



Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square

Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT.PLN(Persero) ULP Panam)

TUGAS AKHIR

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Kelulusan Tingkat Sarjana Strata 1
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

RAJA ADHITIA MOLLI
12250514683

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

2026



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PESETUJUAN

**PENGARUH PENCAMPURAN ZAT ADITIF UNTUK
MENURUNKAN RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN
KONFIGURASI *SQUARE***

(Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT.PLN (Persero) ULP Panam)

TUGAS AKHIR

Oleh :

RAJA ADHITIA MOLLI
12250514683

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 05 Maret 2026

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Hj. Liliana, S.T., M.Eng
NIP: 19781012 200312 2 004

Pembimbing

Dr. Hj. Liliana, S.T., M.Eng
NIP: 19781012 200312 2 004



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENCAMPURAN ZAT ADITIF UNTUK
MENURUNKAN RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN
KONFIGURASI *SQUARE***

(Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT.PLN (Persero) ULP Panam)

TUGAS AKHIR

Oleh :

RAJA ADHITIA MOLLI
12250514683

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 05 Maret 2026

Pekanbaru, 05 Maret 2026

Mengesahkan,



Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc
NIP: 19770103 200710 2 001

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Hj. Liliana, S.T., M.Eng
NIP: 19781012 200312 2 004

Dewan Penguji

Ketua : Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T

Sekretaris : Dr. Hj. Liliana, S.T., M.Eng

Anggota I : Dr. Ir. Hj. Zulfatri Aini, S.T., M.T., IPP

Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc



PENGARUH ENCAMPURAN ZAT ADITIF UNTUK MENURUNKAN

RESISTANSI PENTANAHAN DENGAN KONFIGURASI SQUARE

(Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT.PLN(Persero) ULP Panam)

RAJA ADHITIA MOLLI

12250514683

Tanggal Sidang : 05 Maret 2026

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Dalam sistem kelistrikan, proteksi merupakan hal yang penting untuk menjaga keandalan dan keselamatan transformator distribusi. Transformator PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam memiliki nilai resistansi pentanahan sebesar 779Ω dan nilai resistivitas sebesar $926,52 \Omega m$ dengan kategori jenis tanah kering. Nilai tersebut melebihi standar PUIL 2000 nilai resistansi sebesar $\leq 5 \Omega$ atau mendekati 0 yang mana jika tidak ada tindak lanjut akan mengakibatkan kerusakan pada sistem dan peralatan serta membahayakan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan batang elektroda yang dikonfigurasi secara *square* dan penambahan zat aditif berupa arang dan garam ke tanah terhadap resistansi pentanahan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode tiga titik dan perlakuan pada tanah (*soil treatment*). Resistansi batang elektroda *square* menghasilkan nilai sebesar $198,6 \Omega$ pada kondisi basah dan $321,8 \Omega$ pada kondisi kering, nilai ini menunjukkan penurunan sebesar 74,5% dan 58,6% dari nilai resistansi awal. Setelah melakukan *soil treatment* nilai resistansi menurun secara signifikan sebesar 60Ω pada kondisi basah dan $112,6 \Omega$ pada kondisi kering dengan penurunan persentase sebesar 92,2% dan 85,5% dari nilai resistansi awal.

Kata kunci : Sistem Pentanahan, Resistansi, Konfigurasi *Square*, *Soil Treatment*, PUIL 2000.



The Effect of Additive Mixing on Reducing Grounding Resistance Using a Square Configuration

Case Study: Distribution Transformer PN-732 at PT.PLN (Persero) ULP Panam)

RAJA ADHITIA MOLLI
12250514683

Hearing Date:05 March 2026

Program of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas KM 15 No. 155, Pekanbaru

ABSTRACT

In electrical systems, protection is essential to ensure the reliability and safety of distribution transformers. The PN-732 distribution transformer at PT PLN (Persero) ULP Panam has a grounding resistance value of 779 Ω and a soil resistivity value of 926.52 Ωm , categorized as dry soil. These values exceed the PUIL 2000 standard, which requires a grounding resistance value of $\leq 5 \Omega$ or close to 0 Ω . Without corrective action, such conditions may cause damage to the system and equipment and pose risks to human safety. This study aims to determine the effect of adding electrode rods configured in a square arrangement and applying soil treatment using additives in the form of charcoal and salt to reduce grounding resistance. The method used in this research was the three-point measurement method combined with soil treatment. The square electrode configuration resulted in grounding resistance values of 198.6 Ω under wet conditions and 321.8 Ω under dry conditions, indicating reductions of 74.5% and 58.6% from the initial resistance value. After applying soil treatment, the grounding resistance decreased significantly to 60 Ω under wet conditions and 112.6 Ω under dry conditions, corresponding to reductions of 92.2% and 85.5% from the initial resistance value.

Keywords: Grounding System, Resistance, Square Configuration, Soil Treatment, PUIL 2000.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Pengadaan atau penerbitan sebagai atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dindingi Undang-Undang

1. Dilarang penyalinan atau seluruhnya tanpa tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Raja Adhitia Molli
 NIM : 12250514683
 Tempat/Tgl. Lahir : Air Molek, 13 Desember 2002
 Fakultas : Sains dan Teknologi
 Prodi : Teknik Elektro
 Judul Skripsi : Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi *Square* (Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN Persero ULP Panam).

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulisan skripsi dengan judul sebagaimana tersebut diatas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya ilmiah saya sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Skripsi saya ini, saya nyatakan bebas plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Skripsi saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 13 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Raja Adhitia Molli
 12250514683



LEMBAR PERSEMBAHAN



Alhamdulillah Puji Syukur Saya ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala, yang telah selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Atas karunia serta kemudahan yang telah diberikan hingga akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat beriringan salam selalu tcurahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam dan semoga kita semua mendapatkan syafa'atnya di ahri akhir. Aamiin. Karya ilmiah nan sederhana ini, saya persembahkan kepada orang yang tersayang dan terkasih.

Ayahanda Tercinta, Raja Mulyadi Terima kasih, Ayah, atas setiap tetes keringat yang mengalir demi masa depan saya. Terima kasih telah menjadi sosok yang tangguh, yang mengajarkan saya arti kerja keras dan pantang menyerah. Skripsi ini adalah bukti dari segala pengorbanan dan dukungan luar biasa yang Ayah berikan tanpa pernah mengeluh sedikit pun.

Ibunda Tersayang, Gusnelita Terima kasih, Ibu, atas doa-doa tulus yang selalu Ibu langitkan di setiap sujudmu. Kasih sayang, kesabaran, dan pelukan hangat Ibu adalah kekuatan terbesar saya saat menghadapi masa-masa sulit dalam penyusunan tugas akhir ini. Gelar ini adalah kado kecil untuk membalas kasih sayangmu yang seluas samudera. Terima kasih karena selalu percaya pada mimpi-mimpi saya, bahkan saat saya sendiri merasa ragu. Keberhasilan ini bukanlah akhir, melainkan langkah awal saya untuk membahagiakan kalian berdua. Semoga Allah SWT selalu menjaga dan menyayangi kalian sebagaimana kalian menyayangi saya sejak kecil.

Gelar ini untuk kalian, Ayah dan Ibu.

“Maka sesungguhnya berserta kesulitan ada kemudahan:

(QS. Al-Insyirah [94] : 5)

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya”

(Ali bin Abi Thalib)

RAJA ADHITIA MOLLI

05 MARET 2026



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia serta hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan waktu. Atas karunia Allah SWT, Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Pencampuran Zat Aaktif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam)”** dapat diselesaikan penulis tepat waktu.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bimbingan, arahan, bantuan, serta motivasi dari berbagai pihak yang memiliki pengetahuan, pengalaman, dan kepedulian yang besar. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Allah SWT, dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nya, telah memberikan segala yang terbaik dan petunjuk sehingga penyusunan laporan ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kepada yang teristimewa orang tua penulis yang sangat dicintai yaitu Bapak Raja Mulyadi dan Ibu Gusnelita yang selalu memberikan do”a, nasihat dan dukungan kepada penulis serta menjadi tempat bersandar dan selalu mendengarkan keluh-kesah selama penyusunan laporan ini..
3. Kepada abang dan kakak tercinta Raja Andrian Maulana, S.T Mysha Amanda Vinia, S.T Raja Atika Andriani S.E dan Sandi Dena Aprianto, S.Kom penulis mengucapkan terima kasih karena selalu memberikan dukungan dari segala sisi.
4. Ibu Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, MS., SE., M.Si., AK., CK selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya..
5. Ibu Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Staf dan jajarannya.
6. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan selaku Dosem Pembimbing Tugas Akhir saya yang sudah membimbing saya dari awal penulisan laporan dengan penuh kesabaran meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga, sehingga penulis memperoleh pemahaman yang



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lebih baik dan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik hingga sidang tugas akhir berlangsung.

7. Bapak Dr. Harris Simaremare, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Aulia Ullah, S.T., M.T. selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau.
9. Ibu Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T selaku Ketua Sidang.
10. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T selaku Dosen Penguji 1.
11. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc selaku Dosen Penguji 2.
12. Dengan ketulusan hati dan rasa syukur, insan yang tak kalah penting dan diperjuangkan, putri pertama dari Bapak Umar Chamdan Al-Faruq, S.E dan Ibu Masitoh Kristiya Herawati S.E yang memberikan arti dalam setiap detik menjadi terasa begitu berharga.
13. Kepada Raisa dan Afgan, terimakasih telah menciptakan “*Percayalah*”. Karya kalian menjadi penguat penulis untuk sungguh selalu percaya memberikan yang terbaik dan berjuang.
14. Diri saya sendiri, terimakasih karena sudah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah hingga titik ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kata sempurna, mengingat keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Segala kekurangan dalam penulisan sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis, sedangkan kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT.

Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, 05 Maret 2026
Penulis

RAJA ADHITIA MOLLI
12250514683



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACK.....	v
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	vi
SURAT PERNYATAAN.....	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-4
1.3 Tujuan Penelitian	I-5
1.4 Batasan Masalah	I-5
1.5 Manfaat Penelitian	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Landasan Teori	II-2
2.2.1 Pengertian Dasar Transformator..	II-2
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator	II-3
2.2.3 Jenis-Jenis Transformator	II-3
2.2.4 Sistem Pentanahan Pada Transformator	II-4
2.2.5 Elektroda Pentanahan	II-5
2.2.6 Elektroda Batang	II-6
2.2.7 Konfigurasi Elektroda Batang.....	II-7
2.2.8 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah	II-9
2.2.9 Metode <i>Soil Treatment</i>	II-10
2.2.10 Volume dan Massa Benda	II-12



2.2.11 Metode Pengukuran Pentanahan	II-13
---	-------

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Lokasi Penelitian.....	III-1
3.3 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.4 Studi Literatur.....	III-3
3.5 Identifikasi Masalah.....	III-3
3.6 Pengumpulan Data.....	III-4
3.7 Pengukuran Resistansi Tanah.....	III-5
3.8 Perhitungan Nilai Resistansi Tanah.....	III-6
3.9 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Pada Keadaan Basah.....	III-7
3.10 Pembuatan Parit Penelitian.....	III-8
3.11 Penambahan Zat Aditif	III-8
3.12 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Pada Keadaan Kering.....	III-11
3.13 Hasil dan Kesimpulan	III-11

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Pentanahan Pada Transformator PN-732.....	IV-1
4.2 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum Dan Seteleh Ditambahkan Zat Aditif Pada Keadaan Basah.....	IV-3
4.2.1 Pengukuran Resistansi Pentanahan Sebelum Ditambahkan Zat Aditif Dengan Konfigurasi Square Pada Keadaan Basah	IV-3
4.2.2 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square Setelah Ditambahkan Zat Aditif Saat Keadaan Basah	IV-5
4.3 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum Dan Seteleh Ditambahkan Zat Aditif Pada Keadaan Kering.....	IV-10
4.3.1 Pengukuran Resistansi Pentanahan Sebelum Ditambahkan Zat Aditif Dengan Konfigurasi Square Pada Keadaan Kering	IV-10
4.3.2 Pengukuran Resistansi Pentanahan Setelah Ditambahkan Zat	



Aditif Dengan Konfigurasi *Square* Pada Keadaan KeringIV-11

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran.....	V-1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

Gambar 2.1	Skema Transformator	II-3
Gambar 2.2	Komponen Tahanan Pentanahan Batang Elektroda	II-6
Gambar 2.3	Konfigurasi Batang Elektroda.....	II-7
Gambar 2.4	Konfigurasi <i>Double Straight</i>	II-7
Gambar 2.5	Konfigurasi <i>Triple Straight</i>	II-8
Gambar 2.6	Konfigurasi <i>Triangle</i>	II-8
Gambar 2.7	Konfigurasi <i>Square</i>	II-8
Gambar 2.8	Konfigurasi <i>Crosscicle</i>	II-8
Gambar 2.9	<i>Earth Tester</i>	II-13
Gambar 2.10	Metode Pengukuran 3 Titik	II-13
Gambar 3.1	Alur <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2	Skema Pengukuran Sebelum ditambahkan Zat Aditif.....	III-7
Gambar 3.3	Rancangan Parit Penelitian	III-8
Gambar 3.4	Rancangan Komposisi Zat Aditif	III-9
Gambar 3.5	Skema Pengukuran Setelah ditambahkan Zat Aditif.....	III-10
Gambar 4.1	Nilai Pengukuran Pentanahan PN-732	IV-2
Gambar 4.2	Kondisi Tanah Pada Transformator PN-732	IV-2
Gambar 4.3	Elektroda Konfigurasi <i>Square</i>	IV-4
Gambar 4.4	Pengukuran Resistansi Pentanahan PN-732 Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Basah Sebelum Ditambahkan Zat Aditif.....	IV-4
Gambar 4.5	Panjang dan Diameter Parit Penelitian	IV-5
Gambar 4.6	Parit Penelitian Konfigurasi <i>Square</i>	IV-5
Gambar 4.7	Zat Aditif (i) Arang Kelapa (ii) Garam	IV-7
Gambar 4.8	Penambahan Zat Aditif	IV-7
Gambar 4.9	Penambahan Batang Elektroda Konfigurasi <i>Square</i>	IV-7
Gambar 4.10	Proses Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Metode 3 Titik	IV-8
Gambar 4.11	Pengukuran Resistansi Pentanahan PN-732 Konfigurasi <i>Square</i> Menggunakan Zat Aditif Keadaan Basah.....	IV-9
Gambar 4.12	Pengukuran Resistansi Pentanahan PN-732 Konfigurasi <i>Square</i> Kering Sebelum Ditambahkan Zat Aditif.....	IV-10



Gambar 4.13 Pengukuran Resistansi Pentanahan PN-732 Konfigurasi *Square*

Menggunakan Zat Aditif Pada Kondisi KeringIV-12

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Faktor Pengali Elektroda Batang Tunggal	II-8
Tabel 2.2	Nilai Tahanan Jenis	II-10
Tabel 2.3	Kandungan Kimia Pada Arang Kelapa	II-11
Tabel 3.1	Data Transformator Distribusi PN-732	III-4
Tabel 3.2	Data Alat Ukur (<i>Earth Tester</i>).....	III-4
Tabel 3.3	Data Batang Elektroda	III-5
Tabel 3.4	Volume dan Massa Zat Aditif	III-10
Tabel 4.1	Nilai Pengukuran Resistansi Pentanahan PN-732	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran dan Perhitungan Resistansi Pentanahan Transformator PN-732	IV-3
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Basah Sebelum Ditambahkan Zat Aditif.....	IV-4
Tabel 4.4	Volume dan Massa Zat Aditif	IV-6
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Setelah Ditambahkan Zat Aditif Keadaan Basah.....	IV-8
Tabel 4.6	Pengukuran Resistansi Pentanahan Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Dengan Konfigurasi <i>Square</i> Pada Keadaan Basah.....	IV-9
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Sebelum Ditambahkan Zat Aditif Keadaan Kering	IV-10
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Setelah Ditambahkan Zat Aditif Keadaan Kering	IV-11
Tabel 4.9	Pengukuran Resistansi Pentanahan Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Dengan Konfigurasi <i>Square</i> Pada Keadaan Kering.....	IV-12
Tabel 4.10	Persentase Penurunan Nilai Resistansi Pentanahan Setelah Melakukan <i>Soil Treatment</i>	IV-12
Tabel 4.11	Perbandingan Penggunaan Zat Aditif Pada Keadaan Basah dan Kering.....	IV-13



DAFTAR RUMUS

Resistansi <i>Ground</i>
Resistansi Tanah
Tahanan Total
Rumus Konfigurasi <i>Double Straight</i>
Rumus Konfigurasi <i>Triple Stairght</i>
Rumus Konfigurasi <i>Triangle</i>
Rumus Konfigurasi <i>Square</i>
Rumus Konfigurasi <i>Crosscicle</i>
Turunan Rumus k
Turunan Rumus m
Turunan Rumus x
Turunan Rumus y
Turunan Rumus q
Turunan Rumus z
Resistivitas Tanah (Ωm)
Volume
Massa
Massa Jenis
Persentase (%)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia kelistrikan ada banyak hal yang perlu diperhatikan salah satunya adalah sistem proteksi, yang mana berguna sebagai perlindungan keamanan pribadi, keamanan peralatan serta menjaga keberlangsungan pasokan listrik. Transformator sendiri merupakan salah satu peralatan penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi mengatur serta mengubah tegangan sesuai dengan kebutuhan. Transformator berperan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan berdasarkan permintaan sistem. Pada tegangan tinggi umumnya diperlukan untuk penyaluran listrik jarak jauh dengan tujuan mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi [1].

Tidak jarang transformator juga rusak akibat sambaran petir atau lonjakan tegangan yang merusak isolasinya. Berbagai permasalahan tersebut berdampak serius, antara lain menurunkan efisiensi kerja transformator, mengakibatkan gangguan pasokan hingga pemadaman listrik, memicu biaya perbaikan atau penggantian yang tinggi, menimbulkan kerugian produksi bagi industri, bahkan berpotensi menyebabkan kebakaran dan mengganggu stabilitas sistem tenaga listrik [2]. Masih banyak ditemukan permasalahan sistem pentanahan pada jaringan listrik distribusi dengan nilai resistansi yang tidak sesuai standar, bahkan memiliki nilai resistansi yang tinggi pada jaringan listrik distribusi 20 kVA [3]. Beberapa faktor yang membuat nilai resistansi pada tanah menjadi tinggi yaitu jenis tanah, tingkat kelembaban tanah, keasaman (pH), resistivitas tanah, dan kandungan kimia [4].

Kegagalan transformator distribusi pada sistem pentanahan sering kali dipicu karena tingginya nilai resistansi pentanahan yang tidak memadai [5]. Faktor ini secara signifikan mengurangi kemampuan sistem untuk menyalurkan arus gangguan secara efektif ke tanah, terutama saat terjadi sambaran petir atau lonjakan tegangan transien [6]. Akibatnya, arus gangguan tersebut akan mencari jalur lain, yang dapat merusak isolasi kumparan transformator akibat tegangan lebih yang tidak terkendali. Selain itu, kegagalan pentanahan dapat menyebabkan ketidakseimbangan tegangan pada sistem sekunder [5]. Selain itu dalam sistem pengoperasiannya, transformator berpotensi mengalami berbagai gangguan seperti kenaikan suhu berlebih yang dipicu oleh pembebanan di atas kapasitasnya atau sistem pendinginan yang kurang atau tidak berfungsi optimal.[5].



Dampak dari permasalahan pentanahan pada transformator distribusi sangat luas dan

merugikan, mencakup konsekuensi serius bagi keselamatan, operasional, dan keandalan sistem secara keseluruhan. Ketika terjadi gangguan pada transformator dengan sistem pentanahan yang tidak efektif, perangkat proteksi seperti sekering atau pemutus arus mungkin akan gagal bekerja yang jika dibiarkan akan mengakibatkan kerusakan, dan juga akan menciptakan kondisi berbahaya, seperti tegangan sentuh yang mematikan pada badan transformator atau perangkat logam di sekitarnya [7]. Oleh karena itu, penerapan standar pentanahan yang ketat, seperti yang direkomendasikan oleh IEEE, sangat penting untuk menjaga integritas sistem dan menjamin keselamatan [7].

PT PLN (Persero) ULP Panam merupakan perusahaan yang bekerja di bidang tenaga listrik yang melayani masyarakat rayon panam dengan jumlah trafo sebanyak 870 unit yang aktif beroperasi dan 6 unit tidak beroperasi. PT PLN (Persero) ULP Panam menyalurkan listrik dari PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Tenayan dan PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) Koto Panjang yang disalurkan melalui Gardu Induk Garuda Sakti secara interkoneksi yang meliputi Sumatra bagian tengah. Berdasarkan data inspeksi yang dilaksanakan oleh PT. PLN masih banyak ditemukan transformator distribusi yang mempunyai nilai resistansi pentanahan yang melebihi batas. Salah satunya yaitu transformator distribusi PN-732.

Transformator PN-732 merupakan transformator 250 kVA yang terletak di halaman Fakultas Pertanian UNRI yang menyalurkan listrik untuk lingkungan Fakultas tersebut. Sebelumnya trafo ini didirikan pada tahun 2000 akan tetapi mengalami kerusakan akibat lonjakan listrik karena tersambar petir yang mengakibatkan kebakaran pada saat itu dan didirikan kembali pada tahun 2023. Berdasarkan data inspeksi jaringan PLN pada bulan Maret 2025 dimana pada saat itu dalam kondisi kemarau atau kering Trafo PN-732 memiliki nilai resistansi sebesar $999\ \Omega$, nilai ini sangat tinggi dikarenakan pada waktu itu merupakan waktu dengan curah hujan yang sedikit yang membuat kondisi *grounding* jadi buruk dan sangat tidak memenuhi standarisasi. Setelah dilakukan pengukuran secara langsung yang dilakukan peneliti pada hari Rabu, 01 Oktober 2025 pada siang hari pukul 14:30 WIB, menghasilkan nilai resistansi sebesar $779\ \Omega$. Walaupun terjadi penurunan, akan tetapi nilai tahanan ini masih sangat buruk dan melebihi batas dari standar PUIL 2000. Berdasarkan nilai resistansi tersebut, jenis tanah yang ada di lingkungan transformator PN-732 adalah kategori jenis tanah pasir dan kerikil kering. Tahanan yang tinggi ini berdampak pada sistem *grounding* yang berperan sebagai proteksi menjadi tidak baik kinerjanya. Sehingga sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan tidak dapat terproteksi dan berujung pemadaman



komponen, serta berdampak ke manusia yang beraktifitas di sekitar. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan khusus untuk mereduksi resistansi yang tinggi tanah pasir dan kerikil kering. Tahanan yang tinggi ini berdampak pada sistem pentanahan yang berperan sebagai proteksi menjadi tidak baik kinerjanya. Sehingga sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan tidak dapat terproteksi dan berujung pemadaman komponen, serta berdampak ke manusia yang beraktifitas di sekitar. Oleh karena itu perlu di lakukan penanganan khusus untuk mereduksi resistansi yang tinggi.

Upaya yang telah dilakukan oleh PT. PLN(Persero) ULP Panam sejauh ini belum mampu membuat nilai resistansi agar tetap rendah secara konsisten, karena nilai resistansi masih berada di atas standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan penanganan khusus pada sistem pentanahan guna menurunkan resistansi yang masih tinggi tersebut. Salah satu metode yang bisa menurunkan resistansi pentanahan yang tinggi dan hingga kini belum diterapkan oleh PLN ULP Panam adalah metode *soil treatment*.

Berdasarkan hasil wawancara yang telah didapatkan dari bapak Yadi selaku kepala teknisi di ULP Panam, penanganan yang dilakukan ULP Panam untuk meredam resistansi pentanahan yang tinggi adalah dengan menambahkan elektroda batang tersusun paralel di sekitar pentanahan yang bermasalah. Elektroda akan ditambahkan jumlah dan kedalamannya sampai nilai resistansi pentanahan kembali ke batas normal. Se jauh ini, tindakan yang sudah dilakukan PLN dengan menambahkan jumlah dan kedalaman batang elektroda pada sistem pentanahan transformator, namun usaha tersebut masih belum mampu dapat mempertahankan nilai resistansi tetap rendah. Sehingga perlu dilakukan penanganan khusus pada sistem pentanahan agar resistansi yang tinggi tereduksi.

Nilai resistansi pentanahan dapat diturunkan dengan memperpanjang kedalaman batang elektroda agar mencapai lapisan tanah yang lebih lembap dan konduktif, serta menambah jumlah batang elektroda yang dipasang secara paralel untuk memperluas area kontak arus gangguan dengan tanah [7]. Cara lain yang efektif adalah dengan melakukan *soil treatment* yakni dengan menambahkan bahan aditif seperti garam, bentonit, atau arang tempurung kelapa di sekitar elektroda sehingga konduktivitas tanah meningkat dan kelembapan lebih terjaga[7]. Metode ini terbukti mampu untuk menurunkan atau mereduksikan nilai tahanan pentanahan yang tidak sesuai dengan ketetapan standarisasi hingga 90% [7]. Zat aditif yang digunakan pada metode ini tentunya zat yang mengandung zat kimia berupa karbon, magnesium klorida, kalsium klorida, garam, bentonit, dan zat kimia lainnya [8].



Garam merupakan zat aditif yang mempunyai sifat higroskopis yang mudah untuk menyerap dan meningkatkan konduktifitas listrik pada tanah. Semakin tinggi kandungan garam pada suatu tanah maka semakin tinggi pula konduktifitasnya sehingga memiliki nilai tahanan jenis yang rendah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menambahkan garam mampu untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 34,875% dari nilai awal [9].

Selain garam, *soil treatment* dari pencampuran zat aditif *magnesium sulfat* dan arang tempuran kelapa pada jenis tanah kerikil kering yang memiliki nilai resistansi sebesar 394 Ω . Nilai resistansi yang didapatkan setelah melakukan pencampuran dan perlakuan pada tanah mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 89,8%. Penggunaan arang kelapa terbukti mampu dalam menurunkan nilai resistansi pentanahan karena arang yang bersifat higroskopis yang berarti mampu menyerap air dan membuat tanah disekitar menjadi tetap lembab [10].

Parameter penting seperti kelembapan/kadar air yang baik tentunya sangat berpengaruh untuk sistem pentanahan. Penelitian yang membahas terkait pengaruh dari kondisi tanah pada saat kering dan basah dengan batang elektroda menunjukkan bahwa, pada saat tanah dalam kondisi kering nilai tahanan yang dihasilkan akan lebih besar dibandingkan dengan pada saat kondisi tanah basah [11], yang mana berarti bahwa semakin tinggi kandungan air atau kelembapan pada tanah maka resistansi tanah yang dihasilkan akan semakin kecil.

Pengukuran dilakukan pada kondisi kering dan basah. Pengukuran pada saat kering dilakukan agar mengetahui nilai resistansi pentanahan dengan kondisi tanah terburuk dan pengukuran pada saat basah dilakukan untuk mengetahui nilai resistansi pentanahan dengan kondisi terbaik. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah *soil treatment* mampu dalam mereduksi nilai resistansi pentanahan hingga 90% sesuai dengan ketentuan yang ada pada standarisasi IEEE (142-1983) dan mencapai nilai kurang atau sama dengan 5 Ω ($\leq 5 \Omega$) atau mendekati nol sesuai standar dari PUIL 2000 [7].

Berdasarkan penjabaran dan penjelasan sebelumnya, maka penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian terkait **“Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square (Studi Kasus : Transformator Distribusi PN-732 PT.PLN(Persero) ULP Panam)”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis nilai hasil pengukuran resistansi pada sistem pentanahan pada transformator PN-732 pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panam.
2. Menganalisis hasil pengukuran resistansi pentanahan pada kondisi basah saat sebelum dan setelah ditambahkan zat aditif dengan batang elektroda konfigurasi *square* pada transformator PN-732 PT.PLN (Persero) ULP Panam.
3. Menganalisis hasil pengukuran resistansi pentanahan pada kondisi kering saat sebelum dan setelah ditambahkan zat aditif dengan batang elektroda konfigurasi *square* pada transformator PN-732 PT.PLN (Persero) ULP Panam.

1.4 Batasan Masalah

Agar Penulisan yang dilakukan dapat berjalan lancar dan masalah yang akan dibahas lebih jelas dan tidak menyimpang dari topik yang dibahas, maka Penulis menetapkan batasan masalah dalam penulisan ini antara lain:

1. Metode *Soil treatment* hanya menggunakan zat aditif berupa arang kelapa, dan garam sebagai bahan reduksi resistansi pentanahan.
2. Menggunakan konfigurasi *square*.
3. Pengujian dilakukan pada saat basah dan kering.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi objek yang diteliti.
Ketika akan dilakukan perbaikan maka penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan untuk memperbaiki nilai resistansi pada tanah.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Bagi peneliti.

Diharapkan untuk kedepannya penelitian ini dapat dijadikan acuan atau sumber dalam mencari data bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

3. Bagi tempat penelitian.

Diharapkan untuk kedepannya ini dapat dijadikan sebagai bahan bagi PT. PLN (Pesero) ULP Panam untuk mengurangi resistansi tanah pada saat akan memperbaiki sistem pentanahan ataupun ketika akan melakukan pemasangan sistem pentanahan baru.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Pada penelitian ini membutuhkan beberapa referensi dari penelitian yang akurat sebagai acuan dan pedoman untuk membantu menemukan solusi dari sebuah masalah pada sistem pentanahan transformator distribusi ULP Panam. Setelah melakukan studi literatur, penulis memberikan sebuah solusi yaitu metode soil treatment dengan tujuan untuk mengubah komposisi tanah agar menjadi daya hantar listrik yang baik.

Berdasarkan penelitian 9, penggunaan garam mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 34,875%. Hal ini dikarenakan sifat higroskopis pada garam memudahkan untuk menyerap dan meningkatkan konduktifitas listrik pada tanah. Semakin tinggi kandungan garam pada suatu tanah maka semakin tinggi pula konduktifitasnya sehingga memiliki nilai tahanan jenis yang rendah [9].

Selain garam, penelitian 10 menjelaskan pencampuran zat aditif *magnesium sulfat* dan arang tempurung kelapa mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 89,8% [10]. Pada jenis tanah kerikil kering yang memiliki nilai resistansi awal sebesar 394 Ω mampu turun hingga menjadi 40,18 Ω . Penggunaan arang kelapa terbukti mampu dalam menurunkan nilai resistansi pentanahan karena arang yang bersifat higroskopis yang berarti mampu menyerap air dan membuat tanah disekitar menjadi tetap lembab [10].

Berdasarkan penelitian 12 yang melakukan *soil treatment* menggunakan arang cangkang sawit mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan sebesar 57,5% dari nilai resistansi awal [12]. Arang cangkang kelapa sawit memiliki unsur karbon aktif sekitar 48% serta mengandung unsur kalium. Hasil pengujian dengan mendapatkan nilai maksimum dengan nilai resistansi pentanahan sebesar 12,73 Ω menjadi 5,16 Ω [12]. Bahkan setelah dibiarkan selama 10 hari setelah dilakukannya *soil treatment* nilai resistansi pentanahan kembali turun menjadi 4,69 Ω [12].

Penelitian selanjutnya penelitian 13 yang berfokus pada penggunaan arang dan garam pada kondisi tanah sangat kering dengan elektroda batang sebagai konduktor ke tanah. Penelitian ini membandingkan nilai tahanan pentanahan pada jenis tanah kapur dan pasir dalam kondisi kering dan basah yang diteliti selama satu bulan. Pada kondisi kering, nilai tahanan tanah pada tanah kapur 2,5 Ω dan tanah pasir sebesar 1,82 Ω . Sedangkan pada kondisi basah dengan menggunakan air, arang, dan garam dengan takaran 5:1:2



mendapatkan hasil nilai tahanan dengan rata-rata 1,52 Ω untuk tanah pasir dan 2,43 Ω pada tanah kapur dari kondisi niali awal tanah pasir sebesar 3 Ω dan tanah kapur sebesar 3,5 Ω . Efisiensi pentanahan pada tanah pasir rata-rata 65% dibandingkan pentanahan tanpa Sigarang dan pada tanah kapur sebesar 75% [13].

Kelembaban pada tanah dapat mempengaruhi baik atau buruknya nilai resistansi pentanahan. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, nilai resistansi pentanahan terkecil didapatkan pada kondisi tanah basah. Sebaliknya, jika kondisi tanah tidak basah, nilai resistansi akan tinggi. Hal ini menjelaskan, resistansi pentanahan dipengaruhi pada kelembaban atau kandungan air pada tanah[4]. Semakin tinggi kandungan air atau kelembaban tanah, maka resistansi pentanahan yang dihasilkan akan semakin baik.

Selanjutnya penelitian 14 yang melakukan penggunaan 4 batang elektroda yang dikonfigurasi secara *square* untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan [14]. Penelitian ini menggunakan konfigurasi *square* atau persegi pada sistem pentanahan yang terbukti mampu dalam mereduksi nilai resistansi sebesar 73% dari nilai resistasi pentanahan awal. Jika dibandingkan dengan menggunakan konfigurasi batang tunggal, penggunaan konfigurasi *square* mampu membuat arus sebarinya menjadi lebih luas dan juga dapat memberikan impedansi impuls yang lebih rendah dan potensial distribusi yang lebih baik [15].

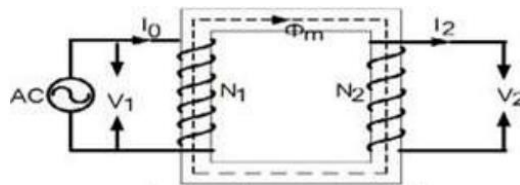
Penelitian yang akan dilakukan merupakan pengembangan dari penelitian 9,10, dan 14. Penggunaan arang cangkang kelapa dan garam bagus untuk mereduksi pentanahan karna arang cangkang kelapa memiliki kandungan unsur karbon aktif yang bisa penyerap dan menahan air sehingga dapat menjaga kelembaban tanah dan meningkatkan daya hantar listrik pada tanah [6]. Selain itu dasar pemilihan zat aditif berupa arang dan garam sendiri dikarenakan arang mengandung banyak akan kation yang dapat meningkatkan pH tanah yang membuat mampu meningkatkan daya tahan tanah dan mampu dalam menjaga kelembapan pada tanah [16]. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah metode *soil treatment* ini mampu dalam menurunkan resistansi pentanahan 15-90% sesuai dengan ketentuan yang ada pada standarisasi IEEE (142-1983) dan nilai resistansi pentanahannya kurang atau sama dengan 5 Ω ($\leq 5 \Omega$) atau mendekati nol (0) sesuai dengan PUIL 2000 [7].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Dasar Transformator

Transformator merupakan salah satu peralatan penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi mengatur serta mengubah tegangan sesuai dengan kebutuhan. Perangkat ini berperan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan berdasarkan permintaan sistem.

Tegangan tinggi umumnya diperlukan untuk penyaluran listrik jarak jauh dengan tujuan mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Transformator yang andal akan menghasilkan tegangan sesuai kebutuhan sistem, sehingga proses distribusi daya menjadi lebih efisien. Karena kemampuannya tersebut, transformator menjadi komponen vital dalam sistem tenaga listrik, baik pada pembangkit, saluran transmisi, maupun saluran distribusi, dengan tugas utama mengatur distribusi tegangan dan mengonversi arus bolak-balik [17].



Gambar 2.1 Skema Transformator [17]

2.2.2 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator berlandaskan pada hukum Faraday dan hukum Lorentz, yang menyatakan bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet, dan medan magnet yang berubah dapat menimbulkan arus listrik. Saat arus bolak balik dialirkan ke salah satu kumparan transformator (kumparan primer), jumlah garis gaya magnet yang dihasilkan akan berubah-ubah. Perubahan medan magnet ini diinduksikan ke kumparan sekunder, sehingga kumparan sekunder juga mengalami induksi elektromagnetik. Akibatnya, pada kedua ujung kumparan sekunder timbul beda tegangan [17].

2.2.3 Jenis Jenis Transformator

Transformator memiliki beberapa jenis yang disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya. Salah satunya digunakan pada pembangkit listrik untuk mendistribusikan serta menyalurkan tenaga listrik melalui sistem transmisi. Secara umum, jenis-jenis transformator yang sering digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut [17].

1. Transformator Berdasarkan Tegangan Tinggi

Jenis Transformator berdasarkan tegangan memiliki sistem klasifikasi berdasarkan jumlah dari lilitan kumparan sekunder dan primer.

a. Transformator *Step-Up*

Transformator *step-up* adalah jenis transformator yang berfungsi meningkatkan tegangan AC dari level rendah menjadi level yang lebih tinggi. Proses kenaikan tegangan ini dicapai dengan membuat lilitan kumparan sekunder lebih banyak daripada kumparan primer. Dalam sistem pembangkit listrik, transformator ini digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran generator agar sesuai untuk proses



transmisi maupun inverter. Tegangan keluarannya umumnya dapat mencapai 220 V, 11 kV, atau bahkan lebih tinggi [17]

b. Transformator *Step-Down*

Transformator *step-down* ialah jenis transformator yang bertugas menurunkan tegangan listrik dari level tinggi menjadi level yang lebih rendah. Penurunan tegangan dicapai dengan membuat jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak daripada pada kumparan sekunder. Transformator ini banyak digunakan pada berbagai peralatan elektronik, dengan tegangan keluaran berkisar antara 5 V sampai 110 V [17].

2. Jenis Transformator Berdasarkan Penggunaannya

Pada jenis transformator ini klasifikasi yang digunakan adalah dari penggunaan transformator tersebut. Diantaranya yaitu sebagai berikut.

1. Transformator Daya

Transformator daya berperan dalam menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah maupun sebaliknya. Transformator ini biasanya ada pada gardu induk [17].

2. Transformator Distribusi

Transformator distribusi atau transformator *step-down* berfungsi melakukan transmisi ke jaringan distribusi. Transformator distribusi ini menyalurkan tenaga listrik untuk konsumen melalui saluran transmisi [17].

2.2.4 Sistem Pentanahan Pada Transformator

Sistem pentanahan adalah sistem penting yang ada di transformator yang berperan sebagai konduktor yang menghubungkan sistem, peralatan, dan instalasi ke bumi/tanah untuk melindungi tubuh manusia dari sengatan listrik dan untuk mencegah komponen instalasi dari kerentanan terhadap tegangan atau arus abnormal [3].

Sistem pentanahan pada jaringan distribusi berfungsi sebagai perlindungan langsung terhadap kerusakan peralatan, kegagalan isolator, maupun tegangan lebih akibat sambaran petir. Petir dapat menimbulkan arus gangguan dan lonjakan tegangan yang dialirkan ke tanah. Dengan penerapan sistem pentanahan yang baik, arus gangguan dan tegangan lebih tersebut dapat dialirkan dan disalurkan dengan aman sehingga tidak membahayakan peralatan maupun manusia [18]. Beberapa jenis sistem pentanahan yang terdapat pada transformator antara lain :

1. Pentanahan Titik Netral Sistem



Dalam sistem tenaga listrik, semakin panjang dan luas jaringan saluran, maka tegangan yang dibawa akan semakin tinggi dan arus gangguan yang mungkin timbul juga semakin besar. Jika terjadi gangguan tanah dengan magnitudo tinggi, busur api yang terbentuk akan sulit dipadamkan dan mengakibatkan fenomena busur tanah menjadi lebih serius. Busur tanah merupakan peristiwa berulangnya pembentukan dan pemutusan busur api secara siklik. Kondisi ini berbahaya karena dapat menimbulkan tegangan sementara yang tinggi, berpotensi merusak peralatan, serta menimbulkan risiko bagi masyarakat atau pekerja yang berada di sekitar lokasi melalui tegangan sentuh maupun tegangan langkah. Oleh karena itu, pada sistem tenaga berskala besar, titik netral umumnya dihubungkan langsung ke tanah untuk menjaga keselamatan dan stabilitas sistem [19].

Tujuan dari pentanahan netral sistem ini yakni :

- a. Meminimalisir adanya busur api dalam sistem
- b. Sebagai pelindung tegangan fasa
- c. Meningkatkan keandalan pada penyaluran tegangan listrik
- d. Meminimalisir adanya tegangan lebih akibat penyalan bunga api yang terjadi.

2. Pentanahan Arrester

Mekanisme pembumian pada arrester memegang peran penting dalam sistem distribusi daya karena harus memenuhi persyaratan teknis tertentu. Umumnya, arrester dipasang dengan sistem pembumian lokal menggunakan batang elektroda yang ditanam di tanah dekat posisi arrester [19]. Terminal pembumian arrester dihubungkan ke batang tersebut melalui penghantar, dan nilai resistansi tanah biasanya dirancang tidak melebihi 5 Ω . Salah satu jenis yang umum digunakan adalah Lightning Arrester tipe eksplosif, yang berfungsi melindungi peralatan listrik dari sambaran petir serta mencegah kerusakan akibat lonjakan tegangan [19].

3. Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan adalah sistem pentanahan yang diterapkan pada bagian peralatan listrik yang dalam kondisi operasi normal tidak dialiri arus [19]. Tujuannya adalah menurunkan tegangan pada bagian tersebut hingga berada pada batas aman untuk semua kondisi pengoperasian. Selain itu, pentanahan ini juga berfungsi menyediakan jalur arus balik hubung singkat dengan hambatan yang rendah.[19].

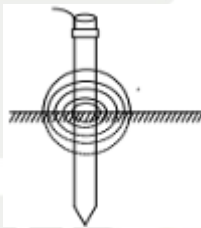
2.2.5 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan merupakan konduktor yang ditanam di tanah dan bersentuhan langsung dengan tanah. Kontak langsung ini berfungsi sebagai jalur aliran arus saat terjadi



gangguan, sehingga arus tersebut dapat dialirkan dengan aman ke tanah [19]. Elektroda batang (rod) biasanya terbuat dari tembaga dan ditanam secara vertikal ke dalam tanah, berperan untuk menyalurkan arus gangguan ke tanah sehingga melindungi sistem dari kerusakan [20].

Konduktor yang digunakan sebagai elektroda pentanahan dapat dibuat dari besi, aluminium, atau tembaga. Di antara ketiga bahan tersebut, tembaga memiliki keunggulan yang lebih baik dari sisi sifat mekanis, elektrik, dan kimia. Meskipun harganya relatif lebih mahal, tembaga tetap menjadi pilihan utama karena lebih tahan terhadap kerusakan, baik akibat faktor listrik, mekanis, maupun kimia, serta memiliki ketahanan yang tinggi terhadap korosi.[19]



Gambar 2.2 Komponen Tahanan Pentanahan Batang Elektroda [21]

Elektroda pentanahan memerlukan resistansi tanah yang rendah, sehingga prinsip utamanya adalah memperbesar luas kontak antara permukaan elektroda dengan tanah. Dengan cara ini, nilai resistansi dapat ditekan serendah mungkin. Perhitungan resistansi tanah peralatan dapat dilakukan menggunakan rumus berikut.[22].

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{4}} \quad (2.1)$$

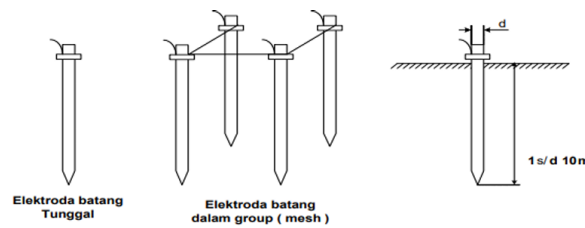
Dimana :

R_g = Resistansi *Ground* (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ω m)

2.2.6 Elektroda Batang

Elektroda batang (rod) adalah salah satu jenis elektroda yang paling sering digunakan pada sistem pentanahan. Elektroda ini berbentuk batang atau pipa yang dipasang secara vertikal dengan kedalaman penanaman berkisar antara 1 hingga 10 meter. Material yang umum digunakan meliputi tembaga, dan baja tahan karat (*stainless steel*). Pemilihan material harus diperhatikan dengan cermat untuk mencegah terjadinya *galvanic couple* yang dapat memicu korosi. Selain itu, banyak dan ukuran elektroda yang dipasang disesuaikan pada kebutuhan sistem pentanahan agar dapat mencapai nilai tahanan yang diinginkan [21].



Gambar 2.3 Konfigurasi Batang Elektroda [19]

Distribusi tegangan akan menjadi lebih seragam dan nilai resistansi tanah dapat diminimalkan apabila elektroda ditanam secara vertikal dengan jumlah yang memadai. Elektroda batang memiliki keunggulan teknis karena pemasangannya relatif sederhana, cukup dengan menancapkannya ke dalam tanah. Selain itu, elektroda jenis ini juga mudah dalam perawatan serta memerlukan area pemasangan yang relatif kecil, sehingga praktis digunakan pada berbagai kondisi lahan [23].

Persamaan resistansi pentanahan batang elektroda tunggal dihitung melalui persamaan sebagai berikut [14] :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{A} - 1 \right) \quad (2.2)$$

Dimana:

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

R = Resistansi Tanah (Ω)

L = Panjang Elektroda yang ditanam (m)

A = Luas Penampang (m)

2.2.7 Konfigurasi Elektroda Batang

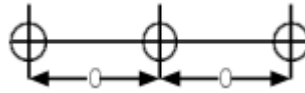
Untuk memperoleh kinerja pentanahan yang optimal, penambahan jumlah batang elektroda sering kali diperlukan pada kondisi tertentu. Namun, jika dibandingkan dengan sistem menggunakan satu elektroda tunggal, sistem multi-elektroda tidak selalu memberikan hasil yang lebih efektif. Konfigurasi multi-elektroda umumnya dapat diterapkan dengan berbagai bentuk, seperti dua elektroda yang dipasang paralel, tiga elektroda yang disusun membentuk segitiga, atau beberapa elektroda yang disusun dalam pola persegi panjang baik tertutup maupun terbuka, sesuai dengan kebutuhan instalasi [14]. Berikut adalah beberapa konfigurasi pentanahan elektroda batang,

a. Konfigurasi *double straight*



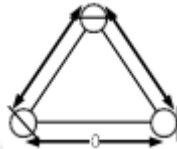
Gambar 2.4 Konfigurasi *Double Straight*

b. Konfigurasi *triple straight*



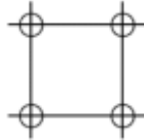
Gambar 2.5 Konfigurasi *Triple Straight*

c. Konfigurasi *Triangle*



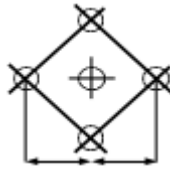
Gambar 2.6 Konfigurasi *Triangle*

d. Konfigurasi *Square*



Gambar 2.7 Konfigurasi *Square*

e. Konfigurasi *Crosscycle*



Gambar 2.8 Konfigurasi *Crosscycle*

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan tahanan total (R_{pt}) yakni [24] :

$$R_{pt} = \frac{p \times k}{2 \times \pi \times L} \times \text{faktor pengali konfigurasi } (\Omega) \quad (2.3)$$

k = Faktor pengali elektroda batang tunggal

Tabel 21. Faktor Pengali Elektroda Batang Tunggal [24]

$\frac{p}{r}$	20	200	2.000	20.000
k	3	5,3	7,6	9,9

Untuk faktor pengkali konfigurasi elektroda batang *double straight* menggunakan rumus :

$$\frac{1+m}{2} \quad (2.4)$$

Untuk rumus konfigurasi *triple straight* menggunakan rumus :



$$\frac{1-2m^2+2}{3-4m+n} \quad (2.5)$$

Untuk rumus konfigurasi *triangle* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2m}{3} \quad (2.6)$$

Untuk rumus konfigurasi *square* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2m+q}{4} \quad (2.7)$$

Untuk rumus konfigurasi *crosscicle* menggunakan rumus :

$$\frac{1+2q+n-4m^2}{5+2q+n-8m} \quad (2.8)$$

Dimana :

$$k = \ln \frac{l}{r} \quad (2.9)$$

$$m = \frac{\ln x}{\ln \frac{l}{r}} \quad (2.10)$$

$$x = \frac{1+l}{l} \quad (2.11)$$

$$y = \frac{1+2l}{l} \quad (2.12)$$

$$q = \frac{\ln Z}{\ln \frac{l}{r}} \quad (2.13)$$

$$z = \frac{l+2L}{2L} \quad (2.14)$$

Rumus rumus diatas merupakan langkah rumus untuk menentukan nilai pada macam macam penggunaan konfigurasi [24]. Untuk penelitian ini akan menggunakan rumus yakni rumus konfigurasi *square*.

2.2.8 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai tahanan jenis pada tanah, yaitu [23] :

1. Jenis tanah
2. Lapisan tanah
3. Kandungan air/kelembaban tanah
4. Temperatur tanah
5. Tingkat keasaman (pH) tanah



Disistem pentanahan Kualitas sistem pentanahan dipengaruhi pada jenis tanah yang digunakan, karena tidak semua tanah memiliki nilai resistansi yang sesuai untuk menghasilkan pentanahan yang baik [7]. Dampak terbesar dari tinggi rendahnya nilai resistansi tanah adalah kandungan air pada tanah. Pada tanah kering, kandungan airnya rendah, yang menyebabkan konduktivitas meningkat, sedangkan pada tanah basah, kandungan airnya tinggi, yang menyebabkan resistansi dan konduktivitas menurun [7]. Besarnya resistansi tanah ditentukan oleh berbagai faktor yang telah dijelaskan sebelumnya, termasuk tingkat resistivitas tanah itu sendiri. Mengacu pada ketentuan PUIL 2000 [7].

Tabel 2.2. Nilai Tahanan Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Resistivitas Tanah (Ω m)
1	Tanah Rawa	0 – 30
2	Tanah Liat dan Tanah Ladang	31 – 100
3	Pasir Basah	101 – 200
4	Kerikil Basah	201 – 500
5	Pasir dan Kerikil Kering	501 – 1000
6	Tanah Berbatu	1001 - 3000

Nilai resistivitas tanah dapat dihitung menggunakan perssamaan berikut [4].

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{4L}{a}\right)-1} \quad (2.15)$$

Dimana:

- ρ Resistivitas tanah (Ω m)
- R Resistansi pentanahan elektroda
- L Panjang elektroda (m)
- a Jari-jari elektroda (m)

Resistivitas suatu bahan merupakan besaran yang menunjukkan tingkat hambatan terhadap aliran arus listrik. Semakin tinggi nilai resistivitas suatu bahan, semakin sulit arus listrik mengalir melaluinya [8].

2.2.9 Metode Soil Treatment

Besarnya resistansi pentanahan biasanya dipengaruhi oleh nilai resistivitas tanah[3]. Oleh sebab itu, diperlukan pengukuran karakteristik tanah secara akurat. Namun, ketika elektroda ditanam ke dalam tanah, akan timbul hambatan pada saat pengukuran resistivitas.P



Proses ini memerlukan peralatan yang cukup kompleks dan memakan waktu, sehingga dianggap kurang efisien.[8].

Mencapai nilai resistansi pentanahan yang sangat rendah tidaklah mudah tanpa adanya upaya khusus untuk menurunkannya. Perubahan diameter batang elektroda hanya memberikan pengaruh kecil terhadap penurunan resistansi pentanahan. Oleh sebab itu, langkah alternatif yang perlu dilakukan adalah melakukan *treatment* khusus pada tanah dengan mencampurkan bahan aditif untuk mengubah komposisi kimianya [8].

Penerapan *soil treatment* dapat dilakukan dengan menambahkan zat yang mengandung zat kimia berupa karbon, magnesium klorida, kalsium klorida, garam, bentonit, dan zat kimia lainnya yang mampu memberikan induksi terhadap nilai tahanan pentanahan hingga 90% [7]. Penerapan metode *soil treatment* dapat dilakukan menambahkan beberapa zat aditif seperti arang kelapa dan garam yang mana kedua bahan ini mampu mengubah kandungan tanah menjadi lebih baik. Kandungan dan fungsi dari zat aditif tersebut sebagai berikut.

1. Arang Kelapa

Arang merupakan suatu bahan padat berpori hasil pembakaran bahan yang mengandung unsur karbon. Arang mengandung senyawa kimia karbon yang bersifat konduktif yang dapat meningkatkan konduktifitas tanah. Arang aktif dalah arang yang diaktifkan dengan cara mengalirkan panas kedalam bahan, sehingga pori bahan menjadi lebih terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 sampai 2000 m²/g. Permukaan arang yang semakin luas berdampak pada emakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau bahan cair [23].

Tabel 2.3. Kandungan Kimia Pada Arang Kelapa [12]

Variabel	Persentase (%)
C-organik total	24,33
Asam humat	0,56
Asam sulfat	0,71
Kadar abu	2,09
Kadar N	0,20
C/N ratio	122
Kadar P	0,02
Kadar K	0,01



Karbon aktif merupakan senyawa dari hasil pembakaran yang mempunyai luas permukaan sekitar 300 - 2000 m²/g yang membuatnya mampu untuk menahan air dalam tanah guna untuk meningkatkan konduktivitas tanah [12]. Arang kelapa mengandung abu yang kaya akan kation yang dapat meningkatkan pH tanah sehingga dapat meningkatkan daya tahan tanah [12].

2. Garam

Garam (NaCl) mempunyai karakteristik mudah dalam menyerap air atau bersifat higroskopis, dimana larutan garam mengandung elektrolit yang mampu menjadi konduktor yang baik di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan konduktivitas di dalam tanah..Garam mampu mengikat tanah, maka dari itu komposisi tanah dapat diubah menjadi lebih padam[25].

2.2.10 Volume dan Massa Bahan

Pada sebuah penelitian yang membutuhkan volume dan massa, memerlukan perhitungan teoritis agar dapat mengetahui massa yang dibutuhkan untuk hasil yang lebih akurat. Dalam menentukan nilai massa dari suatu wadah, perlu untuk menghitung volumenya terlebih dahulu. Rumus yang digunakan untuk menghitung volume tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (2.16)$$

Keterangan :

r = Jari-jari tabung (cm)

t = Tinggi tabung (cm)

Jika nilai volume diketahui, maka dapat memperoleh nilai massa dengan menggunakan rumus berikut.

$$m = \rho \cdot v \quad (2.17)$$

Keterangan :

V = Volume bahan (cm³)

ρ = Massa jenis bahan (g/cm³)

Jika massa jenis bahan belum diketahui, maka dapat menggunakan persamaan berikut

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.18)$$

Keterangan :

V = Volume bahan (cm³)



m

= Massa bahan (g)

Persamaan yang dipakai untuk mencari volume menyesuaikan bentuk ruang atau wadah yang digunakan. Apabila memakai bentuk wadah dengan bentuk tabung, maka untuk mencari nilai volumenya memakai rumus volume tabung dan begitu juga dengan lainnya.

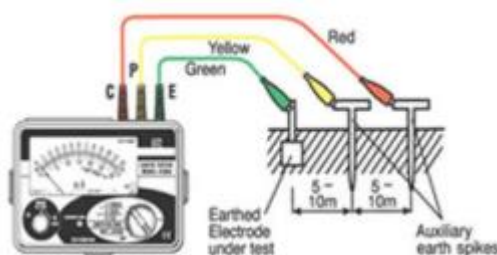
2.2.11 Metode Pengukuran Pentanahan

Tujuannya untuk mengukur nilai dari tahanan tanah dan mengetahui berapa nilai resistansi pada titik pentanahan. Pengambilan harus dilakukan berulang kali untuk mendapatkan hasil yang akurat dan baik. Selama proses pengukuran dilakukan hingga lima kali percobaan berbeda untuk mendapatkan hasil yang akurat [13]. Alat yang digunakan adalah earth tester.



Gambar 2.9 Earth Tester[4]

Dalam sistem pengukurannya, ada beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode tiga titik. Cara ini sering digunakan dalam pengukuran resistansi tanah. Periode yang paling akurat untuk pengukuran adalah pada siang hari yakni pada pukul 14:00 – 15:00, pada waktu tersebut suhu tanah akan meningkat karena panas matahari atau tanah akan memiliki kondisi yang buruk [13].



Gambar 2.10 Metode Pengukuran 3 Titik [13]



Langkah-langkah dalam melakukan pengukuran pada metode ini yaitu sebagai

berikut [13]:

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan
2. Menghidupkan Digital Earth Resistance Tester .
3. Membuat rangkaian pengujian dengan menanam elektroda utama dan elektroda bantu.
4. Tentukan jarak antar elektroda bantu minimal 5 hingga 10 meter.
5. Ukur tegangan tanah dengan mengarahkan range switch ke earth voltage dan pastikan bahwa nilai indikator 10 V atau kurang. Jika earth voltage bernilai lebih tinggi dari 10 V diperkirakan akan terjadi banyak kesalahan dalam nilai pengukuran tahanan.
6. Cek penghubung pada elektroda utama dan elektroda bantu dan setting range switch menjadi 2000 Ω lalu tekan tombol " Press To Test ". Apabila tahanan elektroda utama terlalu tinggi dan menunjukkan simbol " . . . " maka cek penghubung pada elektroda utama.
7. Lakukan pengukuran.setting range switch ke posisi yang diinginkan dan tekan tombol " Press To Test " selama beberapa detik.
8. Catat hasil ukur tahanan yang muncul dari Digital Earth Resistance Tester
9. Lakukan dengan langkah yang sama.

Dalam penelitian ini, nilai resistansi pentanahan mengalami menurun sebagai hasil dari perlakuan khusus (soil treatment) yang ditambahkan berupa zat aditif ke dalam proses. Rumus untuk menghitung persentase penurunan resistansi tanah adalah sebagai berikut [13].

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\% \quad (2.19)$$

Keterangan :

- R1 Resistansi awal (Ω)
 R2 Resistansi akhir (Ω)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif dan kuantitatif. Metode deskriptif adalah metode mendeskripsikan gambaran mengenai objek penelitian melalui sampel. Metode ini bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian atau hasil penelitian. Sedangkan penelitian kuantitatif adalah metode penelitian spesifikasinya meliputi struktur yang sistematis, terarah, tepat dan jelas.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di halaman Fakultas Pertanian UNRI dengan kode transformator PN-732 unit dari PT. PLN (Persero) ULP Panam, Pekanbaru, Riau. Adapun alasan memilih lokasi ini sebagai penelitian adalah sebagai berikut:

1. Hasil wawancara dengan Bapak Yadi selaku kepala teknisi PT. PLN (Persero) ULP Panam saat melakukan inspeksi Jaringan Tegangan Menengah (JTM), banyak ditemukannya sistem pentanahan yang bermasalah pada transformator distribusi, terutama pada wilayah transformator distribusi PN-732.
2. Berdasarkan data hasil inspeksi pada bulan maret 2025 PLN ULP Panam, nilai resistansi pentanahan transformator PN-732 sangat tinggi, yaitu sebesar 999 Ω yang artinya belum sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Tranformator ini berada di halaman Fakultas Pertanian UNRI dengan kondisi pasir dan kerikil kering.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan proses untuk mendapatkan output yang diinginkan. Penelitian akan diawali dengan melakukan studi literatur dari jurnal penelitian terkait dan buku untuk memperoleh informasi dari penelitian yang telah dilakukan. Lalu mengidentifikasi masalah, yang diantaranya dengan menentukan masalah yang akan diangkat dan melakukan wawancara langsung dengan instansi terkait untuk mendapatkan informasi terkait objek penelitian serta melakukan observasi pada objek. Pada proses ini, peneliti akan melakukan pengumpulan data sekunder yang diperlukan dalam penelitian, serta pengukuran awal pada kondisi objek saat ini. Adapun diagram alur penelitian ini adalah sebagai berikut.

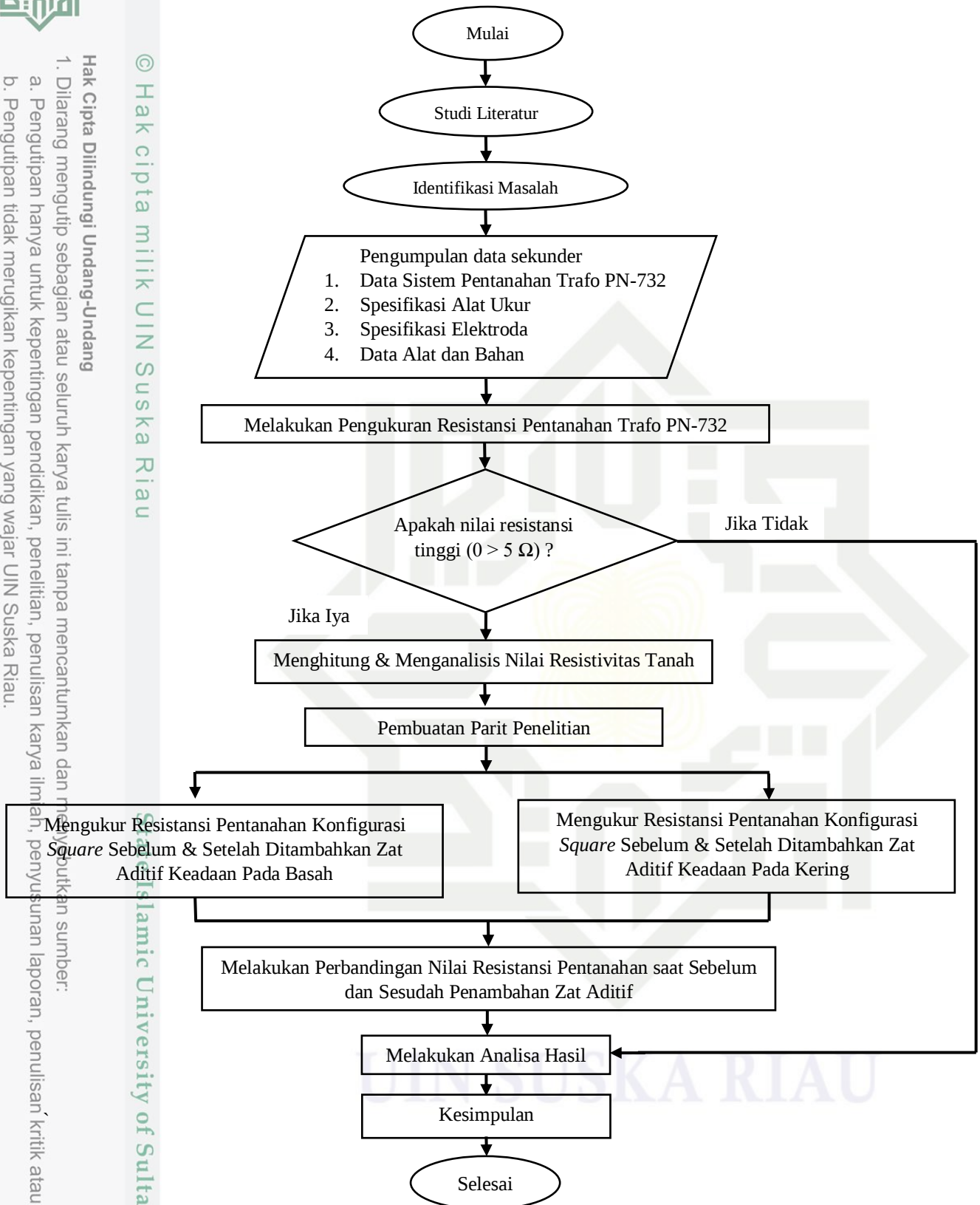


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Alur *Flowchart* Penelitian



3.4 Studi Literatur

Pada tahap ini mengumpulkan beberapa sumber referensi terkait, seperti jurnal dan skripsi penelitian, serta buku. Jurnal penelitian terkait akan dianalisis guna memperoleh informasi berupa metode dan teori yang diterapkan peneliti sebelumnya. Sedangkan pada buku digunakan untuk mendukung penelitian ini.

3.5 Identifikasi Masalah

Dari informasi yang telah disebutkan pada latar belakang, menunjukkan masalah-masalah pada sistem pentanahan yang berdampak negatif pada fungsi sistem untuk memproteksi sistem tenaga listrik. Hal ini juga diamati oleh badan listrik milik negara yaitu PT. PLN ULP Panam yang mempunyai beberapa transformator distribusi dengan tahanan tanah tinggi, seperti pada transformator distribusi PN-732. Beberapa faktor yang berpengaruh antara lain resistansi jenis tanah yang tinggi, elemen tanah tidak memiliki kemampuan untuk mempertahankan resistansi tanah tetap kecil. Maka dari itu, peneliti mengangkat permasalahan ini untuk menjadi topik penelitian.

Setelah memahami permasalahan yang menjadi fokus penelitian, maka perlu dilakukan perumusan masalah untuk mengetahui hasil atau tujuan yang akan dicapai dari penelitian dan pengembangan yang akan dilakukan sehingga dapat menentukan judul penelitian yang akan digunakan untuk menyusun penelitian.

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, peneliti akan melakukan penelitian yang ditujukan untuk mengatasi permasalahan pada objek yang menjadi fokus penelitian. Penelitian yang akan dilakukan yaitu penambahan bahan zat aditif berupa arang kelapa dan garam sebagai bahan untuk menurunkan resistansi transformator PN-732 yang ditanahkan. Permasalahan dari penelitian ini telah disusun pada BAB I.

2. Menentukan Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk menyelesaikan masalah pada sistem pentanahan transformator PN-732. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan melakukan analisis pengaruh penambahan dan perubahan komposisi zat aditif berupa arang kelapa dan garam sebagai bahan campuran untuk pentanahan trafo PN-732 yang dapat menurunkan resistansi pentanahan. Tujuan dari penelitian ini telah disusun pada BAB I.

3. Menentukan Judul Penelitian



Suatu penelitian harus dijabarkan dalam sebuah judul guna mendeskripsikan penelitian tersebut. Berdasarkan masalah dan tujuan maka peneliti menetapkan judul “Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square Pada Trafo Distribusi PN-732 ULP Panam”

3.6 Pengumpulan Data

Penelitian tentunya membutuhkan beberapa informasi berupa data yang diperlukan untuk keberlangsungan penelitian terkait objek yang diteliti sampai tahap akhir. Data-data sekunder yang diperoleh dari objek penelitian diantaranya spesifikasi transformator PN-732, spesifikasi instrument/alat ukur, spesifikasi elektroda, serta data alat dan bahan.

Tabel 3.1. Data Transformator Distribusi PN-732

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Transformator Distribusi PN-732	Merk	Sintra
	Feeder	Koi
	Rayon	Panam
	Lokasi Gardu	Kampus UNRI Fakultas Pertanian
	Jumlah Jurusan PHBTR	2
	Jumlah Jurusan Aktif	2
	Daya Nominal	250 kVA
	Nilai <i>Grounding</i>	999 Ω

Tabel 3.2. Data Alat Ukur (*Earth Tester*)

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Alat Ukur (<i>Earth Tester</i>)	Merk	Kyoritsu tipe 4105A
	Standar Yang Berlaku	IEC 60529
	Rentang Pengukuran	Resistansi Tanah : 0~20 Ω / 0~200 Ω / 0-2000 Ω Tegangan Tanah : 0~200V AC
	Akurasi	Resistansi Tanah : $\pm 2\%$ rdg $\pm$ 0.1 Ω (rentang 20 Ω) $\pm 2\%$ rdg $\pm$ 3dgt (rentang 200 Ω /2000 Ω)



Tabel 3.3. Data Batang Elektroda

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Elektroda	Jenis	Batang (Rod)
	Jumlah	4
	Bahan Elektroda	Tembaga
	Panjang	1 meter
	Diameter	15 mm

Data alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut,

a. Alat Penelitian

1. Alat ukur *earth tester* merk Kyoritsu tipe 4150A
2. Cangkul
3. Sekop
4. Alat pelubang tanah
5. Alat ukur meteran
6. Palu
7. Timbangan

b. Bahan Penelitian

1. Arang kelapa
2. Garam
3. Air
4. 4 Batang elektroda, diameter 15mm panjang 1 meter
5. Kabel NYA 2,5 mm

3.7 Pengukuran Resistansi Tanah

Dalam pengukuran nilai resistansi pentanahan pada tranformator distribusi PN-732, diukur dengan menggunakan *earth tester* dengan menggunakan metode tiga titik. Pengukuran dilakukan pada saat siang hari pada pukul 14:00 – 15:00 WIB, hal ini dikarenakan pada waktu itu adalah waktu yang baik untuk melakukan penukuran dikarenakan pada waktu itu sinar matahari telah menyinari tanah dengan cukup yang membuat tanah menjadi panas dan kering, hal ini dianggap sebagai kondisi tanah yang ekstem.

Proses pengukuran nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan metode tiga titik pada tranformator distribusi PN-732 yaitu diantaranya :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Persiapkan alat ukur grounding yaitu earth tester dengan merk Kyoritsu tipe 4105A,
2. Lakukan penanaman elektroda batang utama dan elektroda bantu dengan jarak antar elektroda batang yaitu 5 meter.
3. Hubungkan kabel berwarna merah dan kuning pada masing-masing elektroda bantu, kemudian kabel warna hijau dihubungkan pada elektroda utama.
4. Pastikan bahwa baterai pada earth tester masih berfungsi, kondisi baterai bisa diperiksa melalui indikator baterai yang tertera di layar alat ukur. Apabila muncul indikator baterai pada layar alat ukur maka baterai harus diganti.
5. Atur range switch pada posisi yang diperlukan dan tekan tombol "PRESS TO TEST". Apabila resistansi tanah yang terukur melebihi batas ukur atau muncul simbol "..." pada layar, periksa kembali konektor pada elektroda dan atur range switch pada posisi yang lebih tinggi.
6. Lakukan pengukuran pentanahan dengan durasi 1-3 detik sebanyak 3 kali agar memperoleh nilai yang tepat dan akurat.
7. Tulislah hasil nilai pengukuran yang tertera dari alat ukur.

Setelah mendapatkan hasil pengukuran dari nilai resistansi pentanahan transformator distribusi PN-732, selanjutnya akan dilakukan analisa terhadap nilai resistansi pentanahan transformator tersebut apakah telah layak dan sesuai pada PUIL 2000.

3.8 Perhitungan Nilai Resistansi Tanah

Beberapa data atau variabel yang dibutuhkan untuk menghitung nilai resistivitas tanah yaitu sebagai berikut:

1. Nilai resistansi pentanahan
2. Diameter elektroda yaitu 15 mm
3. Panjang elektroda yaitu 1 meter

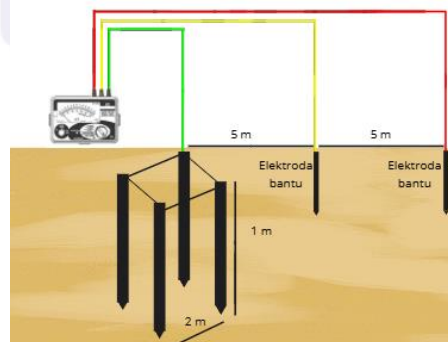
Setelah mendapatkan nilai dari variabel-variabel di atas, kemudian dimasukkan dan dihitung berdasarkan persamaan (2.15), lalu nilai dari hasil perhitungan dimasukkan kedalam tabel pengukuran. Agar jenis tanah dapat diketahui, lakukan analisis nilai resistansi jenis tanah dengan perbandingan pada Tabel 2.1, lalu lihat nilai resistansi jenis tanah apakah rendah atau tinggi dan berpengaruh pada nilai tahanan tanah yang dihasilkan pada transformator distribusi PN-732.

Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Pada Keadaan Basah

Pengukuran resistansi tanah menggunakan batang elektroda konfigurasi square sebelum dan setelah ditambahkan zat aditif dalam keadaan basah. Adapun proses pengukuran tahanan tanah dilakukan seperti berikut.

1. Lakukan penanaman elektroda batang utama dengan formasi berbentuk persegi (square) dengan jarak antar elektroda batang yaitu 2 meter dan elektroda bantu.
2. Pengukuran dalam keadaan basah dilakukan setelah adanya hujan.
3. Pengukuran dalam keadaan kering, sistem pentanahan dibiarkan mengering setelah 7 hari terjadinya hujan (setelah pengukuran keadaan basah). Tanah dibiarkan mengering selama 7 hari kedepannya tanpa terkena air hujan, namun apabila terkena hujan saat pengukuran berlangsung maka pengukuran diulang selama 7 hari kedepan.
4. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat penguji tanah atau earth teste Kyoritsu 4105A dengan metode pengukuran 3 titik, dan pengukuran dilakukan sama seperti pengukuran sebelumnya. Pengukuran dilakukan dalam satu waktu sebanyak lima kali guna mendapatkan hasil yang akurat.
5. Hasil pengukuran dituliskan dalam tabel hasil pengukuran untuk menunjukkan penurunan resistansi yang dicapai oleh elektroda konfigurasi *square*.

Ketika pengukuran dalam keadaan basah, jika tidak adanya curah hujan yang terjadi, maka solusinya yaitu menambahkan air sesuai dengan volume air hujan di Pekanbaru untuk mendemonstrasikan kondisi hujan. Resistansi tanah diukur antara pukul 14.00 hingga 15.00, pada waktu tersebut, nilai tanah meningkat karena panasnya sinar matahari. Prosedur untuk menghitung tahanan pentanahan konfigurasi square yakni dengan rumus (2.3), (2.7), (2.10), dan (2.13) digunakan untuk menghitung nilai tahanan yang terkait dengan sistem, nilai ini kemudian dibandingkan dengan nilai pengukuran untuk menilai keakuratan perhitungan.



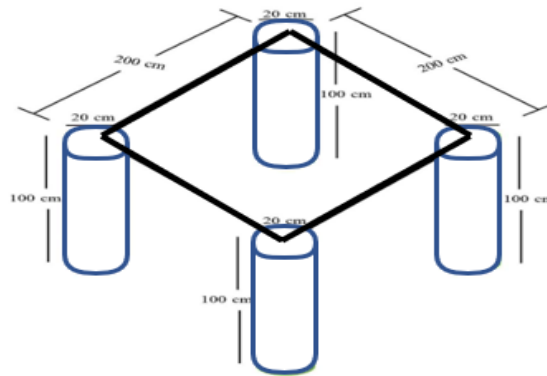
Gambar 3.2 Skema Pengukuran Sebelum ditambahkan Zat Aditif

3.10 Pembuatan Parit Penelitian

Parit penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu empat galian parit sebagai variabel penelitian, yaitu setiap paritnya dibuat dengan spesifikasi yang setara dengan bentuk persegi yang dinamakan square. Adapun kriteria atau spesifikasi parit yang akan dibuat sebagai berikut :

1. Jarak antar parit yaitu 200 cm
2. Kedalaman parit yaitu 100 cm
3. Diameter parit yaitu 20 cm

Adapun rancangan parit penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.3 Rancangan Parit Penelitian

Parit ini berlokasi di lahan tanah yang bertempat di area transformator distribusi PN-732 ULP Panam. Parit dengan bentuk persegi atau square memiliki jarak antar elektroda sesuai dengan elektroda batang yang ditanam, namun akan lebih baik lagi jika jarak yang dirancang yaitu 2 kali dari ukuran elektroda batang yang tertanam.

3.11 Penambahan Zat Aditif

Dengan memberikan perlakuan khusus pada tanah berupa penambahan zat aditif pada sistem pentanahan yang berguna untuk menurunkan resistansi tanah yang tinggi. Dengan menambahkan zat aditif pada sistem pentanahan diharapkan dapat mereduksi resistansi tanah yang mengacu pada pedoman IEEE (142-1983), yakni kisaran 15-90%. Langkah-langkah penambahan arang kelapa dan garam terhadap sistem tanah membutuhkan beberapa persiapan untuk mengimplementasikan pada sistem, yaitu diantaranya:

1. Langkah-langkah
 - a. Persiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk menanam elektroda batang
 - b. Buat 4 parit galian dengan diameter 20 cm dan kedalaman 1 meter



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

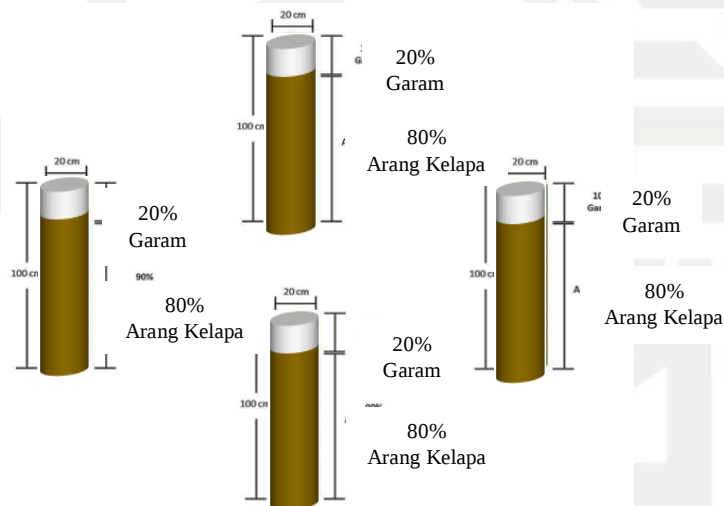
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Parit disusun membentuk square/persegi dengan jarak antar elektroda 2 meter, karena jarak yang baik yaitu 2 kali panjang elektroda yang ditanam ke tanah
- Masukkan elektroda ke setiap parit, lalu parit diisi dengan arang dan garam berdasarkan komposisi yang telah ditetapkan yaitu penambahan zat aditif berupa arang sebesar 80% dan garam sebesar 20% dari kedalaman parit
- Sesudah penambahan zat aditif ke dalam parit, dilakukan penambahan air sebanyak 3 liter agar penyerapan zat aditif ke dalam tanah lebih mudah
- Jika setiap parit sudah ditambahkan dengan zat aditif sesuai ketentuan yang ditetapkan dan sudah ditimbun tanah, maka pengukuran resistansi pentanahan dapat dilaksanakan.

Adapun rancangan komposisi parit penelitian ketika diberikan zat aditif, yaitu seperti berikut:



Gambar 3.4 Rancangan Komposisi Zat Aditif

Setiap massa dari bahan yang digunakan sesuai dengan takaran atau komposisi yang telah ditetapkan masing-masing parit. Dalam menghitung nilai massa, data yang dibutuhkan yaitu volume dan massa jenis setiap bahan yakni arang kelapa dan garam. Dalam penelitian ini, parit digali dengan bentuk tabung maka dari itu volume bahan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.16), massa bahan menggunakan persamaan (2.17). Apabila massa jenis bahan tidak didapatkan, maka dapat dihitung menggunakan persamaan (2.18). Berikut hasil perhitungan untuk volume arang kelapa (80%) dan garam (20%).

$$\begin{aligned}
 V_{\text{arang kelapa}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\
 V_{\text{arang kelapa}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 80 \\
 V_{\text{arang kelapa}} &= 25.120 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{garam}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\ V_{\text{garam}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 20 \\ V_{\text{garam}} &= 6.280 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Kemudian setelah volume dari setiap bahan telah diketahui, selanjutnya yaitu perhitungan massa bahan yang dapat ditentukan dari massa jenisnya. Garam memiliki nilai massa jenis yaitu 1,201 gr/cm³ [14], dan massa jenis dari arang kelapa yaitu 0,59 gr/cm³ [26], maka massa bahan dari dua bahan ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.17). Berikut hasil perhitungan dari massa bahan garam dan arang kelapa.

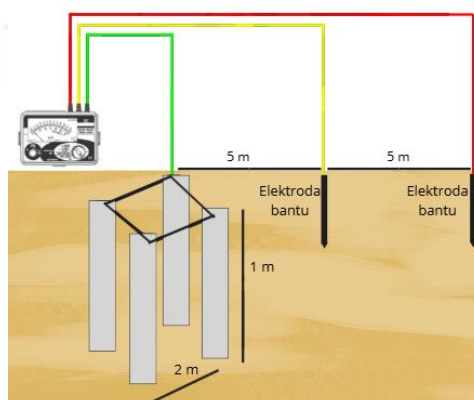
$$\begin{aligned} m_{\text{arang kelapa}} &= \rho \cdot v \\ m_{\text{arang kelapa}} &= 0,59 \text{ gr/cm}^3 \cdot 25.120 \text{ cm}^3 \\ m_{\text{arang kelapa}} &= 14.8208 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{garam}} &= \rho \cdot v \\ m_{\text{garam}} &= 1,201 \text{ gr/cm}^3 \cdot 6.280 \text{ cm}^3 \\ m_{\text{garam}} &= 7.542,28 \text{ gr} \end{aligned}$$

Perhitungan volume dan massa zat aditif yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Volume dan Massa Zat Aditif

Zat Aditif	Persentase (%)	Volume Bahan (cm ³)	Massa Bahan (gr)
Arang Kelapa	80	25.120	14.8208
Garam	20	6.280	7.542,28



Gambar 3.5 Skema Pengukuran Setelah ditambahkan Zat Aditif



3.11 Pengukuran Resistansi Pentanahan Dengan Batang Elektroda Konfigurasi Square Sebelum dan Setelah Ditambahkan Zat Aditif Saat Keadaan Kering

Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan pada keadaan kering agar dapat mengetahui nilai resistansi pada keadaan kering. Adapun langkah-langkah yakni sebagai berikut.

1. Tambahkan zat aditif sesuai dengan komposisi yang ditentukan pada setiap parit konfigurasi *square*
2. Pengukuran resistansi tanah saat keadaan basah dilakukan setelah adanya hujan
3. Sebelum pengukuran resistansi tanah saat keadaan kering, tanah dibiarkan kering setelah 7 hari terjadinya hujan (setelah pengukuran keadaan basah), kemudian tanah dibiarkan mengering tanpa terkena hujan selama 7 hari berturut-turut. Namun, apabila tanah menjadi basah (terkena air hujan) maka pengukuran diulang selama 7 hari ke depan.
4. Alat ukur yang digunakan yakni earth tester Kyoritsu tipe 4105A dengan metode pengukuran tiga titik. Nilai resistansi diukur dalam satu waktu sebanyak 5 pengukuran agar nilai yang diperoleh bersifat akurat.
5. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, catat hasil ke dalam tabel hasil pengukuran guna mengetahui nilai resistansi yang diperoleh dari elektroda batang *square* dengan zat aditif.

Pengukuran dilakukan pada pukul 14.00 – 15.00 WIB dikarenakan dalam waktu itu panas sinar matahari sangat tinggi sehingga menyebabkan resistansi pentanahan mengalami kenaikan atau kondisi tanah ekstrem. Jika pada saat pengukuran keadaan basah tidak terjadi hujan, maka dapat dilakukan dengan menambahkan air berdasarkan debit air hujan di Kota Pekanbaru guna mempresentasikan kondisi hujan.

3.12 Hasil dan Kesimpulan

Beberapa hasil yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu nilai resistansi dan resistivitas pentanahan kondisi *existing* pada transformator distribusi PN-732 di PT. PLN (Persero) ULP Panam dengan melakukan pengukuran resistansi pentanahan kondisi *existing* untuk menentukan jenis tanah berdasarkan nilai resistivitas tanah. Kemudian pengaruh konfigurasi *square* pada nilai resistansi pentanahan transformator distribusi PN-732 saat keadaan basah dan kering dengan menganalisis pengaruh penggunaan elektroda konfigurasi *square* terhadap penurunan resistansi pentanahan pada kondisi basah dan kering. Lalu pengaruh penambahan arang kelapa dan garam pada sistem pentanahan konfigurasi *square*



terhadap resistansi pentanahan transformator distribusi PN-732 saat keadaan basah dan kering dengan melakukan analisis pengaruh dari perlakuan penambahan zat aditif dengan metode konfigurasi *square* pada sistem pentanahan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap pengaruh penambahan zat aditif berupa arang kelapa dan garam dengan konfigurasi *square* didapatkan beberapa hasil sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengukuran nilai resistansi pentanahan yang dilakukan secara langsung pada transformator PN-732 di halaman Fakultas Pertanian UNRI adalah sebesar 779Ω dengan nilai resistivitas tanah adalah $926,52 \Omega m$ yang diklasifikasikan kedalam jenis tanah pasir kerikil kering.
2. Nilai resistansi pentanahan transformator PN-732 pada kondisi basah dengan menggunakan konfigurasi *square* sebelum ditambahkan zat aditif mendapatkan nilai rata rata sebesar $198,6 \Omega$ dan setelah menggunakan zat aditif nilai resistansinya kembali menurun hingga menjadi 60Ω . Jika mengacu pada PUIL 2000, nilai resistansi ini masih belum sesuai dengan standar yakni sebesar 5Ω ($0 \leq 5 \Omega$). Hal ini disebabkan nilai resistivitas tanah yang tinggi. Namun menunjukan penurunan nilai resistansi pentanahan dengan persentase penurunan sebesar 74,5 % dan 92,2 %.
3. Nilai resistansi pentanahan transformator PN-732 pada kondisi kering dengan menggunakan konfigurasi *square* sebelum ditambahkan zat aditif mendapatkan nilai rata rata sebesar $321,8 \Omega$ dan setelah menggunakan zat aditif nilai resistansi menjadi $112,6 \Omega$. Jika mengacu pada standar PUIL 2000, nilai resistansi ii masih belum sesuai dengan standar yakni sebesar 5Ω ($0 \leq 5 \Omega$). Pada kondisi tanah kering, kemampuan zat aditif untuk mempertahankan nilai resistansi tetap rendah tidak sebaik pada kondisi basah, namun munjukan penurunan nilai resistansi yang cukup tinggi dengan persentase penurunan sebesar 58,6% dan 85,5 %.

5.2

Saran

Beberapa saran dari penelitian ini yaitu

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi bahan dan massa bahan pada setiap parit penelitiannya demi mendapatkan nilai resistansi yang sesuai dengan standar.



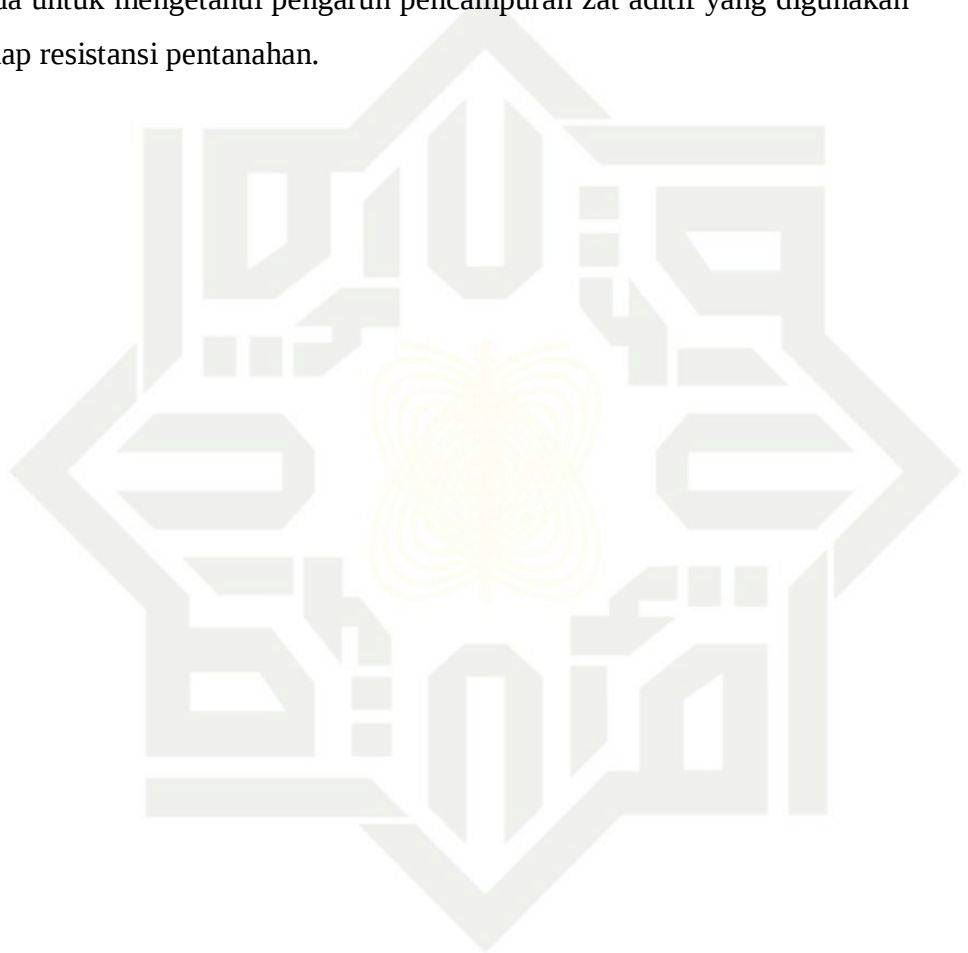
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran pH tanah terlebih dahulu untuk mendapatkan kecocokan dalam penentuan penggunaan zat aditif yang akan digunakan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian pada kondisi cuaca yang stabil sehingga pengukuran pada kondisi basah dan kering tidak memiliki rentang waktu yang cukup lama menghindari *margin error*.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk meneliti pada jenis tanah yang berbeda untuk mengetahui pengaruh pencampuran zat aditif yang digunakan terhadap resistansi pentanahan.



UIN SUSKA RIAU



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Endi Permata., “Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down Av05 Dengan Kapasitas 150 Kv Di Pt. Krakatau Daya Listrik,” *Sci. Total Environ.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 1–10, 2020.
- [2] J. Sosial, N. Taran, R. Sinambela, and U. K. Indonesia, “Diagnostik Dry Power Transformer Berusia di Atas 25 Tahun untuk Mengetahui Kondisi Terkini dan Rekomendasinya Corresponding : Nober Taran representatif kerusakan akibat thermal stress . signifikan , seiring dengan pertumbuhan industri dan perkembangan tek,” vol. 5, no. 5, pp. 1297–1306, 2025.
- [3] H. Yuliadi and S. Hardi, “Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Pada Elektroda Batang Dan Plat Untuk Perbaikan Nilai Resistansi Pembumian,” vol. 4, no. 1, pp. 68–74, 2021.
- [4] S. Mulya, “Evaluasi Peningkatan Resistensi Pertanahan pada Musim Kemarau,” vol. 5, pp. 1–4, 2020.
- [5] R. M. Fitri, “Analisis Gangguan pada Transformator Distribusi 20KV di PT Haleyora Power (Area Majalaya),” pp. 169–178, 2023.
- [6] R. Heriyansyah and M. I. Arsyad, “Analisa Penurunan Resistansi Pentanahan Menggunakan Arang Cangkang Sawit Dengan Elektroda Batang Dilokasi Jenis Tanah Liat dan Gambut.”
- [7] W. Meifiefta, “Soil Treatment Terhadap Tahanan Pentanahan dengan Abu Cangkang Sawit,” pp. 318–324, 2020.
- [8] P. Limbah, B. Fly, A. S. H. Sebagai, S. Treatment, and P. Sistem, “Pengaruh limbah batubara (,” pp. 233–240, 2016.
- [9] A. Bakar and Suharto, “Analisa Teknis-Ekonomis-Penambahan Larutan Garam Guna Memperkecil Nilai Resistivitas Tanah untuk Sistem Pentanahan pada Instalasi Listrik Tegangan Rendah,” *J. Vokasi*, vol. 15, no. 1, pp. 21–27, 2020.
- [10] A. Defri, “Analisis Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Magnesium Sulfat Terhadap Penurunan Resistansi Pentanahan,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2024.

HasCipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- [11] B. Hidayat, N. Nurdiana, and E. Emidiana, "Pengaruh Kelembaban Dan Kadar Garam Terhadap Nilai Pentanahan Tanah Orgosol," *J. Tekno*, vol. 19, no. 1, pp. 28–35, 2022.
- [12] H. Sutiawan *et al.*, "Studi pemanfaatan arang cangkang sawit untuk menurunkan resistansi pentanahan jenis elektroda plat berbentuk persegi 1,2,3)." *J. Tekno*, vol. 19, no. 1, pp. 28–35, 2022.
- [13] Z. Abidin, "Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan," Vol. 4, No. April, Pp. 11–16, 2017.
- [14] M. Rafli Ardiansyah, "Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi Dengan Zat Adiktif Pada Elektroda Batang Konfigurasi Square," 2024.
- [15] K. P. Sengar and K. Chandrasekaran, "Analysis of grounding system transient with consideration of soil ionization and mutual coupling effect," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, 2023.
- [16] Verry Dwi Andhika, Achmad Imam Agung., "Studi Tentang Efektivitas Beberapa Macam Zat Terhadap Nilai Resistansi Sistem Pentanahan (Grounding)" Pp. 501–510. 2020.
- [17] N. Dan, L. Pada, T. Distribusi, D. I. Pt, and P. A. Sorong, "Issn:2527-4724, eissn:2597-4467," *Anal. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transform. Distrib. Di Pt Pln Area Sorong*, vol. 4, pp. 1–10, 2018.
- [18] H. Yuliadi and S. Hardi, "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)," vol. 2, no. 2, 2022.
- [19] P. M. Rizki And D. E. Putra, "Pentanahan Arrester Terhadap Kinerja Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi 250 Kva Gardu Ba 005 Di Pt . Pln (Persero) Up3 Bengkulu," Vol. 5, No. 2, Pp. 48–59, 2020.
- [20] M. R. Fauzan, H. Zein, S. Saodah, and K. Kunci, "Desain Ulang Sistem Pentanahan untuk Proteksi Tegangan Lebih pada Array Ground Mounted Area di PLTS 1MW Cirata," pp. 283–290, 2023.
- [21] 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,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2018.

- [22] I. G. Kumara and R. N. Prasetyono, "Analisis Kelayakan Nilai Tahanan Pentanahan Jaringan Distribusi di PT . PLN (PERSERO) ULP Bumiayu," *J. Electron. Electr. Power Appl.*, pp. 16–21, 2021.
- [23] 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."
- [24] Y.K Raharja, "Analisis Perbaikan Pentanahan (Grounding) Guna Mencegah Kerusakan Peralatan Listrik pada Gardu Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Dukuh Kupang," *Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surabaya*, no. titik CD, Pp.12-26. 2021..
- [25] T. Juniardi, R. Gianto, and M. I. Arsyad, "Analisis Penggunaan Bentonit Gypsum Dan Garam Sebagai Zat Aditif Untuk Soil Treatment Pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 9, No 2, 2021.
- [26] N. D. Fadila, W. Rahmawati, and S. Suharyatun, "Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Kinerja Industri Kecil Arang Tempurung Kelapa Performance of Small Scale Coconut Charcoal Industry Based," 2023.
- [27] Hefri Yuliandi, S. Hardi, Rohana, "Perbandingan Penambahan Material Asbes Dan Gypsum Dengan Campuran NaCl Dan Arang Untuk Mereduksi Resistansi Pentanahan (Aplikasi: Balai Besar Pengembangan Penjamin Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Listrik Medan)," *Jurnal Teknik Elektro.*, Vol. 02 No. 2, 2022.



LAMPIRAN A

Pewawancara : Raja Adhitia Molli
Program Studi : Teknik Elektro
Universitas : UIN Sultan Syarif Kasim Riua
Narasumber : Yadi Shuandi (Kepala Teknik PT. PLN (Persero) ULP Panam

Penulis melakukan wawancara secara langsung dengan salah satu Karyawan PT. PLN (Persero) ULP Panam terkait upaya mengatasi nilai resistansi pentanahan diatas standar PUIL 2000.

Raja : Selamat siang, Pak. Perkenalkan nama saya Raja Adhitia Molli biasa dipanggil raja mahasiswa Teknik elektro, UIN SUSKA Riau, pak. Izin pak, apa boleh saya minta waktu bapak sebentar ?

Yadi : Selamat siang Raja, iya boleh Raja

Raja : Terima Kasih, Pak. Pertanyaan pertama, apa penyebab utama nilai resistansi pentanahan tidak sesuai standar dan bagaimana tindakan PLN dalam mengatasinya ?

Yadi : Baik. Penyebab nilai pentanahan tidak sesuai standar dan bermasalah itu ada banyak faktor, diantaranya hilangnya elektroda pentanahan, korosi pada elektroda, serta kondisi jenis tanah yang memiliki tahanan jenis tinggi. Untuk tindakan penanganannya, PLN biasanya menambahkan jumlah elektroda pentanahan atau mengganti elektroda dengan ukuran yang lebih panjang agar dapat menjangkau lapisan tanah dengan kelembaban yang lebih tinggi sehingga nilai resistansi bisa menurun.

Raja : Apakah solusi tersebut cukup efektif untuk mereduksi resistansi pentanahan yang tinggi? dan apakah mampu mempertahankan nilai resistansi pentanahan agar tetap rendah?

Yadi : Tindakan tersebut cukup efektif dalam menurunkan resistansi pentanahan pada tahap awal. Namun, untuk menjaga kestabilan nilai resistansi dalam jangka panjang masih menjadi tantangan, terutama pada area dengan kondisi tanah yang kurang mendukung, seperti berbatu atau berpasir kering

Raja : Baik pak. Selanjutnya, sistem pentanahan seperti apa yang saat ini digunakan oleh PLN ULP Panam saat ini pak?



Yadi :

Untuk saat ini sistem pentanahan yang digunakan di PLN ULP Panam umumnya menggunakan jenis elektroda batang tunggal (*single rod grounding system*). Sistem ini relatif sederhana dan mudah diaplikasikan, namun efektifitasnya sangat bergantung pada kondisi tanah dilokasi tersebut.

Raja :

Berdasarkan pengamatan Bapak, transformator distribusi mana di wilayah ULP Panam yang memiliki nilai resistansi pentanahan tinggi ?

Yadi :

Berdasarkan data lapangan, terdapat beberapa transformator distribusi dengan nilai resistansi yang cukup tinggi. Salah satunya transformator PN-732, karena lokasi tersebut memiliki jenis tanah yang cenderung kerikil kering, sehingga memiliki nilai tahanan jenis tanah yang tinggi. Kondisi tersebut membuat sistem pentanahan kurang optimal tanpa adanya perlakuan tambahan terhadap tanah. Selain itu, transformator PN-732 pernah mengalami kerusakan akibat disambar petir dan terbakar, sehingga dilakukan penggantian unit baru pada tahun 2023. Kejadian tersebut juga mengindikasikan bahwa sistem pentanahan sebelumnya belum mampu meredam arus petir dengan baik.

Raja :

Baik pak, Apakah sejauh ini PLN telah melakukan metode lain selain penambahan jumlah elektroda untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan ?

Yadi :

Untuk saat ini, tindakan yang dilakukan masih terbatas pada penambahan atau penggantian elektroda pentanahan. Penggunaan bahan aditif atau metode *soil treatment* untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan belum diterapkan secara umum dilingkungan PLN ULP Panam, meskipun metode tersebut berpotensi meningkatkan efektifitas sistem pentanahan di area dengan tahanan jenis tanah tinggi.

Raja :

Baik, Pak. Berdasarkan penjelasan Bapak berarti lokasi transformator PN-732 berpotensi menjadi rekomendasi yang tepat untuk dilakukannya penelitian terkait perbaikan sistem pentanahan, karena memiliki nilai resistansi tinggi dan karakteristik tanah yang kurang mendukung.

Yadi :

Betul sekali. Transformator PN-732 bisa dijadikan lokasi penelitian yang relevan, terutama untuk menguji efektifitas metode baru seperti *soil treatment* atau penggunaan bahan aditif dalam menurunkan resistansi pentanahan.

Raja :

Baik pak terimakasih atas waktu dan penjelasan yang telah bapak berikan.

Yudi :

Sama sama raja

Narasumber

Yadi Shuandi

Pewawancara

Raja Adhitia Molli

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





LAMPIRAN B

a. Perhitungan persentase penurunan resistansi pentanahan

- Perhitungan persentasi pada keadaan basah dengan menggunakan batang elektroda konfigurasi *square*

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{779 - 198,6}{779} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 74,5\%$$

- Perhitungan persentasi pada keadaan basah dengan menambahkan zat aditif dan batang elektroda konfigurasi *square*

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{779 - 60}{779} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 92,2\%$$

- Perhitungan persentasi pada keadaan kering dengan menggunakan batang elektroda konfigurasi *square*

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{779 - 321,8}{779} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 58,6\%$$

- Perhitungan persentasi pada keadaan kering dengan menambahkan zat aditif dan batang elektroda konfigurasi *square*

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{779 - 112,6}{779} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 85,5\%$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Raja Adhitia Molli, lahir di Air Molek pada tanggal 13 Desember 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Raja Mulyadi dan Gusnelita. Ketika tahun 2009 penulis masuk pendidikan dasar di SDN 004 Candirejo. Kemudian lulus pada tahun 2015, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Pasir Penyu dan lulus pada 2018. Selanjutnya penulis meneruskan pendidikan di SMAN 1 Pasir Penyu dan lulus pada tahun 2021.

Ditahun 2022, penulis berhasil menjadi mahasiswa di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultas Syarif Kasim Riau.

Berkat hambat dan karunia Allah SWT, ketekunan serta rasa motivasi yang tinggi untuk terus berusaha dan belajar, Alhamdulillah penulis berhasil menyelesaikan perkuliahan dengan tepat waktu dengan predikat Cumlaude.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT atas rahmat, Kesehatan, rezeki, kelimpahan berkah dan karunia-Nya Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Konfigurasi Square”** dapat terselesaikan.

Nomor Telepon

: 082386663409

Email

: 12250514683@students.uin-suska.ac.id

Judul Tugas Akhir

: “Pengaruh Pencampuran Zat Aditif Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Dengan Kongirulasi *Square*”

UIN SUSKA RIAU