



UIN SUSKA RIAU

**PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN  
ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA**

**TUGAS AKHIR**

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



Oleh :

**NAUFAL ZAKI AKBAR**  
**12050512272**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU  
2025**

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.



UIN SUSKA RIAU

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA

#### TUGAS AKHIR

oleh:

**NAUFAL ZAKI AKBAR**  
**12050512272**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 28 April 2025

Ketua Program Studi  
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



## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA

#### TUGAS AKHIR

oleh :

**NAUFAL ZAKI AKBAR**  
**12050513206**

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 28 April 2025

Pekanbaru, 28 April 2025

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Hartono, M.Pd

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

NIP. 19640301 199203 1 003

NIP. 19721021 200604 2 001

#### DEWAN PENGUJI:

Ketua : Ahmad Faizal, S.T., M.T

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

Anggota 1 : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T

Anggota 2 : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



## LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

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

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 peminjaman.

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 UIN Sultan Syarif Kasim Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini :

**Nama** : Naufal Zaki Akbar  
**NIM** : 12050512272  
**Tempat Tgl. Lahir** : Pkl. Kerinci, 09 Mei 2002  
**Program Studi** : Teknik Elektro  
**Fakultas** : Sains dan Teknologi  
**Judul Tugas Akhir** :

### **PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

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

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

Pekanbaru, 24 Juni 2025

Yang membuat pernyataan,



**NAUFAL ZAKI AKBAR**  
**NIM. 12050512272**

**Hak Cipta Dandi Ngindeng Fondasi NEM**

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, Alhamdulillah ar-Rabbi ar-Rahim...

*Sujud syukurku kusembahkan padaMu Tuhanmu, Tuhan Yang Maha Agung nan Maha Tinggi, Maha Adil dan Maha Penyayang. Atas kasih sayang-Mu memberiku kekuatan, dan membekalku dengan ilmu, atas karunia dan kemudahan yang telah Engkau limpahkan pula. Akhirnya Tugas Akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kehadiran Rasulullah Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi manusia-manusia yang beradab, berfikir dan berilmu pengetahuan. Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi*

**Ayah Tercinta,**

*Ayah, terima kasih untuk setiap langkah dan lelah yang kau berikan demi aku. Untuk cinta yang tulus, bimbingan yang tak henti, dan semangatmu yang selalu menjadi pegangan. Pengorbananmu takkan pernah kulupakan. Maaf karena sampai hari ini aku masih sering merepotkanmu. Tetaplah mendampingiku dengan doa dan cintamu, sampai saatnya tiba aku bisa membalas semua itu dengan kebahagiaan di masa tuamu.*

**Mama Tercinta,**

*Mama, terima kasih atas setiap perjuangan tanpa lelah yang kau lalui demi aku. Terima kasih atas doa-doa yang tak pernah putus, atas semangat dan motivasi yang selalu kau berikan. Pengorbananmu adalah anugerah terbesar dalam hidupku. Maafkan aku, Mama, karena hingga kini aku masih sering merepotkan dan belum bisa membuatmu benar-benar tenang.*

**Kepada Saudaraku,**

*Karya sederhana ini adalah wujud kesungguhanku melanjutkan pendidikan. Perjalanan ini tak lepas dari dukungan dan kepercayaanmu yang tak ternilai. Kini, keraguan itu terjawab pendidikanku telah kuselesaikan. Terima kasih untuk segala doa dan dukungan yang selalu menyertaiku.*

**Kepada Temanku**

*Hidup ini terlalu berat jika dijalani sendiri, tanpa pertolongan Tuhan dan kehadiran orang-orang terdekat. Terima kasih untuk teman-teman seperjuangan yang selalu memberi semangat, dukungan, dan bantuan hingga Tugas Akhir ini terselesaikan. Tak banyak yang bisa kuucap selain rasa syukur dan doa terbaik untuk kalian semua.*

*Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya  
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.*



## PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA

NAUFAL ZAKI AKBAR

12050512272

Tanggal sidang : 25 April 2025

Prodi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

### ABSTRAK

Motor induksi 3 fasa merupakan komponen krusial dalam industri sebagai penggerak utama proses produksi. Penurunan nilai tahanan isolasi pada bagian stator dapat menyebabkan kegagalan operasi hingga risiko kebakaran. Penelitian ini dilakukan di PT RAPP untuk menganalisis penurunan signifikan nilai tahanan isolasi stator motor induksi pada tahun 2022 hingga 2023. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoreksi suhu pengukuran sesuai standar IEEE 43-2013 ( $40^{\circ}\text{C}$ ), mengidentifikasi penyebab kerusakan, menentukan tindakan perbaikan yang efektif, serta membandingkan nilai tahanan isolasi sebelum dan sesudah perbaikan. Metode yang digunakan meliputi pengukuran nilai tahanan isolasi sebelum dan sesudah maintenance, inspeksi visual stator, serta perhitungan koreksi suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi awal sebesar  $0 \text{ M}\Omega$  yang mengindikasikan kerusakan total. Setelah dilakukan perbaikan berupa pembersihan, penggantian gulungan (*rewinding*), dan pemberian varnish ulang pada stator. Nilai tahanan isolasi meningkat signifikan menjadi  $>2000 \text{ M}\Omega$ . Setelah dilakukan pengkoreksian suhu, nilai tahanan isolasi tercatat sebesar  $1720 \text{ M}\Omega$  sesuai standar IEEE 43-2013. Hal ini menandakan adanya kenaikan nilai tahanan isolasi sesuai standar IEEE 43-2013 pada saat sebelum dan sesudah perbaikan. Kesimpulannya, tindakan maintenance yang dilakukan terbukti efektif dalam memulihkan nilai tahanan isolasi yang rusak.

Kata Kunci: Tahanan Isolasi, Motor Induksi 3 Phasa, *Maintenance*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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



# **PENGKOREKSIAN DAN MAINTENANCE NILAI TAHANAN ISOLASI STATOR PADA MOTOR INDUKSI 3 PHASA**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mendapatkan izin  
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.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

**NAUFAL ZAKI AKBAR**

**12050512272**

*Court date: 25 April 2025*

*Electrical Engineering Study Program*

*Faculty of Science and Technology*

*Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University*

*Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

## **ABSTRACT**

*Three-phase induction motors are crucial components in industry, serving as the primary drivers of production processes. A decrease in insulation resistance in the stator section can lead to operational failure and even fire hazards. This research was conducted at PT RAPP to analyze the significant decline in stator insulation resistance of induction motors from 2022 to 2023. The objectives of this study are to correct the measurement temperature in accordance with IEEE 43-2013 standard (40°C), identify the causes of damage, determine effective repair actions, and compare insulation resistance values before and after maintenance. The methods used include insulation resistance measurements before and after maintenance, visual inspection of the stator, and temperature correction calculations. The results show an initial insulation resistance value of 0 MΩ, indicating total failure. After performing corrective actions such as cleaning, rewinding, and re-varnishing the stator, the insulation resistance significantly increased to more than 2000 MΩ. After applying temperature correction, the insulation resistance was recorded at 1720 MΩ in accordance with IEEE 43-2013 standards. This indicates a notable improvement in insulation resistance, meeting the IEEE 43-2013 standard, both before and after the repair. In conclusion, the maintenance actions taken were proven to be effective in restoring the damaged insulation resistance.*

**Keywords:** *Insulation Resistance, Three-Phase Induction Motor, Maintenance*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Dengan mengucapkan rasa puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan dalam proses penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Allah SWT. Yang telah melimpahkan nikmat, kesehatan, dan kekuatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
2. Ayah dan Mama tercinta, yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil serta do'a yang tiada hentinya kepada penulis, sumber kekuatan dan inspirasi saya, dengan kasih sayang, doa, serta dukungan tanpa batas, selalu menjadi alasan saya untuk terus melangkah hingga titik ini.
3. Bapak Prof. Dr. 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 beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, sekaligus sebagai Dosen Pengaji 1 atas arahan, bimbingan, serta masukan berharga dalam penyusunan karya ini.
6. Bapak Sutoyo, S.T., M.T. selaku sekretaris Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan dari tahap perancangan hingga pelaksanaan sidang tugas akhir.
8. Ibu Dr. Dian Mursyitah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang dengan penuh kesabaran telah membimbing, memberi nasihat, serta mendukung perkembangan akademik saya sepanjang masa studi.

**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.

9. Ibu Novi Gusnita, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik periode 2020–2023, Atas motivasi, arahan, serta bimbingan yang sangat berharga selama perjalanan perkuliahan ini.
10. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc., selaku Dosen Penguji 2, atas waktu, perhatian, serta saran berharga yang telah diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir Ini.
11. Bapak Ahmad Faizal, S.T., M.T selaku koordinator Tugas Akhir sekaligus Ketua Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu dan motivasi dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
12. Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Seluruh Karyawan PT.RAPP dan *Man Power E-I Woodyard*, yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan dukungan selama penelitian, serta berkontribusi dalam perjalanan tugas akhir ini.
14. Kepada saudara-saudara penulis atas doa, dukungan, dan semangat yang diberikan selama proses penyusunan karya ini.
15. Kepada Suni Febri Prasetya, Reny, Azril, Dio, Iqbal, Reynaldi, Hardi Ca yang telah memberikan dukungan, semangat, serta motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
16. Teman-teman Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau angkatan 2020. Atas dukungan, suka duka, serta kritikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari pembaca untuk perbaikan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat baik bagi pembaca maupun bagi penulis sendiri.

Pekanbaru, 25 April 2025

Penulis

Naufal Zaki Akbar



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	iii
<b>LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL .....</b>	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	vi
<b>ABSTRAK .....</b>	vii
<b>ABSTRACT .....</b>	viii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	xi
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xiv
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-5
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-6
1.4 Batasan Masalah .....	I-6
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTKA .....</b>	II-1
2.1 Studi Literatur .....	II-1
2.2 Motor Induksi 3 Phasa .....	II-3
2.2.1 Bagian Dasar Motor Induksi 3 Phasa .....	II-4
2.2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Phasa .....	II-5
2.3 Isolasi .....	II-6
2.3.1 Tahanan Isolasi .....	II-6
2.3.2 Standar Pengukuran Tahanan Isolasi .....	II-7
2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Isolasi .....	II-10
2.3.4 Inspeksi Visual pada Isolasi .....	II-12
2.3.5 Metode <i>Maintenance</i> .....	II-13
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	III-1
3.1 Jenis Penelitian .....	III-1

3.2	Objek Penelitian.....	III-1
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-2
3.4	Studi Literatur .....	III-3
3.5	Pengumpulan Data Sekunder .....	III-4
3.6	Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Awal.....	III-5
3.7	Pengkoreksian Nilai Tahanan Isolasi Sebelum Perbaikan.....	III-6
3.8	Identifikasi Penyebab Kerusakan Tahanan Isolasi Stator .....	III-6
3.9	Melakukan Perbaikan Tahanan Isolasi dengan menggunakan metode <i>Maintenance</i> .....	III-7
3.10	Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Setelah Perbaikan .....	III-7
3.11	Pengkoreksian Tahanan Isolasi Setelah Perbaikan.....	III-7
3.12	Perbandingan Nilai Tahanan isolasi Awal dan Pengukuran Setelah Perbaikan .....	III-7
3.13	Hasil dan Analisa.....	III-8
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>		IV-1
4.1.	Pengukuran Tahanan Isolasi Stator dan Suhu sebelum Perbaikan ..	IV-1
4.1.1	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Awal .....	IV-3
4.1.2	Hasil Pengkoreksian Sebelum Perbaikan .....	IV-6
4.2.	Identifikasi Penyebab Kerusakan Tahanan Isolasi Stator.....	IV-8
4.3.	Langkah Perbaikan Nilai Tahanan Isolasi dengan Metode <i>Maintenance</i> .....	IV-9
4.4.	Hasil dan Pengkoreksian Tahanan Isolasi Stator Setelah Perbaikan .....	IV-11
4.4.1	Hasil Pengukuran Setelah Pengukuran .....	IV-11
4.4.2	Pengkoreksian Pengukuran Setelah Perbaikan .....	IV-14
4.5.	Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran dan Pengkoreksian Nilai Tahanan Isolasi Sebelum dan Sesudah Perbaikan .....	IV-16
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		V-1
5.1.	Kesimpulan.....	V-1
5.2.	Saran .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

**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.

## **BAB IV HASIL DAN ANALISA .....**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Frame .....	II-4
Gambar 2.2 Rotor .....	II-4
Gambar 2.3 Stator .....	II-5
Gambar 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Phasa .....	III-4
Gambar 3.2 Pengukuran IR antara lilitan dengan <i>Body</i> dan antar lilitan .....	III-6
Gambar 4.1 Memastikan <i>Insulation tester</i> Keadaan <i>Off</i> .....	VI-2
Gambar 4.2 menghubungkan probe Line (merah) dan probe Earth (hitam) .....	VI-2
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Pada Sesi 1 sebelum Perbaikan .....	VI-3
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Pada Sesi 2 Sebelum Perbaikan .....	VI-4
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Suhu Pada Sesi 2 Sebelum Perbaikan .....	VI-5
Gambar 4.6 Kerusakan pada stator yang terbakar .....	VI-8
Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu sesi 1 setelah perbaikan..	VI-11
Gambar 4.8 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu sesi 2 setelah perbaikan..	VI-12
Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu sesi 3 setelah perbaikan..	VI-13

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tegangan DC Pada Pengujian IR/PI .....	II-7
Tabel 2.2 Nilai Minimum Rekomendasi untuk Resistansi Isolasi pada 40 °C .....	II-7
Tabel 2.3 Kelas suhu pada motor induksi 3 phasa .....	II-10
Tabel 2.4 kelas suhu pada bahan isolasi mesin listrik .....	II-10
Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Phasa yang akan diuji.....	III-4
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi sebelum perbaikan sesi 1 .....	VI-4
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi sebelum perbaikan sesi 2 .....	VI-4
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi sebelum perbaikan sesi 3 .....	VI-5
Tabel 4.4 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Sebelum Perbaikan sesi 1 .	VI-6
Tabel 4.5 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Sebelum Perbaikan sesi 2 .	VI-7
Tabel 4.6 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Sebelum Perbaikan sesi 3 .	VI-7
Tabel 4.7 Identifikasi Penyebab Kerusakan Tahanan Isolasi Stator .....	VI-8
Tabel 4.8 Maintenance Yang Dilakukan .....	VI-10
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 1 .....	VI-11
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 2 .....	VI-12
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 3 .....	VI-13
Tabel 4.12 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 1....	VI-14
Tabel 4.13 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 2....	VI-14
Tabel 4.14 Pengkoreksian Pengukuran Tahanan isolasi Setelah Perbaikan sesi 3....	VI-15

© Hak Cipta dihargai  
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
IEEE

PT RAPP

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

## DAFTAR SINGKATAN

: *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

: PT Riau Andalan Pulp and Paper



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

# BAB I

## PENDAHULUAN

## Latar belakang

Dalam dunia industri, mesin listrik memainkan peran yang sangat penting karena hampir seluruh aktivitas operasional bergantung pada kinerja yang andal dari mesin-mesin tersebut [1]. Motor listrik, khususnya motor induksi 3 phasa, digunakan sebagai alat penggerak pada industri hingga ke proses pengolahan bahan [2]. Tanpa kehadiran dan kinerja optimal dari motor-motor ini, operasional perusahaan dapat terganggu, yang berdampak langsung pada penurunan produktivitas, peningkatan biaya operasional, dan penurunan efisiensi kerja. Ketergantungan yang tinggi terhadap motor listrik menjadikannya elemen sentral dalam memastikan kelancaran operasi industri. Dengan performa motor yang terjaga, perusahaan mampu memenuhi target produksi, merespons permintaan pasar dengan cepat, dan mempertahankan reputasi bisnisnya yang baik [1]. Sebaliknya, gangguan pada motor listrik, terutama pada motor induksi 3 phasa yang sering digunakan, dapat menimbulkan keterlambatan yang tidak hanya mengganggu alur produksi tetapi juga berdampak pada keuntungan perusahaan [1].

Motor induksi 3 phasa yang mengalami gangguan, baik pada sistem listrik maupun mekanis, dapat kehilangan efisiensi dan menyebabkan terganggunya kinerja dari motor itu sendiri [3]. Beban yang melebihi kapasitas dapat menyebabkan aliran arus berlebih, panas yang tinggi, dan merusak kumparan stator pada motor induksi 3 phasa. Selain itu, perawatan dan pemantauan yang kurang memadai dapat mengakibatkan masalah seperti keausan bantalan hingga kegagalan motor [3]. Berdasarkan standar IEEE 43-2013, perubahan beban tanpa penyesuaian tepat serta kurangnya *grounding* atau isolasi yang baik, khususnya pada tahanan isolasi stator yang dapat meningkatkan risiko kerusakan motor [4].

Sebanyak lebih dari 2000 motor induksi 3 phasa area *outdoor* dipasang di area *woodyard* PT RAPP. Faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban tinggi, suhu yang berubah-ubah, dan paparan hujan, serta debu akibat produksi dapat menyebabkan penurunan kualitas pada komponen motor, termasuk tahanan isolasi, bearing, dan komponen mekanis lainnya.

Kerusakan pada motor induksi 3 phasa terjadi pada bearing sebesar 40%-50%, stator 25%-35%, rotor 10%, dan sisanya pada bagian lain seperti seal [1]. Kerusakan

Kegagalan isolasi pada stator khususnya motor induksi 3 phasa mencapai sekitar 36% [5][6] [1]. Tahanan isolasi berfungsi sebagai pelindung bagian-bagian motor yang dialiri listrik dengan bagian yang tidak, mencegah terjadinya percikan listrik dan kebocoran arus. Ketika kualitas tahanan isolasi menurun, motor dapat mengalami berbagai masalah seperti peningkatan risiko hubungan pendek (*short circuit*), yang pada gilirannya dapat menyebabkan kerusakan pada gulungan motor, kegagalan operasional, dan potensi risiko kebakaran.

Kerusakan pada tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa bagian stator dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti panas berlebih, kelembaban, kontaminasi oleh debu atau polutan [4]. Panas berlebih menyebabkan degradasi termal pada bahan isolasi, menurunkan kekuatan mekanis dan sifat dielektriknya, serta mengurangi nilai tahanan isolasi [4] [5]. Kelembaban yang terserap oleh isolasi, terutama di lingkungan lembap, meningkatkan risiko kebocoran arus listrik yang mempercepat kerusakan. Kontaminasi debu dan polutan pada permukaan isolasi dapat mempercepat kerusakan akibat abrasi atau kebocoran arus listrik, sehingga menurunkan kemampuan isolasi dan meningkatkan risiko kegagalan motor [5].

Kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti suhu lingkungan tinggi dan polutan kimiawi, dapat mempercepat degradasi isolasi pada motor induksi 3 phasa [5] [7]. Suhu tinggi mempercepat penuaan material isolasi yang dapat mengurangi sifat dielektriknya. Sementara itu polutan kimiawi seperti gas berbahaya dapat bereaksi dengan bahan isolasi sehingga memicu kerusakan secara bertahap pada isolasi dan meningkatkan risiko kebocoran arus serta kegagalan operasional.

Kelembapan juga berperan signifikan dalam penurunan nilai tahanan isolasi. Penelitian menunjukkan bahwa pada cuaca hujan, nilai resistansi isolasi berkisar antara  $6,5 \text{ M}\Omega$  hingga  $9,4 \text{ M}\Omega$ , lebih rendah dibandingkan pada cuaca cerah yang mencapai  $6,8 \text{ M}\Omega$ .

hingga  $24,8 \text{ M}\Omega$  [7]. Kondisi cuaca yang tidak stabil ini menunjukkan betapa pentingnya melakukan pengujian dan pemeliharaan rutin terhadap isolasi, terutama pada kondisi lingkungan yang berbeda, untuk memastikan motor tetap beroperasi dengan aman dan efisien.

Kerusakan pada tahanan isolasi memiliki dampak terhadap kinerja motor induksi 3 phasa. Ketika kualitas tahanan isolasi menurun, motor dapat mengalami berbagai masalah seperti peningkatan risiko *short circuit*, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kerusakan pada gulungan stator pada motor induksi 3 phasa, kegagalan operasional, hingga risiko kebakaran [1]. Penurunan kualitas isolasi juga dapat memicu arus bocor yang mengakibatkan lonjakan panas pada komponen motor, mempercepat degradasi material isolasi, dan merusak bagian-bagian lain di sekitar stator. Kondisi ini memperparah situasi karena panas berlebih akan semakin menurunkan efektivitas isolasi dan menambah risiko kegagalan listrik [5]. Pada akhirnya, kerusakan pada tahanan isolasi membuat motor bekerja di bawah standar yang aman dan berujung pada penurunan operasional motor induksi 3 phasa untuk perbaikan. Kerusakan ini tidak hanya mempengaruhi operasional mesin, tetapi juga mengakibatkan motor tidak dapat digunakan, meningkatkan biaya perbaikan, dan memperpendek umur motor [8].

Untuk mencegah kerusakan motor khususnya pada bagian tahanan isolasi pada bagian stator, Pemeliharaan dan perbaikan sangat berpotensi meningkatkan serta menjaga nilai pada tahanan isolasi [9]. Pemeliharaan ini meliputi pembersihan untuk menghilangkan kontaminasi seperti debu, kotoran, dan partikel asing yang menempel pada permukaan stator. Kebersihan isolasi yang dijaga dapat menjaga nilai tahanan isolasi sehingga mencegah resiko konsleting listrik. pengukuran nilai tahanan isolasi secara berkala untuk memastikan bahwa isolasi tetap dalam batas aman. Namun, ketika pemeliharaan rutin tidak cukup untuk memperbaiki penurunan nilai tahanan isolasi, langkah perbaikan yang lebih mendalam seperti *rewinding* diperlukan dengan mengganti lilitan yang rusak dengan lilitan dan material isolasi baru [6]. Penambahan resin dan varnish pada belitan stator dapat memperkuat perlindungan isolasi dan mencegah kelembaban masuk, memastikan bahwa nilai tahanan isolasi tetap optimal [10].

Selain itu, pengecekan pada tahanan isolasi juga perlu dilakukan, dengan cara melakukan pengukuran tahanan isolasi khususnya pada stator. Pengukuran tahanan isolasi merupakan salah satu langkah yang diterapkan [6] [11]. Pengukuran ini bertujuan memastikan bahwa nilai tahanan isolasi tetap dalam batas aman, sehingga motor dapat

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tanpa izin, kecuali untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - a. Pengutipan hanya untuk keperluan 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.

terus beroperasi secara optimal tanpa gangguan. Penurunan nilai tahanan isolasi dapat mengindikasikan adanya masalah pada sistem isolasi motor seperti suhu ekstrem atau kontaminasi oleh partikel debu dan polutan. Pengukuran tahanan isolasi tidak hanya memberikan gambaran mengenai kondisi isolasi motor, tetapi juga menunjukkan pengaruh lingkungan terhadap nilai tersebut. Nilai tahanan isolasi yang rendah sering kali disebabkan oleh kelembapan yang meningkat dan membuat isolasi menyerap air, sedangkan suhu tinggi dapat mempercepat degradasi material isolasi. Oleh karena itu, pengukuran ini menjadi langkah penting dalam memastikan motor tetap berfungsi dengan baik.

PT Riau Andalan *Pulp and Paper* (PT RAPP) merupakan salah satu produsen *pulp* dan kertas terbesar di Asia Tenggara yang mengoperasikan berbagai mesin dan peralatan listrik, termasuk motor induksi 3 phasa, sebagai penggerak utama dalam proses produksinya. Motor ini berperan penting dalam menjaga kelancaran operasi dan produktivitas perusahaan. Berdasarkan hasil data pengukuran yang dilakukan pada tahun 2022 dan 2023, nilai tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa mengalami penurunan. Data tahun 2022 nilai tahanan isolasi phasa-phasa dan phasa-ground sebesar  $2000\text{ M}\Omega$ . Pada tahun 2023 nilai tahanan isolasi phasa-phasa  $1300\text{ M}\Omega$  hingga  $1700\text{ M}\Omega$  dan phasa-ground dibawah  $1000\text{ M}\Omega$ . Penurunan ini diduga disebabkan oleh penumpukan kotoran dan debu pada bagian terminal box dan *body* motor. Penurunan ini sekitar 50% untuk phasa-phasa, dan 35% hingga 15% untuk phasa-ground dari nilai awal pada tahun 2022. Kondisi ini menjadi perhatian khusus karena beroperasi secara *continue*. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja operasional motor dan mengganggu kontinuitas produksi jika dibiarkan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, upaya pemeliharaan telah dilakukan secara berkala untuk menjaga nilai tahanan isolasi, seperti pembersihan, pengecekan rutin pada bagian stator dan melakukan *rewinding* pada motor tersebut. Meskipun nilai tahanan isolasi cukup besar, data menunjukkan adanya penurunan dari tahun 2022 ke tahun 2023. Oleh karena itu, diperlukan langkah tambahan, salah satunya adalah dengan melakukan koreksi nilai tahanan isolasi berdasarkan standar IEEE 43-2013.

Penelitian ini mengembangkan kajian sebelumnya yang telah menunjukkan bahwa meskipun pengukuran nilai tahanan isolasi dilakukan, pengoreksian nilai tersebut jarang mengikuti standar IEEE 43-2013. Adapun gap riset pada penelitian ini adalah menganalisis nilai tahanan isolasi pada pengukuran awal dan pengukuran setelah mengalami perbaikan

dengan pengoreksian nilai tahanan isolasi ke suhu standar  $40^{\circ}\text{C}$  sesuai dengan standar IEEE 43-2013. Pengoreksian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat, yang sangat penting dalam penilaian kualitas isolasi pada motor induksi 3 phasa.

Untuk mengatasi permasalahan penurunan tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa, penelitian ini akan menerapkan pengukuran awal tahanan isolasi, diikuti dengan koreksi suhu sesuai standar IEEE Std 43-2013. Koreksi ini dilakukan untuk menormalkan hasil pengukuran tahanan isolasi ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , sehingga nilai yang diperoleh lebih akurat. Setelah pengukuran awal, tahap selanjutnya melakukan identifikasi penyebab penurunan ketahanan isolasi, seperti pemeriksaan kebersihan dan kontaminasi, pemeriksaan panas berlebih, pemeriksaan kondisi lilitan dan isolasi, pemeriksaan pada sambungan terminal pada bagian stator [4] [10] [12]. Berdasarkan hasil identifikasi, metode *maintenance* yang tepat, seperti *rewinding*, pembersihan, atau pelapisan ulang varnish dan resin, akan dipilih untuk memperbaiki kerusakan pada tahanan isolasi stator [10]. Setelah itu, pengukuran ulang akan dilakukan, termasuk standarisasi ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , untuk mengevaluasi peningkatan ketahanan isolasi dan memastikan perbaikan yang signifikan. Dengan demikian, solusi ini diharapkan dapat memperbaiki nilai ketahanan isolasi motor, mencegah kerusakan lebih lanjut, dan memastikan motor dapat beroperasi dengan aman dan efisien dalam berbagai kondisi.

Dasar pemilihan pengoreksian suhu ke  $40^{\circ}\text{C}$  karena suhu dapat mempengaruhi nilai tahanan isolasi yang diukur [4]. Suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah dari standar bisa memberikan hasil yang tidak akurat, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi keputusan dalam pemeliharaan motor. Dengan pengoreksian nilai tahanan isolasi ke suhu standar  $40^{\circ}\text{C}$ , penelitian ini bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan isolasi yang disebabkan oleh pengukuran yang tidak akurat. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa, kemudian melakukan koreksi suhu menggunakan rumus yang sesuai dengan IEEE 43-2013.

Berdasarkan penjelasan dan uraian yang telah dibahas sebelumnya, penulis berminat untuk melakukan penelitian terkait **“Pengoreksian dan Maintenance Nilai Tahanan Isolasi Stator Pada Motor Induksi 3 Phasa”**.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang****1.3.**

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.

**1.4**

1. Berapa besar tahanan isolasi pada pengukuran awal motor induksi 3 phasa yang diukur?
2. Apa penyebab kegagalan tahanan isolasi pada stator motor tersebut secara fisik?
3. Langkah apa yang efektif untuk memperbaiki nilai tahanan isolasi yang mengalami kegagalan terutama pada belitan stator motor induksi 3 phasa?
4. Bagaimana nilai tahanan isolasi antara pengukuran awal dan setelah dilakukannya perbaikan dengan penerapan koreksi suhu sesuai pada standar IEEE 43-2013?

**Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis besarnya tahanan isolasi pada pengukuran awal motor induksi 3 phasa yang diukur.
2. Mengidentifikasi penyebab kegagalan tahanan isolasi pada stator secara fisik.
3. Menentukan langkah yang efektif untuk memperbaiki nilai tahanan isolasi pada belitan stator motor induksi 3 phasa.
4. Membandingkan nilai tahanan isolasi pada pengukuran awal dan setelah dilakukannya perbaikan dengan penerapan koreksi suhu sesuai pada standar IEEE 43-2013.

**Batasan Penelitian**

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, batasan-batasan berikut diterapkan:

1. Penelitian hanya fokus pada faktor suhu dalam analisis nilai tahanan isolasi motor induksi 3 phasa.
2. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada motor induksi 3 phasa sesuai kondisi lingkungan pada saat dilakukan pengukuran.
3. Pengujian dilakukan menggunakan standarisasi suhu IEEE 43-2013, dengan koreksi pada suhu 40°C.
4. Pengukuran dilakukan selama 10 menit dan diukur sebanyak 3 sesi pengukuran.
5. Tidak melakukan pengujian mendalam untuk faktor kelembapan dan kondisi fisik lainnya seperti debu atau kontaminasi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

Bagi industri yang menggunakan motor induksi 3 phasa:

Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pemeliharaan motor induksi 3 phasa, khususnya dalam pengukuran dan standarisasi nilai tahanan isolasi untuk mencegah kegagalan isolasi.

Bagi peneliti:

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan dasar atau referensi untuk penelitian lebih lanjut terkait faktor-faktor yang memengaruhi nilai tahanan isolasi.

Bagi pengembangan standar industri:

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pedoman yang lebih akurat untuk pengukuran dan koreksi tahanan isolasi motor induksi 3 phasa, membantu mengurangi risiko kegagalan isolasi melalui pengujian yang lebih ketat dan sistematis, serta pengurangan biaya perbaikan yang dilakukan dan dampak kerusakan yang berkelanjutan.

**2.1. Studi Literatur**

Studi literatur dalam Tugas Akhir ini melibatkan pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Hal ini mencakup mencari artikel dan jurnal yang berkaitan dengan topik penelitian, serta memastikan bahwa tidak ada kemiripan dengan judul atau penelitian lain yang serupa.

Penelitian dengan judul “Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya” pada tahun 2021. Metode yang dilakukan oleh penulis ialah dengan melakukan pengambilan data pengujian indeks polaritas dan tangen delta pada transformator daya tersebut pada tahun 2016 dan 2018 yang berada di PT. APP PLN (Persero) Gardu Induk Bogor. Standar yang digunakan oleh penulis Standar IEEE 62-1995 Didapatkan hasil pada indeks polaritas dan tangen delta untuk tahanan isolasinya berkualitas baik dengan nilai secara berturut-turut bernilai 1,23 dan rata-rata 0,39% (*under standart testing 0,5%*) [13]

Penelitian dengan judul “Pengujian Elektrik Motor Induksi 3 Phase Rotor Sangkar 75kW Di Pt Mesindo Teknonesia” pada tahun 2022. Metode yang dilakukan dengan pengukuran secara langsung dengan mengukur tahanan isolasi, resistansi, dan gelombang belitan *running test* pada motor induksi 75 kW pada saat sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan yang dilakukan oleh PT. Mesindo Teknonesia. Standar yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan EASA AR100-2915. Sebelum dilakukannya perbaikan pada motor tersebut, nilai pada tahanan isolasi berada di bawah  $100\text{ M}\Omega$ , hasil tes resistansi didapatkan *unbalance*, namun pada deviasi tiap coil berada diatas 5% dari standar yang ditetapkan. Setelah dilakukannya perbaikan yang dilakukan (*rewinding*) didapatkan hasil tahanan isolasi sebesar  $2000\text{ M}\Omega$  dan nilai resistansi *balance* dengan deviasi tiap coil masih diatas 5% diatas standar yang ditetapkan [14]. Untuk hasil *running test* semuanya sudah berada standar yang ditetapkan.

Penelitian dengan judul “Pengujian Isolasi Trafo Daya 30 MVA pada GI Sungai Juaro Palembang dengan Indeks Polaritas dan Tangen delta” pada tahun . Metode yang digunakan pada penelitian ini mengambil data uji pada tahun 2019 dan 2021. Kemudian data tersebut dihitung dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini , pada tahun 2019 nilai indeks polaritas lebih besar dari 2. Namun, pada tahun 2021 menurun dengan nilai indeks polaritas berkisar 1,25 - 2,0. Pada data tangen

delta CHG-Primer, nilai berada dibawah 0,5% dari *rate power factor* berarti kondisi tahanan isolasi dalam keadaan baik. Dari nilai indeks polaritas, disarankan oleh peneliti untuk dilakukannya pemeliharaan supaya transformator tersebut dapat berumur panjang [15].

Penelitian dengan judul “Analisa Kondisi Belitan Stator Generator Melalui Pengujian Indeks Polarisasi Dan Tan Delta” pada tahun 2023. Metode penelitian meliputi data dan teknik pengumpulan data, model penelitian dan metode analisa data yang dikumpul dengan pengukuran secara langsung [16]. Data yang diambil ialah data tahanan isolasi (*Insulation Resistance*), polaritas indeks, dan tan delta. Alat yang digunakan dalam pengambilan data indeks polarisasi tahanan isolasi menggunakan *Megger MIT515* dan pengambilan data tan delta menggunakan *Insulation Analyzer doble M4100* [16]. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah nilai tahanan isolasi dan indeks polarisasi menunjukkan hasil yang baik dengan nilai tahanan isolasinya besar dari  $1,1 \text{ M}\Omega$  dan nilai indeks polarisasi pada setiap phasanya melebih dari 2 [16]. Sedangkan untuk nilai tan delta yang didapatkan nilai awal setiap phasa diantara 0,5%-1% dengan acuan pada standar ANSI C 57.12.90 [16].

Penelitian dengan judul “Analisis Isolasi Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air Saguling” pada tahun 2021. Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan melakukan obsevasi (pengamatan langsung) dengan mengecek suhu pada generator AC dan ruangan pada generator AC. Terdapat 4 unit generator yang diambil datanya. Hasil dari pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian ini, nilai suhu rata-rata pada ruangan generator unit 1 sebesar  $30.75 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , pada ruangan generator unit 2 sebesar  $41.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , pada ruangan generator unit 3 sebesar  $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan ruangan generator unit 4 sebesar  $38.87 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Untuk suhu generator didapatkan nilai rata-rata unit 1 sebesar  $54.9215 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , unit 2 sebesar  $63.55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , unit 3 sebesar  $68.3375$ , dan unit 4 sebesar  $55.0125 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dari hasil yang didapatkan bahwa nilai rata-rata suhu ruangan terbesar pada unit 3 sebesar  $42 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan suhu generator paling besar pada unit 3 sebesar  $68.3375 \text{ }^{\circ}\text{C}$  [17].

Penelitian dengan judul “Pemulihan Gangguan Short Circuit Ke Tanah Pada Rotor Generator PLTU SUGE Unit 2  $2 \times 16.5 \text{ Mw}$  Dengan Metode Brazing Pada Leadbus Rotor” oleh Mahendra dan teman-teman pada tahun 2022. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan melakukan survey lapangan secara langsung untuk mendapatkan data melalui pengukuran tahanan isolasi rotor dan tahanan belitan pada rotor. Dari hasil pengukuran tersebut dinyatakan tidak sesuai dengan standar yang digunakan yaitu IEEE

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tanpa izin UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa izin UIN Suska Riau.

Std 43-2000 dan dilakukannya perbaikan. Perbaikan yang dilakukan diantaranya penggantian isolator, dan penyambungan *leadbox* dengan metode *Brazing*. Kemudian dilakukannya pengukuran ulang seperti yang dilakukan sebelumnya. Hasil yang didapatkan setelah melakukan pengukuran ulang dinyatakan bahwa tahanan isolasi dan tahanan belitan sesuai dengan standar IEEE 43-2000, dengan hasil pengukuran secara berturut-turut  $35\text{ M}\Omega$  dan  $366\text{ m}\Omega$  [18].

Penelitian dengan judul “Studi Inspeksi Kelayakan Instalasi Dan Instrumen Tenaga Listrik” oleh Nizar dan teman-teman pada tahun 2020. Motor induksi yang diinspeksi yaitu daya sebesar  $225\text{ kW}$ . Pada motor tersebut dilakukannya pengujian tahanan isolasi pada *winding stator* dan tahanan isolasi phasa. Sebelum dilakukannya perbaikan, hasil dari pengukuran tersebut masih tidak sesuai dengan standar EASA AR100 dengan standar pada tahanan isolasi pada *winding stator*  $7,6\text{ M}\Omega$  dan pengukuran tahanan isolasi antar phasa dengan deviasi tidak melebihi 5%. Hal tersebut motor yang diinspeksi perlu dilakukannya perbaikan. Hasil pengukuran setelah dilakukannya perbaikan, tahanan isolasi pada *winding stator* dinilai baik yaitu diatas  $7,6\text{ M}\Omega$  dan tahanan isolasi antar phasa dinilai baik karena deviasi yang diperoleh tidak melebihi 5% [19].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa pengukuran tahanan isolasi yang dilakukan dapat menilai kondisi dari isolasi pada mesin yang diukur seperti generator, motor induksi, dan transformator. Penelitian yang penulis lakukan memiliki ciri khas tersendiri, yakni menerapkan koreksi ke suhu  $40^\circ\text{C}$  pada nilai tahanan isolasi yang diukur pada sebelum dan sesudah dilakukannya perbaikan dalam menilai kondisi tahanan isolasi *stator* pada motor induksi 3 phasa. Dengan demikian, penelitian ini mampu memberikan wawasan yang berharga dan memiliki kontribusi yang positif terhadap menilai kondisi tahanan isolasi stator pada motor induksi 3 phasa. Dengan menggunakan koreksi ke suhu  $40^\circ\text{C}$  standar IEEE 43-2013, penelitian ini bertujuan menormalkan nilai tahanan isolasi yang diukur sesuai standar yang telah disebutkan, dengan harapan dapat meningkatkan akurasi dalam pengukuran tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa.

## 2.2. Motor Induksi 3 Phasa

Motor induksi adalah mesin listrik yang mengkonversi energi listrik menjadi energi gerak melalui interaksi antara medan magnet stator dan rotor. Motor ini sangat umum digunakan di industri. Energi mekanis yang dihasilkan digunakan untuk berbagai peralatan produksi sebagai transportasi material, kompresor udara, mesin produksi dan sistem

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

pendingin. Motor induksi dipilih di industri karena memiliki beberapa keunggulan, termasuk torsi awal yang tinggi dengan arus start yang rendah serta pengaturan kecepatan yang baik selama operasi pada kecepatan konstan [19].

### 2.2.1 Bagian Dasar Motor Induksi 3 Phasa

#### 1 . Frame



Gambar 2.1 Frame [19]

Frame pada motor induksi 3 phasa merupakan penutup yang terdiri dari rangkah yang kokoh dan didalam frame di tempatkan bagian stator. Frame digunakan untuk meredam kebisingan pada saat motor yang sedang beroperasi. Pada beberapa desain, frame mungkin dilengkapi dengan fitur tambahan seperti ventilasi atau sirip pendingin untuk meningkatkan efisiensi pendinginan. Desain keseluruhan frame ini sangat penting dalam menentukan kinerja, keandalan, dan umur panjang motor listrik dalam aplikasi industri [19].

#### 2 . Rotor



Gambar 2.2 Rotor [19]

Stator adalah komponen tetap dalam motor induksi, memiliki prinsip yang serupa dengan stator pada motor sinkron atau generator. Ketika lilitan-lilitan stator diberi pasokan arus 3 phasa, mereka menghasilkan medan magnet atau fluksi magnetik yang stabil, yang berputar dengan kecepatan sinkron ( $N_s$ ).

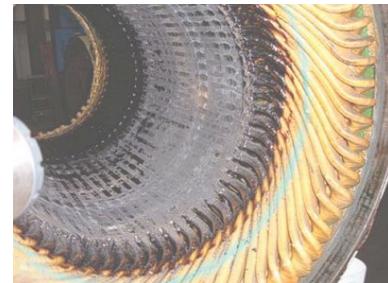
#### 3 . Stator

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

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

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.

## 2.2.2



Gambar 2.3 Stator [10]

Bagian pada stator adalah bagian komponen motor induksi 3 phasa yang tidak bergerak. Stator adalah bagian statis pada motor yang menginduksikan medan elektromagnetik ke kumparan rotor. Stator terdiri dari kumparan stator dan tumpukan laminasi inti. Inti stator terbuat dari tumpukan lempengan besi yang dilaminasi dan disatukan, yang berfungsi sebagai dukungan mekanis sekaligus sebagai saluran magnet yang akan dihasilkan. Setiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan phasa, di mana belitan tersebut secara elektrik terpisah sejauh  $120^\circ$ . Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapisi isolasi tipis. Tumpukan inti dan belitan stator ditempatkan dalam cangkang silindris. Stator juga merupakan tempat dihubungkannya motor dengan sumber listrik AC 3 phasa. Saat tegangan AC disuplai ke stator, arus akan mengalir melalui kumparan, menghasilkan medan magnet yang tergantung pada arah arus yang melewati kawat tersebut [19].

### Prinsip Kerja Motor induksi 3 Phasa

Prinsip kerja pada motor induksi sebagai berikut [19]:

- 1). Arus listrik yang mengalir dalam medan magnet dengan kerapatan fluks tertentu akan menghasilkan gaya. Nilai gaya ini dipengaruhi oleh banyaknya lilitan pada kumparan.
- 2). Ketika sumber tegangan 3 phasa dipasang pada kumparan stator, medan putar akan timbul. Medan putar ini akan mendorong konduktor pada sisi rotor.
- 3). Akibat dorongan medan putar pada konduktor rotor, tegangan induksi akan timbul pada kumparan rotor.
- 4). Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, tegangan induksi akan menghasilkan arus induksi.
- 5). Adanya arus induksi dan medan magnet menghasilkan gaya pada rotor.

6). Bila torsi awal yang dihasilkan oleh gaya pada rotor cukup besar untuk memikul torsi beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

7). Untuk membangkitkan tenaga induksi secara terus-menerus, diperlukan perbedaan kecepatan antara medan putar stator dan kecepatan putar rotor.

8). Jika kecepatan medan putar stator sama dengan kecepatan putar rotor, tegangan induksi dan arus tidak akan mengalir pada rotor. Akibatnya, tidak ada torsi yang dapat dihasilkan.

### 2.3. Isolasi

Motor induksi 3 phasa mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan cara kerja antara medan magnet stator dan rotor. Sistem isolasi sangat penting untuk menjaga listrik tetap aman dan mencegah arus bocor yang bisa merusak bagian-bagian motor [20]. Isolasi ini memisahkan kawat konduktor dari inti stator dan rotor, serta mencegah terjadinya hubungan singkat antara phasa. Bahan isolasi, seperti resin atau poliester, dirancang untuk tahan terhadap panas, tegangan tinggi, dan tekanan mekanis. Kualitas isolasi berpengaruh besar pada efisiensi dan umur motor, karena isolasi yang buruk bisa menyebabkan panas berlebih dan kerusakan [6]. Oleh karena itu, pengujian terhadap tahanan isolasi dan Polarization Index (PI) penting untuk memastikan isolasi dalam kondisi baik dan mencegah kerusakan serius [6].

#### 2.3.1. Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi (*insulation resistance*) adalah ukuran seberapa baik material isolasi mampu mencegah aliran arus listrik yang tidak diinginkan antara konduktor dan bagian logam lain seperti inti stator atau rotor. Tahanan isolasi yang baik sangat penting untuk mencegah terjadinya arus bocor, yang dapat menyebabkan kerusakan pada mesin berputar, seperti motor atau generator [10].

Dalam mesin listrik berputar, tahanan isolasi diperiksa dengan mengaplikasikan tegangan DC pada lilitan dan mengukur arus bocor yang terjadi melalui isolasi. Berdasarkan hukum Ohm, tahanan isolasi ( $R$ ) dihitung dengan rumus [10]:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

di mana:

1.  $V$  adalah tegangan yang diaplikasikan (biasanya dalam volt),
2.  $I$  adalah arus bocor yang diukur (biasanya dalam mikroampere).

### 2.3.2. Standar Pengukuran Tahanan Isolasi

Dalam upaya untuk memastikan kualitas dan keandalan sistem isolasi pada mesin listrik, pengujian tahanan isolasi menjadi langkah krusial. Standar IEEE 43-2013 memberikan pedoman yang jelas mengenai metode pengukuran tahanan isolasi serta parameter yang harus dipatuhi selama proses pengujian. Menurut standar IEEE 43-2013, tegangan DC yang harus diaplikasikan selama pengujian tahanan isolasi:

Tabel 2.1 Tegangan DC Pada Pengujian IR/PI

Winding Rated Voltage (V)	Insulation Resistance Test Direct Voltage (V)
< 1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12 000	2500 - 5000
>12 000	5000 - 10 000

Tabel 2.2 Nilai Minimum Rekomendasi untuk Resistansi Isolasi pada 40 °C

Minimum Insulation Resistance	Test Specimen
$IR_{1\ min} = kV + 1$	Untuk sebagian besar lilitan yang dibuat sebelum sekitar tahun 1970, semua lilitan medan, dan yang lainnya yang tidak dijelaskan di bawah ini.
$IR_{1\ min} = 100$	Untuk sebagian besar armatur arus searah dan lilitan arus bolak-balik yang dibangun setelah sekitar tahun 1970 (dari gulungan lilitan)
$IR_{1\ min} = 5$	Untuk sebagian besar mesin dengan gulungan stator acak dan gulungan dari luar yang memiliki rating di bawah 1 k

Tabel 2.2 menunjukkan nilai minimum yang direkomendasikan untuk tahanan isolasi pada suhu 40°C, yang berfungsi sebagai acuan dalam menilai kondisi isolasi mesin

listrik. Standar ini ditetapkan berdasarkan tegangan nominal mesin yang diuji dan disesuaikan dengan berbagai jenis spesimen atau lilitan stator motor listrik yang dibuat sebelum tahun 1970 memiliki standar yang berbeda dibandingkan dengan mesin yang diproduksi setelahnya. Pentingnya suhu acuan  $40^{\circ}\text{C}$  terletak pada kemampuannya untuk memberikan konsistensi dan komparabilitas dalam pengukuran, sehingga hasil pengukuran dari berbagai motor listrik atau lokasi dapat dibandingkan dengan akurat. Suhu ini dianggap mencerminkan kondisi operasional standar mesin listrik, di mana material isolasi dirancang untuk berfungsi dengan baik, sehingga pengukuran pada suhu ini dapat menunjukkan kinerja isolasi dalam situasi nyata. Suhu acuan ini juga membantu menjaga agar nilai tahanan isolasi tidak berubah akibat perubahan suhu yang terjadi. Dengan menggunakan suhu  $40^{\circ}\text{C}$  sebagai referensi, hasil pengukuran dapat dikoreksi dan disesuaikan menggunakan koefisien yang disediakan oleh standar IEEE 43-2013, memastikan bahwa nilai tahanan isolasi yang didapat bisa dimengerti dengan baik dan relevan dalam menilai kondisi isolasi serta keselamatan operasi mesin listrik.

Rumus minimum tahanan isolasi ini berkaitan dengan tegangan nominal mesin yang diukur dan berbagai jenis spesimen atau lilitan mesin, baik yang dibuat sebelum atau sesudah tahun 1970, memiliki standar berbeda. Adapun rumus untuk menghitung nilai tahanan isolasi sesuai dengan standar IEEE 43-2013 pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  [4]:

$$R_C = K_T R_T \quad (2.2)$$

Dimana:

$R_C$  = Tahanan isolasi yang dikoreksi ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$  ( $\text{M}\Omega$ )

$K_T$  = Koefisien ke suhu  $T^{\circ}\text{C}$  pada saat suhu diukur

$R_T$  = Tahanan Isolasi pada saat suhu  $T^{\circ}\text{C}$

Untuk Melakukan Perhitungan Koefisien suhu  $T^{\circ}\text{C}$  ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , sangat bergantung pada bahan isolasi yaitu Thermoplastic dan Thermosetting. Rumus yang digunakan sebagai berikut [4]:

Untuk *Thermoplastic* :

$$K_T = (0.5)^{(40-T)/10} \quad (2.3)$$

Untuk *Thermosetting*:

Diantara suhu  $40^{\circ}\text{C} < T < 85^{\circ}\text{C}$

$$K_T = \exp\left[-4230\left(\frac{1}{(T+273)} - \frac{1}{313}\right)\right] \quad (2.4)$$

2. Diantara suhu  $10^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$

$$K_T = \exp \left[ -1245 \left( \frac{1}{(T+273)} - \frac{1}{313} \right) \right] \quad (2.5)$$

Dimana:

$T$  = Suhu saat dilakukannya pengukuran ( $^{\circ}\text{C}$ )

*Thermosetting* dan *thermoplastic* adalah dua jenis polimer yang digunakan dalam sistem isolasi motor induksi 3 phasa, masing-masing memiliki karakteristik unik yang mempengaruhi penggunaannya dalam aplikasi industri. *Thermosetting* adalah jenis polimer yang setelah mengalami proses pemanasan dan *curing* (pengerasan), akan membentuk struktur yang permanen dan tidak bisa dilelehkan kembali. *Thermosetting* dapat bertahan dalam kondisi suhu tinggi tanpa meleleh atau berubah bentuk. Contoh dari *thermosetting* yang banyak digunakan dalam isolasi adalah resin epoxy dan polyester [21]. Bahan ini memiliki ketahanan tinggi terhadap panas, sehingga sangat cocok untuk aplikasi isolasi yang membutuhkan stabilitas termal pada suhu tinggi.

Di sisi lain, *thermoplastic* adalah jenis polimer yang dapat dilelehkan, dibentuk, dan dikeraskan berulang kali. Sebagian besar digunakan pada motor induksi sebelum 1970 [21]. *Thermoplastic* akan melunak ketika dipanaskan dan akan kembali mengeras ketika dinginkan. Contoh dari *thermoplastic* yang digunakan dalam beberapa aplikasi isolasi adalah film PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PEN (*Polyethylene Naphthalate*), yang umumnya digunakan sebagai lapisan pendukung pada tape kertas mika.

Polarization Index (PI) adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi isolasi pada motor listrik. PI merupakan perbandingan antara nilai tahanan isolasi yang diukur setelah 10 menit ( $R_{10}$ ) dan nilai setelah 1 menit ( $R_1$ ) pengujian menggunakan sumber tegangan DC. PI digunakan untuk memberikan indikasi kondisi isolasi mesin listrik dan memberikan gambaran tentang kestabilan material isolasi. Nilai PI yang secara umum, standar IEEE 43-2014 memberikan panduan berikut [4]:

$$PI = \frac{R_{10}}{R_1} \quad (2.6)$$

Dimana:

$R_{10}$  = Pengukuran Tahanan Isolasi selama 10 Menit  
 $R_1$  = Pengukuran Tahanan Isolasi selama 1 Menit

Dimana  $R_{10}$  adalah pengukuran tahanan isolasi selama 10 menit dan  $R_1$  adalah pengukuran tahanan isolasi selama 1 menit. Nilai PI yang ideal bervariasi, tetapi secara umum, standar IEEE 43-2014 memberikan pedoman yang mengklasifikasikan nilai PI.

Tabel 2.3 Kelas suhu pada motor induksi 3 phasa [4]

Thermal Class Rating	Minimum P.I
Class 105 (A)	1.5
Class 130 (B) and above	2.0

Nilai PI kurang dari minimum standar menunjukkan kondisi isolasi yang tidak baik, dengan kemungkinan besar terjadinya kebocoran arus atau kerusakan pada material isolasi dan memerlukan perhatian lebih lanjut untuk mencegah kerusakan. Sementara itu, Jika nilai PI lebih dari minimum standar, ini mengindikasikan kondisi isolasi yang baik, dimana isolasi dapat dianggap stabil dan aman untuk operasi normal.

Berikut kelas suhu pada mesin listrik, terutama pada motor induksi 3 phasa [17]:

Tabel 2.4 kelas suhu pada bahan isolasi mesin listrik

Kelas	Temperature
Y	90 °C
A	105 °C
E	120 °C
B	130 °C
F	155 °C
H	180 °C
G	>180 °C

### 2.3.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Isolasi

Nilai dari hasil pengujian tahanan isolasi dapat memberikan indikasi awal kondisi mesin. Nilai tahanan isolasi yang rendah dapat disebabkan oleh beberapa faktor [10] :

a. Faktor usia : Isolasi menjadi rusak seiring waktu karena materialnya rapuh, menyusut, dan bisa retak. Semakin lama digunakan, bahan isolasi seperti plastik atau resin bisa melemah dan rusak secara alami. Proses penuaan ini

1. Dilarang mengutip secara lengkap atau seluruh karya tulis ini tanpa izin dan menyebutkan sumber.

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- 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.

dipercepat oleh kondisi beban berlebih yang menyebabkan isolasi menanggung suhu tinggi secara terus-menerus. Beban berlebih dan suhu tinggi meningkatkan laju degradasi isolasi melalui proses oksidasi dan dekomposisi termal, yang mengurangi kekuatan dielektrik material. Selain itu, paparan beban berlebih dalam waktu lama juga memicu munculnya mikro-retakan pada permukaan isolasi, yang seiring waktu bisa melebar dan menyebabkan kerusakan total pada isolasi."

**b** Faktor listrik : Panas yang berlebihan muncul karena efek dari corona, lonjakan listrik akibat petir, tegangan yang tidak seimbang, atau kesalahan saat tes. Listrik yang tidak stabil atau lonjakan listrik bisa memanaskan isolasi dan membuatnya rusak.

Faktor mekanis : Isolasi bisa rusak karena getaran, wedges (pengganjal) yang longgar, pengaruh dari kipas, sambungan yang tidak kencang, atau benda asing yang masuk. Getaran mesin atau komponen yang longgar dapat merusak isolasi akibat gesekan dan tekanan yang berulang. Keausan mekanis pada isolasi umumnya disebabkan oleh getaran berkelanjutan, panas, dan arus berlebih, yang menambah beban pada material isolasi dan mempercepat kerusakannya. Getaran yang berkepanjangan, ditambah panas dari arus yang lebih besar, membuat isolasi mudah retak atau mengelupas, sehingga kualitas dan kemampuan isolasinya menurun.

Faktor panas : Isolasi bisa rusak karena beban terlalu berat, panas yang berlebihan akibat kegagalan isolasi, atau isolasi pita yang terlepas. Ketika mesin terlalu panas, isolasi tidak mampu menahan panas itu dan bisa rusak. Panas yang berlebihan dapat mempercepat proses penuaan material isolasi, membuatnya lebih rentan terhadap kerusakan dan kehilangan integritasnya. Selain itu, suhu tinggi juga dapat menyebabkan perubahan sifat fisik dan kimia dari material isolasi, mengurangi kemampuannya dalam menahan arus listrik.

Faktor lingkungan : Isolasi bisa rusak karena debu, partikel magnetik, kelembaban, atau kontaminasi dari garam dan minyak. Lingkungan yang kotor atau lembab bisa merusak isolasi karena zat-zat itu mengganggu kemampuan isolasi dalam melindungi mesin. Kondisi lingkungan yang tidak bersih dapat meningkatkan risiko kebocoran arus, di mana partikel asing

dapat mempercepat degradasi nilai tahanan isolasi, yang pada gilirannya mengurangi efektivitasnya dalam menjaga keamanan dan kinerja sistem listrik.

#### 2.3.4. Inspeksi Visual Pada isolasi

Inspeksi visual merupakan langkah awal yang penting dalam identifikasi kerusakan pada motor induksi 3 phasa. Pentingnya inspeksi visual terletak pada kemampuannya untuk mendeteksi gejala fisik degradasi isolasi, seperti retakan ataupun perubahan warna akibat panas. Melalui inspeksi visual, teknisi dapat dengan cepat dan efektif mendeteksi tanda-tanda fisik yang menunjukkan adanya masalah pada isolasi, sehingga memungkinkan langkah korektif segera diambil untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Beberapa gejala yang dapat teridentifikasi meliputi [20]:

##### 1. Retakan dan Sobekan

Retakan pada permukaan isolasi dapat terjadi akibat benturan dari luar, getaran, suhu tinggi, atau kontaminasi dari lingkungan sekitar. Partikel seperti debu, kotoran, atau minyak yang menempel pada permukaan isolasi dapat menyebabkan abrasi dan mempercepat munculnya retakan. Akumulasi partikel ini dapat merusak lapisan isolasi, memperbesar risiko kebocoran arus, dan meningkatkan kemungkinan kegagalan isolasi jika tidak segera ditangani.

##### 2. Perubahan Warna

Perubahan warna pada lilitan atau permukaan motor, seperti munculnya warna cokelat atau hitam, sering kali menunjukkan *overheating*. Hal ini dapat disebabkan oleh arus berlebih atau kondisi lingkungan yang ekstrem, yang jika tidak ditangani dapat berujung pada kegagalan isolasi total.

##### 3. Kebocoran Oli

Kebocoran oli pada komponen motor dapat merusak material isolasi, mengurangi efektivitasnya, dan meningkatkan risiko arus bocor. Inspeksi visual memungkinkan deteksi dini terhadap kebocoran oli, sehingga langkah perbaikan dapat segera dilakukan.

Dengan melakukan inspeksi visual secara rutin, kondisi isolasi dapat dipastikan tetap baik dan berfungsi dengan efektif. Deteksi dini terhadap gejala degradasi fisik pada isolasi sangat penting untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, mengurangi risiko kegagalan operasional, serta memperpanjang umur pakai motor listrik. Inspeksi visual juga

efektif untuk mengidentifikasi kerusakan fisik, kontaminasi, dan kondisi abnormal lainnya yang mungkin tidak terlihat dalam pengukuran tahanan isolasi.

Adapun inspeksi visual yang dilakukan untuk memastikan bahwa isolasi pada stator motor induksi 3 phasa berfungsi dengan baik dan memenuhi standar keselamatan serta kinerja yang telah ditetapkan [12]:

1. Pemeriksaan Kebersihan dan Kontaminasi

Periksa permukaan motor dan lilitan dari debu, kotoran, minyak, atau partikel lainnya yang dapat mengganggu kinerja isolasi.

2. Pemeriksaan panas berlebih

Perubahan warna pada lilitan atau permukaan motor. Lilitan yang mengalami overheating biasanya menunjukkan warna cokelat atau hitam.

3. Pemeriksaan kondisi lilitan dan isolasi

Periksa permukaan lilitan untuk mendeteksi adanya retakan, sobekan, atau keausan yang dapat mengganggu integritas isolasi.

4. Pemeriksaan pada sambungan terminal

Pastikan semua sambungan dan terminal dalam kondisi baik, tanpa tanda-tanda longgar atau teroksidasi.

### 2.3.5. Metode Maintenance

Kualitas tahanan isolasi yang baik sangat penting untuk memastikan motor induksi dapat beroperasi dengan efisien dan aman. Apabila kondisi isolasi tidak optimal, maka terjadinya kerusakan. Oleh sebab itu, penerapan metode maintenance menjadi langkah penting dalam menjaga dan meningkatkan nilai tahanan isolasi motor induksi 3 phasa [10]. Perbaikan dan pembersihan merupakan bagian dari metode ini untuk meningkatkan nilai tahanan isolasi stator motor. Misalnya, pembersihan bertujuan untuk menghilangkan kontaminasi yang dapat menurunkan nilai tahanan isolasi, sementara pelapisan ulang resin atau varnish membantu memperkuat material isolasi yang telah mengalami perubahan warna maupun fisik. Berikut beberapa cara perbaikan dan pembersihan untuk meningkatkan serta memperbaiki nilai tahanan isolasi yang menurun [10]:

1. Pembersihan

Pembersihan merupakan langkah untuk mencegah kontaminasi yang dapat berpengaruh pada kinerja isolasi. Debu, kotoran, dan partikel asing yang menempel

**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.**

pada permukaan isolasi stator dapat mengurangi nilai tahanan isolasi dan memicu terjadinya konsleting listrik. Pembersihan yang dilakukan mencakup pembersihan pada permukaan motor, pembersihan pada terminal box dan lilitan stator. Dengan dilakukannya pembesihan, dapat mencegah penurunan isolasi yang lebih lanjut dan meningkatkan nilai tahanan isolasi. Pembersihan juga merupakan bagian dari perawatan preventif yang penting untuk meningkatkan masa pakai motor dan memastikan operasi yang aman.

***Rewinding***

Proses penggulungan ulang belitan stator pada motor induksi 3 phasa ketika nilai tahanan isolasi dan kondisi isolasi sudah mengalami kerusakan. Proses ini melibatkan penggantian kawat belitan dengan kawat baru yang dilapisi bahan isolasi yang baru. Bahan isolasi yang digunakan umumnya adalah bahan dengan ketahanan tinggi terhadap suhu, kelembapan, dan tegangan listrik. Dengan mengganti material yang sudah rusak, *rewinding* tidak hanya memperbaiki nilai tahanan isolasi yang diakibatkan kerusakan isolasi lama, tetapi juga mengembalikan kestabilan operasi motor. *Rewinding* memastikan bahwa motor induksi 3 phasa dapat kembali beroperasi secara optimal dan aman, mengurangi risiko kegagalan isolasi yang dapat mengakibatkan kerusakan lebih lanjut pada sistem motor. Proses ini juga dapat memperpanjang umur motor dengan meningkatkan ketahanan isolasi terhadap beban panas dan mekanis.

**3. Pelapisan ulang resin atau varnish**

Pelapisan resin atau varnish pada belitan stator berfungsi untuk meningkatkan perlindungan terhadap isolasi, membantu memperkuat material isolasi, mencegah masuknya kelembapan, dan melindungi dari suhu tinggi yang dapat merusak isolasi. Bahan yang digunakan, seperti resin dengan ketahanan panas tinggi dan varnish berkualitas, dirancang khusus untuk meningkatkan daya tahan isolasi terhadap beban termal dan listrik yang tinggi. Proses aplikasi dilakukan dengan menyemprotkan atau mengoleskan belitan resin atau varnish ke dalam stator, yang kemudian dikeringkan atau dipanaskan untuk memastikan bahan pelapis meresap dan memberikan perlindungan yang optimal. Dengan penambahan pelapis ini, nilai tahanan isolasi dapat meningkat, memperpanjang umur motor, dan mengurangi risiko kegagalan



UIN SUSKA RIAU

isolasi, serta memastikan motor dapat beroperasi dengan lebih efisien dan aman.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

### 3.1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Metode kuantitatif mempunyai struktur yang terencana, jelas, dan tetap. Metode deskriptif berfokus pada penjelasan objek penelitian berdasarkan data yang terkumpul tanpa manipulasi, bertujuan memberikan deskripsi tentang objek penelitian atau hasil penelitian. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menguji dan evaluasi efektivitas metode *maintenance* yang akan dipilih untuk memperbaiki tahanan isolasi.

#### 3.2. Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan motor induksi 3 phasa sebagai objek penelitian. Spesifikasi dari motor induksi 3 phasa sendiri akan diambil melalui tahapan penelitian.

Adapun alasan memilih motor induksi 3 phasa sebagai objek penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengurangi biaya perawatan yang tinggi  
Motor induksi 3 phasa sering digunakan dalam industri karena kinerjanya yang baik. Namun, biaya perawatan motor ini bisa tinggi jika tidak dikelola dengan baik.
2. Untuk menanggulangi masalah isolasi yang umum terjadi, terutama pada bagian stator  
Kerusakan pada sistem isolasi, khususnya di bagian stator, merupakan masalah umum yang dapat menyebabkan motor tidak berfungsi dengan baik. Mengingat pentingnya isolasi untuk keselamatan baik pada motor induksi 3 phasa maupun operator sekitar objek.
3. Dampak kinerja pada sistem listrik industri  
Motor induksi 3 phasa berperan penting dalam sistem listrik industri. Jika kinerja motor terganggu, hal ini bisa berdampak negatif pada keseluruhan sistem, menyebabkan gangguan dalam proses produksi sehingga menurunkan produktivitas industri.
4. Peran dalam efisiensi energi  
Motor induksi 3 phasa yang efisien dalam penggunaan energi dapat membantu industri mengurangi biaya operasional dan konsumsi energi. Dengan

menjaga kondisi isolasinya, motor dapat beroperasi dalam kondisi optimal, industri tidak hanya dapat mengurangi biaya energi, tetapi juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan lingkungan, yang semakin menjadi perhatian dalam praktik bisnis saat ini.

### **Tahapan Penelitian**

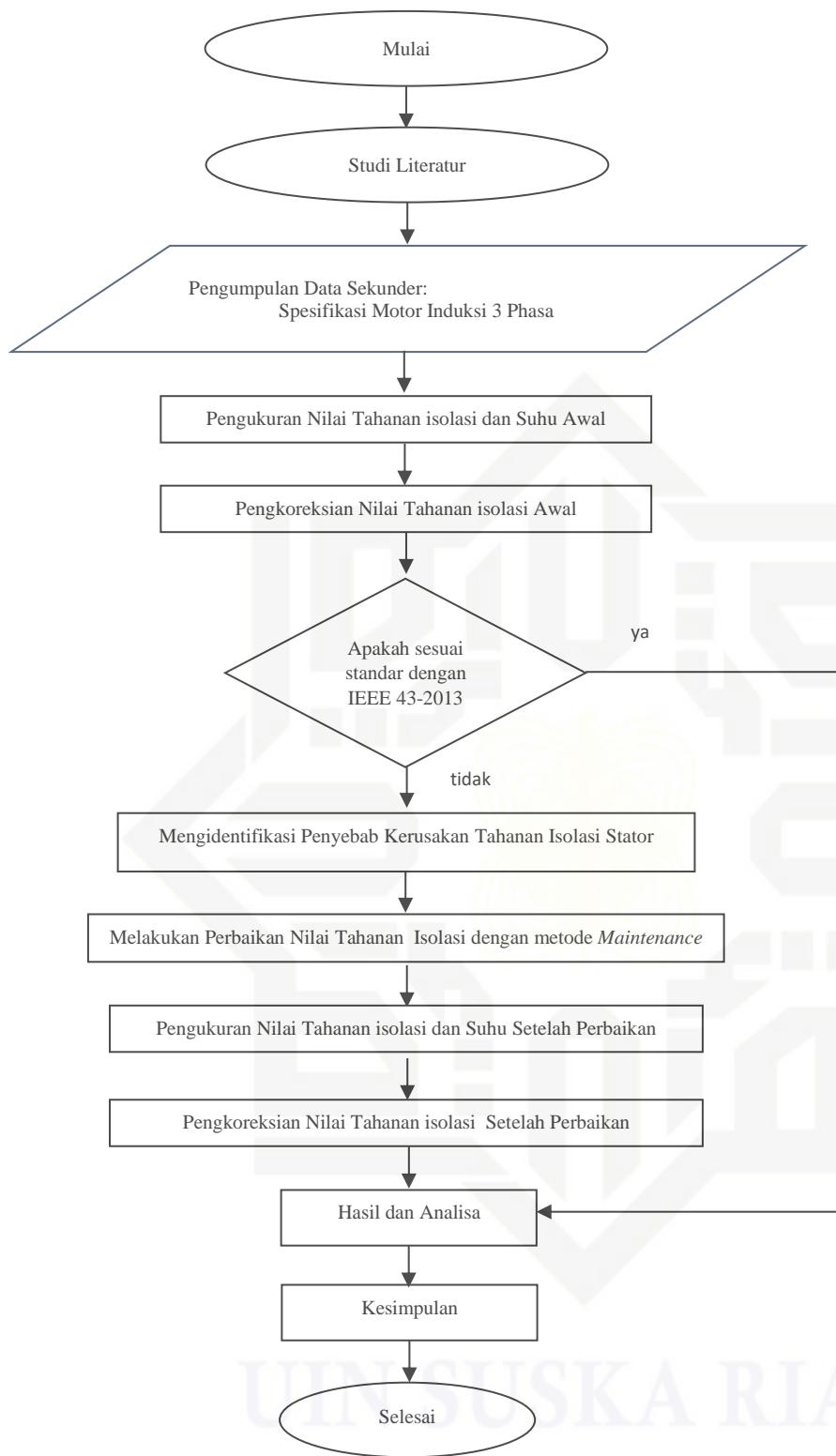
Pada penelitian ini, dibutuhkan tahapan untuk memperoleh sebuah hasil yang diinginkan. Penelitian ini diawali dengan studi literatur dari jurnal penelitian terkait dan buku untuk memperoleh informasi. Ini didapatkan dari penelitian sebelumnya. Kemudian dilakukannya Pengumpulan data sekunder yaitu data yang berisi tentang spesifikasi motor induksi yang akan diukur nantinya serta alat yang digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya, dilakukannya pengukuran awal dengan mengukur tahanan isolasi dan suhu pada objek yang diteliti. Adapun diagram alur penelitian sebagai berikut :

**3.3. Hak Cipta Dilindungi**

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.



Flowchart Tahapan Penelitian

### 3.4. Studi Literatur

Dalam studi literatur, referensi dari berbagai sumber seperti skripsi, jurnal penelitian sebelumnya, dan buku dikumpulkan. Jurnal penelitian sebelumnya dianalisis

untuk mendapatkan informasi tentang teori dan metode yang digunakan oleh peneliti sebelumnya. Sementara itu, teori dari buku dijadikan sebagai pendukung dalam penelitian

### 3.5.

### Pengumpulan Data Sekunder

Dalam melakukan penelitian, diperlukannya data-data terkait objek yang dijadikan sebagai penelitian untuk melengkapi proses penelitian hingga tahap akhir penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data sekunder seperti data pada motor yang diinduksi 3 phasa. Spesifikasi pada motor yang diukur tahanan isolasi:

Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Phasa yang akan diuji

Spesifikasi Motor Induksi 3 Phasa	
Merk	TECO
Series No.	P9700691
Type	AEHBPA040020YW55E
IP	55
Frame	160L
Daya	15 KW
Pole	4
Horse Power	20 HP
Kecepatan Putar	1460 RPM
Tegangan	380V (Delta) / 660V (Star)
Arus Max.	27,8A (Delta) / 16A (Star)
Nominal Effisiensi	92,5
Insul.CI	F
Dibuat pada tahun 1997	



Gambar 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 phasa

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

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

### 3.6. Hak Cipta Dandong-Undang

1. Dilang mengutip seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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

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

### Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Awal

Pengukuran awal tahanan isolasi dan suhu dilakukan sebelum mengidentifikasi penyebab dari penurunan tahanan isolasi yang dijelaskan pada subab 3.7. Pengukuran tahanan isolasi ini dilakukan sebanyak 3 sesi dengan 1 sesi dilakukan dalam waktu sehari sekali. Pengukuran suhu dilakukan sebanyak 1x setiap sesi sebelum pengukuran tahanan isolasi. Hal ini penting untuk mengamati perubahan kondisi isolasi. Berikut langkah-langkah pada pengukuran tahanan isolasi :

#### a. Pengukuran Antar Lilitan Motor [22]

- 1) Pastikan insulation tester dalam kondisi off.
- 2) Hubungkan terminal lilitan U dengan *probe line* (merah) pada *insulation tester*.
- 3) Hubungkan terminal lilitan V dengan *probe Earth* (hitam) pada *insulation tester*.
- 4) Hidupkan *power* pada *insulation tester*.
- 5) Putar *selector switch* pada skala 500V.
- 6) Catat nilai tahanan isolasi ( $M\Omega$ ) pada menit pertama dan menit kesepuluh pengujian.
- 7) Matikan *power* pada *insulation tester*.
- 8) Dilakukannya koreksi ke suhu 40°C
- 9) Selesai

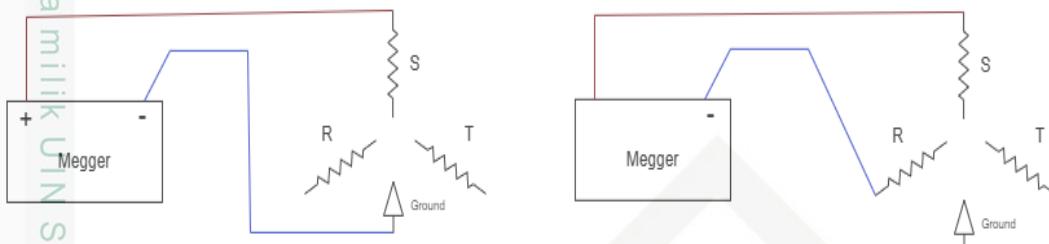
#### b. Pengukuran Antara Lilitan dan *body* Motor [22]

- 1) Pastikan *insulation tester* dalam kondisi off.
- 2) Hubungkan *probe Line* (merah) pada *insulation tester* dengan terminal lilitan U pada motor.
- 3) Hubungkan *probe Earth* (hitam) pada *insulation tester* dengan *Body* motor.
- 4) Hidupkan *power* pada *insulation tester*.
- 5) Putar *selector switch* pada skala 500V.
- 6) Catat nilai tahanan isolasi ( $M\Omega$ ) pada menit pertama dan menit kesepuluh pengujian.
- 7) Matikan *power* pada *insulation tester*.
- 8) *Ground*-kan lilitan yang telah diuji dengan menghubungkannya ke *body* motor untuk menghilangkan arus sisa selama 30 menit.
- 9) Dilakukannya koreksi ke suhu 40°C.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

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

c. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 sesi dengan melakukan langkah pengukuran seperti pada langkah a dan b.



Gambar 3.1 Pengukuran IR antara lilitan dengan *Body (ground)* motor dan antar lilitan [9]

### 3.7. Pengoreksian Nilai Tahanan Isolasi Sebelum Perbaikan

Setelah didapatkan hasil dari pengukuran tahanan isolasi dan suhu pada motor induksi 3 phasa, selanjutnya adalah melakukan pengoreksi tahanan isolasi ke suhu 40°C sesuai dengan standar IEEE yang berlaku. Koreksi ini bertujuan untuk menormalkan hasil pengukuran dengan mengkompensasi perubahan suhu yang terjadi selama operasi motor. Dalam standar IEEE Standard 43-2013, rumus koreksi suhu digunakan untuk menyesuaikan nilai tahanan isolasi pada suhu 40°C (persamaan 2.2). Dengan menggunakan rumus tersebut, hasil pengukuran dapat dibandingkan dengan standar yang diakui, sehingga memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kondisi isolasi motor induksi.

### 3.8. Identifikasi Penyebab Kerusakan Tahanan Isolasi Stator

Setelah didapatkan data dari pengukuran awal tahanan isolasi dan suhu pada subbab 3.6, dilakukan pengecekan secara fisik terhadap motor induksi 3 phasa. Proses ini melibatkan inspeksi visual untuk memahami penyebab kerusakan isolasi, bergantung kondisi motor induksi 3 phasa saat kondisi lapangan. Inspeksi visual pada motor induksi 3 phasa sesuai subbab 2.3.5 dengan melakukan pemeriksaan kebersihan motor induksi 3 phasa, pemeriksaan panas berlebih, pemeriksaan kondisi lilitan, dan pemeriksaan pada sambungan terminal. Pengecekan ini bertujuan untuk melihat fisik yang dapat menjadi penyebab potensial penurunan tahanan isolasi bagian stator. Sehingga pemilihan langkah perbaikan dengan metode *Maintenance* yang sesuai dapat direncanakan dan kemudian dilakukan pada subbab 3.9.

### **3.9. Melakukan Perbaikan Tahanan Isolasi dengan Metode Maintenance**

Setelah mengidentifikasi penyebab penurunan tahanan isolasi, langkah selanjutnya adalah memilih perbaikan tahanan isolasi yang tepat dengan metode *Maintenance*. Pemilihan perbaikan dengan metode *maintenance* ini didasarkan pada hasil identifikasi yang dilakukan sebelumnya, sehingga setiap tindakan yang akan diambil disesuaikan pada subbab 2.3.5 sehingga perbaikan yang akan dilakukan secara efektif menargetkan masalah spesifik yang ada.

### **3.10. Pengukuran Tahanan Isolasi dan Suhu Setelah Perbaikan**

Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah perbaikan dengan mengikuti prosedur yang sama untuk memastikan konsistensi dan keakuratan hasil. Proses pengukuran ini mencakup berbagai tahapan yang dilakukan secara sistematis agar data yang diperoleh dapat dibandingkan dengan tepat. Langkah-langkah dalam pengukuran meliputi pengukuran tahanan isolasi serta pengukuran suhu. Pengukuran ini dilakukan dengan tetap mempertahankan langkah-langkah yang serupa seperti yang dijelaskan dalam subbab 3.6. Hal ini bertujuan untuk menjaga validitas data serta memastikan bahwa perbedaan yang terjadi setelah perbaikan benar-benar mencerminkan perubahan kondisi motor induksi dan bukan disebabkan oleh variasi dalam metode pengukuran.

### **3.11. Pengkoreksian Tahanan Isolasi Setelah Perbaikan**

Setelah pengukuran tahanan isolasi dan suhu setelah perbaikan, pengkoreksian sesuai standar IEEE 43-2013. Prosedur ini diterapkan secara konsisten pada pengukuran sebelum dan sesudah perbaikan, untuk memungkinkan perbandingan langsung antara dua data yang dihasilkan. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai perubahan nilai tahanan isolasi motor setelah perbaikan dengan lebih akurat dan terkontrol pada subbab 3.10.

### **3.12. Perbandingan Nilai Tahanan isolasi Awal dan Setelah Perbaikan**

Setelah pengukuran ulang tahanan isolasi dan suhu, langkah selanjutnya adalah menganalisis perbandingan hasil pengkoreksian pengukuran Awal dengan hasil pengukuran setelah perbaikan. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi keberhasilan pengkoreksian yang diterapkan dan dampaknya terhadap kinerja motor induksi 3 phasa.

Hasil pengukuran awal yang diperoleh sebelum perbaikan diterapkan dibandingkan dengan hasil pengukuran setelah perbaikan. Jika terdapat peningkatan yang signifikan dalam nilai tahanan isolasi, ini menunjukkan bahwa tindakan yang diambil efektif. Namun, jika tidak ada perubahan atau nilai tahanan justru menurun, langkah-langkah yang diterapkan perlu dievaluasi kembali untuk menemukan solusi yang lebih tepat.

Selain itu, analisis suhu dilakukan untuk memastikan motor beroperasi dalam batas aman. Pemantauan suhu penting untuk mencegah kerusakan pada sistem isolasi. Melalui analisis ini, dapat diambil kesimpulan mengenai efektivitas metode yang digunakan serta langkah-langkah selanjutnya yang perlu diambil untuk menjaga keandalan dan efisiensi motor induksi 3 phasa dalam operasionalnya.

### 3.13. Hasil dan Analisa

Setelah dilakukan perbandingan pengukuran awal dan perbaikan pada sistem isolasi motor induksi 3 phasa, dilakukannya analisa untuk mengevaluasi efektivitas perbaikan yang telah dilakukan. Beberapa analisa yang akan diambil mencakup:

#### 1. Analisa pengukuran awal

Nilai tahanan isolasi yang didapat pada pengukuran tahanan isolasi dan suhu awal akan dilakukan pengoreksian dan dibandingkan dengan standar IEEE Standard 43-2013, setelah dilakukan pengoreksian suhu ke 40°C. Jika nilai tahanan isolasi tersebut berada di bawah batas standar, ini akan menunjukkan adanya kerusakan pada isolasi yang memerlukan perbaikan segera.

Analisa penyebab kerusakan isolasi dan pemilihan perbaikan isolasi

Identifikasi penyebab kerusakan isolasi dilakukan untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan penurunan nilai tahanan isolasi pada motor induksi 3 phasa. Langkah ini melibatkan inspeksi visual dan pemeriksaan fisik pada bagian stator terutama kondisi isolasi.

#### Analisa pengukuran setelah perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan pada motor, pengukuran ulang akan dilakukan dengan cara pengukuran yang sama. Data ini akan dianalisa terkait nilai tahanan isolasinya. Diharapkan, nilai tahanan isolasi setelah perbaikan akan meningkat dan memenuhi standar IEEE.

© Hak Cipta Sillik UIN Suska Riau  
Hak Cipta Didaung Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagai sumber, 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.

#### 4. Analisa perbandingan pengukuran awal dan setelah perbaikan

Analisa ini akan memberikan gambaran mengenai efektivitas metode perbaikan yang diterapkan. Hasil perbandingan ini akan menunjukkan apakah tindakan perbaikan telah berhasil mengembalikan nilai tahanan isolasi ke tingkat yang memenuhi standar IEEE, sehingga motor dapat beroperasi dengan aman.

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.

**5.1. Hak Cipta Dindung Indring-Undang**

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

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu pengkoreksian dan *maintenance* nilai tahanan isolasi stator motor induksi 3 phasa dengan spesifikasi daya sebesar 15 kW, didapatkan beberapa hasil sebagai berikut:

Berdasarkan hasil dari pengukuran serta pengkoreksian nilai tahanan isolasi stator sebelum perbaikan pada motor tersebut memiliki nilai sebesar  $0 \text{ M}\Omega$  dari menit 1-3 di ketiga sesi yang dilakukan. Hal ini menandakan bahwa stator pada motor yang diukur telah mengalami kegagalan total pada isolasi.

Dari hasil identifikasi secara inspeksi visual, kegagalan total pada isolasi motor tersebut disebabkan oleh *Overload* (bebani berlebih pada *conveyor*) menyebabkan *overcurrent* yang berakibat pada isolasi yang terbakar. Terlihat pada lilitan bagian stator yang terdapat residu karbon, warna yang berubah menjadi hitam, adanya retakan setelah terbakarnya lilitan, dan terdapat beberapa lilitan yang putus. Selain itu, terdapat debu pada panel box. Sehingga motor tersebut memiliki nilai tahanan isolasi sebesar  $0 \text{ M}\Omega$  dan perlunya dilakukan pemilihan langkah perbaikan yang tepat agar nilai tahanan isolasi kembali sesuai dengan standar IEEE 43-2013.

Adapun metode *maintenance* yang dipilih dalam perbaikan yang dilakukan untuk mengembalikan nilai tahanan isolasi berdasarkan hasil identifikasi secara visual. Pada panel box, dilakukannya pembersihan. Pada lilitan stator sendiri, dilakukannya pembersihan untuk membersihkan residu karbon yang menempel pada stator, kemudian dilakukannya *rewinding* (menggulung ulang) lilitan stator. Setelah dilakukannya *rewinding*, resin/varnish diberikan kembali pada lilitan stator yang telah selesai *direwinding*. Kemudian dilakukan pengovenan pada motor tersebut untuk mengeraskan resin/varnish yang telah diberikan agar isolasi tersebut tahan saat dioperasikan kembali.

Berdasarkan hasil dari pengukuran serta pengkoreksian nilai tahanan isolasi stator setelah perbaikan pada motor tersebut, terdapat peningkatan nilai tahanan isolasi dari menit ke-1 hingga menit ke-10 di semua sesi pengukuran. Pada menit kesepuluh disemua sesi pengukuran yang dilakukan, nilai tahanan isolasi

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang****5.2.**

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.

berada diatas  $2000 \text{ M}\Omega$  dan setelah pengoreksian dilakukan nilai tahanan isolasi menjadi di atas  $1720 \text{ M}\Omega$ . Sehingga adanya kenaikan nilai tahanan isolasi stator sebelum dilakukannya perbaikan dan sesudah dilakukannya perbaikan. Nilai tahanan isolasi setelah dilakukannya pengoreksian telah sesuai dengan standar IEEE 43-2013. Metode yang digunakan dalam memperbaiki nilai tahanan isolasi yang rusak telah berhasil meningkatkan nilai tahanan isolasi dan sesuai dengan Standar IEEE 43-2013.

**Saran**

Berikut beberapa saran dari penulisan skripsi ini ialah:

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar menambah variasi parameter yang digunakan dalam mencari tahu penyebab kegagalan atau turunnya tahanan isolasi. Selain itu, penelitian juga bisa melihat bagaimana faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas debu mempengaruhi kerusakan isolasi stator, supaya bisa dibuat strategi perawatan yang lebih efektif.

2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode analisis yang lebih mendalam, seperti analisis termografi atau uji dielektrik, untuk mendapatkan informasi lebih detail terkait degradasi isolasi stator sebelum dan sesudah perbaikan.

Sebagai pengembangan lebih lanjut, penelitian dapat fokus pada penerapan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi secara *real-time* perubahan nilai tahanan isolasi dan parameter operasional lainnya, sehingga potensi kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal.

## DAFTAR PUSTAKA

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

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

- [1] A. Radiansyah dan A. Gifson, "Inspeksi Overhaul Motor Induksi 3 Fasa 1000 KW," *TESLA*, vol. 21, no. 2, pp. 14-26, 2019.
- [2] S. Amien, "Kenaikan Temperatur Pada Motor Induksi," *Journal of Electrical Technology*, pp. 7-12, 2016.
- [3] R. A. Kusuma dan R. Setiawan, "Analisa Penyebab Terbakarnya Motor Induksi Tiga Phasa dengan Menggunakan Simulasi Matlab," *JKTE : Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 55-60, 2022.
- [4] I. S. Association, IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery, USA, 2013.
- [5] w. :.d. Mochammad, "Evaluasi Degradasi Isolasi Motor akibat Multi-factor Aging," *JNTETI : Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 92-100, 2019.
- [6] D. Ramansyah, F. O. Nauli dan R. Sebayang, "ANALISIS PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI STATOR DAN ROTOR GENERATOR GT 1.1 PLTG BELAWAN," *Konferensi Nasional Social dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, pp. 819-827, 2023.
- [7] H. Priagusno, M. ZR, S. I. Rezkika dan S. Novalianda, "Analisa Nilai Resistansi Isolasi Generator 200 MW Dengan Media Pendingin Hydrogen Dan Air Demin," *RELE : Rekayasa Elektrikal dan Energi*, vol. 3, no. 1, pp. 5-10, 2020.
- [8] D. Sulastri dan I. A. Darmawan, "PENGUJIAN ELEKTRIK MOTOR INDUKSI 3 PHASE ROTOR SANGKAR 75 KW DI PT. MESINDO TEKNINESIA," *TESLA*, vol. 24, no. 1, pp. 47-56, 2022.
- [9] M. A. R. Hidayat dan M. Faridha, "Pengaruh Pembersihan Generator Terhadap Kinerja Generator SWD 16TM ULPTD Triksakti," 18 Maret 2023. [Online]. Available: <https://eprints.uniska-bjm.ac.id/10150/>.
- [10] G. C. Stone, I. Culbert, H. Dhirani and E. A. Boulter, *Electrical Insulation For Rotating Machines : Design, Evalutaion, Aging, Testing, and Repairing* (Second Edition), Wiley-IEEE Press, 2014.
- [11] Dapis, "Analisis Percepatan Penuaan Isolasi Akibat Pengaruh Kelembaban dan Kontaminasi Pada Motor Induksi Berbeban," Surabaya, 2016.
- [12] I. S. Association, *IEEE Guide for Insulation Maintenance of Electric Machines*, USA, 2016.
- [13] Suganda dan A. Muis, "Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya," *SINUSOIDA*, vol. 23, no. 2, pp. 1-10, 2021.
- [14] D. Sulastri dan I. A. Darmawan, "Pengujian Elektrik Motor Induksi 3 Phase Rotor Sangkar 75 KW Di PT MESINDO TEKNINESIA," *TESLA : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 24, no. 1, pp. 47-56, 2022.

[15] W. A. Oktaviani dan M. A. G. Taufik Barlian, "Pengujian Isolasi Trafo Daya 30 MVA pada GI Sungai Juario Palembang dengan Indeks Polaritas dan Tangen Delta," *Jurnal Rekayasa Teknik Elektro Sriwijaya*, vol. 3, no. 1, pp. 199-204, 2021.

[16] L. S. d. Mahendra, "Analisis Kondisi Belitan Stator Generator Melalui Pengujian Indeks Polarisaasi dan Tan Delta (Dissipation Factor)," *ELKOM : Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi*, vol. 5, no. 2, pp. 244-251, 2023.

[17] A. M. Fauzi, U. Latifa dan I. A. Bangsa, "Analisis Isolasi Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air Saguling," *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 48-52, 2021.

[18] L. S. d. Mahendra, "Pemulihan Gangguan Short Circuit Ke Tanah Pada Rotor Generator Pltu Suge Unit 2 2× 16.5 Mw Dengan Metode Brazing Pada Leadbus Rotor," vol. 1, no. 1, pp. 9-18, 2022.

[19] N. d. I. B. Rosyidi, "Studi Inspeksi Kelayakan Instalasi dan Instrumen Tenaga Listrik," *Sinusoida*, pp. 1-10, 2020.

[20] A. E. d. Muhammad, "Analisis Isolasi Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air Saguling," *Power Elektronik : Jurnal orang Elektro*, vol. 10, no. 2, 2021.

[21] I. S. Association, IEEE Standard for the Repairs and Rewinding of AC Electric Motors in the Petroleum, Chemical, and Process Industries, USA, 2015.

[22] A. A. R. Irwanto dan Hermawan, "Metoda Sederhana untuk Memperbaiki Kinerja Motor Listrik 3 Fasa Berdasarkan Insulation Resistance Test," *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 2024.

[23] A. S. Guedes dan e. , "Evaluation of electrical insulation in three-phase induction motors and classification of failures using neural networks," *Electric Power Systems Research*, p. 11, 2016.

[24] M. F. Robbani dan G. Dedi Nugroho, "Penentuan Kelayakan Tahanan Isolasi Pada Transformator 60 MVA Di Gardu Induk 150 kV Tegal dengan Menggunakan Indeks Polarisaasi, Tangen Delta, dan Breakdown Voltage," *Elektrika : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 60-66, 2020.

[25] A. S. Fakhri dan H. P. Arif Nur Afandi, "Analisis Pemeliharaan Prediktif Generator di PLTA Mendalan Menggunakan Metode Markov," *SENTER*, pp. 183-194, 2020.

[26] M. d. Wahyudi, "Evaluasi Degradasi Isolasi Motor akibat Multi-factor Aging berdasarkan Indeks Polarisaasi dan SEM-EDX," *JNTETI : Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, pp. 92-100, 2019.

[27] "Pengukuran Tahanan Isolasi," [Online]. Available: <https://blkserang.kemnaker.go.id/digilib/index.php?p=fstream-pdf&fid=61&bid=29>. [Diakses 3 2024].

## LAMPIRAN A

### Pencarian Pengkoreksian ke Standar IEEE 43-2013

#### Sebelum Perbaikan

##### Sesi 1

Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\circ C} = 51,6^{\circ C}$ )

$$\begin{aligned} &= T_{\circ C} + 273 \\ &= 51,6 + 273 \\ &= 324,6 \text{ K} \end{aligned}$$

Koefisien suhu  $T_{\circ C}$  ke suhu  $40^{\circ C}$

$$\begin{aligned} &= \exp^{[-4230(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313})]} \\ &= \exp^{[-4230(\frac{1}{324,6} - \frac{1}{313})]} \\ &= \exp^{[-4230(0,00308 - 0,003194)]} \\ &= \exp^{[-4230(-0,000114)]} \\ &= \exp^{0,4822} \\ &= 1.61 \end{aligned}$$

Rumus Pengkoreksian Nilai Tahanan Isolasi

$$R_C = K_T R_T$$

- Phasa-Phasa ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 1.61 \times 0 \\ &= 0 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 1.61 \times 0 \\ &= 0 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

##### Sesi 2

Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\circ C} = 48,1^{\circ C}$ )

$$\begin{aligned} T &= T_{\circ C} + 273 \\ &= 48,1 + 273 \\ &= 321,1 \text{ K} \end{aligned}$$

Koefisien suhu  $T_{\circ C}$  ke suhu  $40^{\circ C}$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber. Karya tulis ini hanya untuk kepentingan pembelajaran, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$\begin{aligned}
 K_T &= \exp^{-4230\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)} \\
 &= \exp^{-4230\left(\frac{1}{321,1} - \frac{1}{313}\right)} \\
 &= \exp^{-4230(0,003114 - 0,003194)} \\
 &= \exp^{-4230(-0,00008)} \\
 &= \exp^{0,3384} \\
 &= 1.40
 \end{aligned}$$

Rumus Pengkoreksian Nilai Tahanan Isolasi

$$R_C = K_T R_T$$

- Phasa-Phasa ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )
 
$$\begin{aligned}
 R_C &= 1.40 \times 0 \\
 &= 0 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$
- Phasa-Ground ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )
 
$$\begin{aligned}
 R_C &= 1.40 \times 0 \\
 &= 0 \text{ M}\Omega
 \end{aligned}$$

### Sesi 3

Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\text{C}} = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$\begin{aligned}
 &= T_{\text{C}} + 273 \\
 &= 38 + 273 \\
 &= 311 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Koefisien suhu  $T_{\text{C}}$  ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned}
 K_T &= \exp^{-1245\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)} \\
 &= \exp^{-1245\left(\frac{1}{311} - \frac{1}{313}\right)} \\
 &= \exp^{-1245(0,003215 - 0,003194)} \\
 &= \exp^{-1245(0,000021)} \\
 &= \exp^{-0,026} \\
 &= 0,97
 \end{aligned}$$

Rumus Pengkoreksian Nilai Tahanan Isolasi

$$R_C = K_T R_T$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumbernya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penilaian kritis atau tinjauan studi 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.

- Phasa-Phasa ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0.97 \times 0 \\ = 0 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 0 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0.97 \times 0 \\ = 0 \text{ M}\Omega$$

### Setelah Perbaikan

Sesi 1

Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\circ}\text{C} = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$= T_{\circ}\text{C} + 273 \\ = 29 + 273 \\ = 302 \text{ K}$$

Koefisien suhu  $T_{\circ}\text{C}$  ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$

$$= \exp^{-1245\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)} \\ = \exp^{-1245\left(\frac{1}{302} - \frac{1}{313}\right)} \\ = \exp^{-1245(0,003311 - 0,003194)} \\ = \exp^{-1245(0,000117)} \\ = \exp^{-0,1456} \\ = 0,86$$

Menit ke-1

- Phasa-Phasa ( $R_T = 90 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 90 \\ = 77,4 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 120 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 120 \\ = 103,2 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-2 dan ke-3

- Phasa-Phasa ( $R_T = 250 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times \\ = 215 \text{ M}\Omega$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menebutkan sumber.  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, pembelajaran atau 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.

- Phasa-Ground ( $R_T = 300 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 300$$
$$= 258 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-4

- Phasa-Phasa ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 500$$
$$= 430 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 500$$
$$= 430 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-5

- Phasa-Phasa ( $R_T = 800 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 800$$
$$= 688 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 800 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 800$$
$$= 688 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-6

- Phasa-Phasa ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1000$$
$$= 860 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1000$$
$$= 860 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-7

- Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1500$$
$$= 1290 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1000$$
$$= 860 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-8

- Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1500$$

$$= 1290 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 1500$$

$$= 1290 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-9 dan ke-10

Phasa-Phasa ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times$$

$$= 1720 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,86 \times 2000$$

$$= 1720 \text{ M}\Omega$$

## Sesi 2

Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\circ C} = 24,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$= T_{\circ C} + 273$$

$$= 24,8 + 273$$

$$= 297,8 \text{ K}$$

Koefisien suhu  $T_{\circ C}$  ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$

$$= \exp^{[-1245(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313})]}$$

$$= \exp^{[-1245(\frac{1}{297,8} - \frac{1}{313})]}$$

$$= \exp^{[-1245(0,003357 - 0,003194)]}$$

$$= \exp^{[-1245(0,000163)]}$$

$$= \exp^{-0,2029}$$

$$= 0,81$$

Menit ke-1

• Phasa-Phasa ( $R_T = 100 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 100$$

$$= 81 \text{ M}\Omega$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 100 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 100$$

$$= 81 \text{ M}\Omega$$

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menggabungkan sebagian atau seluruh karya tulis

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan

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.

## Menit ke-2 dan ke-3

Phasa-Phasa ( $R_T = 250 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 250$$
$$= 202,5 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 270 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 270$$
$$= 218,7 \text{ M}\Omega$$

## Menit ke-4

Phasa-Phasa ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 500$$
$$= 405 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 500$$
$$= 405 \text{ M}\Omega$$

## Menit ke-5

• Phasa-Phasa ( $R_T = 750 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 750$$
$$= 607,5 \text{ M}\Omega$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 800 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 800$$
$$= 648 \text{ M}\Omega$$

## Menit ke-6

• Phasa-Phasa ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 1000$$
$$= 810 \text{ M}\Omega$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 1000$$
$$= 810 \text{ M}\Omega$$

## Menit ke-7

• Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 1500$$
$$= 1215 \text{ M}\Omega$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

• **Hak Cipta Dilindungi Undang**

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



$$R_C = 0,81 \times 1000$$

$$= 810 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-8

Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 1500$$

$$= 1215 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 1500$$

$$= 1215 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-9 dan ke-10

- Phasa-Phasa ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 2000$$

$$= 1620 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,81 \times 2000$$

$$= 1620 \text{ M}\Omega$$

Sesi 3Konversi celcius ke kelvin ( $T_{\circ C} = 29,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$$= T_{\circ C} + 273$$

$$= 29,3 + 273$$

$$= 302,3 \text{ K}$$

Koefisien suhu  $T_{\circ C}$  ke suhu  $40^{\circ}\text{C}$ 

$$= \exp^{-1245\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)}$$

$$= \exp^{-1245\left(\frac{1}{302,3} - \frac{1}{313}\right)}$$

$$= \exp^{-1245(0,003307 - 0,003194)}$$

$$= \exp^{-1245(0,00011)}$$

$$= \exp^{-0,1369}$$

$$= 0,87$$

Menit ke-1

- Phasa-Phasa ( $R_T = 90 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,87 \times 90 \text{ M}\Omega$$

• Hak Cipta mrigalik UIN Suska Riau  
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karyalilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritis atau tafsiran suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Menit ke-8

Menit ke-9 dan ke-10

Menit ke-1



$$= 78,3 \text{ M}\Omega$$

Phasa-Ground ( $R_T = 90 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 90 \text{ M}\Omega \\ &= 78,3 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Menit ke-2 dan ke-3

Phasa-Phasa ( $R_T = 250 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 250 \text{ M}\Omega \\ &= 217,5 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Phasa-Ground ( $R_T = 280 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 280 \text{ M}\Omega \\ &= 243,6 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Menit ke-4

• Phasa-Phasa ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 500 \text{ M}\Omega \\ &= 435 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 500 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 500 \text{ M}\Omega \\ &= 435 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Menit ke-5

• Phasa-Phasa ( $R_T = 800 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 800 \text{ M}\Omega \\ &= 696 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 750 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 750 \text{ M}\Omega \\ &= 652,5 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Menit ke-6

• Phasa-Phasa ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 1000 \text{ M}\Omega \\ &= 870 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

• Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$\begin{aligned} R_C &= 0,87 \times 1000 \text{ M}\Omega \\ &= 870 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Menit ke-7

- 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.

- Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,87 \times 1500 \text{ M}\Omega$$

$$= 1305 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 1000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0.87 \times 1000 \text{ M}\Omega$$

$$= 870 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-8

- Phasa-Phasa ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,872 \times 1500 \text{ M}\Omega$$

$$= 1350 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 1500 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,872 \times 1500 \text{ M}\Omega$$

$$= 1350 \text{ M}\Omega$$

Menit ke-9 dan ke 10

- Phasa-Phasa ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0,87 \times 2000 \text{ M}\Omega$$

$$= 1740 \text{ M}\Omega$$

- Phasa-Ground ( $R_T = 2000 \text{ M}\Omega$ )

$$R_C = 0.87 \times 2000 \text{ M}\Omega$$

$$= 1740 \text{ M}\Omega$$

• **Hak Cipta Dilindungi 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.



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



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Naufal Zaki Akbar dilahirkan di Pangkalan Kerinci pada tanggal 09 Mei 2002. Penulis merupakan anak dari pasangan Nur Tri Pramudito dan Suwarti.

Penulis masuk sekolah dasar di SD 010 Pangkalan Kerinci, mulai tahun 2008 dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN Bernas Binsus Kabupaten Pelalawan pada tahun 2014 dan menyelesaiakannya pada tahun 2017. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN Bernas Provinsi Riau dan menyelesaikan pendidikan menengah atas pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa melalui jalur SBMPTN di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis Mengikuti Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Sebagai Anggota Kementerian Informasi dan komunikasi dimulai pada tahun 2021 hingga 2022.

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 yang berjudul "**Pengkoreksian dan Maintenance Nilai Tahanan Isolasi Stator Motor Induksi 3 Phasa**", dengan dosen pembimbing Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng., dan dinyatakan lulus serta berhak menyandang gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada tanggal 25 April 2025.