupiah)
 α = Pertumbuhan pembiayaan
 n = Tahun pembiayaan

METODOLOGI PENELITIAN

Obyek penelitian ini adalah Tanah di Halaman Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan Propinsi Kalimantan Utara dengan fokus pada Sistem Pembumian Peralatan Elektroda Pasak Tunggal dengan desain dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain pemasangan elektroda pasak

Alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada obyek penelitian adalah:

- 1) Digital *Earth Tester* model 4105A;
- 2) Satu buah Pasak Elektroda dengan panjang 1,5 m berdiameter 0,045 m;
- 3) Palu / Martil, Tang Jepit, Meteran, Bor Tangan (*Hand Boring*);
- 4) Satu set pengujian kadar air (w);
- 5) Satu unit komputer.

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut :

- 1) Studi pustaka dengan mengadakan studi literatur baik dari buku-buku maupun penelitian sebelumnya.

- 2) Observasi keadaan di lapangan untuk koleksi data.
- 3) Melakukan pengujian kadar air dari sampel tanah di laboratorium.
- 4) Melakukan pengukuran tahanan pembumian di lapangan.
- 5) Analisa data dan melakukan perbandingan hasil antara pengukuran data perhitungan.
- 6) Analisa pembiayaan instalasi berdasarkan nilai tahanan pembumian dan Prakiraan pembiayaan 5 tahun kedepan.
- 7) Kesimpulan dan Saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kadar air (w) tanah liat berlumpur dari lokasi penelitian yang dilakukan di Laboratorium

Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan adalah 274,18% pada Tabel 2 dan Tabel 3 memiliki hasil 300,84%, sedangkan pada Tabel 4

memiliki hasil 350,22%, menunjukkan bahwa kadar air (w) semakin tinggi pada kedalaman tanah tertentu.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Air (w) Tanah Liat berlumpur untuk kedalaman 1 m.

Nomor Sampel	I	II	III
Berat Cawan + Tanah Basah (W_1) gram	154,5	156,3	153,7
Berat Cawan + Tanah Kering (W_2) gram	118,5	118,7	110,5
Berat Air ($W_1 - W_2$) gram	36	37,6	43,2
Berat Cawan (W_3) gram	10,1	10,2	9,9
Berat Tanah Kering ($W_2 - W_3$) gram	108,4	108,5	100,6
Kadar Air (W) = $(W_1 - W_2) / (W_2 - W_3) \times 100\%$	301,11%	288,56%	232,87%
Rata-rata	274,18%		

Sumber: Hasil uji laboratorium FT-UBT, 2016

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Air (w) Tanah Liat berlumpur untuk kedalaman 2 m.

Nomor Sampel	I	II	III
Berat Cawan + Tanah Basah (W_1) gram	175,8	157,2	146,9
Berat Cawan + Tanah Kering (W_2) gram	131,5	125,8	109,9
Berat Air ($W_1 - W_2$) gram	44,3	31,4	37
Berat Cawan (W_3) gram	10,9	11,3	11,7
Berat Tanah Kering ($W_2 - W_3$) gram	120,6	114,5	98,2
Kadar Air (W) = $(W_1 - W_2) / (W_2 - W_3) \times 100\%$	272,23%	364,65%	265,65%
Rata-rata	300,84%		

Sumber: Hasil uji laboratorium FT-UBT, 2016

Tabel 4. Hasil Uji Kadar Air (w) Tanah Liat berlumpur untuk kedalaman 3 m.

Nomor Sampel	I	II	III
Berat Cawan + Tanah Basah (W_1) gram	153,3	156,2	138,7
Berat Cawan + Tanah Kering (W_2) gram	118,1	119,2	115,8
Berat Air ($W_1 - W_2$) gram	35,2	37	22,9
Berat Cawan (W_3) gram	11,4	10,8	11,7
Berat Tanah Kering ($W_2 - W_3$) gram	106,7	108,4	104,1
Kadar Air (W) = $(W_1 - W_2) / (W_2 - W_3) \times 100\%$	303,12%	292,97%	454,58%
Rata-rata	350,22%		

Sumber: Hasil uji laboratorium FT-UBT, 2016

Kadar air pada tanah dapat mempengaruhi nilai $R_{(pembumian)}$, menunjukkan bahwa penempatan

elektroda pembumian pada kedalaman tanah yang memiliki kadar air (w) tinggi maka

memperkecil nilai tahanan pbumian dan air merupakan konduktor yang baik dalam mengalirkan arus listrik.

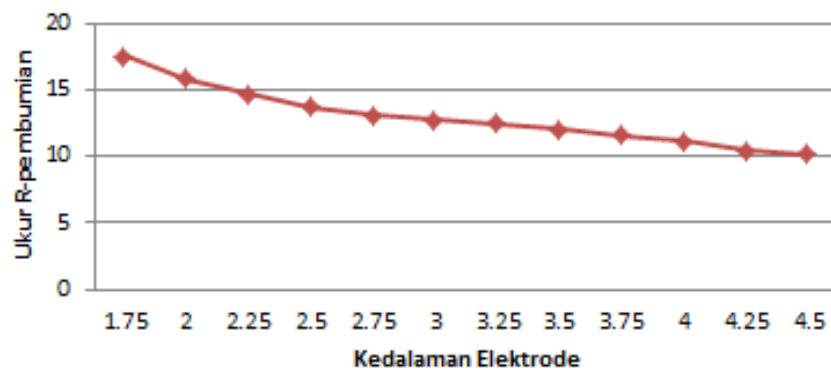
Pengukuran tahanan tanah liat berlumpur pada lokasi Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan dilakukan dengan cara membenamkan elektroda pasak

yang memiliki panjang elektroda pasak 1,5 m berdiameter 0,045 m dalam beberapa variasi kedalaman dan membaca hasil pengukuran tersebut pada alat ukur Digital *Earth Tester* model 4105A seperti yang disajikan dalam Tabel 5 dan Gambar 2.

Tabel 5. Hasil pengukuran $R_{(pembumian)}$ untuk Elektroda Pasak Tunggal 1,5 m.

Kedalaman Elektroda (m)	Nilai Pengukuran $R_{(pembumian)}$ (Ω)			
	I	II	III	Rata-rata
1,75	17,2	17,5	17,9	17,53
2	15,5	16,1	16	15,86
2,25	14,7	14,6	14,9	14,73
2,5	13,3	13,9	14	13,73
2,75	12,9	13,1	13,3	13,1
3	12,6	12,8	12,9	12,76
3,25	12,3	12,4	12,6	12,43
3,5	12	12	12,1	12
3,75	11,8	11,5	11,4	11,56
4	11,3	11,1	11	11,13
4,25	10,3	10,4	10,6	10,43
4,5	10	10,1	10,3	10,13

Nilai Ukur R-pembumian vs Kedalaman Elektrode



Gambar 2. Grafik Nilai Ukur Tahanan Pbumian vs Kedalamaman Elektrode

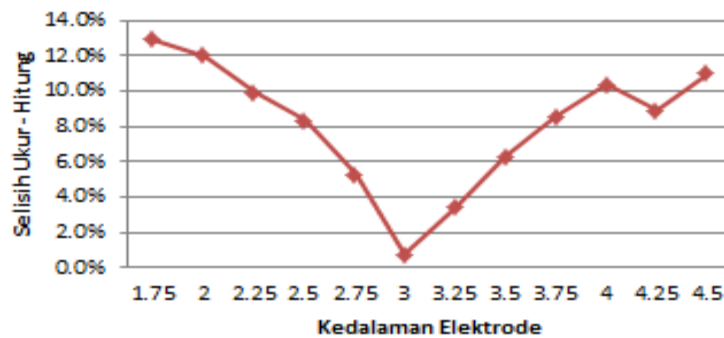
Data hasil pengukuran diuji dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan tahanan pbumian elektroda pasak tunggal yang dikembangkan oleh Profesor H. B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts.

Hasil perhitungan nilai rata-rata tahanan jenis tanah liat berlumpur (ρ) dengan variasi kedalaman di

lokasi Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan diperoleh sebesar $38,58 \Omega\text{-m}$ dan hasil perhitungan Nilai $R_{(pembumian)}$ disajikan dalam bentuk berikut :

Untuk perbandingan nilai ukur dan hasil perhitungan $R_{(pembumian)}$ untuk elektroda pasak 1,5 m dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 3.

Selisih Ukur-Hitung vs Kedalaman Elektrode



Gambar 3. Grafik Prosentase Selisih Nilai Ukur dan Hitung Tahanan Pembumian

Dari Tabel 6, diketahui selisih terkecil antara pengukuran dan perhitungan

$R_{(pembumian)}$ elektroda pasak 1,5 m adalah 0,7 % pada kedalaman 3 m.

Tabel 6. Hasil perbandingan $R_{(pembumian)}$ untuk Elektroda Pasak Tunggal 1,5 m.

Kedalaman Elektroda (m)	Hasil Nilai		Selisih (%)
	Pengukuran $R_{(pembumian)}$ (Ω)	Perhitungan $R_{(pembumian)}$ (Ω)	
1,75	17,53	20,14	13,0%
2	15,86	18,03	12,1%
2,25	14,73	16,35	9,9%
2,5	13,73	14,98	8,3%
2,75	13,1	13,83	5,3%
3	12,76	12,85	0,7%
3,25	12,43	12,02	3,4%
3,5	12	11,29	6,3%
3,75	11,56	10,65	8,5%
4	11,13	10,08	10,4%
4,25	10,43	9,58	8,9%
4,5	10,13	9,12	11,0%

Untuk mencapai $R_{(pembumian)} \leq 5 \Omega$ yang sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) maka dipasang minimal 3 buah elektrode pasak 1,5 m yang jarak minimumnya sebesar dua kali panjang elektrode.

PEMBIAYAAN INSTALASI SISTEM PEMBUMIAN

Untuk memasang instalasi sistem pembumian diperlukan material dengan spesifikasi pada Tabel 7 sesuai dengan $R_{(pembumian)} \leq 5 \Omega$:

Tabel 7. Material dan biaya instalasi sistem pembumian

Material	Satuan	Harga (Rupiah)	Volume	Jumlah Harga (Rupiah)
Kabel BC 16 mm ²	meter	20.000	50	1.000.000
Batang Tembaga 5/8"	batang	800.000	3	2.400.000
Pipa Galvanis Medium 1/2"	meter	150.000	9	1.350.000
Busbar Connector	buah	100.000	3	300.000
Copper Butter Connector	buah	90.000	3	270.000

Ground Rod Drilling Head	buah	100.000	3	300.000
Ground Rod Drive Head	buah	85.000	3	255.000
Ground Rod Coupler	buah	90.000	3	270.000
Scun	buah	80.000	6	480.000
Bentonite	Kg	2.000	25	50.000
Grounding Box 50x50cm	unit	200.000	1	200.000
Instalasi	Ls	5.000.000	1	5.000.000
Total				11.875.000

Total biaya yang dibutuhkan untuk mencapai $R_{(pembumian)} \leq 5 \Omega$ yang sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000) dengan memasang 3 buah elektrode pasak 1,5 m yang jarak minimumnya sebesar dua kali panjang elektrode adalah sebesar Rp. 11.875.000. Jika hanya 1 elektrode yang ditanam diperkirakan kebutuhan biaya lebih murah sebesar 40% dari biaya instalasi 3 elektrode tetapi nilai tahanan pembumian tidak memenuhi syarat dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000).

Berdasarkan analisa tersebut maka semakin banyak elektrode pembumian yang ditanam maka semakin besar membutuhkan biaya material dan instalasinya.

Dengan tahun dasar 2017 pada Tabel 8 maka dapat diperkirakan nilai pembiayaan instalasi pembumian dengan asumsi nilai pertumbuhan tetap sebesar 3,5% berturut-turut tahun 2018 sebesar Rp 12.291.571,45 sampai dengan tahun 2022 adalah Rp 14.109.206,10.

Tabel 8. Material dan biaya instalasi sistem pembumian

Tahun	Kurs Rupiah Rata-Rata	Biaya Instalasi Sistem Pembumian (Rupiah)
2013	11.674,9	-
2014	11.866,0	10.422.714,71
2015	13.391,5	10.593.316,01
2016	13.301,7	11.955.192,90
2017	13.329,6	11.875.000,00
2018	13.797,2	12.291.571,45
2019	14.281,2	12.722.756,11
2020	14.782,2	13.169.066,59
2021	15.300,8	13.631.033,52
2022	15.837,5	14.109.206,10

KESIMPULAN

- 1) Kadar air tinggi pada tanah dapat memperkecil nilai tahanan pembumian dan air merupakan konduktor yang baik dalam mengalirkan arus listrik.
- 2) Hasil pengukuran nilai tahanan pembumian elektroda pasak tunggal dengan panjang 1,5 m, diameter 0,045 m, kedalaman 3 m pada Gedung Laboratorium

- Teknik Universitas Borneo Tarakan diperoleh nilai $R_{(pembumian)} = 12,76 \Omega$ sedangkan hasil perhitungan diperoleh nilai $R_{(pembumian)} = 12,85 \Omega$ dengan nilai rata-rata tahanan jenis tanah liat berlumpur (ρ) = 38,58 Ω -m.
- 3) Untuk pencapaian nilai tahanan pembumian $\leq 5 \Omega$ maka

- diperlukan minimal 3 buah elektrode pasak tunggal.
- 4) Biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem pembumian peralatan dengan 3 buah elektrode pasak tunggal adalah Rp. 11.875.000.
 - 5) Prakiraan jangka pendek biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem pembumian peralatan dengan 3 buah elektrode pasak tunggal dengan asumsi nilai pertumbuhan tetap sebesar 3,5% berturut-turut tahun 2018 sebesar Rp 12.291.571,45 sampai dengan tahun 2022 adalah Rp 14.109.206,10.

DAFTAR PUSTAKA

- Asep Dadan Hermawan. 2010. Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis *Early Streamer* (Studi Kasus UPT LAGG BPPT). Universitas Indonesia, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Yayasan PUIL
- Hutauruk, T.S. 1991. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Erlangga, Jakarta
- IEEE Std 142-2007. *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*
- John D. McDonald, 2012, *Electric Power Substations Engineering Third Edition, Taylor & Francis Group, LLC*
- Linda Pasaribu. 2011. Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Tahanan Pembumian Tanah (Tesis). Universitas Indonesia, Jakarta
- Muhammad Taqiyyuddin Alawiy. 2013. Pengaruh Kedalaman Penanaman dan Jarak Elektrode Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembumian, Universitas Islam, Malang
- Managam Rajagukguk, 2012, Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah, Universitas Tanjungpura, Pontianak
- [Http://www.materialgrounding.com](http://www.materialgrounding.com)
- [Https://id.investing.com](https://id.investing.com)
- [Https://id.wikipedia.org](https://id.wikipedia.org)