

**REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN TRANSFORMATOR
DISTRIBUSI DENGAN ZAT ADITIF PADA ELEKTRODA
BATANG KONFIGURASI *SQUARE***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program
Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh :

M. RAFLI ARDIANSYAH

12050513553

UIN SUSKA RIAU

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

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2024

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 mengumumkkan 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

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.

Shire Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR PERSETUJUAN

REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN ZAT ADITIF PADA ELEKTRODA BATANG KONFIGURASI *SQUARE*

TUGAS AKHIR

Oleh :

M. RAFLI ARDIANSYAH

12050513553

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan tugas akhir prodi Teknik elektro
Di Pekanbaru, pada tanggal 30 Mei 2024

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

NIP : 19721021 200604 2 001

Dosen Pembimbing

Dr. Liliana, S.T., M. Eng.

NIP : 19781012 200312 2 004



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 PENGESAHAN

REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN ZAT ADITIF PADA ELEKTRODA BATANG KONFIGURASI *SQUARE*

TUGAS AKHIR

Oleh:

M. RAFLI ARDIANSYAH
12050513553

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 30 Mei 2024

Pekanbaru, 30 Mei 2024

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Prodi Teknik Elektro



Dr. Hartono, M. Pd.
NIP : 19640301 199203 1 003

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
NIP : 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Sutoyo, S.T., M.T.
Sekretaris : Dr. Liliana, S.T., M. Eng.
Anggota I : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.



LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

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

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

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka. Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru 21 Mei 2024

Yang membuat pernyataan



M. Rafli Ardiansyah

NIM. 12050513553

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.



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

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, Alhamdulillahirabbil'alamiin...

Sujud syukur kupersembahkan padaMu Tuhanku, Tuhan Yang Maha Agung nan Maha Tinggi, Maha Adil dan Maha Penyayang. Atas kasih sayang-Mu memberiku kekuatan, dan membekali ku dengan ilmu, atas karunia dan kemudahan yang telah Engkau limpahkan pulalah akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Ayahanda tercinta,

Terima kasih atas perjuangan yang tak kenal lelah untukku. Terima kasih atas limpahan kasih sayang, atas bimbingan, atas semangat yang engkau berikan kepadaku.

Terima kasih atas segala pengorbanan yang engkau lakukan wahai ayahanda tercinta. Akan selalu ku ingat dan engkau akan selalu aku banggakan.

Maafkan aku ayah sampai hari ini aku masih banyak menyusahkanmu.

Tetaplah do'akan aku ayah, Tetaplah disisiku sampai aku bisa membahagiakanmu di masa tuamu.

Ibunda Tercinta,

Terima kasih atas segala perjuangan tak kenal lelahmu dalam merawat dan mendidik ku.

Terima kasih untuk selalu mendo'akanku, Tugas Akhir ini dapat selesai berkat do'a mu yang menembus langit ibu. Terima kasih telah memberikan motivasi dan semangat untukku dan terima kasih atas semua pengorbanan yang engkau lakukan untukku ibu.

Maafkan aku ibu sampai hari ini aku masih banyak menyusahkanmu. Tetaplah do'akan aku ibu, Tetaplah disisiku sampai aku bisa membahagiakanmu di masa tuamu.

Partner Seperjuanganku

Hidup terlalu berat untuk kujalani sendiri tanpa campur tangan Tuhan dan orang lain. Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah bersama sahabat-sahabat terbaikku. Terimakasih banyak kuucapkan kepada partnerku yang selalu ada, sahabat yang banyak membantu, dan kawan-kawan seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2020. Semangat untuk kita semua!



REDUKSI RESISTANSI PENTANAHAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN ZAT ADITIF PADA ELEKTRODA BATANG KONFIGURASI *SQUARE*

M. RAFLI ARDIANSYAH

12050513553

Tanggal Sidang : 30 Mei 2024

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jalan Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Sistem pentanahan (*grounding system*) termasuk proteksi dari sistem tenaga listrik yang menjaga keandalan dalam mendistribusikan listrik dari pembangkit hingga konsumen dengan melindungi sistem dari arus abnormal yang disebabkan oleh surja petir. Regulasi PUIL 2000 bahwa nilai resistansi pentanahan bernilai $\leq 5 \Omega$ atau mendekati nol, namun sistem pentanahan tenaga listrik PLN hampir seluruhnya belum sesuai ketentuan yang ada dan salah satunya pada pentanahan Transformator Distribusi KB-724 PT. PLN ULP Kota Barat dengan nilai resistansi $67,36 \Omega$ dan resistivitas tanah $80,11 \Omega\text{m}$ dengan kategori jenis tanah yaitu tanah liat dan tanah ladang . Apabila tidak ada tindak lanjut dari *stakeholder* dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem dan peralatan hingga membahayakan manusia. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan elektroda konfigurasi square dan pencampuran zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam ke tanah terhadap resistansi pentanahan. Metode penelitian yang digunakan yaitu pengukuran metode tiga titik dan perlakuan pada tanah (*soil treatment*). Resistansi elektroda square menghasilkan nilai $17,6 \Omega$ saat basah dan $30,6 \Omega$ saat kering dengan persentase penurunan 73% dan 54% dari resistansi awal. Setelah tanah diberi perlakuan dengan zat aditif, terjadi penurunan secara signifikan yaitu $2,63 \Omega$ saat basah dan $4,35 \Omega$ saat kering dengan persentase penurunan 96% dan 93% dari resistansi awal.

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

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



REDUCTION OF DISTRIBUTION TRANSFORMER GROUNDING RESISTANCE WITH ADDITIVES ON SQUARE CONFIGURATION ROD ELECTRODES

M. RAFLI ARDIANSYAH

12050513553

Session Date : 30th May 2024

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas st. 155, Pekanbaru

ABSTRACT

The grounding system includes protection of the electric power system that maintains reliability in distributing electricity from the generator to consumers by protecting the system from abnormal currents caused by lightning surges. PUIL 2000 regulations that the value of grounding resistance is $\leq 1 \Omega$ or close to zero, but the PLN electric power grounding system is almost entirely not in accordance with existing provisions and one of them is the grounding of the KB-724 Distribution Transformer of PT PLN ULP Kota Barat with a resistance value of 67.36Ω and soil resistivity of $80.11 \Omega m$ with the category of soil types, namely clay and field soil. If there is no follow-up from stakeholders, it can cause damage to the system and equipment to endanger humans. The purpose of this study was to determine the effect of adding square configuration electrodes and mixing additives in the form of coal ash (fly ash) and salt to the soil on grounding resistance. The research method used is the three-point measurement method and soil treatment. The resistance of the square electrode produces a value of 17.6Ω when wet and 30.6Ω when dry with a percentage decrease of 73% and 54% of the initial resistance. After the soil was treated with additives, there was a significant decrease of 2.63Ω when wet and 4.35Ω when dry with a percentage decrease of 96% and 93% of the initial resistance.

Keywords: *Grounding System, Resistance, Resistivity, Soil Treatment, PUIL 2000*

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.

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 satu 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.

KATA PENGANTAR



Assalamu‘alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada Penulis, sehingga tugas akhir dapat selesai dengan baik.

Tugas akhir ini dapat selesai atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, waktu dan kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Teristimewa kepada orang tua yang penulis cintai yaitu Bapak H. Heri Hidayat dan Ibu Shinta Dewi yang selalu memberi do‘a, nasihat dan dukungan penuh kepada penulis serta menjadi tempat bersandar dan selalu mendengarkan keluh-kesah selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. H. Khairunnas, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T.,M.T selaku Ketua Program Studi dan Dosen Penguji 1 Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Sutoyo, S.T.,M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T.,M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya yang sudah membimbing saya dari memulai merancang hingga sidang tugas akhir berlangsung.
8. Bapak Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi arahan dan membimbing saya dengan sangat baik selama perkuliahan ini.
9. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc.,M.Sc selaku Dosen Penguji 2
10. Bapak Sutoyo, S.T.,M.T selaku Ketua Sidang
11. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi

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
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan, ilmu serta motivasi kepada penulis dalam menulis proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Husein, Bang Ibnu, Bang Dodi, Bapak Mungki dan seluruh jajaran PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat yang sudah memberi ilmu dan membantu penulis dengan sangat tulus dan tuntas selama penulis melakukan penelitian hingga tugas akhir selesai.
3. Ibu Osfioza, guru saya di SMK Negeri 5 Pekanbaru. Terimakasih telah membantu dan berkontribusi dalam alat penelitian yang digunakan.
4. Sulthon David Aulia, teman yang sangat hebat. Terimakasih sudah banyak berkontribusi dalam pertualangan tugas akhir ini mulai dari waktu, tenaga, pikiran dan berbagi keluh kesah selama penelitian hingga sidang tugas akhir berlangsung.
15. Pemilik NIM 12070126188, terimakasih telah memberikan dukungan baik motivasi dan semangat dalam proses mulai hingga selesainya penulisan skripsi.
16. Sahabat-sahabat penulis tercinta yang tidak dapat ditulis satu persatu, terimakasih telah memberi semangat, saran, mendengar keluh-kesah dan memberi kejutan kecil-kecilan yang sangat berharga kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Teman-teman seperjuangan Prodi Teknik Elektro angkatan 2020 yang tidak dapat ditulis satu persatu, terimakasih atas dukungan, canda tawa dan nasihat kepada penulis selama menjadi mahasiswa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini sangat Penulis harapkan. Mudah – mudahan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis khususnya dan Pembaca pada umumnya.

Amin Yaa Rabbal Alamin.

Pekanbaru, 21 Mei 2024

M. Rafli Ardiansyah

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-6
1.3. Tujuan Penulisan	I-6
1.4. Batasan Masalah	I-6
1.5. Manfaat Penelitian	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Penelitian Terkait.....	II-1
2.2. Landasan Teori	II-4
2.2.1. Pengertian Dasar Transformator	II-4
2.2.2. Prinsip Kerja Transformator	II-5
2.2.3. Jenis-jenis Transformator.....	II-5
2.2.4. Sistem Pentanahan Pada Transformator.....	II-6
2.2.5. Elektroda Pentanahan.....	II-8
2.2.6. Elektroda Batang (Rod).....	II-9
2.2.7. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah.....	II-9
2.2.8. Metode Soil Treatment.....	II-13
2.2.9. Volume dan Massa Bahan.....	II-15
2.2.10. Metode Pengukuran Pentanahan	II-15

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

BAB II METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2. Lokasi Penelitian	III-1
3.3. Tahapan Penelitian.....	III-1
3.4. Studi Literatur	III-3
3.5. Identifikasi Masalah.....	III-3
3.6. Pengumpulan Data.....	III-4
3.7. Pengukuran Resistansi Tanah	III-5
3.8. Perhitungan Nilai Resistivitas Tanah.....	III-6
3.9. Pengukuran Resistansi Pentanahan dengan Elektroda Batang Konfigurasi <i>Square</i> saat Keadaan Basah dan Kering.....	III-7
3.10. Pembuatan Parit Penelitian	III-7
3.11. Penambahan Abu Batu bara (<i>fly ash</i>) dan Garam.....	III-8
3.12. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Square</i> Setelah Penambahan Abu Batu bara (<i>Fly ash</i>) dan Garam saat Keadaan Basah dan Kering	III-10
3.13. Perbandingan Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Square</i> Ketika Sebelum dan Sesudah Penambahan Abu Batu bara (<i>fly ash</i>) dan Garam.....	III-11
3.14. Hasil dan Analisa	III-11
BAB IV HASIL DAN ANALISA	IV-1
4.1. Hasil Pengukuran Resistansi dan Perhitungan Resistivitas Pentanahan Transformator KB-724.....	IV-1
4.2. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda Batang Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Basah dan Kering	IV-5
4.3. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Square</i> Setelah Penambahan Abu Baru bara (<i>fly ash</i>) dan Garam	IV-8
4.3.1. Pembuatan Parit Penelitian	IV-8
4.3.2. Penambahan Abu Batu bara (<i>fly ash</i>) dan Garam	IV-9
4.3.3. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Square</i> Setelah Penambahan Abu Batu bara (<i>fly ash</i>) dan Garam Keadaan Basah.....	IV-10
4.3.4. Pengukuran Resistansi Tanah Elektroda <i>Square</i> Setelah Penambahan Abu Batu bara(<i>fly ash</i>) dan Garam Keadaan Kering.....	IV-11
4.4. Perbandingan Resistansi Pentanahan Elektroda <i>Square</i> Ketika Sebelum dan Sesudah Penambahan Abu Batu bara (<i>fly ash</i>) dan Garam.....	IV-12



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN V-1

5.1. Kesimpulan V-1

5.2. Saran V-2

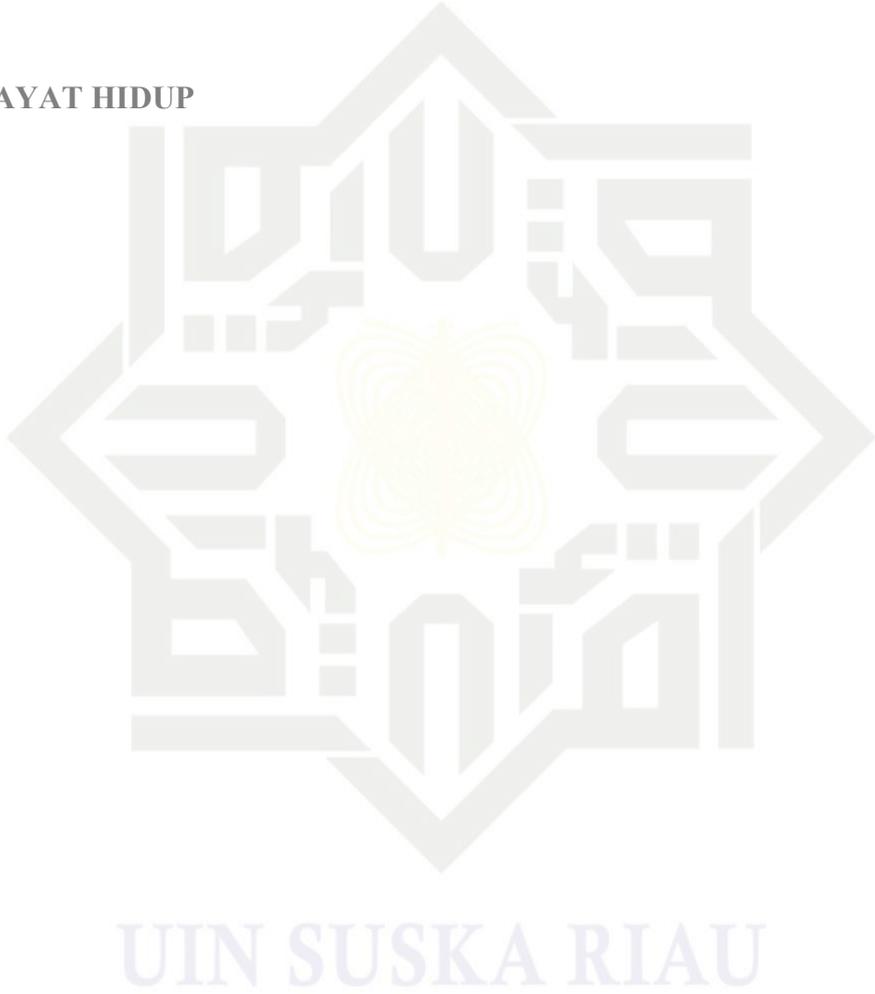
DAFTAR PUSTAKA

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

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem Kerja Transformator	II-5
Gambar 2.2 Unsur Tahanan Elektroda Batang	II-8
Gambar 2.3 Jenis-jenis Elektroda Batang.....	II-9
Gambar 2.4 Konfigurasi <i>Double Straight</i>	II-10
Gambar 2.5 Konfigurasi <i>Triple Straight</i>	II-10
Gambar 2.6 Konfigurasi <i>Triangle</i>	II-10
Gambar 2.7 Konfigurasi <i>Square</i>	II-10
Gambar 2.8 Konfigurasi <i>Crossicle</i>	II-10
Gambar 2.9 Material yang Dialiri Arus dan Terdapat Hambatan	II-13
Gambar 2.10 Alur Kerja Metode Pengukuran 3 Titik	II-16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	III-2
Gambar 3.2 Rancangan Parit Penelitian	III-8
Gambar 3.3 Rancangan Komposisi Bahan Zat Aditif.....	III-9
Gambar 4.1 Nilai Resistansi Pentanahan KB-724.....	IV-1
Gambar 4.2 Keadaan Tanah Transformator KB-724	IV-2
Gambar 4.3 Nilai Resistansi Tanah di Luar Area Transformator KB-724.....	IV-3
Gambar 4.4 Keadaan Tanah di Luar Area Transformator KB-724.....	IV-4
Gambar 4.5 Elektroda <i>Square</i>	IV-5
Gambar 4.6 Pengukuran Resistansi Pentanahan KB-724 Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Basah	IV-6
Gambar 4.7 Pengukuran Resistansi Pentanahan KB-724 Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Kering	IV-7
Gambar 4.8 Diameter dan Kedalaman Parit.....	IV-8
Gambar 4.9 Parit Penelitian Model Konfigurasi <i>Square</i>	IV-8
Gambar 4.10 Bahan Zat Aditif	IV-10
Gambar 4.11 Penambahan Zat Aditif ke Dalam Parit	IV-11
Gambar 4.12 Pengukuran Resistansi Pentanahan KB-724 Konfigurasi <i>Square</i> Zat Aditif Keadaan Basah	IV-11
Gambar 4.13 Pengukuran Resistansi Pentanahan KB-724 Konfigurasi <i>Square</i> Zat Aditif Keadaan Kering	IV-12
Gambar 4.14 Media Pengukuran Resistivitas Bahan Zat Aditif	IV-14

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

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Tanah.....	II-12
Tabel 2.2 Hasil Uji <i>X-Ray Flourescence Fly ash</i>	II-14
Tabel 3.1 Data Transformator Distribusi.....	III-4
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Ukur (<i>earth tester</i>)	III-4
Tabel 3.3 Spesifikasi Elektroda	III-4
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Resistansi Tanah KB-724	IV-2
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan di Luar Area Transformator KB-724	IV-3
Tabel 4.3 Data Perhitungan dan Pengukuran Resistansi Pentanahan Transformator KB-724	IV-4
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Basah..	IV-6
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Keadaan Kering	IV-7
Tabel 4.6 Volume dan Massa Zat.....	IV-9
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Zat Aditif Keadaan Basah	IV-11
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Resistansi Pentanahan Konfigurasi <i>Square</i> Zat Aditif Keadaan Kering	IV-12
Tabel 4.9 Nilai Perbandingan Resistansi Tanah KB-724 Sebelum dan Sesudah Penambahan Zat Aditif Elektroda <i>Square</i>	IV-13
Tabel 4.10 Nilai Resistansi & Resistivitas Bahan Zat Aditif.....	IV-15

- 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

1. Resistansi Pentanahan
2. Resistivitas Tanah Pada Elektroda Batang Tunggal
3. Resistansi Pentanahan Total Konfigurasi Eelektroda *Square*
4. Konfigurasi *Double Straight*
5. Konfigurasi *Triple Stright*
6. Konfigurasi *Triangle*
7. Konfigurasi *Square*
8. Konfigurasi *Cross Circle*
9. Rumus k
10. Rumus m
11. Persamaan x
12. Rumus y
13. Rumus q
14. Rumus z
15. Resistivitas Tanah
16. Volume Bahan
17. Massa Bahan
18. Massa Jenis Bahan
19. Persentase Penurunan

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang 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.

UIN SUSKA RIAU



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik berasal dari sebuah sistem yang membangkitkan dan menyalurkan listrik kepada konsumen, oleh karena itu untuk menjaga kestabilan listrik diperlukan peningkatan keamanan sistem dan pengamanan bagi pengguna maupun peralatan listrik maka diperlukan sebuah sistem proteksi. Sistem proteksi tersebut adalah sistem pentanahan (*grounding sistem*). Sistem pentanahan (*grounding sistem*) merupakan sistem proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem dari lonjakan listrik terutama tegangan tinggi dari petir dan arus abnormal, agar perangkat-perangkat yang diproteksi oleh sistem pentanahan tidak mengalami kerusakan. Secara teknis, lonjakan arus petir ataupun arus abnormal dialirkan ke bumi melalui elektroda sebagai penghubung dengan tanah [1].

Nilai resistansi yang rendah pada sistem pentanahan merupakan hal yang sangat penting dalam mengamankan sistem tenaga listrik, khususnya pada gardu distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan listrik kepada konsumen [2][3]. Masih banyak ditemukan permasalahan sistem pentanahan pada jaringan listrik tegangan 20 kv dengan nilai resistansi yang tidak sesuai standar, bahkan memiliki nilai resistansi yang tinggi. Beberapa faktor yang membuat nilai resistansi pada tanah menjadi tinggi yaitu jenis tanah, tingkat kelembaban tanah, keasaman (pH), resistivitas tanah, dan kandungan kimia [4]. Karakteristik tanah dengan temperatur yang tinggi, kandungan air yang kurang baik, jenis tanah dengan sifat konduktivitas yang buruk, nilai keasaman tanah yang kecil, dan unsur kimia tanah yang kurang baik dalam membantu menurunkan resistansi pentanahan menjadikan resistivitas tanah menjadi tinggi [4]. Unsur-unsur kimia dengan konduktivitas tanah yang baik yaitu seperti kalium (K), karbon (C), garam, dan unsur logam lainnya [3].

Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, bahwa standarisasi nilai resistansi untuk sistem pentanahan yang baik adalah dibawah 5Ω ($\leq 5\Omega$) atau mendekati nol [4]. Semakin rendah nilai tahanan pentanahan maka kemampuan sistem dalam mengalirkan arus gangguan ke bumi akan semakin mudah tanpa adanya arus gangguan yang masuk ke sistem tenaga listrik yang merusak peralatan [1], [5]. Namun jika nilai resistansi pentanahan tidak sesuai standar maka hal ini dapat membahayakan sistem dan pengguna listrik [5].

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



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.

Sesuai standarisasi dari IEEE 142-1983, terdapat berbagai perlakuan untuk mereduksi nilai tahanan pentanahan yaitu dengan menanam elektroda batang dan memberi perlakuan pada tanah (*soil treatment*). Menggunakan elektroda batang dengan jumlah yang banyak pada sistem pentanahan, terbukti mampu menurunkan nilai resistansi yang tinggi, dengan data lain semakin banyak batang elektroda yang ditanam, maka nilai resistansi juga akan semakin rendah [2]. Penanaman batang elektroda yang dalam, terbukti mampu mereduksi nilai resistansi tanah, dengan ukuran elektroda yang panjang dan penanaman yang dalam akan sangat membantu dalam penurunan nilai tahanan pentanahan [6].

Soil treatment merupakan salah satu metode yang mampu mengurangi nilai tahanan pentanahan dengan cara menambahkan beberapa zat kimia berupa zat aditif yang dicampur dengan tanah pada elektroda batang [7]. Metode ini terbukti mampu mereduksi tahanan pentanahan yang melebihi standarisasi. Zat aditif yang digunakan untuk metode ini mengandung zat kimia berupa karbon, magnesium klorida, kalsium klorida, garam, bentonit, dan zat kimia lainnya [6]. Bahan yang mengandung zat kimia di atas dan bisa digunakan untuk metode ini diantaranya seperti abu batu bara (*fly ash*), garam, gypsum, arang, dan lainnya.

Abu batubara (*fly ash*) berasal dari pembakaran batu bara yang saat ini pemanfaatannya masih kurang variatif. Abu batu bara mempunyai potensi untuk memperbaiki konduktivitas listrik pada tanah karena mengandung unsur kimia yang mampu menghantarkan listrik. Abu batu bara pada umumnya bersifat alkali, sehingga tidak mengakibatkan korosi pada elektroda. Penelitian sebelumnya menyampaikan bahwa abu batu bara dengan campuran bentonit dapat dijadikan bahan alternatif sebagai zat aditif yang mampu mereduksi tahanan jenis tanah, dan terbukti mampu secara signifikan mereduksi tahanan pentanahan sebesar 40% [8].

Percobaan menurunkan tahanan tanah dengan metode *soil treatment* menggunakan garam terbukti mampu secara efektif mereduksi tahanan pentanahan [4]. Garam jenis NaCl mempunyai kepadatan 0,8–0,9 dengan titik lebur pada tingkat suhu 801°C dan bersifat hidroskopis yang mampu menyerap air dengan baik, sehingga dapat menjaga kelembaban tanah. Campuran garam merupakan sebuah elektrolit yang mampu menghantarkan listrik ke tanah dengan baik sehingga mampu meningkatkan konduktivitas tanah. Sifat garam mampu mengikat tanah dan berdampak mengubah komposisi tanah menjadi lebih padat sehingga meningkatkan daya hantar listrik di dalam tanah [4]. Berdasarkan penelitian, garam terbukti mampu mereduksi tahanan pentanahan hingga 48% [9].



Parameter penting seperti kondisi tanah dengan kelembaban/kandungan air yang baik, akan sangat berpengaruh pada sistem pentanahan. Penelitian terkait pengaruh kondisi tanah kering dan basah terhadap sistem pentanahan menggunakan elektroda batang membuktikan bahwa, pada saat keadaan kering nilai tahanan pentanahan lebih besar daripada saat keadaan basah [10]. Dengan kandungan air/kelembaban tanah yang tinggi maka nilai resistansi pentanahan akan semakin rendah.

PT. PLN (Persero) ULP Pekanbaru Kota Barat merupakan sub unit perusahaan dari PT. PLN (Persero) UP3 Pekanbaru yang memiliki fungsi sebagai unit layanan pelanggan pada beberapa area kecamatan di Pekanbaru, diantaranya yaitu Payung sekaki, Senapelan, dan Sukajadi [11]. Menurut sumber data inspeksi jaringan PLN, banyak dijumpai permasalahan pada transformator distribusi seperti hilangnya elektroda dan kabel penghantar, dan nilai resistansi pentanahan yang tinggi. Salah satunya pada transformator distribusi KB-724. Transformator distribusi ini menggunakan elektroda batang tunggal pada kedalaman 2 meter. Pemilihan elektroda batang sebagai penghantar sistem pentanahan karena untuk penerapannya yang efektif, ekonomis, dan tidak memerlukan lahan yang luas. Transformator distribusi ini berada *feeder* Bawal dan terletak di jalan Soekarno-hatta, di mana transformator KB-724 ini tepat berada di depan kantor ULP Kota Barat yang membutuhkan energi listrik yang stabil untuk membantu pelayanan listrik kepada konsumen.

Sesuai dengan data inspeksi jaringan dan wawancara dengan Bapak Husein sebagai Manajer ULP Kota Barat, transformator KB-724 mempunyai nilai resistansi tanah yang besar yaitu 55 Ω , dan dapat disimpulkan bahwa belum sesuai dengan standar PUIL 2000. Beberapa faktor dan hal yang berpengaruh yaitu resistivitas tanah, temperatur tanah tinggi, kelembaban atau kadar air dan keasaman tanah rendah serta unsur tanah yang bersifat tidak konduktif.

Dari hasil wawancara yang sudah dilakukan dengan bapak Husein selaku manajer ULP Kota Barat, beberapa perlakuan yang sudah diaplikasikan oleh ULP Kota Barat untuk mereduksi tahanan pentanahan yang tinggi pada transformator distribusi yaitu dengan menambah jumlah batang elektroda secara paralel dan memperdalam elektroda ke tanah hingga 2 meter. Namun, hal tersebut masih belum bisa mendapatkan nilai resistansi pentanahan rendah secara permanen. Maka dari itu, perlu sebuah tindakan lebih lanjut agar nilai tahanan pentanahan bisa mencapai nol.

ULP Kota Barat belum menerapkan sebuah metode yang sudah terbukti mampu

1. Diarangi 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.

mereduksi resistansi pentanahan hingga 90% yaitu metode *soil treatment*. Maka dari itu peneliti menggunakan metode ini untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan, adapun zat aditif yang digunakan adalah abu batu bara (*fly ash*) dan garam dengan menggunakan elektroda batang konfigurasi *square* yang disusun secara persegi (paralel). Dengan mengimplementasikan metode ini diharapkan mampu menjadi solusi yang tepat untuk mengatasi masalah pada sistem pentanahan di ULP Kota Barat.

Namun dengan adanya kendala teknis seperti luas tanah yang sempit, tanah tidak rata, dan tanah banyak dipasang *paving block* pada area tanah Transformator Distribusi KB-724 maka penelitian dilakukan pada tanah di luar area transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat yang berlokasi di Jalan Jambu dengan jenis tanah yang sama dan ukuran resistansi pentanahan dan resistivitas tanah yang sama sehingga dapat mewakili untuk lokasi penelitian.

Penelitian ini mengembangkan beberapa riset sebelumnya yang sudah membuktikan bahwa metode *soil treatment* mampu mereduksi resistansi pentanahan. Adapun *gap* riset pada penelitian ini adalah menggabungkan dua bahan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam dengan menerapkan sistem pentanahan menggunakan elektroda batang konfigurasi *square*. Dasar pemilihan bahan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam karena unsur kimianya yang mampu menurunkan tahanan pentanahan, dan juga garam bisa menjadi peredam tahanan pentanahan yang tinggi karena bersifat hidroskopis yang mampu menghantarkan daya listrik yang baik dan mampu mengikat tanah menjadi padatan [8]. Pemanfaatan abu batu bara (*fly ash*) yang kurang variatif sehingga menjadi masalah lingkungan, namun bahan ini bersifat alkali yang dapat mencegah korosi pada elektroda. Maka dari itu, perpaduan dua bahan zat aditif ini sangat cocok untuk mereduksi resistansi pentanahan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 batang elektroda yang disusun persegi (*square*) dan penambahan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam ke sistem pentanahan untuk mengetahui perbandingan antara ketika sebelum dan sesudah penambahan zat aditif dalam mereduksi resistansi pentanahan pada transformator. Pengukuran ini dilakukan saat keadaan basah dan kering untuk mengetahui resistansi pentanahan saat kondisi terbaik dan terburuk [12]. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah metode *soil treatment* mampu mereduksi resistansi pentanahan sebesar 15-90% sesuai dengan ketentuan yang ada pada standarisasi IEEE (142-1983) dan mencapai nilai kurang atau sama dengan $5 \Omega (\leq 5 \Omega)$ atau mendekati nol sesuai standar dari PUIL 2000 [6].

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.

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.

Berdasarkan penjabaran dan penjelasan sebelumnya, maka penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian terkait “**Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi Dengan Zat Aditif Pada Elektroda Batang Konfigurasi *Square***”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperoleh rumusan masalahnya yaitu

1. Berapa nilai resistansi dan resistivitas tanah keadaan *existing* pada sistem pentanahan Transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Kota barat?
2. Bagaimana pengaruh konfigurasi *square* terhadap resistansi pentanahan transformator distribusi saat keadaan basah dan kering?
3. Bagaimana pengaruh penambahan abu batu bara (*fly ash*) dan garam sebagai *soil treatment* pada sistem pentanahan konfigurasi *square* terhadap resistansi pentanahan saat keadaan basah dan kering?

1.3 Tujuan Penulisan

1. Menganalisis nilai resistansi dan resistivitas tanah keadaan *existing* pada sistem pentanahan Transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Kota barat.
2. Menganalisis pengaruh konfigurasi *square* terhadap resistansi pentanahan transformator distribusi saat keadaan basah dan kering.
3. Menganalisis pengaruh penambahan abu batu bara (*fly ash*) dan garam sebagai *soil treatment* pada sistem pentanahan konfigurasi *square* terhadap resistansi pentanahan saat keadaan basah dan kering

1.4 Batasan Masalah

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

1. Resistansi pentanahan berdasarkan ketentuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2000.
2. Metode *Soil treatment* dengan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam sebagai bahan reduksi resistansi pentanahan.
3. Elektroda batang konfigurasi *square* berbahan tembaga dengan panjang yang sama.
4. Persentase massa abu batu bara (*fly ash*) sebesar 90 % dan garam sebesar 10 % pada setiap parit.
5. Pengukuran resistansi pentanahan elektroda *square* sebelum dan sesudah penambahan zat aditif dilakukan secara bertahap dalam waktu yang berbeda.



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. Penelitian dilakukan pada tanah di luar area transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat yang berlokasi di Jalan Jambu dengan jenis tanah yang sama. Faktor pemilihan di luar area objek penelitian karena kendala teknis seperti luas tanah yang sempit, tanah tidak rata, dan tanah banyak dipasang *paving block*, sehingga dipilih area tanah dengan jenis yang sama dan ukuran resistansi pentanahan dan resistivitas tanah yang sama, sehingga lokasi ini dapat mewakili objek riset dan memenuhi kriteria lokasi dari Transformator Distiribusi KB-724.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi objek yang diteliti
Ketika akan dilakukan perbaikan maka penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan untuk memperbaiki nilai resistansi pada tanah.
2. Bagi peneliti
Diharapkan untuk kedepannya penelitian ini dapat dijadikan acuan atau sumber dalam mencari data bagi penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.
3. Bagi tempat penelitian
Diharapkan untuk kedepannya ini dapat dijadikan sebagai bahan bagi PT. PLN (Pesero) ULP Kota Barat untuk mengurangi resistansi tanah pada saat akan memperbaiki sistem pentanahan ataupun ketika akan melakukan pemasangan sistem pentanahan baru.

UIN SUSKA RIAU

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian ini membutuhkan beberapa referensi dari penelitian yang akurat sebagai acuan dan pedoman untuk membantu menemukan solusi dari sebuah masalah pada sistem pentanahan transformator distribusi ULP Kota Barat. Setelah melakukan studi literatur, penulis memberikan sebuah solusi yaitu metode *soil treatment* dengan tujuan untuk mengubah komposisi tanah agar menjadi daya hantar listrik yang baik [4]. Dengan mengkonfigurasi elektroda batang yang disusun secara paralel dengan bentuk persegi.

Penelitian pertama yang dijadikan sebagai referensi yaitu jurnal dengan judul “Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang dan Elektroda Mesh dengan Penambahan Bentonit dan Garam Murni (NaCl), Studi Kasus ; ITERA”. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan menerapkan metode varian kedalaman dari elektroda batang dan *mesh* serta varian konsentrasi dari zat aditif berupa garam dan bentonit sebagai pereduksi resistansi pentanahan. Percobaan pertama dengan tingkat kedalaman 20 cm hingga 100 cm pada dua jenis elektroda tanpa menambahkan zat aditif dengan hasil nilai resistansi masih di atas nilai standar. Pada percobaan dari dua jenis elektroda dengan menambahkan 7 kg bentonit dan 7 kg garam dengan tingkat kedalaman 30 cm dan 40 cm pada elektroda mesh dan 80 cm pada elektroda batang hingga menghasilkan nilai resistansi tanah di bawah 5 Ω [13].

Penelitian kedua yang digunakan sebagai pedoman yakni jurnal dengan judul “Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah”. Dengan melakukan pengujian hambatan di tanah pada kondisi suhu yang dikondisikan serta penambahan garam. Pada penelitian ini garam mampu mereduksi tahanan pentanahan hingga 48% dari kondisi semula, hal ini disebabkan karena garam dapat mengubah keadaan tanah menjadi liat dan lekat pada elektroda. Dengan kadar garam yang tinggi maka nilai resistansi pada tanah akan semakin rendah, karena garam mampu mengikat tanah. Menambahkan air pada tanah mampu mereduksi nilai resistivitas tanah hingga 75% dari 323 Ω menjadi 77 Ω . Karena kerapatan pada air mampu menjadikan meningkatkan kelembaban tanah dan mengisi celah udara pada tanah. Kelembaban tanah sangat berpengaruh pada resistansi pentanahan, semakin tinggi kelembaban tanah maka resistansi tanah akan menurun [9].

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

Penelitian ketiga yang dijadikan sebagai referensi ialah jurnal dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan Garam dan Arang Sebagai *Soil Treatment* Dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda”. Zat aditif yang digunakan pada penelitian ini adalah arang kayu dan campuran air garam untuk mereduksi resistansi tanah. Elektroda ditanam dengan tingkat kedalaman yang berbeda dan variasi bahan, dengan adanya variasi kedalaman dan bahan yang digunakan agar mendapatkan kondisi terbaik pada nilai tahanan. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode tiga titik dan elektroda batang tunggal berdiameter 0,015 m dan panjang 1 m. Hasil dari penelitian ini yaitu campuran arang sekam padi mampu mereduksi tahanan tanah hingga 26% dari kondisi semula yaitu 19,72 Ω menjadi 5,1 Ω , pada komposisi arang dan garam 100% [14].

Penelitian keempat yang digunakan untuk pedoman dalam penelitian ini adalah *paper* dengan judul “Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan”. Kondisi tanah pada studi kasus penelitian ini sangat kering dengan kedalaman mata air rata-rata 100 m, maka solusi yang diberikan yaitu *soil treatment* menggunakan zat aditif berupa arang dan garam dan elektroda batang sebagai konduktor ke tanah. Penelitian ini membandingkan nilai tahanan pentanahan pada jenis tanah kapur dan pasir dalam kondisi kering dan basah yang diteliti selama satu bulan. Pada kondisi kering, nilai tahanan tanah pada tanah kapur 2,5 Ω dan tanah pasir sebesar 1,82 Ω . Sedangkan pada kondisi basah dengan menggunakan air, arang, dan garam dengan takaran 5:1:2 mendapatkan hasil nilai tahanan dengan rata-rata 1,52 Ω untuk tanah pasir dan 2,43 Ω pada tanah kapur dari kondisi niali awal tanah pasir sebesar 3 Ω dan tanah kapur sebesar 3,5 Ω . Efisiensi pentanahan pada tanah pasir rata-rata 65% dibandingkan pentanahan tanpa Sigarang dan pada tanah kapur sebesar 75% [3].

Penelitian kelima yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini yakni “Analisis Penggunaan Bentonit Gypsum Dan Garam Sebagai Zat Aditif Untuk *Soil Treatment* Pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang”. Penelitian ini menggunakan elektroda batang dan metode *soil treatment* dengan zat aditif berupa bentonit, gypsum, dan garam sebagai pereduksi resistansi tanah pada jenis tanah gambut. Penelitian ini juga menguji komposisi campuran yang paling efektif untuk mereduksi tahanan tanah, dimana penggunaan zat aditif sebesar 70% dan menganalisis penurunan nilai tahanan selama 10 hari kedepan setelah penambahan zat aditif. Hasil dari penelitian ini mendapatkan komposisi dengan campuran 30% bentonit, 30% gypsum, dan 10% mampu mereduksi resistansi hingga 82,14% dari kondisi semula 50,9 Ω menjadi 9,09 Ω . Kemampuan zat aditif untuk menurunkan

1. Di larang 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.

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.

Resistansi pentanahan sangat tergantung pada waktu dan kandungan air, karena zat aditif perlu waktu untuk dapat diserap oleh tanah disekitar elektroda pentanahan dan perlu waktu untuk menyerap air agar menjaga kelembaban tanah [4].

Penelitian keenam yang digunakan sebagai pedoman dalam penelitian ini yaitu jurnal dengan judul “Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Elektroda Konfigurasi Triangle Terhadap Tahanan Pentanahan”. Penelitian ini menguji menggunakan elektroda batang sebagai konduktor ketanah dan menambahkan zat aditif berupa puing bangunan dan garam dengan komposisi 90% dan 10% pada kondisi tanah kering dan basah, pada penelitian ini dijadikan referensi pada penggunaan komposisi bahan zat aditif. Hasil yang diperoleh dalam kondisi tanah kering menghasilkan nilai tahanan berkisar 1,62 Ω dan 1,54 Ω dalam kondisi tanah basah. Hal ini dikarenakan pengaruh dari kandungan air yang ada pada tanah [10].

Penelitian ketujuh yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini adalah jurnal dengan judul “Analisa Jarak Paralel Antara Konduktor Sistem Grounding Grid PLTP Lahendong Unit 5 Dan 6“. Faktor jarak paralel antara koduktor sangat mempengaruhi nilai tahanan tanah, dimana ketika jarak antar konduktor diatur sejauh 20 meter menghasilkan nilai 0,477 Ω . Hasil dari penelitian ini jarak yang efektif untuk paralel antar elektroda yaitu 18 meter, hal ini karena masih dikategorikan baik dan aman. Dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak penanaman paralel antar konduktor maka potensi untuk mereduksi resistansi semakin sulit [15].

Penelitian kedelapan yang digunakan sebagai acuan yaitu jurnal dengan judul “Pengaruh Paralel Pentanahan Transformator dan Pentanahan Arrester Terhadap Kinerja Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi 250 kVA Gardu BA 005 di PT. PLN (Persero) UP3 Bengkulu ULP Teluk Segara“. Penanaman elektroda batang dengan jumlah yang banyak (paralel) dan ditanam secara vertikal kedalam tanah, maka akan menghasilkan nilai resistansi tanah lebih kecil. Konfigurasi dari penanaman elektroda batang dari penelitian ini berbentuk bujur sangkar, persegi, ataupun segitiga dengan jarak yang sama. Dari hasil perhitungan paralel pentanahan bodi atau cangkang transformator dapat mempekecil resistansi pentanahan sebesar 0, 12 Ω dan hasil pengukuran terbesar 7,7 Ω dengan selisih resistansi pentanahan sebesar 7,58 Ω [2].

Penelitian yang paling mendekati sebagai acuan dalam penelitian ini yakni jurnal yang berjudul “Pengaruh Limbah Batu bara (*Fly ash*) Sebagai *Soil Treatment* Pada Sistem Pentanahan Elektroda Batang” [1]. Penelitian ini mengukur nilai resistansi pada kondisi

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.

Setelah penambahan abu batu bara (*fly ash*) dan menganalisis pengaruh kedalaman penanaman elektroda batang. Abu terbang memiliki unsur-unsur kimia yang apabila larut dalam air dapat mengubah larutan menjadi konduktor yang baik. Abu terbang mempunyai sifat alkalinitas tinggi dengan variasi pH rentang 8-12, dimana sifat ini mampu mencegah korosi pada elektroda. Penurunan resistansi mencapai 40% setelah menambahkan abu terbang, dari kondisi 1,82 Ω menjadi 1,18 Ω . Percobaan pengukuran tanpa perlakuan memberi abu terbang, membutuhkan kedalaman elektroda sampai 12 meter dibandingkan dengan pemberian abu terbang hanya membutuhkan kedalaman 7 meter [8].

Penelitian yang dilakukan yaitu mengaplikasikan sistem sistem proteksi (*grounding system*) pada transformator distribusi menggunakan elektroda batang konfigurasi *square* dengan melakukan perlakuan pada tanah (*soil treatment*) menggunakan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) yang merujuk pada penelitian berjudul “Pengaruh Limbah Batu bara (*Fly ash*) Sebagai *Soil Treatment* Pada Sistem Pentanahan Elektroda Batang” [8] dan dari penelitian tersebut ditambahkan bahan sebagai pengembangan penelitian yaitu garam dengan referensi dari penelitian berjudul “Analisis Penggunaan Bentonit Gypsum Dan Garam Sebagai Zat Aditif Untuk *Soil Treatment* Pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang” [4] sebagai pereduksi resistansi tanah pada elektroda batang konfigurasi *square*. Tujuan dari pemberian zat aditif ini guna menganalisis seberapa besar pengaruh penambahan zat aditif pada resistansi tanah untuk mereduksi resistansi secara efektif.

Penelitian ini akan membandingkan nilai resistansi tanah pada dua kondisi yaitu basah dan kering dengan durasi pengukuran pada setiap kondisi selama tujuh hari, pengukuran ini merujuk pada jurnal dengan judul “Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah” [9]. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah metode *soil treatment* mampu mereduksi resistansi pentanahan sebesar 15-90% sesuai dengan ketetapan yang ada pada standarisasi IEEE (142-1983) dan mencapai nilai kurang atau sama dengan 5 Ω ($\leq 5 \Omega$) atau mendekati nol sesuai standar dari PUIL 2000 [6].

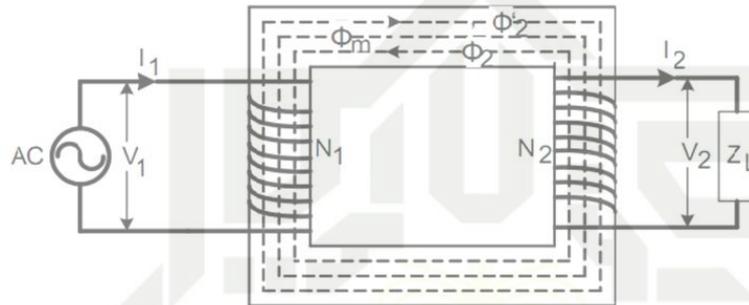
2.2. Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Dasar Transformator

Transformator adalah peralatan listrik yang memiliki peran untuk mengatur dan mengubah tegangan sesuai kebutuhan pada sistem tenaga listrik. Transformator berfungsi sebagai pengatur tegangan dalam sistem tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan berdasarkan permintaan atau kebutuhan. Pada tegangan tinggi diperlukan saat

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.

menyalurkan listrik dalam jarak yang jauh, tujuannya untuk meminimalisir terjadinya rugi-rugi daya pada saluran transmisi. Ketika transformator dapat diandalkan, tegangan yang dihasilkan akan dipilih berdasarkan kebutuhan. Transformator menjadi komponen utama pada sistem tenaga listrik karena digunakan untuk mendistribusikan tegangan listrik dan mengubah atau mengkonversi arus bolak-balik begitu sebaliknya pada pembangkit, saluran transmisi, dan saluran distribusi [16].



Gambar 2.1. Sistem Kerja Transformator [16]

2.2.2. Prinsip Kerja Transformator

Berdasarkan hukum Ampere dan Faraday menyatakan bahwa prinsip kerja transformator yaitu arus listrik dapat menghasilkan medan magnet sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Saat arus *alternating current* (AC) dilewatkan melalui belitan pada transformator, kuantitas dari garis medan magnet mengalami perubahan maka terjadilah induksi pada belitan primer dan belitan sekunder menerima garis medan magnet dari belitan primer dan jumlah garis medan magnet juga berubah. Disimpulkan bahwa terdapat induksi di belitan sekunder dan ada perbedaan tegangan di kumparan [16].

2.2.3. Jenis-jenis Transformator

Transformator memiliki beberapa jenis yang tersedia dan menyesuaikan pada tujuan penggunaan dan kebutuhan pada sistem tenaga listrik. Diantaranya adalah transformator yang berfungsi bagi pembangkit listrik terkait distribusi atau transmisi listrik. Jenis-jenis dari transformator yaitu sebagai berikut, [16]

1. Transformator Berdasarkan Tingkat Tegangan

Jenis transformator berdasarkan tegangan memiliki sistem klasifikasi berdasarkan jumlah lilitan primer dan lilitan sekunder.

a. Transformator *Step-up*

Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki kapasitas untuk meningkatkan tegangan AC ke tegangan yang lebih tinggi. Untuk menghasilkan

tegangan tinggi, jumlah lilitan kumparan harus ditingkatkan dari jumlah primer. Pada umumnya, transformator jenis ini digunakan di pembangkit listrik untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan oleh generator [16].

b. Transformator Step-Down

Transformator *step-down* adalah transformator yang memiliki kapasitas untuk menurunkan tegangan AC ke tegangan yang lebih rendah. Untuk menurunkan output tegangan, jumlah lilitan kumparan primer harus lebih besar dari jumlah lilitan kumparan sekunder. Pada umumnya, tujuan dari transformator ini adalah untuk menurunkan tegangan transmisi ke tegangan distribusi [16].

2. Jenis Transformator Berdasarkan Fungsinya

Transformator jenis ini memiliki sistem klasifikasi yang dikelompokkan dari tujuan penggunaan transformator tersebut. Diantaranya adalah:

a. Transformator Daya

Transformator daya adalah transformator yang mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi atau sebaliknya. Transformator ini terletak di Gardu Induk (GI), baik pembangkitan maupun distribusi [16].

b. Transformator Distribusi

Transformator distribusi adalah transformator yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari transmisi ke distribusi, ini berarti transformator distribusi berfungsi sebagai penurun tegangan [16].

2.2.4 Sistem Pentanahan Pada Transformator

Sistem pentanahan adalah sistem yang berperan sebagai konduktor yang menghubungkan sistem, peralatan, dan instalasi ke bumi/tanah untuk melindungi tubuh manusia dari sengatan listrik dan untuk mencegah komponen instalasi dari kerentanan terhadap tegangan atau arus abnormal. Akibatnya, sistem pentanahan menjadi sangat penting bagi sistem tenaga listrik [17].

Sistem pentanahan dalam jaringan distribusi bermanfaat sebagai bentuk perlindungan langsung terhadap kegagalan peralatan dan lupa karena kerusakan isolator dan *over voltage* yang disebabkan oleh sambaran petir. Petir mampu mengakibatkan arus gangguan dan tegangan lebih yang dapat dihantarkan ke tanah, dengan sistem pentanahan yang tepat, arus gangguan dan tegangan lebih dapat dipisahkan dari tanah [12]. Beberapa jenis sistem pentanahan terdapat pada transformator, antara lain:

Pentanahan Titik Netral Sistem

Dalam sistem daya, semakin panjang dan jauh saluran, semakin besar nilai tegangannya dan semakin besar arus gangguannya. Akibatnya, apabila gangguan tanah lebih besar ukurannya, busur api tidak dapat dipadamkan, dan gejala busur tanah lebih parah. Gejala busur api tanah adalah prosedur siklus pembersihan dan penutupan busur api. Hal ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan tegangan sementara yang lebih tinggi dan merusak peralatan, juga dapat menimbulkan ancaman bagi masyarakat atau pekerja di sekitarnya karena potensi tegangan sentuh dan tegangan langkah. Akibatnya, sistem daya besar (dalam sistem Y) memiliki titik netral sistem sebagai tanah [2].

Beberapa tujuan dari pentanahan titik netral sistem, yaitu:

- a. Meminimalisir terjadinya busur api dalam sistem
- b. Melindungi tegangan fasa
- c. Meningkatkan *reliability* dalam distribusi tenaga listrik,
- d. Meminimalisir tegangan lebih karena penyalaan bunga api yang terjadi,

2. Pentanahan Arrester

Mekanisme pembumian arrester memiliki peran penting dalam sistem distribusi daya, hal ini karena harus diterapkan untuk mencapai persyaratan teknis. Biasanya, arrester ditempatkan dengan mekanisme pelokalan, ini adalah batang yang tertanam di tanah di dekat arrester. Dari terminal pentanahan arrester yang terhubung ke batang melalui penghantar, resistansi tanah dirancang dengan nilai maksimum 5Ω [2]. Lightning Arrester Tipe Eksplosif adalah jenis arrester yang biasanya dipakai guna melindungi peralatan listrik yang dimaksudkan untuk mencegah sambaran petir.

3. Pentanahan Peralatan

Pentanahan Peralatan merupakan pentanahan bagian dari peralatan dimana pada kerja normal tidak dilalui oleh arus [2]. Tujuan tanah peralatan adalah untuk mengurangi tegangan komponen ini dan pentanahan ke ambang batas yang aman untuk semua kondisi pengoperasian yang umum. Selain itu, untuk mendapatkan hambatan yang kecil dari jalur balik hubung singkat ke tanah [2].

Tujuan pentanahan peralatan adalah [2]:

- a. Guna mengurangi tegangan bagian non-aktif peralatan dan tanah, ke tingkat yang aman (tidak berbahaya) untuk semua kondisi operasi yang umum atau tidak umum. Untuk mencapai hal ini, diperlukan sistem pembumian peralatan. Sistem pembumian

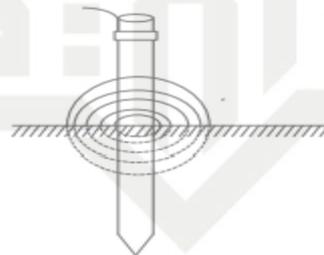
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang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

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

- ini digunakan untuk menyamakan potensi di seluruh bagian struktur dan peralatan, dan untuk menjaga agar operator atau personel lain di sekitar instalasi tidak berada dalam bahaya setiap saat .
- Untuk menurunkan impedansi yang terjadi, hal ini akan mengurangi kemungkinan kecelakaan dan sengatan listrik saat terjadi korsleting. Akibatnya, personel yang bekerja dapat merasa aman saat melakukan perbaikan dan pemeliharaan.

2.2.5. Elektroda Pentanahan

Konduktor yang terhubung langsung ke tanah dan ditanamkan ke bumi dikenal sebagai elektroda pentanahan. Jika terjadi gangguan yang mengalirkan arus ke tanah, tujuan dari kontak langsung ini adalah untuk mendapatkan aliran arus yang terbaik. Bahan yang digunakan sebagai elektroda dikenal sebagai bahan konduktor, dan tembaga, aluminium, dan besi adalah bahan yang termasuk dalam kategori ini berdasarkan regulasi. Tembaga memiliki lebih banyak keunggulan dibandingkan bahan lain dalam hal sifat mekanik, listrik, dan kimianya. Namun, tembaga sering kali lebih mahal daripada bahan lain, terutama jika mempertimbangkan masalah yang dapat terjadi akibat elektroda yang rusak dan efek listrik dan mekanisnya. Secara kimiawi, tembaga lebih baik [2].



Gambar 2.2. Unsur Tahanan Elektroda Batang [10]

Elektroda pentanahan membutuhkan resistansi tanah yang rendah dengan mencoba membuat kontak sebanyak mungkin antara permukaan elektroda dan tanah adalah ide dasar di balik mendapatkan resistansi yang kecil. Rumus berikut ini dapat digunakan untuk mendapatkan nilai resistansi tanah peralatan, [18]

$$R_g = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{L}} \tag{2.1}$$

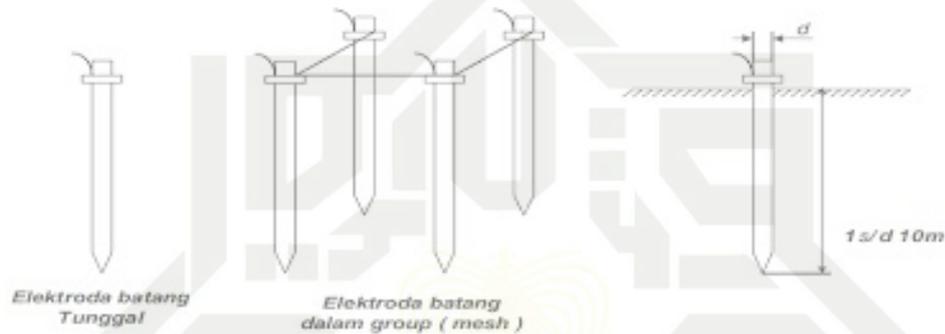
Dimana :

R_g = Resistansi Tanah (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ωm)

2.2.6 Elektroda Batang (Rod)

Jenis yang paling banyak digunakan adalah elektroda batang, yang merupakan batang atau pipa yang dimasukkan antara satu hingga sepuluh meter ke dalam tanah secara tegak lurus. Elektroda ini dapat terdiri dari baja galvanis, baja tahan karat, atau tembaga. Sangat penting untuk memilih bahan dengan hati-hati untuk mencegah korosi. Saat digunakan, kuantitas dan dimensi elektroda batang yang digunakan dimodifikasi agar sesuai dengan persyaratan sistem pentanahan [10].



Gambar 2.3. Jenis-jenis Elektroda Batang [2]

Distribusi tegangan akan lebih merata dan resistansi tanah berkurang apabila elektroda ditanam secara vertikal dengan jumlah yang banyak. Elektroda batang secara teknis mudah digunakan yaitu dengan menancapkannya ke tanah. Keuntungan dari elektroda ini termasuk perawatannya yang mudah dan hanya butuh lahan yang kecil [19].

Persamaan resistansi pentanahan untuk elektroda batang tunggal dapat dihitung dengan Persamaan 2.2. sebagai berikut [20]

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

Dimana :

ρ = Resistivitas Tanah (Ω m)

R = Resistansi Pentanahan (Ω)

L = Panjang Elektroda yang ditanam (m)

A = Jari-jari Elektroda Pentanahan (m)

2.2.6 Konfigurasi Elektroda Batang

Untuk mencapai hasil terbaik, penting untuk memasang lebih banyak batang elektroda dalam beberapa keadaan. Ketika membandingkan nilai tanah dari sistem multi-elektroda dengan sistem elektroda tunggal, sistem multi-elektroda kurang efektif. Sistem aplikasi pada multi-elektroda ini memungkinkan penggunaan dua elektroda paralel, tiga elektroda paralel segitiga, dan beberapa elektroda dengan persegi panjang yang terisi atau kosong, tergantung

kebutuhan [21]. Berikut ini adalah beberapa konfigurasi elektroda batang,

- a. Konfigurasi *double straight*



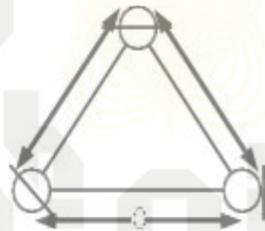
Gambar 2.4 Konfigurasi *Double Straight*

- b. Konfigurasi *triple straight*



Gambar 2.5 Konfigurasi *Triple Straight*

- c. Konfigurasi *triangle*



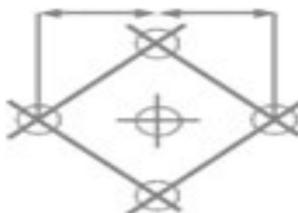
Gambar 2.6 Konfigurasi *Triangle*

- d. Konfigurasi *square*



Gambar 2.7 Konfigurasi *Square*

- e. Konfigurasi *crossicle*



Gambar 2.8 Konfigurasi *Crossicle*

Rumus yang di gunakan untuk mendapatkan nilai tahanan total (R_{pt}) konfigurasi

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



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

diatas adalah rumus [22]:

$$\rho_{pt} = \frac{\rho \times k}{2 \times \pi \times L} \times \text{faktor pengali konfigurasi } (\Omega) \tag{2.3}$$

= Faktor pengali elektroda batang tunggal

Tabel 2.1 Faktor pengali elektroda batang tunggal [13]

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

Rumus yang disebutkan di atas dapat digunakan untuk mencari nilai konfigurasi apa pun yang saat ini digunakan tergantung pada konfigurasi yang diaplikasikan [22] Rumus untuk faktor pengali konfigurasi elektroda batang *double straight* adalah sebagai berikut [22]

$$\frac{1+m}{2} \tag{2.4}$$

Rumus untuk konfigurasi *triple straight* :

$$\frac{1-2m^2+2}{3-4m+n} \tag{2.5}$$

Rumus untuk konfigurasi *Triangle* :

$$\frac{1+2m}{3} \tag{2.6}$$

Rumus untuk konfigurasi *square* :

$$\frac{1+2m+2}{4} \tag{2.7}$$

Rumus untuk konfigurasi *cross cicle* :

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

Dimana :

$$k = \ln \frac{l}{r} \tag{2.9}$$

$$m = \ln \frac{x}{r} \tag{2.10}$$

$$x = \frac{l}{2} \tag{2.11}$$

$$y = \frac{l}{2} \tag{2.12}$$

$$q = \ln \frac{z}{r} \tag{2.13}$$

$$z = \frac{l}{2} \tag{2.14}$$

Rumus-rumus di atas merupakan cara menentukan nilai pada seluruh konfigurasi,



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.

penggunaan rumus konfigurasi disesuaikan pada konfigurasi yang dipakai, dan pada penelitian ini sistem pentanahan yang diterapkan yaitu konfigurasi *square*.

2.2.7. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung dari beberapa faktor, yaitu [19]

1. Jenis tanah
2. Lapisan tanah
3. Kelembaban tanah
4. Temperatur tanah
5. Keasaman (pH) tanah

Pada *grounding system*, semakin kecil nilai resistansi maka akan semakin baik, terutama untuk keselamatan diri dan peralatan, beberapa standar yang disepakati adalah resistansi pentanahan pada sistem dan harga maksimum yang diijinkan adalah 5 Ohm pada bangunan/gedung. Dampak terbesar dari tinggi rendahnya nilai resistansi tanah adalah kandungan air pada tanah. Pada tanah kering, kandungan airnya rendah, yang menyebabkan konduktivitas meningkat, sedangkan pada tanah basah, kandungan airnya tinggi, yang menyebabkan resistansi dan konduktivitas menurun.

Tabel 2.2. Nilai Resistivitas Tanah [1]

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

Nilai resistivitas tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [1]:

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

Dimana :

ρ = Resistivitas tanah (Ωm)

R = Resistansi pentanahan elektroda

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

l = panjang elektroda (m)
 r = jari-jari elektroda (m)

Resistivitas bahan adalah parameter atau besaran pada tingkat resistansi atau hambatan pada arus listrik yang dilalui pada sebuah bahan. Bahan dengan nilai resistivitas yang tinggi, maka arus listrik pada bahan tersebut akan sukar untuk dilalui [1].



Gambar 2.9. Material yang Dialiri Arus dan Terdapat Hambatan [1]

2.2.8. Metode Soil Treatment

Nilai resistansi pentanahan dipengaruhi oleh nilai resistivitas tanah [7]. Oleh karena itu diperlukan pengukuran yang akurat dari karakteristik tanah yang ada, dan pada saat elektroda ditanam ke tanah akan muncul hambatan ketika mengukur resistivitas tanah, dikarenakan memerlukan peralatan yang kompleks dan waktu yang lama sehingga kurang efektif [4].

Namun untuk memperoleh nilai tanah dengan nilai yang kecil akan sulit diperoleh apabila tidak ada perlakuan tambahan untuk mengurangi resistansi tanah. Perlakuan untuk nilai ahanan jenis tanah yang kecil dengan mengubah diameter elektroda batang yang tidak banyak berdampak pada pengurangan untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan. Perlakuan lain adalah dengan melakukan perlakuan khusus pada tanah dengan cara mengubah komposisi kimiawi tanah dengan (*soil treatment*) dengan menambahkan zat aditif pada tanah [4].

Soil treatment merupakan metode yang mampu mengurangi nilai tahanan pentanahan dengan menambahkan beberapa zat kimia berupa zat aditif yang dicampur dengan tanah pada elektroda. Metode ini membuktikan dapat mereduksi tahanan pentanahan melebihi standarisasi. Zat aditif yang digunakan untuk metode ini mengandung zat kimia berupa karbon, magnesium klorida, kalsium klorida, garam, bentonit, dan zat kimia lainnya yang mampu menurunkan tahanan pentanahan dengan range 15 – 90% [6]. Penelitian dengan metode *soil treatment* sudah membuktikan dapat mereduksi nilai resistansi tanah [6]

Penerapan metode *soil treatment* dapat dilakukan dengan menambahkan beberapa zat aditif seperti abu batu bara (*fly ash*) dan garam, dimana kedua bahan ini mampu mengubah kandungan tanah menjadi lebih baik. Berikut kandungan dan fungsi dari bahan zat aditif tersebut:

1. Abu batu bara (*fly ash*)

Abu batu bara (*fly ash*) merupakan material berupa limbah padat yang memiliki karakteristik butiran halus dengan warna keabu-abuan dari hasil pembakaran batu bara di dalam *furnace* pada PLTU. Abu batu bara (*fly ash*) terdiri dari bahan inorganik yang di dalamnya terdapat batu bara yang sudah mengalami fusi ketika pembakarannya, kemudian akan memadat saat berada di dalam gas-gas buangan yang dikumpulkan memakai *presipitator* elektrostatis [23]. Berikut adalah hasil uji material abu batu bara (*fly ash*) PLTU Paiton [8]:

Tabel 2.3 Hasil Uji *X-Ray Fluorescence Fly ash* [8]

Komponen	Kandungan (%)
Aluminium	4.60
Silikon	13.10
Sulfur	0.40
Kalium	0.97
Kalsium/Zat Kapur	24.00
Titanium	0.92
Vanadium	0.05
Kromium	0.10
Mangan	0.97
Ferum	51.17
Barium	0.71

Tabel diatas menyatakan bahwa abu batu bara (*fly ash*) mempunyai kandungan kimia yang apabila terlarut dalam air, mampu menjadi konduktor yang baik. Kandungan kimia tersebut diantaranya Kalsium/Zat Kapur, Barium, dan Kalium. Abu batu bara (*fly ash*) memiliki nilai alkalinitas yang tinggi dengan variasi pH antara 8-12, dimana alkalinitas mampu meminimalisir risiko korosi pada logam [8].

2. Garam

Garam (NaCl) mempunyai karakteristik mudah dalam menyerap air atau bersifat hidroskopis, dimana larutan garam mengandung elektrolit yang mampu menjadi



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 satu 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.

konduktor yang baik di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan konduktivitas di dalam tanah. Garam juga mampu mengikat tanah, maka dari itu komposisi tanah dapat diubah menjadi lebih padat [4].

2.2.9 Volume dan Massa Bahan

Dalam sebuah penelitian memerlukan suatu bahan dengan nilai massanya, tentunya harus melakukan perhitungan teoritis yang menentukan kebutuhan nilai massa untuk memperoleh hasil yang akurat selain mendapatkan nilai dari pengukuran. Dalam penentuan nilai massa suatu wadah atau ruang, volume wadah yang berisi bahan tersebut harus dihitung. Jika ingin menghitung nilai massa bahan dalam tabung, maka harus mencari nilai volume tabung dengan menggunakan rumus berikut.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \tag{2.16}$$

Keterangan :

- r = Jari-jari tabung (cm)
- t = Tinggi tabung (cm)

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

$$m = \rho \cdot V \tag{2.17}$$

Keterangan :

- V = Volume bahan (cm³)
- ρ = Massa jenis bahan (g/cm³)

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

$$\rho = \tag{2.18}$$

Keterangan:

- V = Volume bahan (cm³)
- m = Massa bahan (g)

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

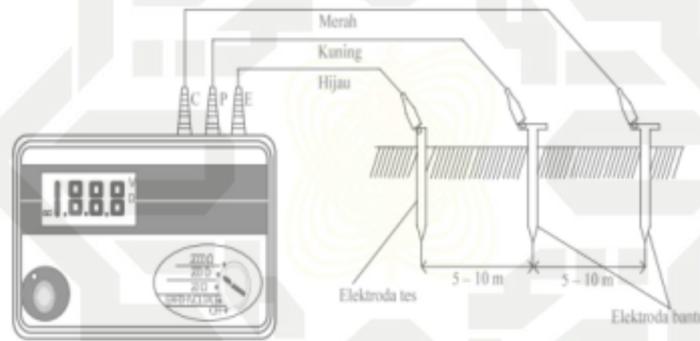
2.2.10 Metode Pengukuran Pentanahan

Tujuan pengukuran nilai tahanan tanah adalah untuk memperoleh nilai resistansi pada titik pentanahan. Beberapa pengukuran harus diambil untuk mencapai nilai resistansi yang tepat dan akurat, selama proses pengukuran dilakukan tiga hingga lima percobaan yang

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

berbeda untuk mendapatkan nilai resistansi pentanahan yang akurat [6]. Alat yang digunakan untuk menentukan resistansi tanah adalah *earth tester*. Dalam sistem pengukuran tanah, terdapat beberapa pendekatan atau metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode tiga titik. Cara ini sering digunakan dalam pengukuran resistansi tanah. Periode yang paling akurat untuk pengukuran adalah antara pukul 14.00 hingga 15.00 WIB, pada waktu tersebut suhu tanah akan meningkat karena panas matahari atau tanah akan memiliki kondisi yang buruk [2].

Metode pengukuran tiga titik adalah metode pengukuran yang menggunakan tiga elektroda, yang terdiri dari satu elektroda utama dan dua elektroda tambahan [17]. Berikut ini adalah pengukuran *grounding* menggunakan alat ukur *earth tester* metode tiga titik.



Gambar 2.10. Alur Kerja Metode Pengukuran 3 Titik [17]

Langkah-langkah dalam melakukan pengukuran pada metode ini yaitu sebagai berikut [17]:

1. Lakukan penanaman elektroda batang utama dengan formasi berbentuk persegi dan elektroda bantu dengan jarak antar elektroda batang yaitu 5 meter.
2. Hubungkan kabel berwarna merah dan kuning pada masing-masing elektroda bantu, kemudian kabel berwarna hijau dihubungkan pada elektroda utama yang akan diukur.
3. Periksa dan pastikan kondisi baterai pada *earth tester* dapat difungsikan, baterai dapat diperiksa pada indikator baterai di dalam layer *earth tester*. Apabila indikator baterai muncul pada layar LCD, maka baterai harus diganti.
4. Atur *range switch* pada posisi yang diperlukan dan tekan tombol "PRESS TO TEST". Apabila resistansi tanah yang terukur melebihi batas ukur atau muncul simbol "... " pada layar, periksa kembali konektor pada elektroda dan atur *range switch* pada posisi yang lebih tinggi.



- 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.

5. Lakukan pengukuran pentanahan dengan durasi 1-3 detik sebanyak 3 kali agar memperoleh nilai yang tepat dan akurat.

6. Tulislah hasil nilai pengukuran yang tertera dari alat ukur.

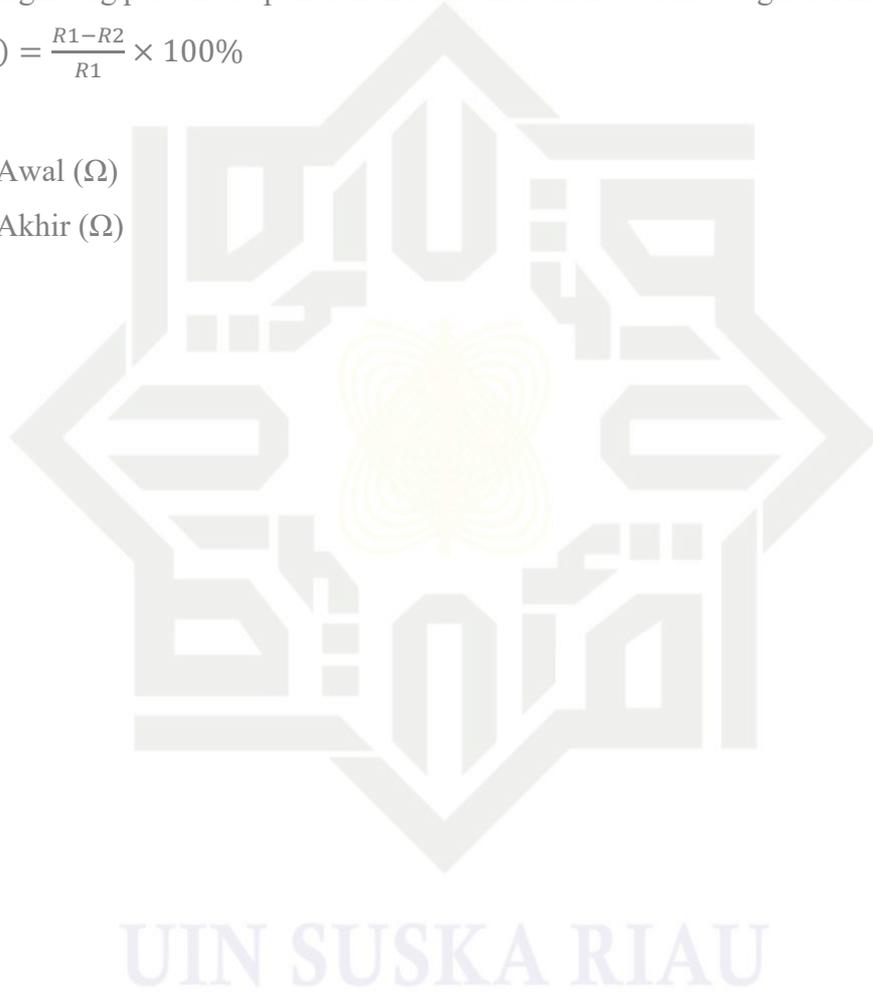
Dalam penelitian ini, nilai resistansi pentanahan mengalami menurun sebagai hasil dari perlakuan khusus (*soil treatment*) yang ditambahkan berupa zat aditif ke dalam proses. Rumus untuk menghitung persentase penurunan resistansi tanah adalah sebagai berikut [17]:

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

Dimana :

R1 = Resistansi Awal (Ω)

R2 = Resistansi Akhir (Ω)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif deskriptif. Penelitian kuantitatif merupakan metode dengan karakteristik meliputi struktur yang sistematis, terencana, jelas, akurat, dan tepat. Kemudian, metode deskriptif merupakan metode dengan fungsi memberikan gambaran atau mendeskripsikan terkait objek penelitian dari data atau sampel yang didapatkan tanpa adanya manipulasi. Tujuan dari metode deskriptif yaitu untuk menggambarkan dari hasil penelitian dan objek penelitian.

3.2. Lokasi Penelitian

Rencana awal lokasi penelitian ini berada di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Objek pada penelitian ini memakai transformator distribusi yang berlokasi di *feeder* Bawal jalan Soekarno-Hatta yaitu transformator KB-724 dengan jenis tanah liat dan tanah ladang. Adapun dasar pemilihan lokasi untuk penelitian ini yaitu dari hasil wawancara dengan Bapak Husein sebagai manajer PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat dan data dari inspeksi rutin ULP Kota Barat, nilai tahanan pentanahan pada transformator distribusi KB-724 masih tidak sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan PUIL yaitu sebesar 55 Ω , nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai resistansi pentanahan tidak baik.

Tamun dengan adanya kendala teknis seperti luas tanah yang sempit, tanah tidak rata, dan tanah banyak dipasang *paving block* pada area tanah Transformator Distribusi KB-724 maka penelitian dilakukan pada tanah di luar area Transformator Distribusi KB-724 yang berlokasi di jalan Jambu Kelurahan Tampan dengan jenis tanah yang sama. Dasar pemilihan lokasi ini berdasarkan pengukuran secara langsung yang sudah dilakukan dengan nilai resistansi tanah sebesar 67,36 Ω , dan nilai resistansi tanah pada Transformator Distribusi KB-724 sebesar 62,6 Ω sehingga lokasi ini dapat mewakili objek riset dan memenuhi kriteria dari lokasi Transformator Distribusi KB-724.

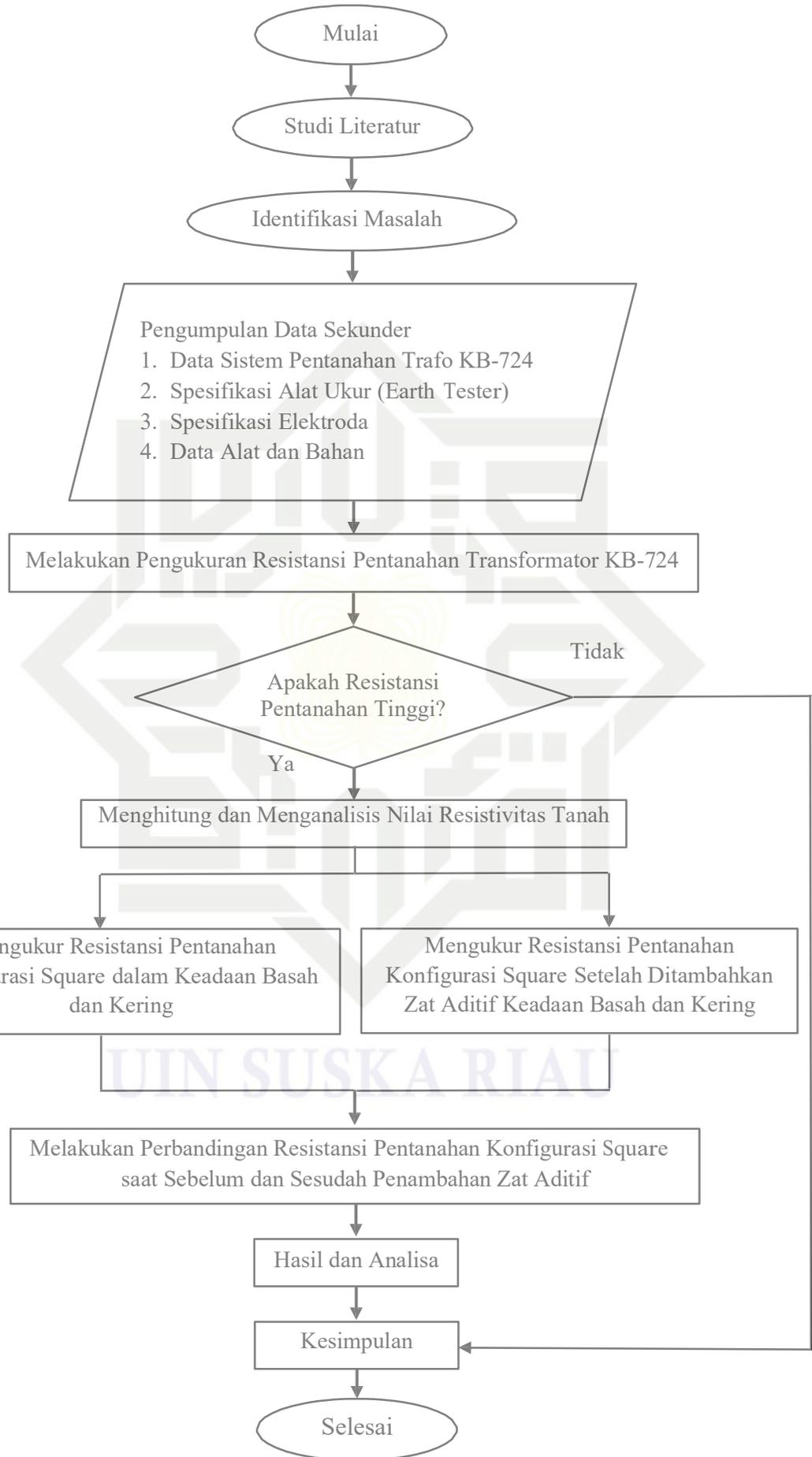
3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dari pengumpulan review paper atau studi literatur dari beberapa jurnal terkait dan buku sebagai referensi. Selanjutnya mengidentifikasi masalah, menetapkan masalah yang akan diteliti dan wawancara dengan pihak terkait guna memperoleh informasi pada objek penelitian serta melakukan observasi langsung ke lokasi. Kemudian mengumpulkan data sekunder, dan melakukan pengukuran awal pada kondisi existing objek. Diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 - 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.

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



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

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

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

34. Studi Literatur

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

35. Identifikasi Masalah

Berdasarkan informasi yang telah disebutkan pada latar belakang, menunjukkan masalah-masalah pada sistem pentanahan yang berdampak negatif pada fungsi sistem untuk melindungi sistem tenaga listrik. Hal ini juga diamati oleh badan listrik milik negara yaitu PT. PLN ULP Kota Barat yang mempunyai beberapa transformator distribusi dengan tahanan tanah tinggi, seperti pada transformator distribusi KB-724. Beberapa faktor yang berpengaruh antara lain resistansi jenis tanah yang tinggi, elemen tanah tidak memiliki kemampuan untuk menjaga resistansi tanah tetap kecil, keasaman tanah, dan kandungan air yang rendah. Maka dari itu, peneliti mengangkat permasalahan ini menjadi topik penelitian.

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

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, peneliti akan melakukan penelitian yang ditujukan untuk mengatasi permasalahan pada objek yang menjadi fokus penelitian. Penelitian yang akan dilakukan yaitu penambahan bahan zat aditif berupa abu batu bara (fly ash) dan garam sebagai bahan untuk menurunkan resistansi transformator KB-724 yang ditanahkan. Permasalahan dari penelitian ini telah disusun pada BAB I.

2. Menentukan Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk menyelesaikan masalah pada sistem pentanahan transformator KB-724. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan melakukan analisis pengaruh penambahan dan perubahan komposisi zat aditif berupa berupa abu batu bara (fly ash) dan garam sebagai bahan campuran untuk pentanahan trafo KB-724 yang dapat menurunkan resistansi pentanahan. Tujuan dari penelitian ini telah disusun pada BAB I.



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.

Menentukan Judul Penelitian

Suatu penelitian harus dijabarkan dalam sebuah judul guna mendeskripsikan penelitian tersebut. Berdasarkan masalah dan tujuan maka peneliti menetapkan judul “Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi dengan Zat Aditif pada Elektroda Batang Konfigurasi Square”.

3.6. Pengumpulan Data

Penelitian tentunya membutuhkan beberapa informasi berupa data yang diperlukan untuk keberlangsungan penelitian terkait objek yang diteliti sampai tahap akhir. Data-data sekunder yang diperoleh dari objek penelitian diantaranya spesifikasi transformator KB-724, spesifikasi instrument/alat ukur, spesifikasi elektroda, serta data alat dan bahan.

Tabel 3.1 Data Transformator Distribusi

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Transformator Distribusi KB-724	Merk	Trafindo tipe B&D
	Feeder	Bawal
	ULP	Kota Barat
	Lokasi Gardu	Jalan Soekarno Hatta Kantor ULP Kota Barat
	Jumlah Jurusan PHBTR	2
	Jumlah Jurusan Aktif	2
	Daya Nominal	100 kVA
	Nilai Grounding	55 Ω

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Ukur (Earth Tester)

Komponen	Keterangan	Spesifikasi
Alat Ukur (Earth Tester)	Merk	Kyoritsu tipe 4105A
	Standar yang Berlaku	IEC 60529
	Rentang Pengukuran	Resistansi Tanah : 0~20 Ω/ 0~200Ω/ 0-2000Ω Tegangan Tanah : 0~200V AC
	Akurasi	Resistansi Tanah : ± 2%rdg ± 0.1Ω (rentang 20Ω) ± 2%rdg



		± 3dgt (rentang 200Ω/2000Ω) Tegangan Tanah : ± 1%rdg ± 4dgt
--	--	----------------------------------------------------------------

Tabel 3.3 Spesifikasi Elektroda

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

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

a. Alat Penelitian

1. Alat ukur earth tester merk Kyoritsu tipe 4105A
2. Cangkul
3. Sekop
4. Alat pelubang tanah
5. Alat ukur meteran
6. Palu
7. Timbangan

b. Bahan Penelitian

1. Abu batu bara (fly ash)
2. Garam
3. Air
4. 4 batang elektroda dengan diameter 15 mm dan panjang 1 meter
5. Kabel NYA 2,5 mm

3.7. Pengukuran Resistansi Tanah

Ketika menghitung tahanan pentanahan pada transformator distribusi KB-724, metode tiga titik digunakan untuk mengukur resistansi pentanahan menggunakan alat earth tester. Pengukuran dilakukan ketika tanah dengan keadaan kering. Durasi pengukuran dilakukan saat pukul 14.00-15.00 WIB, hal ini dikarenakan waktu terbaik untuk melakukan pengukuran ketika resistansi pentanahan meningkat akibat panasnya sinar matahari, hal ini dianggap sebagai kondisi yang ekstrem.

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

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

Proses pengukuran resistansi pentanahan dengan menggunakan metode tiga titik pada transformator distribusi KB-724 yaitu diantaranya:

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

Setelah mendapatkan hasil pengukuran dari nilai resistansi pentanahan transformator distribusi KB-724, selanjutnya akan dilakukan analisa terhadap nilai resistansi pentanahan transformator tersebut apakah telah layak dan sesuai pada PUIL 2000.

3.8. Perhitungan Nilai Resistivitas Tanah

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

- Nilai resistansi pentanahan
- Diameter elektroda yaitu 15 mm
- Panjang elektroda yaitu 1 meter

Setelah mendapatkan nilai dari variabel-variabel di atas, kemudian dimasukkan dan dihitung berdasarkan persamaan (2.15), lalu nilai dari hasil perhitungan dimasukkan kedalam tabel pengukuran. Agar jenis tanah dapat diketahui, lakukan analisis nilai resistansi jenis tanah dengan perbandingan pada Tabel 2.1, lalu lihat nilai resistansi jenis tanah apakah rendah atau tinggi dan berpengaruh pada nilai tahanan tanah yang dihasilkan pada transformator distribusi KB-724.

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.

3.9. Pengukuran Resistansi Pentanahan dengan Elektroda Batang Konfigurasi Square saat Keadaan Basah dan Kering

Resistansi tanah diukur menggunakan elektroda batang konfigurasi square dalam keadaan basah dan kering. Adapun proses pengukuran tahanan tanah dilakukan seperti berikut.

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

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

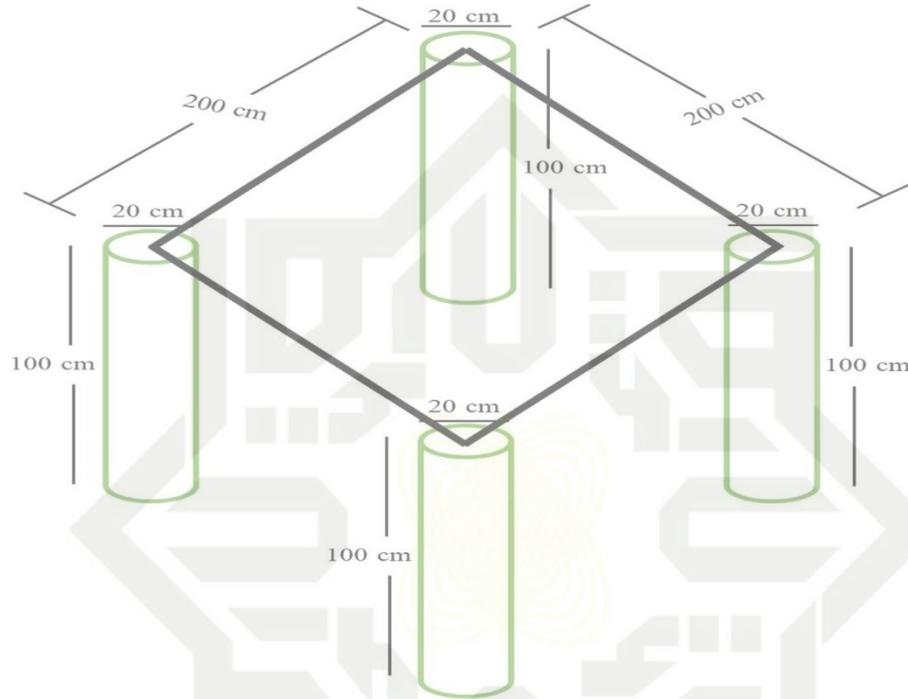
3.10. Pembuatan Parit Penelitian

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

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

Adapun rancangan parit penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Rancangan Parit Penelitian

Parit ini berlokasi di lahan tanah yang bertempat di area transformator distribusi KB-724 ULP Kota Barat. Parit dengan bentuk persegi atau square memiliki jarak antar elektroda sesuai dengan elektroda batang yang ditanam, namun akan lebih baik lagi jika jarak yang dirancai yaitu 2 kali dari ukuran elektroda batang yang tertanam.

3.11. Penambahan Abu Batu bara (fly ash) dan Garam

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

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

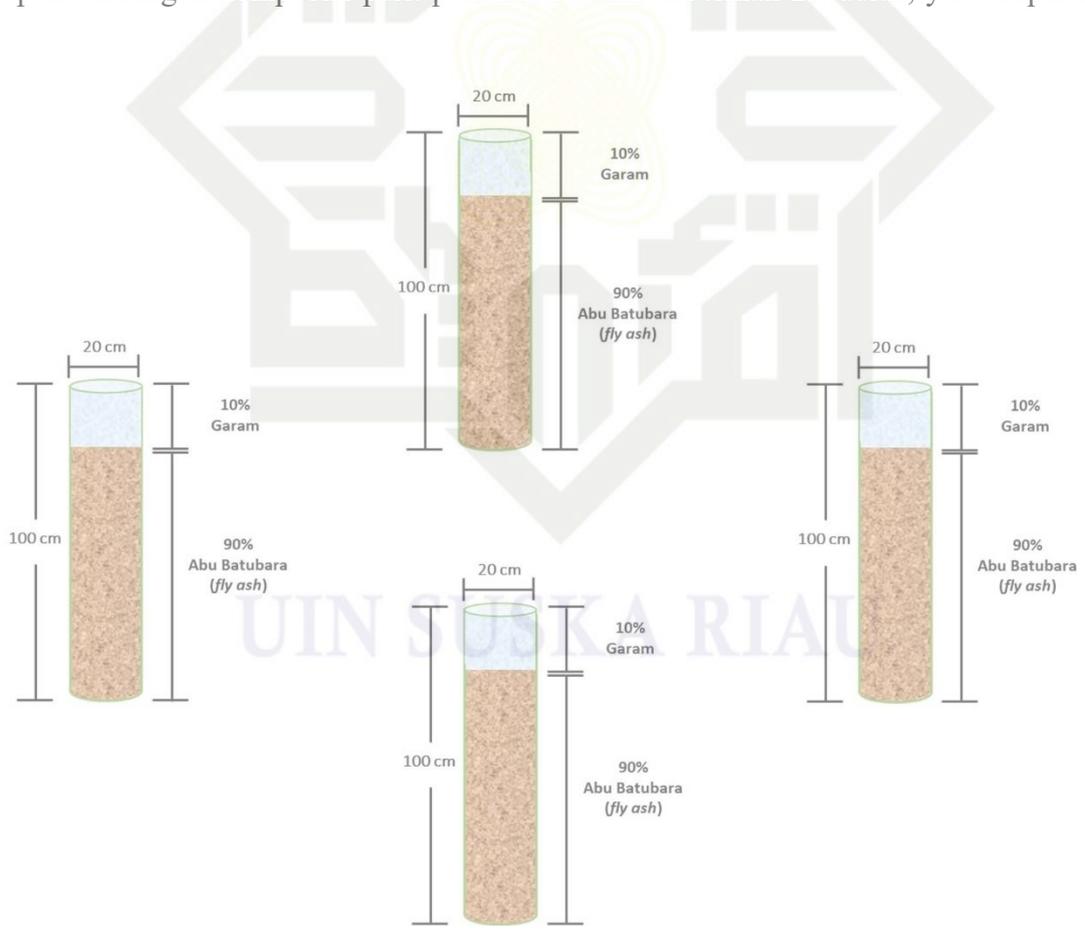
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

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.

- c. Parit disusun membentuk square/persegi dengan jarak antar elektroda 2 meter, karena jarak yang baik yaitu 2 kali panjang elektroda yang ditanam ke tanah
- d. Masukkan elektroda ke setiap parit, lalu parit diisi dengan abu batu bara (fly ash) dan garam berdasarkan komposisi yang telah ditetapkan yaitu penambahan zat aditif berupa abu batu bara (fly ash) sebesar 90% dan garam sebesar 10% dari kedalaman parit
- e. Sesudah penambahan zat aditif ke dalam parit, dilakukan penambahan air sebanyak 3 liter agar penyerapan zat aditif ke dalam tanah lebih mudah
- f. Jika setiap parit sudah ditambahkan dengan zat aditif sesuai ketentuan yang ditetapkan dan sudah ditimbun tanah, maka pengukuran resistansi pentanahan dapat dilaksanakan.

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



Gambar 3.3 Rancangan Komposisi Bahan Zat Aditif

Setiap massa dari bahan yang digunakan sesuai dengan takaran atau komposisi yang telah ditetapkan masing-masing parit. Dalam menghitung nilai massa, data yang dibutuhkan yaitu volume dan massa jenis setiap bahan yakni abu batu bara (fly ash) dan garam. Dalam

penelitian ini, parit digali dengan bentuk tabung maka dari itu volume bahan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.16), massa bahan menggunakan persamaan (2.17). Apabila massa jenis bahan tidak didapatkan, maka dapat dihitung menggunakan persamaan (2.18).

12. Pengukuran Resistansi Pentanahan Elektroda Square Setelah Penambahan Abu Batu bara (Fly Ash) dan Garam saat Keadaan Basah dan Kering

Resistansi pentanahan diukur dengan keadaan basah memiliki tujuan untuk menganalisis dampak atau pengaruh dari tambahan zat aditif ke tanah ketika kondisi terbaik (tanah dalam kondisi basah), dan pengukuran dalam keadaan kering (tanah dalam kondisi kering) memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat aditif ketika kondisi terburuk. Adapun langkah-langkah pengukuran setelah penambahan zat aditif yakni sebagai berikut.

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

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



3.13. Perbandingan Resistansi Pentanahan Elektroda Square Ketika Sebelum dan Sesudah Penambahan Abu Batu bara (fly ash) dan Garam

Perbandingan dapat dilakukan setelah memperoleh informasi mengenai hasil pengukuran resistansi pentanahan sesudah penambahan abu batu bara (fly ash) dan garam pada elektroda batang konfigurasi square pada kondisi kering dan basah. Nilai resistansi pentanahan yang akan dibandingkan adalah nilai resistansi sebelum dan sesudah perlakuan khusus berupa penambahan zat aditif pada saat kondisi basah dan kering dan diukur dengan durasi waktu yang sama. Gunakan persamaan (2.19) untuk menghitung kenaikan atau penurunan resistansi tanah setelah penambahan zat aditif.

3.14. Hasil dan Analisa Penelitian

Beberapa hasil yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu nilai resistansi dan resistivitas pentanahan kondisi existing pada transformator distribusi KB-724 di PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat dengan melakukan pengukuran resistansi pentanahan kondisi existing untuk menentukan jenis tanah berdasarkan nilai resistivitas tanah. Kemudian pengaruh konfigurasi square pada nilai resistansi pentanahan transformator distribusi KB-724 saat keadaan basah dan kering dengan menganalisis pengaruh penggunaan elektroda konfigurasi square terhadap penurunan resistansi pentanahan pada kondisi basah dan kering. Lalu pengaruh penambahan abu batu bara (fly ash) dan garam pada sistem pentanahan konfigurasi square terhadap resistansi pentanahan transformator distribusi KB-724 saat keadaan basah dan kering dengan melakukan analisis pengaruh dari perlakuan penambahan zat aditif dengan metode konfigurasi square pada sistem pentanahan.

UIN SUSKA RIAU

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan pada resistansi tanah dengan menambahkan zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam pada pentanahan elektroda batang konfigurasi *square* mendapatkan hasil-hasil sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran nilai resistansi pentanahan pada Transformator Distribusi KB-724 mendapatkan nilai sebesar 67,36 Ω dan berdasarkan perhitungan nilai resistivitas tanahnya sebesar 80,11 Ω dengan kategori jenis tanah yaitu tanah liat dan tanah ladang.
2. Resistansi tanah Transformator Distribusi KB-724 dengan elektroda konfigurasi *square* mendapatkan nilai rata-rata 17,6 Ω saat basah dan 30,6 Ω saat kering. Jika mengacu pada PUIL 2000, nilai resistansi ini masih belum sesuai standar yaitu 5 Ω ($\leq 5 \Omega$) yang disebabkan karena nilai resistivitas tanah yang cukup tinggi. Namun penurunan nilai resistansi cukup signifikan dari nilai resistansi tanah awal sebesar 67,36 Ω yaitu dengan persentase penurunan sebesar 73% saat basah dan 54% saat kering, menandakan bahwa penggunaan elektroda batang konfigurasi *square* sangat membantu dalam penurunan resistansi pentanahan pada sistem pentanahan.
3. Pengukuran resistansi tanah Transformator Distribusi KB-724 dengan elektroda konfigurasi *square* dengan ditambah zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam mendapatkan nilai rata-rata 2,63 Ω saat basah dan 4,35 Ω saat kering. Jika mengacu pada PUIL 2000, nilai resistansi ini sudah sesuai standar yaitu 5 Ω ($\leq 5 \Omega$) yang disebabkan karena unsur kimiawi dan konduktivitas at aditif yang digunakan. Penurunan nilai resistansi sangat signifikan dari nilai resistansi tanah awal sebesar 67,36 Ω yaitu dengan persentase penurunan sebesar 96% saat basah dan 93% saat kering, menandakan bahwa penggunaan elektroda batang konfigurasi *square* dengan zat aditif sangat membantu dalam penurunan resistansi pentanahan pada sistem pentanahan.

5.2 Saran

Beberapa saran dari penelitian ini yaitu:

1. Disarankan untuk penelitian berikutnya agar memakai variasi bahan dan massa

bahan yang berbeda pada setiap paritnya.

Disarankan untuk penelitian berikutnya agar meneliti pada jenis tanah yang berbeda untuk mengetahui pengaruh dari zat aditif yang digunakan terhadap resistansi pentanahan

Disarankan unuk penelitian berikutnya agar mengukur resistansi pentanahan dalam musim hujan dan kemarau guna melihat kemampuan bahan pereduksi dalam menurunkan resistansi tanah.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



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 PUSTAKA

- [1] V. D. Andhika, “Studi Tentang Efektivitas Beberapa Macam Zat Terhadap Nilai Resistansi Sistem Pentanahan (Grounding),” *Teknik Elektro*, vol. 09, no. 03, pp. 501–510, 2020.
- [2] P. M. Rizki and D. E. Putra, “Pengaruh Paralel Pentanahan Transformator Dan Pentanahan Arrester Terhadap Kinerja Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi 250 kVA gardu BA 005 di PT. PLN (persero) UP3 Bengkulu ULP teluk segara,” *Jurnal Ampere*, vol. 5, no. 2, p. 48, 2020, doi: 10.31851/ampere.v5i2.5057.
- [3] Z. Abidin, “Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan,” *Jurnal ECOTIPE*, vol. 4, no. 1, pp. 12–16, 2017, doi: 10.33019/ecotipe.v4i1.13.
- [4] T. Juniardi, R. Gianto, and M. I. Arsyad, “Analisis Penggunaan Bentonit Gypsum Dan Garam Sebagai Zat Aditif Untuk Soil Treatment Pada Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang,” *Universitas Tanjungpura*, 2021.
- [5] P. Widodo, “Perancangan Sistem Grounding Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu,” p. 6, 2022.
- [6] W. Meifiefta, “Soil Treatment Terhadap Tahanan Pentanahan dengan Abu Cangkang Sawit,” *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)*, pp. 2579–5406, 2020.
- [7] D. Martin, “Pengaruh Pencampuran Gypsum Sebagai Zat Aditif Untuk Penurunan Nilai Resistansi Grounding Pada Elektroda Batang Tunggal,” *Seminar Nasional Teknik Elektro 2018*, vol. ISBN 978-6, pp. 98–102, 2018.
- [8] P. Limbah, B. Fly, A. S. H. Sebagai, S. Treatment, and P. Sistem, “Pengaruh limbah batubara (,” pp. 233–240, 2016.
- [9] A. Sunawar, “Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah,” *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 2, no. 1, p. 16, 2013, doi: 10.36055/setrum.v2i1.233.
- [10] H. Nawir, M. R. Djalal, and S. Sonong, “Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–39, 2018, doi: 10.21070/jeee-u.v2i2.1581.
- [11] PT. PLN (Persero) UIW RIAU KEPRI, “Profil Perusahaan,” PLN. [Online].

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.
- © Available: <https://web.pln.co.id/tentang-kami/profil-perusahaan>
- [12] F. Nurfadillah, "Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi Elektroda Batang Tunggal (Studi Kasus ULP Panam) :," 2023.
 - [13] D. Corio, K. Kananda, and K. S. S, "Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang dan Elektroda Mesh dengan Penambahan Bentonit dan Garam Murni (NaCl), Studi Kasus ; ITERA," vol. 13, no. 3, pp. 3–8, 2000.
 - [14] D. Setiawan, A. Syakur, and A. Nugroho, "Analisis Pengaruh Penambahan Garam dan Arang Sebagai Soil Treatment dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 416–423, 2018.
 - [15] R. Diamanis, H. Tumaliang, and F. Lisi, "Analisa Jarak Paralel Antara Konduktor Sistem Grounding Grid PLTP Lahendong Unit 5 Dan 6," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 3, pp. 239–250, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/20770>
 - [16] M. Dwiyanto and T. Sogen, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (persero) Area Sorong," vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2018.
 - [17] J. Arifin, "Pengukuran Nilai Grounding Terbaik Pada Kondisi Tanah Berbeda," *Jurnal ELTIKOM*, vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2021, doi: 10.31961/eltikom.v5i1.251.
 - [18] J. (2019) Poniran Tamba, Yahya Ginting, "Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi Di PT . PLN (Persero)," *Teknologi Energi Uda*, vol. VIII, no. September, pp. 81–86, 2019.
 - [19] Debit, M. I. Arsyad, and Purwoharjono, "Studi Pemanfaatan Arang Batok Kelapa Untuk Perbaikan Resistansi Pentanahan Menggunakan Jenis Elektroda Plat Berbentuk Persegi," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2021, [Online]. Available: 48645-75676645093-1-PB.pdf
 - [20] A. Fitriyanto and Firdaus, "Analisis Sistem Pentanahan Transformator Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Riau," *Jom FTEKNIK*, vol. 6, pp. 1–8, 2019.
 - [21] M. Mahmud, "Studi Kelayakan Sistem Grounding Pada Instalasi Listrik Gedung Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Uin Ar – Raniry Banda Aceh Proposal Skripsi," pp. 1–34, 2022.
 - [22] Y. K. Raharja, "Analisis Perbaikan Pentanahan (Grounding) Guna Mencegah Kerusakan Peralatan Listrik pada Gardu Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Duku

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.
- ©Kupang,” *Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surabaya*, no. titik CD, pp. 12–26, 2021.
- [23] Amalia Yunia Rahmawati, “*Fly ash Abu Batubara*,” no. July, pp. 1–23, 2020.
- [24] M. Setiawati, “*Fly ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton*,” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018* , pp. 1–8, 2018.



LAMPIRAN A WAWANCARA

Penulis melakukan wawancara secara langsung kepada Manajer PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat terkait mengatasi sistem pentanahan yang bermasalah.

Pewawancara : M. Rafli Ardiansyah, Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN SUSKA Riau

Narasumber : Husein (Manajer PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat)

Rafli : Permissi pak, sebelumnya mohon maaf mengganggu waktunya. Perkenalkan saya M. Rafli Ardiansyah, mahasiswa Teknik Elektro, UIN SUSKA Riau. Izin pak, apakah boleh saya meminta waktu bapak sebentar?

Husein : Iya, silakan.

Rafli : Saya ingin mewawancarai bapak mengenai sistem pentanahan yang bermasalah di PT. PLN ULP Kota Barat. Saya mulai dari pertanyaan pertama, yaitu apa penyebab dan tindakan PLN untuk mengatasi nilai tahanan yang tidak sesuai standar.

Husein : Baik. Penyebab nilai pentanahan tidak sesuai standar dan bermasalah itu ada banyak faktor. Bisa karena elektroda pentanahan yang hilang, jenis tanah yang memiliki tahanan yang tinggi juga mempengaruhi nilai tahanan pentanahan. Tindakan dari PLN ULP Kota Barat untuk menangani ini dengan menambahkan elektroda pentanahan dan menambahkan elektroda pentanahan yang ditanam ke dalam tanah dengan ukuran yang lebih panjang di dekat sistem pentanahan yang memiliki tahanan yang tinggi.

Rafli : Apakah solusi tersebut sudah efektif untuk mereduksi resistansi pentanahan yang tinggi? Dan apakah mampu mempertahankan nilai resistansi pentanahan agar tetap rendah?

Husein : Bisa dikatakan cukup efektif. Namun, belum mampu mempertahankan resistansi pentanahan.



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.

Rafli
Husein
Rafli

Husein

Rafli

Husein

Rafli

Husein

Wawancara

M. Rafli Ardiansyah

: Baik pak. Selanjutnya, bagaimana sistem pentanahan yang digunakan oleh PLN ULP Kota Barat saat ini pak?

: Untuk sistem pentanahan PLN ULP Kota Barat saat ini menggunakan jenis elektroda batang tunggal.

: Transformator distribusi mana menurut bapak yang memiliki nilai resistansi tinggi di wilayah ULP Kota Barat?

: Menurut saya untuk saat ini masih banyak ya transformator distribusi yang memiliki nilai resistansi pentanahan yang tinggi. Salah satunya dikawasan *Feeder* KB-724. Kawasanya memiliki tahanan jenis tanah yang tinggi karena jenis tanahnya berbatu dan berpasir kering.

: Apakah ada tindakan lain selain penambahan jumlah elektroda pada sistem pentanahan? seperti penggunaan zat aditif untuk mereduksi resistansi pentanahan pentanahan.

: Sejauh ini hanya itu saja tindakan PLN dalam menurunkan resistansi pentanahan yang tinggi. Seperti penambahan zat aditif untuk mereduksi nilai pentanahan sampai sata ini belum ada dilakukan.

: Baik pak. Terimakasih atas waktu dan penjelasannya.

: Baik, sama-sama.

UIN SUSKA RIAU

Narasumber

Husein

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.

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

A. Menghitung volume dan massa bahan dari zat aditif berupa abu batu bara (*fly ash*) dan garam yang digunakan menggunakan persamaan (2.16) dan (2.17). Berikut perhitungan volume dan massa bahan,

1. Volume Abu batu bara (*fly ash*) dan Garam

$$V_{\text{abu batu bara}} = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$V_{\text{abu batu bara}} = 3,14 \cdot 10^2 \cdot 90$$

$$V_{\text{abu batu bara}} = 28.260 \text{ cm}^3$$

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

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

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

2. Massa Abu batu bara (*fly ash*) dan Garam

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

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

$$m_{\text{garam}} = 3.771 \text{ gr}$$

$$m_{\text{abu batu bara}} = \rho \cdot V$$

$$m_{\text{abu batu bara}} = 2,23 \text{ gr/cm}^3 \cdot 28.260 \text{ gr/cm}^3$$

$$m_{\text{abu batu bara}} = 63.019 \text{ gr}$$

B. Perhitungan Persentase Penurunan Resistansi Pentanahan Sebelum dan Sesudah Penambahan Zat Aditif

$$\% = \frac{17,6 - 2,63}{17,6} \times 100\% = 85,05\% \quad (\text{keadaan basah})$$

$$\% = \frac{30,6 - 4,35}{30,6} \times 100\% = 85,78\% \quad (\text{keadaan kering})$$

C. Perhitungan Resistivitas Bahan Abu batu bara (*fly ash*)

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



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

$$\rho = \frac{2 \times 3,14 \times 0,1 \times 1,9}{\ln\left(\frac{4 \times 0,1}{0,0005}\right) - 1}$$

$$\rho = \frac{1,1932}{5,6846}$$

$$\rho = 0,2099 \Omega\text{m}$$

D. Perhitungan Resistivitas Bahan Garam

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

$$\rho = \frac{2 \times 3,14 \times 0,1 \times 2,6}{\ln\left(\frac{4 \times 0,1}{0,0005}\right) - 1}$$

$$\rho = \frac{1,6328}{5,6846}$$

$$\rho = 0,2872 \Omega\text{m}$$

E. Perhitungan Resistansi Pentanahan Transformator KB-724

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

$$R = \frac{74,33}{2 \times 3,14 \times 1} \times \ln \frac{4 \times 1}{0,0075} - 1$$

$$R = 11,85 \times 5,28$$

$$R = 62,6 \Omega$$

F. Perhitungan Resistansi Pentanahan di Luar Area Transformator KB-724

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

$$R = \frac{80,11}{2 \times 3,14 \times 1} \times \ln \frac{4 \times 1}{0,0075} - 1$$

$$R = 12,75 \times 5,28$$

$$R = 67,36 \Omega$$

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.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

M. Rafli Ardiansyah, lahir di Provinsi Riau, Kota Pekanbaru pada tanggal 23 Agustus 2002. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan H. Heri Hidayat dan Shinta Dewi. Ketika tahun 2008 penulis masuk pendidikan dasar di SDN 20 Pekanbaru. Kemudian lulus pada tahun 2014, lanjut menempuh pendidikan di SMPN 18 Pekanbaru dan lulus tahun 2017. Selanjutnya, penulis meneruskan pendidikan di SMK N 5 Pekanbaru dan lulus pada tahun 2020. Di tahun 2020, penulis berhasil menjadi mahasiswa di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Berkat rahmat dan karunia Allah SWT, ketekunan serta rasa motivasi yang tinggi untuk terus berusaha dan belajar, Alhamdulillah penulis telah berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga tugas akhir ini mampu memberikan manfaat untuk siapa saja yang membutuhkan dan dipergunakan sebagaimana mestinya untuk penelitian selanjutnya.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT atas rahmat, rezeki, kelimpahan berkah dan karunia-Nya Tugas Akhir yang berjudul **“Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi Dengan Zat Aditif Pada Elektroda Batang Konfigurasi *Square*”** dapat terselesaikan pada tepat waktu.

Nomor Telepon	082268017133
Email	12050513553@students.uin-suska.ac.id
Judul Tugas Akhir	“Reduksi Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi Dengan Zat Aditif Pada Elektroda Batang Konfigurasi <i>Square</i> ”

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.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU