



REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN BATANG TUNGGAL MENGUNAKAN KOMBINASI ZAT ADITIF BENTONIT, *GYP SUM*, DAN GARAM

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

TUGAS AKHIR

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

ADRINA DZAHABIYYAH

12250520983

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2026

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim 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.



LEMBAR PERSETUJUAN

**REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN BATANG TUNGGAL
MENGUNAKAN KOMBINASI ZAT ADITIF
BENTONIT, GYPSUM, DAN GARAM**

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

TUGAS AKHIR

Oleh :

ADRINA DZAHABIYYAH
12250520983

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

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Pembimbing

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

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

© Hak Cipta milik 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 mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR PENGESAHAN

REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN BATANG TUNGGAL MENGUNAKAN KOMBINASI ZAT ADITIF BENTONIT, GYPSUM, DAN GARAM

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

TUGAS AKHIR

Oleh :

ADRINA DZAHABIYYAH
12250520983

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

Ketua Program Studi Teknik Elektro

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

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. Hj. Zulfatri Aini, ST, MT
- Anggota II** : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian 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 Lindungi Negeri-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 PERNYATAAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Hal/Cita NIM Tempat/Tgl. Lahir Program Studi Fakultas Judul Tugas Akhir
2. 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. Dilarang tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

nama yang betanda tangan dibawah ini :

: Adrina Dzahabiyah
 : 12250520983
 : Pekanbaru / 19 November 2003
 : Teknik Elektro
 : Sains dan Teknologi
 :

**REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN BATANG TUNGGAL
 MENGGUNAKAN KOMBINASI ZAT ADITIF
 BENTONIT, GYPSUM, DAN GARAM**

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

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Artikel dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada Karya Tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Artikel saya ini sah, saya nyatakan bebas dari plagiasi.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam Artikel saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

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

Pekanbaru, 05 Maret 2025
 Yang membuat pernyataan,



Adrina Dzahabiyah
 NIM. 12250520983



HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai teladan bagi umat manusia.

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

Perjalanan ini bukanlah perjalanan yang mudah. Ada langkah yang terasa berat, ada waktu yang dipenuhi keraguan, dan ada hari-hari yang dipenuhi kelelahan. Namun di balik semua itu, selalu ada doa yang menguatkan, cinta yang menenangkan, dan harapan yang tidak pernah padam.

Dengan penuh rasa syukur dan cinta, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda Dhony Masrul dan ibunda Srimadona. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti diberikan kepada penulis. Setiap perjuangan dan keringat yang ayah dan ibu curahkan menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus melangkah hingga mencapai titik ini.

Skripsi ini mungkin hanyalah sebuah karya sederhana, namun di dalamnya terdapat doa, harapan, dan cinta dari ayah dan ibu. Semoga pencapaian kecil ini dapat menjadi langkah awal untuk membahagiakan dan membanggakan ayah dan ibu.

Untuk ayah dan ibu tercinta, karya sederhana ini penulis persembahkan sebagai wujud cinta, rasa terima kasih, dan bakti atas setiap doa, pengorbanan, dan kasih sayang yang selalu menguatkan langkah penulis hingga sampai pada titik ini.

Adrina dzahabiyah

05 Maret 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.



REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN BATANG TUNGGAL MENGUNAKAN KOMBINASI ZAT ADITIF BENTONIT, *GYP SUM*, DAN GARAM

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

ADRINA DZAHABIYYAH

12250520983

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

Nilai resistansi pentanahan yang tinggi dapat menurunkan tingkat keamanan sistem tenaga listrik karena arus gangguan tidak dapat dialirkan ke tanah secara optimal. Pada tahun 2023, transformator distribusi PN-732 mengalami kerusakan akibat sambaran petir yang menyebabkan gangguan pasokan listrik serta mengganggu aktivitas perkuliahan di Fakultas Pertanian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pentanahan pada transformator distribusi PN-732 belum bekerja secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas tanah serta menganalisis perubahan nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penerapan *soil treatment* menggunakan kombinasi zat aditif bentonit, *gypsum*, dan garam dengan elektoda batang tunggal. Metode penelitian dilakukan dengan empat parit pengujian dengan kedalaman 1 meter, diameter 20 cm, dan jarak antarparit 2 meter. Pengujian dilakukan kondisi basah dan kondisi kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zat aditif mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan secara signifikan. Pada kondisi tanah basah, nilai resistansi setelah *soil treatment* menurun menjadi 77,6 Ω–85,6 Ω dibandingkan nilai awal sebesar 539,6 Ω. Pada kondisi tanah kering, nilai resistansi menurun dari 780,6 Ω menjadi 113,6 Ω–130,4 Ω. Persentase penurunan terbesar terjadi pada Parit 2 dengan penurunan lebih dari 85%, sedangkan Parit 3 menunjukkan nilai resistansi tertinggi di antara parit yang diberi perlakuan.

Kata kunci: resistansi pentanahan, *soil treatment*, elektroda batang, sistem pentanahan.



REDUCING THE RESISTANCE OF SINGLE ROD GROUNDING USING A COMBINATION OF BENTONITE, GYPSUM, AND SALT ADDITIVES

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

ADRINA DZAHABIYYAH

12250520983

Hearing Date: 5 March 2026

Program of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

UIN Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas KM 15 No. 155, Pekanbaru

ABSTRACT

High grounding resistance can reduce the safety of electrical power systems because fault currents cannot be properly dissipated into the ground. In 2023, the PN-732 distribution transformer experienced damage due to a lightning strike, which caused power supply disruptions and interfered with academic activities at the Faculty of Agriculture. This condition indicates that the grounding system of the PN-732 distribution transformer has not been operating optimally. This study aims to determine the soil resistivity value and analyze the changes in grounding resistance before and after the implementation of soil treatment using a combination of bentonite, gypsum, and salt additives with single rod electrode. The research method was carried out using four test trenches with a depth of 1 meter, a diameter of 20 cm, and a distance of 2 meters between trenches. The measurements were conducted under wet and dry soil conditions. The results show that the addition of these additives significantly reduced the grounding resistance value. Under wet soil conditions, the resistance value after soil treatment decreased to 77.6 Ω –85.6 Ω compared to the initial value of 539.6 Ω . Under dry soil conditions, the resistance decreased from 780.6 Ω to 113.6 Ω –130.4 Ω . The largest percentage reduction occurred in Trench 2 with a decrease of more than 85%, while Trench 3 showed the highest resistance value among the treated trenches.

Keywords: *grounding resistance, soil treatment, rod electrode, grounding system.*



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 **“Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, Gypsum, dan Garam (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 ayahanda tercinta Dhony Masrul, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas doa yang tak pernah terputus, pengorbanan yang tulus, kepercayaan yang diberikan, serta nasihat-nasihat berharga yang senantiasa menjadi pegangan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Kepada ibunda tercinta Srimadona, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam atas limpahan doa, kasih sayang, motivasi, dan semangat yang selalu menguatkan penulis dalam setiap proses penyusunan Tugas Akhir ini.
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 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Aulia Ullah, S.T., M.T. selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi 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.

8. Ibu DR. Liliana, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing, yang telah dengan penuh kesabaran meluangkan waktu, tenaga, dan pemikirannya dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga, sehingga penulis memperoleh pemahaman yang lebih baik dan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
9. Ibu DR. Fitri Amilia, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Berkat perhatian, nasihat, dan dukungan yang diberikan, penulis dapat menjalani proses perkuliahan dengan baik hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Diri saya sendiri, penulis mengapresiasi diri sendiri yang telah sudah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan 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, Maret 2026

Penulis

ADRINA DZAHABIYYAH
NIM. 12250520983



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-6
1.3 Tujuan Penelitian	I-6
1.4 Batasan Masalah	I-7
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Penelitian Terkait	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-3
2.2.1 Pengertian Transformator Distribusi.....	II-3
2.2.2 Prinsip-Prinsip Kerja Transformator Distribusi	II-3
2.2.3 Sistem Pentanahan Transformator	II-4
2.2.4 Elektroda Pentanahan.....	II-4
2.2.5 Faktor Mempengaruhi Sistem Pentanahan	II-6
2.2.6 Zat Aditif.....	II-7
2.2.7 <i>Soil Treatment</i>	II-8
2.2.8 Volume dan Massa Bahan <i>Soil Treatment</i>	II-8
2.2.9 Metode Pengukuran Sistem Pentanahan	II-9
BAB III METODE PENELITIAN.....	III-1

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.



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
3.5.1	Rumusan Masalah.....	III-3
3.5.2	Tujuan Penelitian	III-4
3.5.3	Judul Penelitian	III-4
3.6	Pengumpulan Data.....	III-4
3.7	Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Transformator PN-732.....	III-5
3.8	Perhitungan Nilai Resistivitas Tahanan Jenis Tanah	III-6
3.10	Pembuatan 4 Parit Penelitian.....	III-6
3.11	Penambahan dan Variasi Zat Aditif Bentonit, <i>Gypsum</i> , dan Garam.....	III-7
3.12	Pengukuran Resistansi Tanpa Zat Aditif dan Sesudah <i>Soil Treatment</i> Ketika Kondisi Basah	III-10
3.13	Pengukuran Resistansi Tanpa Zat Aditif dan Sesudah <i>Soil Treatment</i> Penambahan bentonit, <i>gypsum</i> , dan garam Ketika Kondisi Kering.....	III-10
3.14	Perbandingan Resistansi Pentanahan dengan Elektroda Batang Sesudah dan Sebelum <i>Soil Treatment</i> Ketika Kondisi Basah dan Kering	III-11
3.15	Perbandingan Resistansi Pentanahan dan Menentukan Resistansi Pentanahan Terbaik dari Variasi Komposisi Zat Aditif Terhadap 3 Parit Penelitian.....	III-11
3.16	Hasil dan Analisa Penelitian.....	III-12
3.17	Kesimpulan dan Saran	III-12
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		IV-1
4.1	Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan dan Perhitungan Resistivitas Pentanahan Pada Transformator PN-732	IV-1
4.2	Nilai Resistansi Pentanahan Transformator PN-732 Sebelum dan Sesudah Zat Aditif Menggunakan Elektroda Batang Tunggal Kondisi Basah.....	IV-4
4.2.1	Hasil Pengukuran Resistansi Tanpa Zat Aditif Ketika Kondisi Basah	IV-4
4.2.2	Hasil Pengukuran Resistansi Setelah Penambahan Zat Aditif Bentonit, <i>Gypsum</i> , dan Garam Ketika Kondisi Basah.....	IV-7

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.



4.3	Nilai Resistansi Pentanahan Transformator PN-732 Sebelum dan Sesudah Zat aditif Menggunakan Elektroda Batang Tunggal Kondisi kering	IV-1914
4.3.1	Hasil Pengukuran Resistansi Sebelum <i>Soil Treatment</i> Penambahan Bentonit, <i>Gypsum</i> , dan Garam Ketika Kondisi Kering.	IV-15
4.3.2	Pengukuran Resistansi Setelah <i>Soil Treatment</i> Penambahan Bentonit, <i>Gypsum</i> , dan Garam Ketika Kondisi Kering	IV-16
4.4	Perbandingan Resistansi Pentanahan dengan Elektroda Batang Sesudah dan Sebelum <i>Soil Treatment</i> Ketika Kondisi Basah dan Kering	IV-19
4.5	Perbandingan Resistansi Pentanahan dan Menentukan Resistansi Pentanahan Terbaik dari Variasi Komposisi Zat Aditif Terhadap 3 Parit Penelitian.....	IV-23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- 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 GAMBAR

Gambar

Halaman

2.1	Konsep Transformator [18]	II-3
2.2	Elektroda Batang [19].....	II-4
2.3	Elektroda Batang Pita [19].....	II-5
2.4	Elektroda Batang Plat[19]	II-6
2.5	Skema pengukuran pentanahan Metode Tiga Titik	II-10
3.1	Flowchart	III-2
3.2	Skema 3 Parit Penelitian	III-7
3.3	Parit Setelah Diberikan Komposisi Zat Aditif.....	III-9
3.4	Skema Pengukuran Pentanahan	III-9
4.1	Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan.....	IV-2
4.2	Kondisi Tanah di Transformator PN-732	IV-3
4.3	Pengukuran Resistansi Pentanahan Kondisi Basah Sebelum <i>Soil Treatment</i>	IV-6
4.4	Parit Penelitian Untuk Penanaman Batang Eektroda	IV-7
4.5	Jarak Antara Parit Penelitian	IV-8
4.6	Ketiga Bahan Zat Aditif	IV-10
4.7	Pencampuran dan Penambahan Zat Aditif ke 3 Parit	IV-11
4.8	Hasil Setelah Penanaman Elektroda dan Penambahan Zat Aditif.....	IV-11
4.9	Proses Pengukuran Menggunakan Metode Tiga Titik.....	IV-12
4.10	Hasil Pengukuran Resistansi Setelah Penambahan Zat Aditif Ketika Kondisi Basah	IV-13
4.11	Hasil Pengukuran Tanpa Zat Aditif.....	IV-15
4.12	Hasil Pengukuran Setelah <i>Soil Treatment</i> Kondisi Kering.....	IV-17

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

3.1 Data Sekunder dari PT. PLN (Persero) ULP Panam	III-4
3.2 Komposisi Zat Aditif	III-8
4.1 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan pada Trafo PN-732	IV-2
4.2 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Tanpa Zat Aditif Kondisi Basah	IV-6
4.3 Volume dan massa bahan	IV-9
4.4 Hasil Pengukuran Resistansi Setelah Penambahan Zat Aditif Bentonit, <i>Gypsum</i> , dan Garam Ketika Kondisi Basah	IV-13
4.5 Persentase Penurunan Resistansi Pentanahan Dari Sebelum ke Sesudah <i>Soil Treatment</i> Kondisi Kering	IV-14
4.6 Hasil Pengukuran Tanpa Zat aditif	IV-16
4.7 Hasil Pengukuran Setelah <i>Soil Treatment</i> Kondisi Kering.....	IV-17
4.8 Persentase Penurunan Resistansi Pentanahan Dari Sebelum dan Sesudah <i>Soil Treatment</i> Kondisi Kering	IV-18
4.9 Perbandingan Hasil Pengukuran Sebelum dan Sesudah <i>Soil Treatment</i>	IV-19
4.10 Persentase Penurunan Resistansi Pentanahan Transformator PN-732	IV-21
4.11 Persentase Peningkatan Resistansi Pentanahan Kondisi Kering dengan Basah Setelah <i>Soil Treatment</i>	IV-22
4.12 Perbandingan Resistansi Pentanahan PN-732 Sebelum dan Sesudah <i>Soil Treatment</i>	IV-23

23

- 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 RUMUS

Rumus

- 2.1 Resistansi Pentanahan
- 2.2 Resistivitas Jenis Tanah
- 2.3 Volume Tabung
- 2.4 Massa Bahan
- 2.5 Massa Jenis
- 2.6 Persentase Laju Penurunan Resistansi Pentanahan

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.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik menjadi kebutuhan utama manusia untuk mendukung aktivitas kehidupan sehari-hari. Untuk menyalurkan energi listrik tersebut, dibutuhkan jaringan transmisi serta gardu distribusi. Transformator daya menjadi salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik karena berfungsi untuk mengubah *level* tegangan dari tinggi ke rendah. Komponen ini memiliki peran penting di gardu induk sebagai elemen utama dalam menyalurkan energi listrik kepada konsumen pada beberapa *level* tegangan, baik tinggi, menengah, maupun rendah [1].

Transformator distribusi berperan penting dalam penyaluran energi listrik, namun sering mengalami gangguan akibat kegagalan isolasi maupun faktor eksternal, seperti sambaran petir dan kesalahan manusia. Kondisi tersebut dapat memicu kebocoran arus atau tegangan lebih yang berpotensi merusak peralatan, serta dapat terhentinya penyaluran listrik ke konsumen, dan dapat menimbulkan kerugian bagi masyarakat maupun Perusahaan. Salah satu penyebab utama kerusakan transformator adalah sistem proteksi yang buruk[2].

Salah satu sistem proteksi yang berperan penting menjaga keselamatan dan keandalan instalasi listrik adalah sistem pentanahan (*grounding*) [3]. Sistem pentanahan (*grounding system*) merupakan bagian dari instalasi listrik yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan secara aman ke tanah [4]. Sistem pentanahan berperan dalam memberikan perlindungan terhadap peralatan listrik, kerusakan pada transformator, dan keselamatan pengguna dari resiko yang ditimbulkan oleh arus bocor maupun sambaran petir [5]. Jika sistem pentanahan buruk yang tidak sesuai standar, dalam kondisi tersebut arus gangguan maupun tegangan lebih tidak dapat tersalurkan dengan baik ke tanah sehingga lonjakan arus mengalir masuk ke dalam trafo. Akibatnya, *arrester* tidak dapat bekerja secara optimal, isolasi trafo mengalami kerusakan, dan berpotensi memicu hubung singkat hingga kebakaran [2].

Sistem pentanahan yang efektif ditandai dengan resistansi pentanahan yang rendah. Berdasarkan standar PUIL 2011, nilai resistansi pentanahan yang disarankan adalah kurang dari 5ohm (Ω) atau paling baik mendekati nol [3][6]. Artinya, semakin rendah nilai resistansi pentanahan, maka kinerja sistem proteksi *grounding* akan semakin optimal sehingga



kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin baik [3]. Begitu Sebaliknya nilai resistansi pentanahan yang buruk adalah pentanahan bernilai tinggi atau melebihi batas standar.

Tingginya resistansi pentanahan disebabkan oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, komposisi tanah, suhu (*temperature*), tingkat kelembapan, serta kandungan unsur kimia didalam tanah, dimensi elektroda yang digunakan, dan kedalaman pemasangan elektroda [7]. Resistansi tanah yang sangat tinggi, terdapat pada struktur tanah yang memiliki kandungan air rendah, kondisi tanah kering, berbatu atau berpasir. kondisi tersebut membatasi kedalaman pemasangan elektroda, sehingga menyebabkan nilai resistansi pentanahan cenderung tinggi [8].

Dampak dari nilai resistansi pentanahan terlalu tinggi adalah sistem tidak dapat berfungsi secara maksimal dalam mengalirkan tegangan gangguan, seperti arus akibat sambaran petir yang tidak dapat mengalirkan arus gangguan ke tanah secara cepat dan aman. Kondisi ini dapat menyebabkan energi gangguan tetap berada dalam instalasi listrik, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan peralatan elektronik, kegagalan operasional sistem, serta meningkatkan risiko kebakaran atau sengatan listrik bagi pengguna [9].

Salah satu metode yang efisien digunakan untuk mengurangi nilai resistansi pentanahan yang tinggi adalah dengan memberi perlakuan khusus pada tanah (*soil treatment*) [10]. Selain itu diameter dan kedalaman elektroda batang merupakan parameter krusial yang memengaruhi besar kecilnya resistansi pentanahan. Peningkatan diameter elektroda berkontribusi terhadap penurunan resistansi, karena memperluas bidang kontak antara elektroda dan tanah, sehingga menurunkan hambatan aliran arus listrik ke tanah. Di samping itu, kedalaman penanaman elektroda juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap efektivitas sistem pentanahan. Semakin dalam penanaman elektroda, semakin rendah nilai resistansi pentanahan yang diperoleh. Hal itu disebabkan oleh meningkatnya luas permukaan elektroda yang bersentuhan dengan lapisan tanah yang memiliki tingkat kelembapan dan konduktivitas yang lebih baik, sehingga meningkatkan efisiensi pelepasan arus gangguan ke tanah [11].

Soil treatment merupakan metode rekayasa tanah yang dilakukan dengan cara mengubah komposisi kimia tanah melalui penambahan zat aditif tertentu. Tujuan utama dari perlakuan ini adalah untuk meningkatkan efektivitas sistem pentanahan, sehingga mampu memberikan perlindungan yang optimal terhadap gangguan listrik maupun sambaran petir. Upaya ini bertujuan untuk menurunkan nilai resistansi tanah, yang secara langsung berdampak pada peningkatan kinerja sistem pentanahan [8]. Bahan kimia yang umum

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



digunakan dalam proses ini meliputi bentonit, garam, *gypsum*, dan arang yang masing-masing memiliki karakteristik khusus dalam memperbaiki konduktivitas tanah [8][12].

Bentonit merupakan mineral hasil pelapukan alami abu vulkanik yang mengandung sekitar 85% *montmorillonit*, serta mineral lain seperti *feldspar*, *dolomit*, *kalsit*, dan *kuarsa*. Memiliki pH sekitar 10,5, bentonit bersifat sangat basa, yang berperan dalam menjaga ketersediaan fosfor di dalam tanah tanpa menyebabkan korosi, sehingga kesuburan tanah tetap terjaga. Dalam penelitian ini, penggunaan bentonit sebagai bahan aditif pada sistem pentanahan terbukti mampu menurunkan resistansi tanah hingga 54% [3][10].

Selain dengan bentonit penurunan resistansi petanahan dengan menambahkan *gypsum* dan Asbes, dapat disimpulkan bahwa zat aditif *gypsum* menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan dibandingkan Asbes. Penurunan resistansi tanah yang dicapai dengan penggunaan Asbes adalah sebesar 69,40%, sedangkan *gypsum* mampu menurunkan resistansi hingga 73,64%. Dengan demikian, secara persentase, *gypsum* lebih efektif dibandingkan Asbes dalam meningkatkan konduktivitas tanah dan menurunkan resistansi pentanahan dan memiliki ketahanan yang lebih lama [7].

Penelitian lain dengan *soil treatment* untuk meningkatkan kinerja sistem pentanahan dengan menerapkan dua metode utama, yaitu penambahan batang elektroda dan pemberian bahan aditif ke dalam tanah di sekitar elektroda. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan berupa bentonit, *gypsum*, dan garam secara signifikan menurunkan resistansi pentanahan. Nilai resistansi awal sebesar 50,9 Ω berhasil diturunkan setelah perlakuan, dengan komposisi paling efektif yaitu 30% bentonit, 30% *gypsum*, dan 10% garam. Komposisi ini menurunkan resistansi hingga 9,09 Ω setelah 10 hari, dengan laju penurunan mencapai 82,14%[8].

Selain itu, penelitian dengan melakukan kombinasi zat adiktif atau *soil treatment* menggunakan bahan aditif berupa bentonit, arang kelapa, dan garam secara signifikan mampu menurunkan resistansi tanah dari 35,8 Ω menjadi 2,86 Ω , sehingga telah memenuhi standar PUIL 2011 yang mensyaratkan nilai resistansi di bawah 5 Ω . Temuan ini memperkuat hasil-hasil penelitian sebelumnya yang membuktikan efektivitas penggunaan zat aditif dalam meningkatkan konduktivitas tanah. Selain itu, hasil ini juga sejalan dengan berbagai studi serupa yang telah menguji peran *soil treatment* dalam menurunkan resistansi tanah pada berbagai kondisi dan jenis tanah [13].

Penyaluran listrik di kota pekanbaru, sebagaimana di wilayah lain di Indonesia dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang merupakan penyedia listrik terbesar di indonesia. Salah satu unit kerjanya, yaitu PT PLN (Persero) cabang Pekanbaru ULP Panam,



adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) bertugas untuk memberikan pelayanan kelistrikan kepada masyarakat sebagai bagian dari fungsi pelayanan publik [14]. PT PLN ULP Panam merupakan unit perusahaan yang berfokus pada pelayanan kelistrikan di wilayah Panam yang sumber listrik dari PLTA Koto Panjang, PLTA Kampar, dan PLTU Tenayan Raya secara interkoneksi yang meliputi sumatera bagian tengah.

Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panam memiliki total 876 transformator distribusi, dengan 870 unit dalam kondisi beroperasi (*on*) dan 6 unit dalam kondisi tidak beroperasi (*off*). Salah satu transformator yang berada di bawah pengelolaan ULP Panam adalah transformator PN-732 yang berlokasi di halaman Fakultas Pertanian Universitas Riau. Transformator ini berfungsi menyalurkan energi listrik untuk kebutuhan operasional Fakultas Pertanian dengan kapasitas 250 kVA.

Transformator PN-732 merupakan salah satu transformator distribusi yang terpasang di Universitas Riau (UNRI) sejak awal 2000-an. Sebelum dipasang transformator di tiap fakultas, seluruh kebutuhan listrik kampus hanya bergantung pada satu trafo utama di sekitar Rektorat dan Fakultas MIPA. Seiring meningkatnya penggunaan listrik dan peralatan elektronik, trafo utama tidak lagi mampu menanggung beban sehingga PLN ULP Panam bersama pihak kampus memasang trafo distribusi terpisah di setiap fakultas untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan.

Pada tahun 2023, transformator PN-732 mengalami kerusakan akibat sambaran petir, yang menyebabkan gangguan pasokan listrik dan mengganggu aktivitas perkuliahan di Fakultas Pertanian. Berdasarkan hasil inspeksi jaringan PLN ULP Panam pada Maret 2025, diketahui bahwa nilai resistansi pentanahan transformator PN-732 mencapai 999 Ω , yang tergolong sangat tinggi dan tidak memenuhi standar PUIL 2011 yang mensyaratkan nilai maksimum $\leq 5 \Omega$.

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, PLN ULP Panam telah melaksanakan upaya perbaikan guna menurunkan nilai resistansi pentanahan yang tinggi dengan menerapkan penggunaan elektroda batang pada sistem pentanahan. Namun, upaya tersebut belum mampu mempertahankan nilai resistansi agar tetap rendah secara konsisten, karena hasil perbaikan yang diperoleh hanya bersifat sementara dan nilai resistansi masih berada di atas standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan penanganan lebih lanjut terhadap sistem pentanahan transformator PN-732 guna menurunkan nilai resistansi pentanahan sehingga nilai pentanahan dapat mendekati standar yang telah ditetapkan dalam PUIL 2011 pada tanah yang memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi.



Salah satu metode yang bisa menurunkan resistansi pentanahan yang tinggi dan hingga kini belum diterapkan oleh PLN ULP Panam adalah metode *soil treatment* dengan kombinasi zat aditif. Dalam penelitian ini menerapkan metode tersebut pada transformator distribusi PN-732 dengan kombinasi bahan berupa bentonit, *gypsum* dan garam, serta menggunakan elektroda batang tunggal. Sistem pentanahan yang diterapkan pada transformator ini berupa elektroda batang tunggal karena mudah diterapkan dan sesuai yang digunakan oleh PLN, tidak memerlukan lahan luas, dan lebih ekonomis dibandingkan jenis elektroda lainnya. Penelitian ini dikembangkan berdasarkan sejumlah penelitian sebelumnya dengan tujuan menurunkan nilai resistansi pentanahan yang masih jauh dari standar yang ditetapkan. Kombinasi ini juga dinilai tahan lama karena bentonit mampu menyerap dan menahan air dalam waktu lama, sementara *gypsum* memiliki kelarutan rendah dan stabil terhadap degradasi lingkungan. Garam sebagai *elektrolit* juga membantu meningkatkan konduktivitas tanpa menyebabkan korosi signifikan [7][8]. Dalam penelitian sebelumnya, ketiga bahan *soil treatment* tersebut telah terbukti dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistansi pada sistem pentanahan yang tinggi.

Penelitian ini dilaksanakan dengan menerapkan perlakuan khusus pada tanah (*soil treatment*) melalui penambahan bahan aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam dengan variasi komposisi tertentu pada sistem elektroda batang tunggal. Sebanyak empat parit (lubang uji) disiapkan sebagai variabel penelitian, masing-masing memiliki diameter 20 cm dan kedalaman 1 meter, serta jarak antarparit 2 meter. Setiap parit diberi label Parit 1, Parit 2, Parit 3, dan Parit 4. Parit 1 digunakan sebagai parit penelitian tanpa penambahan zat aditif, sedangkan Parit 2, Parit 3, dan Parit 4 diberi perlakuan penambahan zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam sesuai dengan variasi komposisi yang telah ditetapkan. Penggunaan satu parit tanpa zat aditif dan tiga parit dengan zat aditif bertujuan untuk menganalisis perbedaan dan efektivitas penurunan resistansi pentanahan antara kondisi tanah alami dan tanah yang telah diberi perlakuan *soil treatment*. [15]. Tiap lubang diisi campuran bahan aditif berdasarkan komposisi yang telah ditentukan [8]. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk menentukan kombinasi bahan aditif yang paling efektif dalam menurunkan nilai resistansi pentanahan.

Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan pada dua kondisi, yaitu saat tanah dalam keadaan basah dan kering. Pengujian pada kondisi basah dilakukan segera setelah hujan turun untuk mendapatkan nilai resistansi tanah yang paling optimal. Sebaliknya, pengukuran dalam keadaan kering dilaksanakan setelah tanah dibiarkan dalam waktu tertentu tanpa



terkena hujan, guna merepresentasikan kondisi terburuk. Apabila hujan terjadi selama proses pengukuran, maka pengujian ditunda selama tujuh hari agar kondisi tanah kembali stabil. Pengukuran dilakukan menggunakan metode dua titik dengan alat bantu *earth tester*. Setiap titik diukur sebanyak tiga hingga lima kali untuk meningkatkan akurasi dan validitas data yang diperoleh [4].

Berdasarkan uraian permasalahan dan penjelasan yang telah dipaparkan sebelumnya, penulis bermaksud untuk melaksanakan penelitian dengan judul **“Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, Gypsum, dan Garam (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa nilai resistivitas tanah di transformator PN-732 pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panam?
2. Berapa nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal pada transformator PN-732 sebelum dan sesudah penambahan zat aditif pada kondisi tanah basah?
3. Berapa nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal pada transformator PN-732 sebelum dan sesudah penambahan zat aditif pada kondisi tanah kering?
4. Bagaimana perbandingan resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam menggunakan elektroda batang tunggal?
5. Bagaimanakah perbandingan hasil pengukuran resistansi pentanahan pada tiga parit penelitian dengan variasi komposisi bentonit, *gypsum*, dan garam untuk menentukan kombinasi yang paling efektif dalam menurunkan nilai resistansi pentanahan?

1.3 Tujuan Penelitian

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



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. Mengetahui nilai resistivitas tanah pada sistem pentanahan pada transformator PN-732 pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panam.
2. Mengetahui nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal pada transformator PN-732 sebelum dan sesudah penambahan zat aditif pada kondisi tanah basah.
3. Mengetahui nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal pada transformator PN-732 sebelum dan sesudah penambahan zat aditif pada kondisi tanah kering.
4. Menganalisis perbandingan nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam pada sistem elektroda batang tunggal.
5. Menganalisis variasi komposisi bentonit, *gypsum*, dan garam untuk menentukan kombinasi yang paling efektif sebagai bahan pereduksi nilai resistansi pentanahan.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada pembahasan mengenai resistansi sistem pentanahan pada transformator distribusi. Oleh karena itu, ruang lingkup penulisan ini dibatasi hanya pada topik-topik yang relevan, yaitu sebagai berikut :

1. Pengujian hanya pada kondisi basah dan kering.
2. Penelitian hanya dilakukan pada kondisi tanah kerikil kering.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Bahan referensi rujukan penelitian selanjutnya.
2. Sebagai media informasi untuk perbaikan sistem pentanahan yang baik.
3. Memberikan Solusi Praktis bagi PT PLN (Persero) dan Instansi Terkait



BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian mengenai penurunan resistansi sistem pentanahan telah banyak dilakukan sebagai upaya meningkatkan keandalan sistem proteksi pada instalasi tenaga listrik. Pada penelitian ini, reduksi resistansi pentanahan dilakukan pada transformator distribusi PN-732 yang berada di wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Panam. Tingginya nilai resistansi pentanahan pada lokasi tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian ini dengan memanfaatkan metode *soil treatment*. Metode ini merupakan perlakuan terhadap tanah di sekitar elektroda pentanahan dengan menambahkan bahan tertentu untuk meningkatkan konduktivitas tanah sehingga nilai resistansi pentanahan dapat diturunkan [7].

Dalam penelitian ini, bahan aditif yang digunakan merupakan kombinasi bentonit, *gypsum*, dan garam. Ketiga material tersebut dipilih karena memiliki karakteristik yang mampu meningkatkan konduktivitas tanah serta relatif mudah diperoleh. *Gypsum* merupakan material yang memiliki tingkat kelarutan rendah sehingga tidak mudah larut atau terbawa aliran air tanah. Selain itu, *gypsum* memiliki pH netral berkisar antara 6,2 hingga 6,9 sehingga stabil secara kimiawi. Material ini juga memiliki sifat yang mampu mempertahankan nilai resistansi tanah tetap rendah dalam jangka waktu yang cukup lama. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *gypsum* mampu menurunkan resistansi pentanahan hingga 73,64%, lebih tinggi dibandingkan penggunaan asbes yang hanya mencapai penurunan sekitar 69,40% [5][6][7][14].

Selain *gypsum*, bentonit juga sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam sistem pentanahan. Bentonit merupakan tanah liat alami yang terbentuk dari proses pelapukan abu vulkanik dan mengandung mineral *montmorillonite* sekitar 85%. Material ini memiliki sifat mampu menyerap dan mempertahankan air sehingga meningkatkan kelembapan tanah di sekitar elektroda pentanahan. Bentonit juga memiliki pH yang relatif tinggi, sekitar 10,5, sehingga bersifat basa dan tidak mudah menyebabkan korosi pada elektroda. Berdasarkan penelitian terdahulu, penggunaan bentonit sebagai bahan aditif mampu menurunkan nilai resistansi tanah hingga sekitar 54% [10].

Material lain yang sering dimanfaatkan dalam *soil treatment* adalah garam. Garam merupakan zat elektrolit yang memiliki kemampuan menghantarkan arus listrik dengan baik sehingga dapat meningkatkan konduktivitas tanah secara signifikan. Sifat higroskopis yang



dimiliki garam memungkinkan material ini menyerap air dari lingkungan sekitarnya, sehingga mampu meningkatkan kadar kelembapan tanah dan memperbaiki struktur tanah di sekitar elektroda pentanahan. Dengan kepadatan sekitar 0,8–0,9 g/cm³ dan titik lebur 801°C, garam cukup efektif digunakan sebagai bahan tambahan dalam sistem pentanahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan garam dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan hingga sekitar 75% [8][13].

Penelitian ini secara khusus difokuskan pada sistem pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal yang umum digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik. Pemilihan elektroda batang tunggal didasarkan pada kemudahan pemasangan serta penggunaannya yang luas pada sistem pentanahan transformator distribusi. Melalui penelitian ini dilakukan pengukuran dan analisis terhadap nilai resistansi pentanahan sebelum dan sesudah penerapan metode *soil treatment* untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan aditif terhadap kinerja sistem pentanahan [15].

Selain komposisi bahan aditif, kedalaman elektroda juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi nilai resistansi pentanahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai resistansi cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman elektroda yang ditanam ke dalam tanah. Sebagai contoh, hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai resistansi tanah dapat menurun dari 0,70 Ω pada kedalaman 4 meter menjadi 0,62 Ω pada kedalaman 10 meter. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam elektroda ditanam, maka kontak dengan lapisan tanah yang memiliki kelembapan lebih tinggi akan meningkat sehingga konduktivitas tanah menjadi lebih baik [5].

Selain faktor kedalaman, jenis dan kondisi tanah juga berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan. Tanah dengan tingkat kelembapan tinggi seperti tanah liat, tanah lembap berpasir, atau tanah rawa cenderung memiliki nilai resistansi yang lebih rendah dibandingkan tanah kering dan berbatu. Faktor lingkungan seperti suhu, kadar air, serta kandungan kimia dalam tanah juga berperan dalam menentukan tingkat konduktivitas tanah. Semakin tinggi kadar air dalam tanah, maka kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik akan semakin baik sehingga nilai resistansi pentanahan dapat menurun [16].

Dalam penelitian ini, salah satu referensi utama yang digunakan adalah jurnal berjudul “Analisis Penggunaan Bentonit, *Gypsum*, dan Garam sebagai Zat Aditif untuk *Soil Treatment* pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang”. Jurnal tersebut dijadikan acuan dalam menentukan variasi serta komposisi bahan aditif yang digunakan sebagai variabel penelitian. Pengembangan penelitian ini dilakukan dengan menerapkan



metode tersebut pada sistem pentanahan transformator distribusi PN-732 serta menganalisis pengaruh kedalaman elektroda terhadap nilai resistansi pentanahan yang dihasilkan [8].

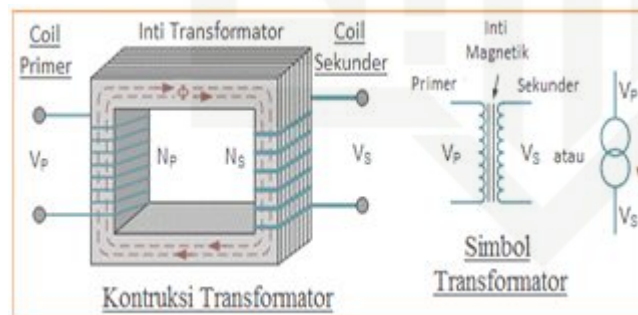
Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa penerapan metode *soil treatment* dengan kombinasi bahan aditif bentonit, *gypsum*, dan garam pada sistem pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan pada tanah yang memiliki resistivitas tinggi [3][6].

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Transformator Distribusi

Transformator, atau yang biasa disebut trafo, merupakan sebuah alat magnetoelektrik yang sederhana, yang digunakan untuk mentransfer energi listrik antara dua rangkaian melalui prinsip induksi elektromagnetik. Ketika kumparan primer dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik, akan terbentuk fluks magnet bolak-balik yang amplitudonya dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan jumlah lilitan pada kumparan primer. fluks magnet tersebut kemudian menghubungkan kumparan sekunder dan menginduksikan tegangan di dalamnya, di mana besar tegangan yang dihasilkan bergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder [17][18].

2.2.2 Prinsip-Prinsip Kerja Transformator Distribusi



Gambar 2.1 Konsep Transformator [18]

Transformator tersusun dari dua kumparan induktif yang saling terhubung secara magnetis namun tidak secara elektrik, melalui inti feromagnetik dengan keengganan magnet rendah. Ketika kumparan primer diberi tegangan bolak-balik, inti laminasi akan mengalami fluks magnet bolak-balik. Fluks ini menciptakan jalur tertutup yang menyebabkan arus induksi mengalir. Kumparan primer menghasilkan medan magnet yang menginduksi



tegangan pada kumparan sekunder melalui proses induksi timbal balik. Fluks magnet yang terbentuk di kumparan primer menimbulkan tegangan induksi di kumparan sekunder. Ketika rangkaian sekunder dibebani, arus listrik akan mengalir, sehingga terjadi proses transfer energi listrik dari kumparan primer ke sekunder secara efektif [17].

2.2.3 Sistem Pentanahan Transformator

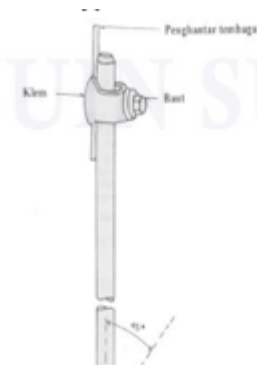
Bagian penting dari sistem pengamanan pada peralatan yang menggunakan energi listrik, khususnya untuk melindungi dari lonjakan tegangan seperti sambaran petir adalah sistem pentanahan. Sistem ini bekerja dengan menghubungkan peralatan atau rangkaian listrik secara langsung ke tanah. Tujuan utama dari pentanahan adalah untuk menjaga perbedaan tegangan antara bagian-bagian konduktif yang tidak beraliran arus dengan tanah pada tingkat yang aman, baik dalam kondisi operasi normal maupun saat terjadi gangguan, sehingga tidak membahayakan keselamatan manusia maupun peralatan [19].

2.2.4 Elektroda Pentanahan

Menurut peraturan umum mengenai sistem pembumian dan konduktor, terdapat tiga tipe utama Elektroda yang digunakan pada sistem pentanahan meliputi elektroda batang, elektroda pita, dan elektroda pelat.

1. Elektroda Batang

Elektroda batang merupakan jenis elektroda yang paling umum digunakan dalam sistem pentanahan karena tidak memerlukan area pemasangan yang luas. Jumlah dan dimensinya disesuaikan dengan nilai tahanan pentanahan yang diinginkan. Elektroda ini dapat dipasang secara vertikal maupun horizontal di dalam tanah, serta umumnya terbuat dari bahan seperti tembaga, baja tahan karat (*stainless steel*), atau baja galvanis. Pemilihan material elektroda harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari



Gambar 2.2 Elektroda Batang [19]



terbentuknya *galvanic couple* yang dapat mempercepat proses korosi pada elektroda [20][21].

Nilai resistansi pentanahan elektroda batang tunggal dihitung menggunakan Persamaan 2.1 berikut [21].

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{A} - 1 \right) \quad (2.1)$$

Dengan :

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

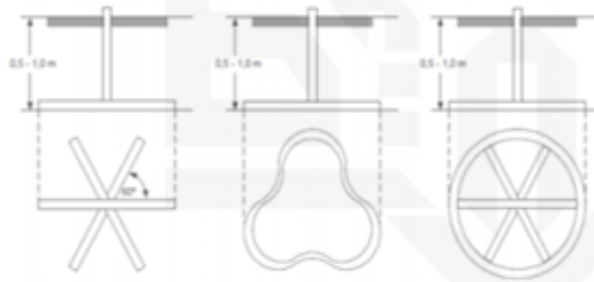
R = Tahanan pentanahan elektroda (Ω)

L = Panjang elektroda yang ditanam (m)

A = Jari-jari Elektroda Pentanahan (m)

2. Batang pita

Elektroda pita adalah jenis elektroda yang dibuat dari konduktor berbentuk pita, kawat pilin, atau berpenampang bulat. Biasanya, elektroda ini dipasang pada kedalaman yang relatif dangkal di dalam tanah dan dapat disusun dalam berbagai konfigurasi, seperti pola lurus, radial, melingkar, berjaring (*mesh*), atau kombinasi dari beberapa pola tersebut. [19][21].



Gambar 2.3 Elektroda Batang Pita [19]

3. Batang plat

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.



Tabel 2.1 Nilai Resistansi Jenis Tanah [11] [21]

Jenis Tanah	Resistansi (Ω/m)
Tanah rawa	0-30
Tanah liat	31-100
Pasir basah	101-200
Kerikil basah	201-500
kerikil kering	501-1000
Tanah berbatu	1001-3000

Nilai resistivitas tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [10]:

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1} \tag{2.2}$$

Dengan :

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

R = Tahanan pentanahan elektroda (Ω)

L = Panjang elektroda yang ditanam (m)

a = Jari-jari elektroda (m)

2.2.6 Zat Aditif

Berikut adalah beberapa zat aditif yang biasa digunakan untuk mereduksi tahanan pentanahan adalah sebagai berikut [13][23]:

1. Bentonit

Bentonit adalah jenis tanah liat yang kaya akan mineral *montmorillonit* serta mengandung mineral lain seperti *kuarsa*, *kalsit*, *feldspar*, dan beberapa unsur tambahan lainnya. Material ini memiliki nilai pH sekitar 10,5 yang menunjukkan sifat basa, sehingga tidak menimbulkan korosi serta dapat membantu menjaga kandungan fosfor di dalam tanah agar tetap subur. Selain itu, bentonit memiliki kemampuan menyerap serta menahan air di dalam strukturnya, sehingga efektif digunakan dalam aplikasi *soil treatment* untuk meningkatkan konduktivitas tanah. [8][13][23].

2. Garam

Garam merupakan senyawa ionik yang tersusun atas ion positif (kation) dan ion

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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 Steelsima University of GalangenyifKasim Riau



negatif (*anion*) sehingga membentuk senyawa netral tanpa muatan. Zat ini bersifat elektrolit, yang berarti mampu menghantarkan arus listrik dan berperan dalam meningkatkan daya hantar listrik di dalam tanah [13][23].

3. Gypsum

Gypsum merupakan senyawa kalsium sulfat yang sering digunakan sebagai bahan urukan, baik secara mandiri maupun dalam campuran dengan bentonit atau tanah alami setempat. Material ini memiliki tingkat kelarutan yang rendah, sehingga tidak mudah larut atau hilang ketika bercampur dengan air di dalam tanah. [5].

2.2.7 Soil Treatment

Upaya penurunan resistansi tanah dapat dilakukan melalui penerapan *soil treatment*, yaitu memberikan zat aditif ke dalam tanah guna memperbaiki sifat kelistrikannya pada area yang akan dipasang sistem pentanahan. Nilai resistansi tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya jenis tanah, dimensi serta material elektroda yang digunakan, dan kedalaman penanaman elektroda dalam tanah. [8][13][19].

Sementara itu, tahanan jenis tanah ditentukan oleh berbagai faktor seperti komposisi tanah, temperatur, kelembapan, dan kandungan unsur kimia dalam tanah. *Soil treatment* bertujuan untuk mengubah komposisi kimia tanah melalui penambahan bahan aditif, sehingga dapat meningkatkan efektivitas sistem pembumian serta memastikan perlindungan yang optimal terhadap gangguan kelistrikan dan sambaran petir [8][13].

2.2.8 Volume dan Massa Bahan Soil Treatment

Dalam penelitian yang memerlukan bahan bermassa tertentu, perhitungan teoritis perlu dilakukan untuk menentukan jumlah massa yang dibutuhkan. Hal ini bertujuan untuk memastikan keakuratan hasil, selain dari data yang diperoleh melalui penimbangan. Untuk memenuhi kebutuhan bahan *soil treatment* yang akan digunakan, terlebih dahulu perlu diketahui volume bahan yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan berikut [13]:

$$V = \pi r^2 t \quad (2.3)$$

Dengan:

r = Jari-jari lubang (cm)

t = Tinggi atau kedalaman lubang (cm)



Apabila volume suatu bahan sudah diketahui, maka massa bahan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$m = \rho.V \quad (2.4)$$

Dengan:

ρ = Massa jenis bahan (g/ cm³)

V = Volume bahan (cm³)

Jika massa jenis suatu bahan belum diketahui, maka nilai tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.5)$$

Dengan :

m = Massa bahan

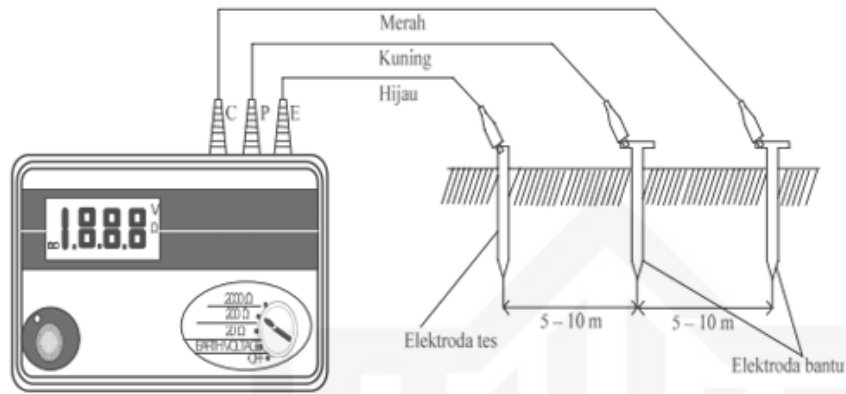
V = Massa jenis bahan (g/ cm³)

Persamaan perhitungan volume ditentukan berdasarkan bentuk wadah atau ruang yang digunakan. Apabila wadah berbentuk kubus, maka volume dihitung dengan menggunakan rumus volume kubus, dan demikian pula untuk bentuk-bentuk lainnya. Pada penelitian ini, perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan persamaan volume tabung, sesuai dengan bentuk lubang atau wadah yang dipakai.

2.2.9 Metode Pengukuran Sistem Pentanahan

Pengukuran dilakukan untuk memperoleh nilai resistansi tanah. Supaya hasil yang diperoleh lebih tepat, pengukuran perlu dilakukan berulang sebanyak tiga hingga lima kali. Alat yang digunakan dalam pengukuran ini adalah *earth tester*. Terdapat beberapa metode yang dapat dipakai dalam pengukuran resistansi pentanahan, salah satunya adalah metode tiga titik (*three-point method*) yang paling sering digunakan [21][24]. Waktu pengukuran yang paling tepat pada pukul 13.00 – 14.00 WIB, karena pada saat itu nilai resistansi tanah cenderung meningkat akibat panas sinar matahari sehingga kondisi tanah dianggap ekstrem.

Metode tiga titik sendiri dilakukan dengan menggunakan tiga elektroda batang, yaitu satu elektroda utama dan dua elektroda bantu. Skema pengukuran dengan metode ini dapat dilakukan menggunakan *earth tester*.



Gambar 2.5 Skema pengukuran pentanahan Metode Tiga Titik

Setelah dilakukan pengukuran nilai resistansi pentanahan menggunakan metode tiga titik, penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan penurunan nilai resistansi pentanahan setelah diterapkan perlakuan khusus (*soil treatment*) dengan penambahan bahan aditif dengan elektroda batang tunggal. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase laju penurunan resistansi pentanahan adalah sebagai berikut [8] :

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

R1 = Resistansi Awal (Ω)

R2 = Resistansi Akhir (Ω)

- 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.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif dipakai untuk mengukur sekaligus menganalisis variabel-variabel yang ditentukan, di mana variabel utama yang diteliti adalah nilai resistansi sistem pentanahan. Data hasil pengukuran resistansi sebelum dan sesudah dilakukan upaya penurunan nilai resistansi akan dianalisis guna menilai tingkat efektivitas perlakuan yang diberikan.

Sementara itu, metode deskriptif berfungsi untuk memberikan gambaran dan penjelasan mengenai perubahan nilai resistansi yang terjadi. ini digunakan untuk mendeskripsikan perubahan nilai resistansi sistem pentanahan yang diperoleh atau mendeskripsikan objek penelitian atau hasil penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

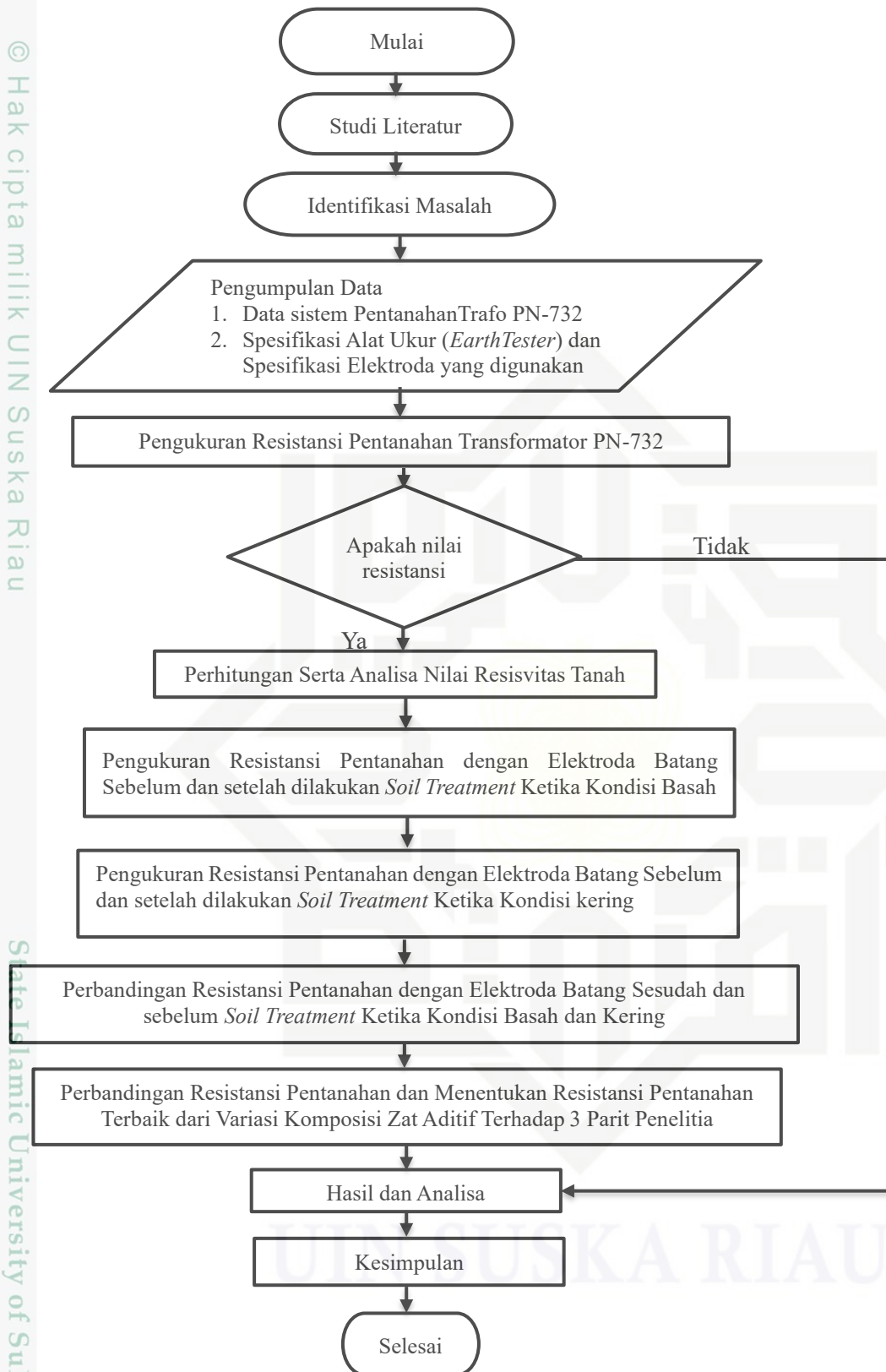
Penelitian ini dilaksanakan di PT PLN (Persero) ULP Panam, Pekanbaru, Riau, dengan objek salah satu transformator distribusi yang berada di area ULP Panam. Berdasarkan hasil inspeksi rutin pada bulan maret 2025, diketahui bahwa nilai resistansi pentanahan pada transformator PN-732 cukup tinggi, yakni mencapai 999 Ω , sehingga sangat jauh dari nilai standar yang ditetapkan PUILL 2011. Transformator tersebut berlokasi di fakultas pertanian universitas riau dengan jenis tanah kerikil kering.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan agar tujuan yang telah ditetapkan dapat tercapai. Tahap awal dimulai dari studi literatur untuk memperoleh referensi dari penelitian terdahulu, dilanjutkan dengan identifikasi masalah melalui observasi dan wawancara dengan pihak terkait untuk mendapatkan data tambahan mengenai objek penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data sekunder serta pengukuran awal kondisi objek penelitian. Agar penelitian berjalan sistematis dan terarah, seluruh tahapan tersebut disusun dalam bentuk diagram alur yang ditampilkan pada Gambar 3.1.

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.



Gambar 3. 1 *Flowchart*



3.4 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap penting dalam proses penelitian yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam terkait topik yang diteliti. Sumber literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal, maupun skripsi yang relevan. Melalui studi literatur, peneliti dapat mengidentifikasi perkembangan dan temuan terbaru sehingga penelitian yang dilakukan memiliki landasan teoritis yang kuat serta selaras dengan kemajuan penelitian sebelumnya. Referensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah lima tahun terakhir.

3.5 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, salah satu permasalahan yang ditemui pada sistem tenaga listrik adalah kondisi pentanahan yang belum optimal akibat tingginya nilai tahanan tanah. Keadaan ini menyebabkan fungsi sistem pentanahan sebagai proteksi tidak berjalan secara efektif. Permasalahan tersebut juga ditemukan pada PT PLN ULP Panam, di mana hasil wawancara serta data inspeksi mengindikasikan adanya beberapa transformator distribusi dengan nilai resistansi pentanahan yang melampaui batas standar, termasuk pada transformator distribusi PN-732. Faktor-faktor yang memengaruhi kondisi tersebut antara lain tingginya resistivitas tanah, komposisi tanah yang kurang mendukung kestabilan tahanan, tingkat keasaman tanah, serta rendahnya kadar air tanah. Situasi ini kemudian dijadikan dasar bagi peneliti untuk mengangkatnya sebagai fokus penelitian.

Setelah permasalahan diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah melakukan perumusan masalah. Perumusan ini bertujuan untuk memperjelas arah penelitian, menetapkan tujuan yang hendak dicapai, serta menjadi pijakan dalam merumuskan judul penelitian yang sesuai dengan substansi yang akan dikaji.

3.5.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk memberikan solusi terhadap kendala yang terjadi pada objek penelitian. Fokus penelitian diarahkan pada upaya penurunan resistansi pentanahan transformator distribusi PN-732 melalui penambahan serta variasi zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam. Adapun rumusan masalah terkait penelitian ini telah dijabarkan pada Bab I.



3.5.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada sistem pentanahan transformator distribusi PN-732. Secara khusus, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan serta variasi komposisi bahan aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam terhadap penurunan nilai resistansi pentanahan. Perumusan tujuan penelitian secara singkat telah dijelaskan pada Bab I.

3.5.3 Judul Penelitian

Dalam sebuah penelitian, judul berfungsi untuk merepresentasikan substansi penelitian yang dilakukan. Berdasarkan identifikasi permasalahan dan tujuan penelitian, maka ditetapkan judul: **“Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, *Gypsum*, dan Garam (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam)”**.

3.6 Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian, diperlukan data dari objek yang diteliti sebagai dasar untuk melaksanakan seluruh tahapan penelitian hingga tahap akhir. Pada penelitian ini, data sekunder diperoleh langsung dari objek penelitian, yang meliputi informasi mengenai transformator PN-732, spesifikasi alat ukur, serta spesifikasi elektroda yang terpasang pada transformator tersebut.

Tabel 3.1 Data Sekunder dari PT. PLN (Persero) ULP Panam

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Transformator Distribusi PN-732	Merk	Sintra
	Feeder	Koi
	Rayon	Panam
	Lokasi Gardu	Fakultas Pertanian Unri
	Jumlah Jurusan PHBTR	3
	Jumlah Jurusan Aktif	3
	Daya Nominal	250 kVA
	Nilai Grounding	999 Ω
Alat Ukur (<i>Earth Tester</i>)	Merk	Kyoritsu tipe 4105A



- 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.

Elektroda	Standar yang Berlaku	IEC 60529 IP54
	Rentang Pengukuran	1. Resistansi Tanah: 0–20 Ω / 0–200 Ω / 0–2000 Ω 2. Tegangan Tanah: 0–200 V AC
	Akurasi	1. Resistansi Tanah: ±2% rdg ±0,1 Ω (pada rentang 20 Ω) dan ±2% rdg ±3 dgt (pada rentang 200 Ω / 2000 Ω) 2. Tegangan Tanah: ±1% rdg ±4 dgt
Elektroda	Jenis	Batang (<i>Rod</i>)
	Jumlah	1
	Bahan Elektroda	Tembaga
	Panjang	1 meter
	Diameter	15 mm

3.7 Pengukuran Nilai Resistansi Pentanahan Transformator PN-732

Pengukuran resistansi pentanahan pada transformator distribusi PN-732 dilakukan dengan menggunakan *earth tester* melalui metode tiga titik. Pengukuran dilaksanakan saat kondisi tanah kering, tepatnya pukul 14.00 WIB. Rentang waktu tersebut dipilih karena pada siang hari nilai resistansi tanah cenderung meningkat akibat pengaruh panas matahari, sehingga kondisi ini dianggap sebagai keadaan ekstrem.

Adapun tahapan pengukuran yang dilakukan untuk memperoleh nilai resistansi pentanahan transformator distribusi PN-732 adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan seperti elektroda, palu dan alat ukur berupa *earth tester* tipe 4105A merek Kyoritsu.
2. Menghubungkan kabel pengukuran pada *earth tester* ke sistem pentanahan transformator distribusi PN-732, dengan kabel hijau ke elektroda utama serta kabel kuning dan merah ke elektroda bantu.
3. Lakukan pemeriksaan terhadap koneksi kabel atau penjepit yang terpasang pada elektroda utama dan elektroda bantu. Setelah itu, atur *range switch* dan



tekan tombol *PRESS TO TEST*. Jika nilai tahanan elektroda utama terdeteksi terlalu tinggi atau muncul tanda “...” yang berkedip pada layar, maka sambungan pada elektroda utama perlu diperiksa dan dipastikan kembali agar terhubung dengan baik.

4. Melakukan pengukuran sebanyak tiga kali untuk mendapatkan hasil yang akurat.
5. Mencatat hasil pengukuran resistansi pentanahan transformator.

Nilai resistansi yang diperoleh dari hasil pengukuran tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui apakah tahanan pentanahan pada transformator PN-732 telah memenuhi standar yang ditetapkan dalam PUIL 2011.

3.8 Perhitungan Nilai Resistivitas Tahanan Jenis Tanah

Dalam perhitungan resistivitas tanah, diperlukan beberapa variabel, yaitu:

1. Panjangnya elektroda yaitu 1 meter
2. Diameter dari elektroda sebesar 15 mm
3. Nilai Pentanahan hasil pengukuran.

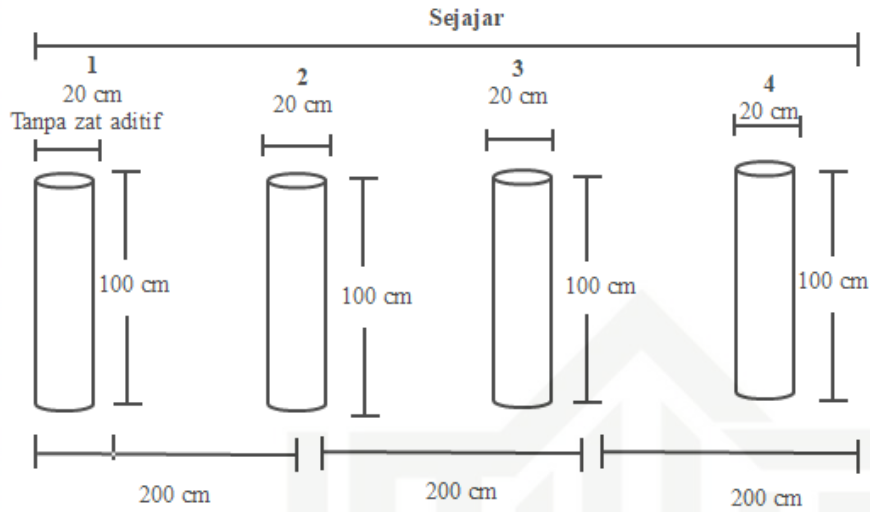
Ketiga variabel tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam Persamaan (2.3) untuk memperoleh nilai resistivitas tanah. Hasil perhitungan kemudian disajikan dalam bentuk tabel pengukuran. Nilai resistivitas yang diperoleh dianalisis dan dibandingkan dengan Tabel 2.1 untuk menentukan tipe tanah pada sistem pentanahan. Analisis lanjutan dilakukan untuk mengetahui apakah resistivitas tanah termasuk kategori tinggi atau rendah.

3.10 Pembuatan 4 Parit Penelitian

Pada penelitian ini digunakan empat parit sebagai variabel uji. Seluruh parit dibuat dengan spesifikasi yang sama dan diberi penamaan Parit 1, Parit 2, Parit 3, dan Parit 4, yang disusun secara sejajar. Parit 1 digunakan sebagai parit kontrol tanpa penambahan zat aditif, sedangkan Parit 2, Parit 3, dan Parit 4 diberi perlakuan penambahan zat aditif sesuai dengan variasi komposisi yang telah ditetapkan.

1. Ketinggian parit dibuat 100 cm (1 meter).
2. Diameter parit sebesar 20 cm.
3. Jarak antarparit ditetapkan 200 cm (2 meter).

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.



Gambar 3.2 Skema 3 Parit Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area terbuka sekitar transformator distribusi PN-732 ULP Panam. Empat parit penelitian diberi kode 1, 2, 3, dan 4 sebagai variabel penelitian, di mana 3 parit (parit 2, parit 3, dan parit 4) masing-masing parit diisi dengan zat aditif sesuai komposisi yang telah ditentukan. Penanaman elektroda batang dilakukan dengan memperhatikan jarak antar elektroda, di mana jarak optimal ditetapkan minimal dua kali panjang elektroda yang ditanam ke dalam tanah.

3.11 Penambahan dan Variasi Zat Aditif Bentonit, Gypsum, dan Garam

Penambahan material aditif pada sistem pentanahan adalah suatu perlakuan khusus yang bertujuan menurunkan nilai resistansi tanah yang tinggi. Upaya ini diharapkan dapat menurunkan resistansi sesuai standar yang direkomendasikan IEEE 142-1983, yaitu pada rentang 15–90%. Dalam penelitian ini, penggunaan bentonit, *gypsum* dan garam memerlukan tahapan persiapan serta prosedur aplikasi ke dalam tanah, yang meliputi:

1. Alat dan Bahan Penelitian
 - a. Alat-alat yang diperlukan dalam melakukan Penelitian
 1. *Earth tester* tipe 4105A merek Kyoritsu
 2. Alat penggali tanah
 3. Cangkul
 4. Meteran
 5. Palu

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.

6. Sekop
7. Timbangan
- b. Bahan-bahan yang diperlukan:
 1. Bentonit
 2. *Gypsum*
 3. Garam
 4. Air
 5. Empat batang elektroda (panjang 1 m, diameter 15 mm)

Prosedur Penanaman Elektroda dengan Penambahan Variasi Zat Aditif

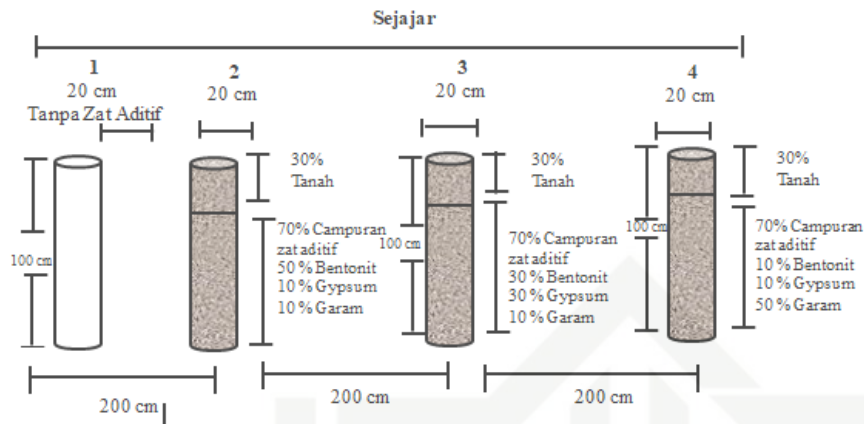
- a. Persiapkan seluruh alat dan bahan penelitian untuk pemasangan elektroda tunggal.
- b. Dibuat empat lubang parit sebagai lokasi penanaman elektroda penelitian. Parit 1 digunakan sebagai parit kontrol tanpa penambahan zat aditif, sedangkan parit 2, parit 3, dan parit 4 diberi perlakuan berupa penambahan zat aditif dengan variasi komposisi yang telah ditentukan. Setiap lubang parit memiliki kedalaman 1 meter dan diameter 20 cm. Seluruh parit disusun sejajar dengan jarak antar elektroda sebesar 2 meter. Penentuan jarak tersebut mengacu pada ketentuan sistem pentanahan, yaitu dua kali panjang elektroda yang ditanam, dengan tujuan meminimalkan pengaruh interferensi antar elektroda selama proses pengukuran.
- c. Tanam elektroda batang pada tiap-tiap lubang, lalu isi dengan campuran bentonit, *gypsum*, dan garam sesuai komposisi yang ditetapkan. Zat aditif diisi hingga 70% kedalaman lubang.

Tabel 3.2 Komposisi Zat Aditif

No.	Penggunaan Zat Aditif	Komposisi			Parit
		Bentonit	<i>Gypsum</i>	Garam	
1.	70 %	50%	10%	10 %	2
2.		30%	30%		3
3.		10 %	50%		4

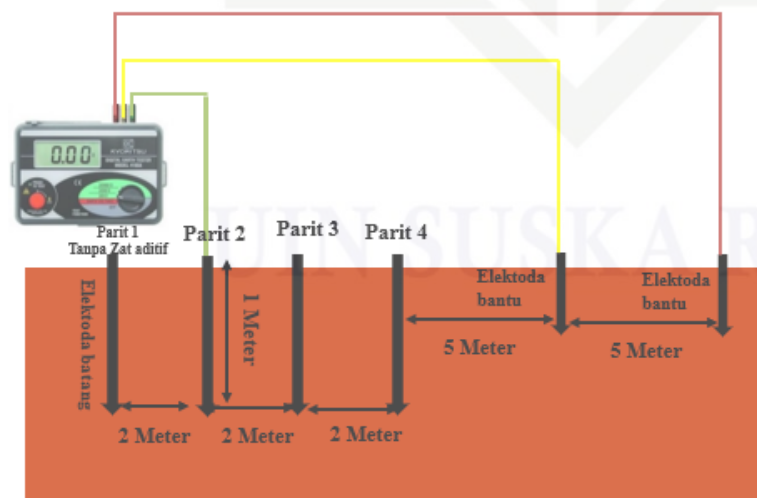
- d. Tambahkan 0,5–1,5 liter air agar zat aditif lebih cepat meresap ke dalam tanah. Tutup sisa lubang (sekitar 30%) dengan tanah.

- e. Setelah lubang 1, 2, dan 3 terisi zat aditif sesuai takaran dan tertutup tanah, lakukan pengukuran nilai resistansi pada masing-masing lubang.



Gambar 3.3 Parit Setelah Diberikan Komposisi Zat Aditif

Komposisi zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam pada setiap parit penelitian dibuat berbeda-beda. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan massa masing-masing bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan pada tiap parit. Untuk memperoleh nilai massa, terlebih dahulu perlu diketahui volume wadah serta massa jenis dari masing-masing bahan. Media penelitian menggunakan parit berbentuk tabung, sehingga volume bentonit, *gypsum*, dan garam dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.3). Selanjutnya, maka massa bahan bentonit, *gypsum*, dan garam ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2.4). Setelah semua proses selesai berikut gambar skema pengukuran yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Skema Pengukuran Pentanahan



3.12 Pengukuran Resistansi Tanpa Zat Aditif dan Sesudah *Soil Treatment* Ketika Kondisi Basah.

Pengukuran resistansi pentanahan pada tanah basah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan material pereduksi saat tanah berada dalam kondisi paling optimal. Pengukuran ini pada kondisi tanah tanpa zat aditif dan tanah yang telah diberi perlakuan *soil treatment* berupa bentonit, *gypsum*, dan garam, dengan tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan dengan alat *earth tester* tipe 4105A merek Kyoritsu dengan menerapkan metode tiga titik (*three-point method*).
2. Parit 1 digunakan sebagai parit kontrol tanpa penambahan zat aditif, sedangkan Parit 2, Parit 3, dan Parit 4 diberi perlakuan penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam sesuai dengan variasi komposisi yang telah ditetapkan.
3. Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan pada satu waktu pengujian dalam kondisi tanah basah, yaitu setelah 7 (tujuh) hari sejak proses penanaman elektroda dan penambahan zat aditif.
4. Setiap parit dilakukan pengukuran sebanyak lima kali pada kondisi tanah yang telah mencapai tingkat kebasahan merata, baik akibat curah hujan maupun penyiraman buatan. Pengulangan pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh nilai resistansi yang stabil dan representatif.
5. Seluruh hasil pengukuran kemudian dicatat dan dirangkum dalam bentuk tabel untuk mengetahui nilai resistansi pada masing-masing parit sesuai dengan variasi komposisi zat aditif yang digunakan..

Jika selama periode penelitian tidak terjadi hujan, penyiraman dilakukan di sekitar elektroda penelitian. Jumlah air yang digunakan disesuaikan dengan perkiraan debit hujan di Kota Pekanbaru agar kondisi tanah basah menyerupai keadaan alami. Pengukuran dilakukan pada pukul 14.00 WIB, karena pada rentang waktu tersebut kondisi tanah dianggap ekstrem akibat peningkatan suhu permukaan tanah akibat panas matahari.

3.13 Pengukuran Resistansi Tanpa Zat Aditif dan Sesudah *Soil Treatment* Penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam Ketika Kondisi Kering.

Pengukuran pentanahan pada kondisi tanah kering bertujuan untuk mengetahui sejauh mana efektivitas penambahan material pereduksi pada kondisi tanah dengan kelembapan terendah. Proses pengukuran dilakukan pada parit tanpa zat aditif dan setelah



penambahan bahan berupa bentonit, *gypsum*, dan garam pada masing-masing parit penelitian, dengan tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

1. Pengukuran dengan *earth tester* tipe 4105A merek Kyoritsu dengan metode tiga titik.
2. Parit 1 digunakan sebagai parit kontrol tanpa penambahan zat aditif, sedangkan Parit 2, Parit 3, dan Parit 4 diberi perlakuan penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam sesuai dengan variasi komposisi yang telah ditetapkan.
3. Pengukuran dilakukan dalam kondisi kering, yaitu dengan membiarkan tanah selama 1 minggu atau 7 hari berturut-turut tanpa terkena hujan. Apabila terjadi hujan selama periode pengukuran, maka pengukuran diulang kembali setelah tanah mengalami kondisi kering selama 7 hari berikutnya.
4. Pengukuran dilakukan dalam satu waktu pada kondisi tanah kering, yaitu setelah 7 hari sejak proses penanaman elektroda dan penambahan zat aditif. Setiap parit diukur sebanyak lima kali pada kondisi tanah telah kering merata.
5. Hasil pengukuran dicatat ke dalam tabel untuk mengetahui nilai resistansi yang diperoleh dari setiap parit sesuai dengan komposisi zat aditif yang digunakan.

Dalam penelitian ini, penambahan zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam dilakukan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Setiap parit diukur sebanyak lima kali pada kondisi tanah telah mencapai keadaan kering merata untuk mengetahui pengaruh zat aditif terhadap nilai resistansi pentanahan setelah terpapar cuaca panas atau ekstrem. Waktu pengukuran ditetapkan antara pukul 14.00 WIB, karena pada rentang waktu tersebut nilai resistansi pentanahan cenderung meningkat akibat pengaruh panas sinar matahari.

3.14 Perbandingan Resistansi Pentanahan dengan Elektroda Batang Sesudah dan Sebelum *Soil Treatment* Ketika Kondisi Basah dan Kering

Setelah diperoleh data hasil pengukuran resistansi pentanahan dengan penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam pada tiga parit penelitian dalam kondisi kering maupun basah, selanjutnya dilakukan analisis perbandingan. Perbandingan dilakukan antara nilai resistansi sebelum perlakuan dan setelah diberikan perlakuan.

3.15 Perbandingan Resistansi Pentanahan dan Menentukan Resistansi Pentanahan Terbaik dari Variasi Komposisi Zat Aditif Terhadap 3 Parit Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan tiga parit sebagai variabel uji, masing-masing diberi variasi komposisi zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam. Tujuan dari perlakuan ini



adalah untuk menentukan komposisi zat aditif yang paling efektif dalam menurunkan resistansi pentanahan tinggi pada transformator distribusi PN-732. Perbandingan nilai resistansi pentanahan dilakukan pada setiap parit, baik pada kondisi tanah basah maupun kering. Selain itu, pengaruh kedalaman lubang elektroda juga diperhatikan, karena faktor ini dapat mempengaruhi hasil resistansi pentanahan dan menentukan tingkat efektivitas zat aditif yang digunakan.

3.16 Hasil dan Analisa Penelitian

Penelitian ini memiliki lima tujuan utama, yaitu:

1. Mengetahui nilai resistivitas pentanahan pada transformator PN-732 di PT. PLN (Persero) ULP Panam.
2. Analisis nilai pentanahan pada transformator PN-732 dalam kondisi tanah basah dan kering dengan menggunakan elektroda batang tunggal.
3. Mengkaji pengaruh penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam terhadap resistansi pentanahan pada kondisi kering maupun basah dengan elektroda batang tunggal.
4. Membandingkan nilai resistansi pentanahan pada transformator PN-732 sebelum dan sesudah penambahan bahan aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam dengan menggunakan elektroda batang tunggal.
5. Menentukan komposisi terbaik antara bentonit, *gypsum*, dan garam sebagai material pereduksi resistansi pentanahan pada transformator PN-732

3.17 Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan bentonit, gipsum, dan garam mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan secara signifikan dibandingkan kondisi tanpa perlakuan. Dengan demikian, kombinasi ketiganya diharapkan dapat menghasilkan sistem pentanahan yang lebih efektif dan andal pada transformator distribusi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menambahkan bentonit, *gypsum*, dan garam sebagai bahan aditif pada sistem pentanahan elektroda batang tunggal, dapat disimpulkan sebagai berikut: Berdasarkan hasil penelitian Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, *Gypsum*, dan Garam pada Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan dari data pengukuran resistansi pentanahan pada transformator distribusi PN-732, diperoleh nilai resistivitas tanah yang tergolong tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jenis tanah pada lokasi penelitian termasuk kategori tanah kerikil kering yang memiliki konduktivitas listrik rendah sehingga menyebabkan nilai resistansi pentanahan menjadi tinggi.
2. Nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda batang tunggal pada kondisi tanah basah sebelum dilakukan *soil treatment* sebesar 539,6 Ω . Setelah dilakukan penambahan zat aditif berupa bentonit, *gypsum*, dan garam, nilai resistansi mengalami penurunan menjadi 77,6 Ω hingga 85,6 Ω , yang menunjukkan bahwa *soil treatment* mampu menurunkan resistansi pentanahan secara signifikan pada kondisi tanah basah.
3. Pada kondisi tanah kering, nilai resistansi pentanahan sebelum dilakukan *soil treatment* sebesar 780,6 Ω . Setelah dilakukan penambahan zat aditif, nilai resistansi menurun menjadi 113,6 Ω hingga 130,4 Ω . Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan aditif juga efektif menurunkan resistansi pentanahan pada kondisi tanah kering meskipun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan kondisi tanah basah.
4. Perbandingan hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan bentonit, *gypsum*, dan garam pada sistem pentanahan dengan elektroda batang tunggal memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai resistansi pentanahan. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan resistansi yang cukup besar baik pada kondisi tanah basah maupun kering setelah dilakukan *soil treatment*.
5. Berdasarkan perbandingan hasil pengukuran pada tiga parit penelitian dengan variasi komposisi zat aditif, diperoleh bahwa Parit 2 memberikan hasil penurunan resistansi



paling besar dengan persentase penurunan lebih dari 85%, sehingga kombinasi komposisi bahan pada parit tersebut merupakan variasi yang paling efektif dalam mereduksi nilai resistansi pentanahan pada transformator PN-732.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut

1. Perlu dilakukan pengembangan variasi komposisi zat aditif, baik dari segi jenis material maupun perbandingan campuran, untuk memperoleh kombinasi yang lebih optimal dalam menurunkan resistansi pentanahan.
2. Disarankan menggunakan lebih dari satu jenis konfigurasi elektroda, seperti elektroda pelat, *grid*, atau *multiple rod*, sebagai perbandingan efektivitas dengan elektroda batang tunggal.
3. Penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk dilaksanakan pada kondisi musim yang aktual, baik pada musim hujan maupun musim kemarau, agar hasil pengukuran nilai resistansi pentanahan dapat merepresentasikan kondisi lingkungan secara lebih nyata dan akurat.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengukuran pH tanah sebelum dan sesudah penerapan *soil treatment*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat keasaman atau kebasaaan tanah terhadap perubahan nilai resistansi pentanahan serta efektivitas bahan aditif yang digunakan.

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.



- [10] R. R. Fazrin, T. Trisnawiyana, and T. Tohir, "Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2023, vol. 14, no. 1, pp. 103-108.
- [11] G. W. S. Nugraha, S. Sunardi, and T. Arifianto, "Pembuatan Sistem Grounding Axle Counter Berdasarkan Tahanan Jenis Tanah dan Kedalaman Grounding," *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 5, no. 1, pp. 1-13, 2023.
- [12] I. G. Kumara and R. N. Prasetyono, "Analisis Kelayakan Nilai Tahanan Pentanahan Jaringan Distribusi di PT. PLN (PERSERO) ULP Bumiayu," *Journal of Electronic and Electric Power Application*, pp. 16-21, 2021.
- [13] P. S. Harijanto, B. S. Gumilang, B. E. Prasetyo, and T. U. Syamsuri, "Rancang Bangun *Grounding Box Soil Treatment* Sebagai Media Pengukuran Resistansi Pentanahan untuk Proteksi Pembangkit Hybrid PV–Angin Politeknik Negeri Malang," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 11, no. 3, pp. 231-236, 2024.
- [14] C. C. Chameria and A. Sadad, "Pelayanan PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panam Dalam Menanggapi Keluhan Pelanggan," *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Sosial, Politik dan Humaniora*, vol. 3, no. 1, pp. 83-93, 2024.
- [15] F. NURFADILLAH, "Reduksi Resistansi Pentanahan dengan Zat Aditif Elektroda Batang Tunggal (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-246 PT. PLN (Persero) ULP Panam)," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2023.
- [16] I. M. K. Amali and S. Salim, "Studi Resistansi Elektroda Pentanahan Menggunakan Metode Tiga Kutup: Studi Pengaruh Bentonit," *Journal Of Renewable Energy Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1-7, 2025.
- [17] M. Mubarakh, A. Hafid, and A. Faharuddin, "Analisis Transformator Distribusi 160 KVA Di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang Berdasarkan Nameplate," *SIBERNETIK: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 1, no. 1, pp. 146-157, 2023.
- [18] M. Faqih, A. Firnanda, and M. S. A. Arwangi, "Study Of The Effect Of The Number Of Coils On Voltage And Current Value," *Journal of Educational Engineering and Environment*, vol. 2, no. 1, pp. 11-14, 2023.
- [19] R. Heriyansyah and M. I. Arsyad, "Analisa Penurunan Resistansi Pentanahan Menggunakan Arang Cangkang Sawit Dengan Elektroda Batang Dilokasi Jenis



Tanah Liat dan Gambut," *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 9, no. 2, 2021.

- [20] D. R. S. B. MANDARA, "Desain Sistem Pembumian dengan Pemberian Zat Aditif Gypsum dan Garam Pada Gedung Unit Gawat," *Jurnal SPEKTRUM Vol*, vol. 12, no. 1, 2025.
- [21] P. Harahap, Rimbawati, dan N. Evalina, *Teknik Instalasi Listrik*, Chandra A. P. Siregar (ed.), 1st ed. Medan: UMSU Press, 2024. ISBN 978-623-408-688-1.
- [22] B. E. Prasetyo and P. S. Harijanto, "Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan pada Tower Transmisi 150 kV Terhadap Sambaran Petir Menggunakan Simulasi Alternative Transient Program (ATP)," *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, vol. 3, no. 2, pp. 61-68, 2022.
- [23] R. D. Setiawan and T. Rijanto, "Pengaruh Penambahan Bentonit untuk Mereduksi Nilai Resistansi Pentanahan Jenis Elektroda Batang Berlapis Tembaga dan Pipa Baja Galvanis," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [24] J. Arifin, "Pengukuran Nilai Grounding Terbaik Pada Kondisi Tanah Berbeda," *Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi Dan Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 40-47, 2021.
- [25] A. Yulanda, L. Wahyuni, R. Safitri, A. Bakar, and M. D. Supardan, "Pemanfaatan Bentonit sebagai Penyerap Air pada Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel," *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 14-19, 2018.
- [26] O. Saputra, E. Sutandar, and A. Supriyadi, "Pembuatan bata pejal ringan nonstruktural menggunakan campuran sekam padi, semen, dan gypsum casting," *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang*, vol. 12, no. 3.



LAMPIRAN A

Pewawancara : Adrina Dzahabiyah
Program Studi : Teknik Elektro,
Universitas : UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Narasumber : Yadi Shuandi (Team Leader 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 2011.

Rere : Selamat siang, Pak. Perkenalkan, saya Adrina Dzahabiyah biasa dipanggil rere, mahasiswa Program Studi Teknik Elektro UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Mohon izin, apakah saya dapat meminta waktu Bapak sebentar untuk melakukan wawancara singkat terkait sistem pentanahan di PLN ULP Panam?

Yadi : Selamat siang, Rere. Silakan, tidak apa-apa.

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

Yadi : Penyebab nilai resistansi pentanahan tidak sesuai standar bisa disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya 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.

Rere : Apakah tindakan tersebut cukup efektif dalam menurunkan resistansi pentanahan dan menjaga kestabilannya agar tetap sesuai standar?

Yadi : Tindakan tersebut cukup efektif untuk menurunkan nilai 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.

Baik, Pak. Lalu, sistem pentanahan seperti apa yang saat ini diterapkan oleh PLN ULP Panam?

Saat ini, PLN ULP Panam umumnya menerapkan sistem pentanahan dengan menggunakan elektroda batang tunggal (*single rod grounding system*). Sistem ini tergolong sederhana dan mudah diterapkan, namun efektivitasnya sangat bergantung pada kondisi tanah di lokasi pemasangan.

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

Berdasarkan data lapangan, terdapat beberapa transformator distribusi dengan nilai resistansi yang cukup tinggi. Salah satunya berada di 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.

Baik pak, Apakah sejauh ini PLN telah melakukan metode lain selain penambahan jumlah elektroda untuk menurunkan resistansi pentanahan, seperti penggunaan bahan aditif tanah (*soil treatment*)?

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 di lingkungan PLN ULP Panam, meskipun metode tersebut berpotensi meningkatkan efektivitas sistem pentanahan di area dengan tahanan jenis tanah tinggi.

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Rere :

Yadi :

Rere :

Yadi :

Rere :

Yadi :

Rere :

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



Yadi :

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

Rere :

Baik, Pak. Terima kasih banyak atas waktu dan penjelasan yang telah diberikan.

Yadi :

Sama-sama, Rere. Semoga penelitianmu berjalan lancar.

Pewawancara

Narasumber

Adrina Dzahabiyah

Yadi Shuandi

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. Volume dan massa bahan

Volume Massa masing-masing bahan juga harus ditentukan berdasarkan persamaan (2.3). dan Jika sudah diketahui masing-masing volume bahan, maka massa bahan dapat dicari dengan persamaan (2.4). Diketahui massa jenis garam 1,201 gram/cm³, bentonit 0,8 gram/cm³, dan *gypsum* 2,31 gram/cm³, [15][25][26]. Adapun perhitungan sebagai berikut

Perhitungan volume bahan dan massa bahan Parit 2

$$V_{\text{bentonit}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{bentonit}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 50$$

$$V_{\text{bentonit}} = 15.700 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{bentonit}} = p \cdot v$$

$$m_{\text{bentonit}} = 0,8 \text{ g / cm}^3 \cdot 15.700 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{bentonit}} = 12.560 \text{ g}$$

$$V_{\text{gypsum}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{gypsum}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 10$$

$$V_{\text{gypsum}} = 3.140 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{gypsum}} = p \cdot V$$

$$m_{\text{gypsum}} = 2,31 \text{ g / m}^3 \cdot 3.140 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{gypsum}} = 7.253,4 \text{ g}$$

$$V_{\text{garam}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{garam}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 10$$

$$V_{\text{garam}} = 3.140 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{garam}} = p \cdot V$$

$$m_{\text{garam}} = 1,201 \text{ g / cm}^3 \cdot 3.140 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{garam}} = 3.771,14 \text{ g}$$

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.



Perhitungan volume bahan dan massa bahan Parit 3

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bentonit}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\
 V_{\text{bentonit}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 30 \\
 V_{\text{bentonit}} &= 9.420 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{bentonit}} &= p \cdot V \\
 m_{\text{bentonit}} &= 0,8 \text{ g / cm}^3 \cdot 9.420 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{bentonit}} &= 7.536 \text{ g} \\
 V_{\text{gypsum}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\
 V_{\text{gypsum}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 30 \\
 V_{\text{gypsum}} &= 9.420 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{gypsum}} &= p \cdot V \\
 m_{\text{gypsum}} &= 2,31 \text{ g / m}^3 \cdot 9.420 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{gypsum}} &= 21.760,2 \text{ g} \\
 V_{\text{garam}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\
 V_{\text{garam}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 10 \\
 V_{\text{garam}} &= 3.140 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{garam}} &= p \cdot V \\
 m_{\text{garam}} &= 1,201 \text{ g / cm}^3 \cdot 3.140 \text{ cm}^3 \\
 V_{\text{garam}} &= 3.771,14 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Perhitungan volume bahan dan massa bahan Parit 4

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bentonit}} &= \pi \cdot r^2 \cdot t \\
 V_{\text{bentonit}} &= 3,14 \cdot 10^2 \cdot 10 \\
 V_{\text{bentonit}} &= 3.140 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{bentonit}} &= p \cdot V \\
 m_{\text{bentonit}} &= 0,8 \text{ g / cm}^3 \cdot 3.140 \text{ cm}^3 \\
 m_{\text{bentonit}} &= 2.512 \text{ g}
 \end{aligned}$$

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





$$V_{\text{gypsum}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{gypsum}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 50$$

$$V_{\text{gypsum}} = 15.700 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{gypsum}} = p \cdot V$$

$$m_{\text{gypsum}} = 2,31 \text{ g / m}^3 \cdot 15.700 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{gypsum}} = 36.267 \text{ g}$$

$$V_{\text{garam}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{garam}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 10$$

$$V_{\text{garam}} = 3.140 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{garam}} = p \cdot V$$

$$m_{\text{garam}} = 1,201 \text{ g / cm}^3 \cdot 3.140 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{garam}} = 3.771,14 \text{ g}$$

b. Penurunan pada kondisi basah setiap pengukuran

Perhitungan penurunan resistansi pentanahan Parit 2

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{781 - 114}{781} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 85,40\%$$

Perhitungan penurunan resistansi pentanahan Parit 3

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{781 - 149}{781} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 80,92\%$$

Perhitungan penurunan resistansi pentanahan Parit 4

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{781 - 130}{781} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 83,92\%$$

c. Perhitungan persentase penurunan resistansi pentanahan

Perhitungan persentase kondisi basah

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{539,6 - 99,6}{539,6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 83,02\%$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



$$\text{Persentase}(\%) = \frac{539,6 - 85,6}{539,6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 84,13\%$$

Perhitungan persentase kondisi kering

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{778,4 - 148,4}{778,4} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 80,93\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{778,4 - 130,4}{778,4} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 83,24\%$$

Persentase peningkatan nilai resitasi kondisi kering ke basah

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{113,6 - 77,6}{77,6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 46,39\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{148,6 - 91,6}{91,6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 62,23\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{130,4 - 85,6}{85,6} \times 100\%$$

$$\text{Persentase}(\%) = 52,34\%$$

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



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Adrina dzahabiyyah, lahir di Provinsi Riau, Kota Pekanbaru 19 November 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Dhony Masrul dan Srimadona. Penulis pertama kali menempuh jenjang pendidikan berumur 6 tahun Tk An-Namiroh Pusat dan lanjut di SDN 141 Pekanbaru, waktu itu tahun 2010 dan selesai pada tahun 2016, dan pada tahun yang sama juga penulis melanjutkan sekolah menengah pertama di SMP N 35 Pekanbaru dan menyelesaikan pendidikannya pada tahun 2019. Pada tahun yang sama juga penulis melanjutkan pendidikan di SMK N 2 Pekanbaru dan waktu SMK penulis mengambil jurusan Teknik Audio Video karna sesuai minat penulis. Pada 2022 penulis selesai pendidikan di SMK dan pada tahun yang sama juga penulis diterima melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi lulus melalui jalur SBMPTN 2022 diprodi pilihan pertama yaitu Teknik Elektro UIN Suska Riau dan sampai sekarang. Pada semester 5, penulis memilih konsentrasi pada bidang energi. Penulis Berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2026.

Atas izin Allah SWT, berkat semangat dan ketekunan penulis, akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis berharap, karya ini dapat memberikan manfaat serta berguna bagi siapapun yang membutuhkan. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikan tugas akhir ini yang berjudul ” **Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, Gypsum, dan Garam (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam)**”.

NO HP : 0895603152241

Email : adrinadzahabiyyah@gmail.com

Judul Tugas Akhir : Reduksi Resistansi Pentanahan Batang Tunggal Menggunakan Kombinasi Zat Aditif Bentonit, *Gypsum*, dan Garam (Studi Kasus: Transformator Distribusi PN-732 PT. PLN (Persero) ULP Panam) ”.

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.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau Sultan Syarif Kasim Riau