

STUDI PENGARUH KONDISI TANAH WILAYAH PESISIR PANTAI AMAL TERHADAP TAHANAN PEMBUMIAN ELEKTRODE PASAK 1,5 METER GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Achmad Budiman

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

ABSTRACT

Poor earthing systems can cause damage to electrical equipment. The risks are leakage current can not be optimally channeled 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 $R(\text{earth}) = 12.76 \Omega$, while the calculation of $R(\text{earth}) = 12.85 \Omega$ with the average value of muddy clay resistivity (ρ) = 38.58 $\Omega\text{-m}$. 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.

Keywords : single rod electrodes, resistivity, earthing resistance.

PENDAHULUAN

Pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut, ke arah darat meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin; sedangkan ke arah laut meliputi bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran (Soegiarto, 1976; Dahuri *et al*, 2001).

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 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 $\leq 5 \Omega$.

Tabel 1. Ukuran Minimum Elektroda Pembumian

Bahan jenis elektrode	Baja digalvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
Elektrode pita	Pita baja 100 mm ² setebal minimum 3 mm Penghantar pilin 95 mm ² (bukan kawat halus)	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2 mm Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus)
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 μ m	
Elektrode plat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²

Sumber: PUIL 2000

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 bocor atau arus lebih akibat petir atau arus gangguan hubung singkat ke bumi. 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 tester*. Namun begitu untuk daerah yang tahanan jenis tanahnya sangat tinggi tahanan 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 2.1 (PUIL, 2000: 82).

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*.

METODOLOGI

Obyek penelitian ini adalah Tanah di Halaman Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan Provinsi Kalimantan Utara dengan fokus pada Sistem Pembumian Elektroda Pasak Tunggal. 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.

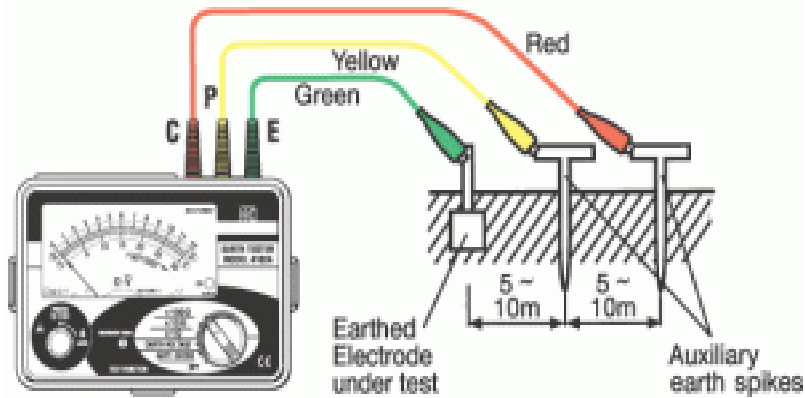
Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut :

- 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) Kesimpulan dan Saran.

Cara menggunakan alat ukur tahanan pembumian dengan *Earth Tester*:

1. Periksa kondisi kabel *grounding* BC yang akan diukur. Bila kotor bersihkan dahulu permukaan kabel tersebut dengan lap bersih/ kertas amplas, agar jepitan kabel probe dapat menyentuh langsung bagian permukaan tembaga yang sudah bersih dan untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan pada alat ukur.
2. Periksa kondisi dan perlengkapan penunjang alat ukur Digital *Earth Tester*.
3. Digital *Earth Tester* mempunyai tiga kabel diantaranya adalah kebel merah, kuning dan hijau.
4. Silahkan hubungkan kabel ke Digital *Earth Tester* dengan warna yang sudah di tentukan pada alat ukur.
5. Hubungkan kabel merah serta kuning ke tanah dengan masing-masing jarak kurang lebih 5-10 meter dari pembumian atau *grounding*.

6. Hubungkan juga kabel hijau ke elektrode pembumian yang sudah terpasang.
7. Lakukan pengukuran tahanan pembumian dengan memutar knob alat ukur pada posisi 200 ohm atau 2000 ohm tergantung dari kondisi tanah pada area setempat yang akan diukur.
8. Kemudian tekan tombol tester untuk mengetahui tahanan pembumian biasanya berwarna kuning/ merah dan pada display alat ukur akan muncul nilai tahanan pembumian.
9. Selesai, nilai tahanan pembumian sudah diketahui.



Gambar 1. Alat Ukur *Grounding Earth Tester*

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kadar air (*w*) 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.

Berikut ini tabel hasil uji kadar air tanah liat berlumpur di lokasi penelitian.

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

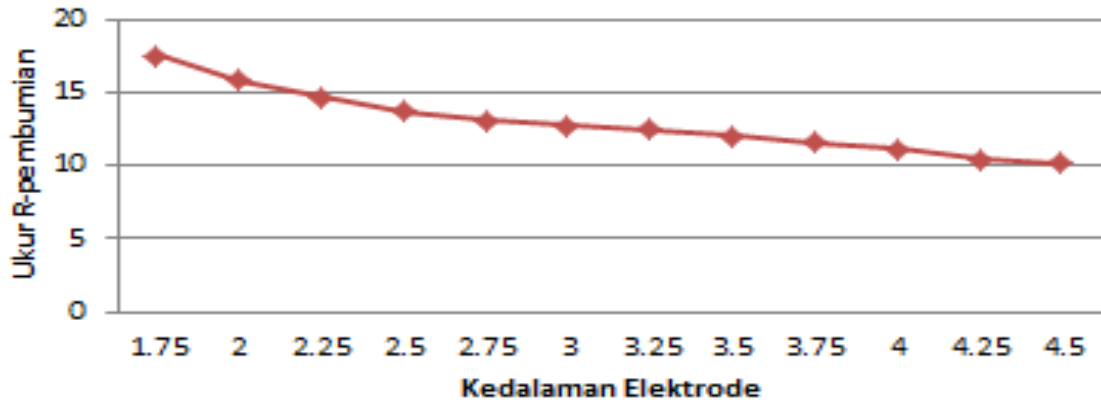
elektroda pembumian pada kedalaman tanah yang memiliki kadar air (*w*) tinggi maka memperkecil nilai tahanan pembumian dan air merupakan konduktor yang baik dalam mengalirkan arus listrik.

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 berikut ini :

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

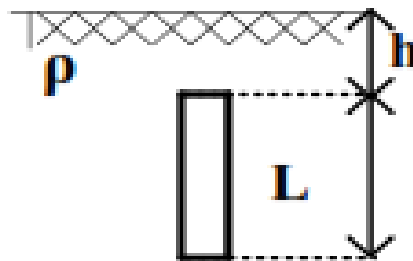


Gambar 1. Grafik Nilai Ukur Tahanan Pembumian vs Kedalamaman Elektrode

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

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

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 Ω -m dan hasil perhitungan Nilai $R_{(pembumian)}$ disajikan dalam bentuk berikut :



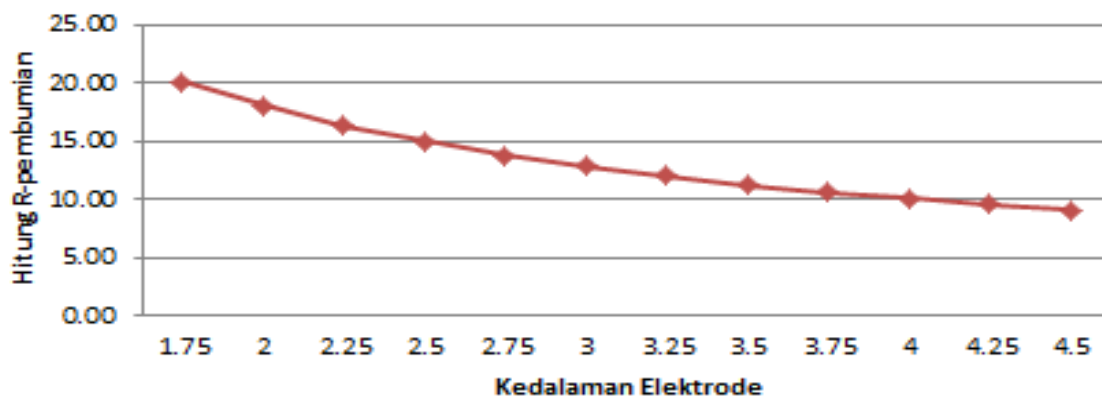
Gambar 2. Desain pemasangan elektroda pasak

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

Kedalaman Elektroda (m)	Hasil Nilai Perhitungan $R_{(pembumian)}$ (Ω)
1,75	20,14
2	18,03
2,25	16,35
2,5	14,98
2,75	13,83

3	12,85
3,25	12,02
3,5	11,29
3,75	10,65
4	10,08
4,25	9,58
4,5	9,12

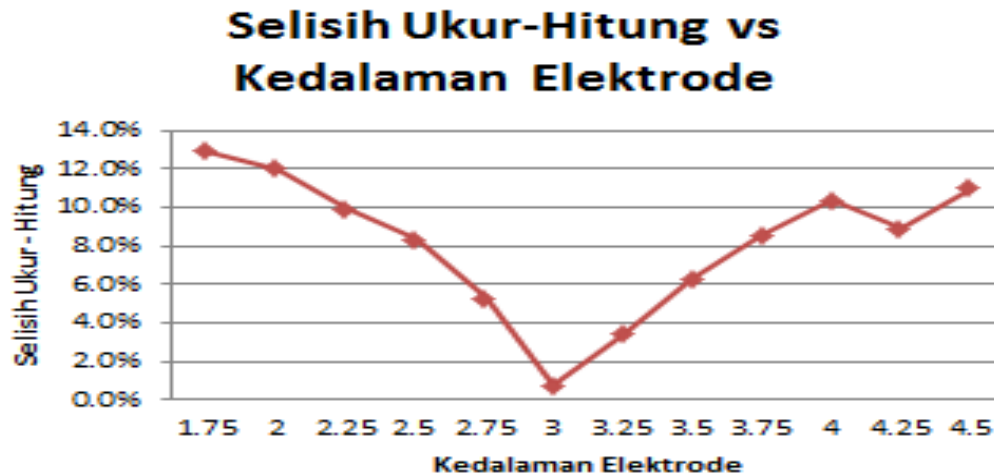
Nilai Hitung R-pembumian vs Kedalaman Elektrode



Gambar 3. Grafik Nilai Hitung Tahanan Pembumian

Tabel 7. 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%



Gambar 4. Grafik Prosentase Selisih Nilai Ukur dan Hitung Tahanan Pembumian

Untuk perbandingan nilai ukur dan hasil perhitungan $R_{(pembumian)}$ untuk elektroda pasak 1,5 m dapat dilihat pada tabel 7. Dari tabel 7, diketahui selisih terkecil antara pengukuran dan perhitungan $R_{(pembumian)}$ elektroda pasak 1,5 m adalah 0,7 % pada kedalaman 3 m.

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.

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.

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 Pembedaan Tanah (Tesis). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Muhammad Taqiyyuddin Alawiy. 2013. Pengaruh Kedalaman Penanaman dan Jarak Elektrode Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan, Universitas Islam, Malang.
- Managam Rajagukguk, 2012, Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembedaan Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah, Universitas Tanjungpura, Pontianak.