



**Pengujian dan Perbaikan Tahanan Isolasi Motor
Finfan Cooler 5 Gas Turbin Unit 1 PLTGU
Tanjung Uncang**

Tugas Akhir

**Oleh:
Ari Vilanda Tanjung 4232101033**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Penyataan Keaslian Tugas Akhir

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Pengujian dan Perbaikan Tahanan Isolasi Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin Unit 1 PLTGU Tanjung Uncang" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 07 Januari 2025



Ari Vilanda Tanjung
NIM: 4232101033

Lembar Pengesahan

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Ari Vilanda Tanjung (4232101033)

Tanggal Sidang: 07 Januari 2025

Disetujui oleh :

Penguji I



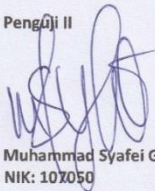
Handri Toar, S.ST., M.Tr.T
NIK: 113114

Dosen Pembimbing



Hasnira, S.ST., M.Tr.T
NIK: 113112

Penguji II



Muhammad Syafei Gozali, S.T, M.T.
NIK: 107050

Pengujian dan Perbaikan Tahanan Isolasi Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin Unit 1 PLTGU Tanjung Uncang

Abstrak

Tahanan isolasi merupakan faktor penting dalam menjaga keandalan motor listrik. Nilai tahanan isolasi motor listrik yang rendah dapat menyebabkan arus bocor, yang berpotensi merusak sistem kelistrikan motor serta meningkatkan risiko kecelakaan. Adapun hasil penelitian ini dengan metode pengujian IR (*Insulation Resistance*) dan PI (*Polarization Index*) menunjukkan nilai tahanan isolasi yang buruk pada belitan U-Grd 4,8 M Ω , dan W-Grd 2,58 M Ω . Nilai tersebut dibawah batas minimum dari standar IEEE 43-2013 yaitu 5 M Ω untuk motor listrik dengan rating tegangan dibawah 1 kV. Dari hasil temuan tersebut dilakukan tindakan perbaikan tahanan isolasi dengan proses pembersihan, sirlak (*Insulating Varnish*) dan pemanasan (*Heating*). Kesimpulan dari penelitian ini adalah setelah dilakukan proses perbaikan tahanan, nilai tahanan isolasi motor mengalami perubahan yang sesuai dengan standar IEEE 43-2013.

Kata kunci: Tahanan Isolasi, Motor Listrik, Perbaikan Isolasi.

Testing and Repair of Insulation Resistance of Finfan Cooler 5 Motor on Gas Turbin Unit 1 at PLTGU Tanjung Uncang

Abstract

Insulation resistance is a crucial factor in maintaining the reliability of electric motors. Low insulation resistance values in electric motors can lead to leakage currents, potentially damaging the motor's electrical system and increasing the risk of accidents. The results of this study, using the Insulation Resistance (IR) and Polarization Index (PI) testing methods, indicated poor insulation resistance values at the U-Ground (4.8 M Ω) and W-Ground (2.58 M Ω) windings. These values are below the minimum threshold set by the IEEE 43-2013 standard, which is 5 M Ω for electric motors with a voltage rating below 1 kV. Based on these findings, corrective actions were taken to improve the insulation resistance through cleaning, application of insulating varnish (sirlak), and heating. The conclusion of this study is that after the insulation improvement process, the motor's insulation resistance values increased and complied with the IEEE 43-2013 standard.

Keywords: Insulation Resistance, Electric Motor, Insulation Repair.

Kata Pengantar

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengujian dan Perbaikan Tahanan Isolasi Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin Unit 1 PLTGU Tanjung Uncang” Tugas Akhir ini penulis dedikasikan kepada Ayah (Syahril), dan Ibu (Aprilawati) yang selalu memberikan bimbingan serta kasih sayang tiada henti hingga saat ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada saudara perempuan (lin Syahfitri Sintian) yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat selama masa studi hingga selesainya Tugas Akhir ini. Selama perkuliahan hingga proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Hasnira, S.ST., M.Tr.T, dosen pembimbing Tugas Akhir, atas segala waktu, pemikiran, bimbingan, serta arahan yang telah diberikan selama perkuliahan hingga penyusunan laporan ini.
2. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam, atas dukungan dan motivasinya.
3. Bapak Alwi, mentor magang di PLTGU Tanjung Uncang, yang memberikan arahan serta panduan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam yang telah membantu selama masa studi.
5. Seluruh pegawai dan staf PLTGU Tanjung Uncang, yang memberikan izin untuk melakukan penelitian dan membantu selama proses penelitian berlangsung.
6. Teman-teman penulis, yaitu Sulfahmi, Tengku, Olfie, Indra, Daffa, Evita, dan Wulan, atas semangat dan dukungannya selama ini.
7. Seluruh rekan mahasiswa Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam angkatan 2021 yang telah menjadi bagian dari perjalanan akademik penulis.

Sebagai penutup, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Penulis juga menyerahkan segala hasil dan usahanya kepada Allah SWT.

Daftar Isi

| | |
|---|----|
| Penyataan Keaslian Tugas Akhir | 1 |
| Lembar Pengesahan | 2 |
| Abstrak | 3 |
| <i>Abstract</i> | 4 |
| Kata Pengantar | 5 |
| Daftar Isi | 6 |
| Daftar Gambar | 8 |
| Daftar Tabel | 8 |
| Bab 1. Pendahuluan | 9 |
| 1.1. Latar Belakang | 9 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 10 |
| 1.3. Tujuan | 10 |
| 1.4. Manfaat | 10 |
| 1.5. Batasan | 11 |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka | 12 |
| 2.1. Tahanan Isolasi | 12 |
| 2.2. Standar IEEE 43-2013 | 12 |
| 2.3. Faktor Penyebab Penurunan Tahanan Isolasi | 13 |
| 2.4. Metode Pengujian IR dan PI | 14 |
| 2.5. Metode Perbaikan Tahanan Isolasi | 15 |
| Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan | 17 |
| 3.1. Diagram Alir | 17 |
| 3.2. Objek Penelitian | 18 |
| 3.3. Prosedur Pengujian Tahanan Isolasi | 19 |
| Bab 4. Hasil dan Pembahasan | 21 |
| 4.1. Data Hasil pengujian Tahanan Isolasi Sebelum Perbaikan | 21 |
| 4.2. Proses Perbaikan Tahanan Isolasi Motor | 22 |
| 4.3. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Setelah Perbaikan | 23 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| Bab 5. Kesimpulan dan Saran | 25 |
| 5.1. Kesimpulan | 25 |
| 5.2. Saran | 25 |
| Daftar Pustaka | 26 |
| Biodata | 27 |
| Lampiran | 28 |

Daftar Gambar

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 17 |
| Gambar 3. 2 wiring pengujian fasa-fasa | 19 |
| Gambar 3. 3 wiring pengujian fasa- <i>ground</i> | 20 |

Daftar Tabel

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Rekomendasi Nilai IR | 12 |
| Tabel 2. 2 Standar Referensi Tegangan untuk Pengujian Resistansi Isolasi | 13 |
| Tabel 2. 3 Rekomendasi nilai PI | 13 |
| Tabel 4. 1 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1 menit sebelum perbaikan | 21 |
| Tabel 4. 2 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1-10 Menit sebelum perbaikan | 21 |
| Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan <i>Polarization Index</i> sebelum perbaikan | 22 |
| Tabel 4. 4 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1 Menit setelah perbaikan | 23 |
| Tabel 4. 5 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1-10 Menit setelah perbaikan | 23 |
| Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan <i>Polarization Index</i> setelah perbaikan | 24 |

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Tahanan isolasi merupakan faktor penting dalam menjaga keandalan motor listrik, termasuk pada motor listrik yang digunakan untuk *Finfan Cooler 5* Gas Turbin Unit 1 di PLTGU Tanjung Uncang. Tahanan isolasi motor yang rendah dapat menyebabkan arus bocor, yang berpotensi merusak sistem kelistrikan motor serta meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, pengujian dan perbaikan tahanan isolasi menjadi langkah penting untuk menjaga keamanan dan keandalan motor *Finfan Cooler*.

Penelitian sebelumnya melakukan pengujian tahanan isolasi fasa terhadap *Ground* berdasarkan *polarization Index*. Hasil pengukuran menunjukkan kondisi tahanan isolasi baik dan memadai untuk tegangan kerja motor. Namun, tetap dilakukan pengukuran tahanan isolasi secara berkala untuk memantau kondisi isolasi motor dalam jangka panjang bertujuan untuk mengambil langkah-langkah perbaikan tepat jika diperlukan.[1]

Penelitian selanjutnya melakukan pengujian tahanan isolasi motor induksi 3 fasa, produksi *Electric 1989* di Laboratorium Konversi Energi Listrik, FPTK – UPI berdasarkan *insulation resistance test* karena relatif murah dan mudah untuk diimplementasikan. Hasil pengukuran menunjukkan nilai IR masih aman menurut standar IEEE-2013.[2]

Beberapa penelitian terdahulu menjadi referensi penulis untuk melakukan Pengujian Dan Perbaikan Tahanan Isolasi Motor *Finfan Cooler 5* Gas Turbin Unit 1 di PLTGU Tanjung Uncang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi tahanan isolasi motor sebagai komponen penting dalam menggerakkan kipas pendingin *finfan cooler*. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman lebih lanjut mengenai kondisi tahanan isolasi motor di PLTGU Tanjung Uncang serta membantu meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat oleh penulis, adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tahanan isolasi Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin Unit 1 di PLTGU Tanjung Uancang saat ini?
2. Apa penyebab penurunan nilai tahanan isolasi pada Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin Unit 1?
3. Metode pengujian apa yang dapat digunakan untuk mengukur tahanan isolasi pada motor tersebut?
4. Apa saja langkah perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai tahanan isolasi motor?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang diharapkan dicapai penulis dalam penulisan tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi nilai tahanan isolasi Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbine Unit 1 berdasarkan hasil pengujian.
2. Menjelaskan faktor-faktor penyebab penurunan nilai tahanan isolasi pada motor.
3. Menggunakan metode pengujian IR dan PI yang sesuai untuk memperoleh data tahanan isolasi motor.
4. Menerapkan langkah-langkah perbaikan untuk meningkatkan nilai tahanan isolasi motor.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan untuk dicapai penulis dalam penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menyajikan informasi kondisi aktual tahanan isolasi motor sebagai bahan evaluasi dalam pemeliharaan.
2. Membantu mengidentifikasi penyebab kerusakan sistem isolasi agar tindakan korektif dapat dilakukan secara tepat.
3. Memberikan gambaran metode pengujian yang dapat diaplikasikan di lingkungan kerja.
4. Meningkatkan keandalan dan keselamatan operasional motor melalui penerapan perbaikan yang sesuai.

1.5. Batasan

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian hanya berfokus pada motor listrik yang digunakan untuk *Finfan Cooler 5 Gas Turbin Unit 1* di PLTGU Tanjung Uncang.
2. Metode pengujian yang digunakan dibatasi pada metode tertentu yang telah ditetapkan.
3. Pengujian dilakukan dalam rentang waktu yang telah ditentukan.
4. Langkah perbaikan yang dilakukan hanya mencakup tindakan yang dilakukan dalam penelitian ini.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi merupakan hambatan listrik yang terdapat antara dua konduktor (kabel) yang masing-masing dilapisi isolasi antara satu konduktor dengan tanah (ground) yang ini diukur dalam satuan megaohm (M Ω).[3] Tahanan isolasi yang tinggi menunjukkan bahwa material isolasi mampu menahan arus bocor dengan baik, sementara tahanan isolasi yang rendah menunjukkan adanya jalur konduktif yang memungkinkan arus bocor melewati isolasi.[2] Pemeriksaan tahanan isolasi bertujuan untuk mendeteksi kondisi isolasi yang mungkin menurun akibat faktor kelembapan, kotoran, atau kerusakan serius pada isolasi.[4]

Isolasi pada motor listrik terbuat dari bahan dielektrik yang melapisi konduktor untuk mencegah kebocoran arus ke bagian yang tidak diinginkan. Material isolasi yang umum digunakan meliputi enamel isolasi, kertas isolasi, mica, serat kaca, plastik seperti polyester dan kapton, serta resin epoksi. Isolasi ini berperan penting dalam menjaga efisiensi, keandalan, dan melindungi komponen internal motor dari kerusakan akibat arus bocor atau suhu berlebih.[5]

2.2. Standar IEEE 43-2013

Pengujian tahanan isolasi motor listrik mengacu pada Standar IEEE 43-2013, yang memberikan panduan standar untuk menentukan kondisi isolasi belitan. Nilai IR yang direkomendasikan menurut standar IEEE 43-2013 tercantum dalam tabel 2.1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa untuk mesin yang diproduksi setelah tahun 1970 dengan rating tegangan di bawah 1 kV, nilai IR minimal yang disarankan adalah 5 M Ω . [6]

Tabel 2. 1 Rekomendasi Nilai IR

| Minimum IR (M Ω) | Sampel Uji |
|--------------------------|---|
| IR 1 min= kV+1 | Lilitan motor yang dibuat sebelum tahun 1970 |
| IR 1 min= 100 | Mesin/motor listrik dengan tegangan rating lebih dari 1 kV |
| IR 1 min= 5 | Mesin/motor listrik dengan tegangan rating kurang dari 1 kV |

Tegangan yang digunakan dalam pengujian IR sesuai dengan standar IEEE 43-2013 tercantum dalam tabel 2.2. Tabel tersebut menjelaskan bahwa tegangan uji berbeda-beda berdasarkan rating tegangan lilitan motor listrik.[6]

Tabel 2. 2 Standar Referensi Tegangan untuk Pengujian Resistansi Isolasi

| Rating Tegangan Lilitan (V) | Tegangan Uji Insulation Resistance (V) |
|-----------------------------|--|
| <1000 | 500 |
| 1000-2500 | 500-1000 |
| 2501-5000 | 1000-2500 |
| 5001-12 000 | 2500-5000 |
| >12 000 | 5000-10 000 |

Nilai PI yang direkomendasikan menurut Standar IEEE 43-2013, sebagaimana tercantum dalam tabel 2.3, menunjukkan bahwa nilai PI minimum untuk mesin/motor induksi dengan kelas termal A adalah 1,5, sedangkan untuk kelas termal B dan yang lebih tinggi, nilai PI minimalnya adalah 2. Nilai PI yang lebih rendah dari standar menunjukkan bahwa lilitan motor terlalu banyak menyerap air atau terdapat penumpukan kotoran konduktif.[6]

Tabel 2. 3 Rekomendasi nilai PI

| Rating Kelas Termal | Minimum PI |
|------------------------------|------------|
| Kelas 105 (A) | 1,5 |
| Kelas 130 (B) dan di atasnya | 2,9 |

2.3. Faktor Penyebab Penurunan Tahanan Isolasi

Penyebab utama kegagalan isolasi adalah kontaminasi dielektrik, panas berlebih, beban berlebihan, tegangan berlebih, getaran dan penuaan akibat dari kurangnya pemeliharaan serta pencegahan yang tepat waktu.[7] Berikut adalah penjelasan tentang beberapa faktor utama penyebab penurunan tahanan isolasi:

1. **Tegangan berlebih (*Overvoltage*):** Tegangan berlebih atau *overvoltage* dapat menyebabkan tekanan listrik yang tinggi pada bahan isolasi.[8] Hal ini dapat merusak isolasi dan mengurangi nilai tahanan isolasi.[9]
2. **Panas berlebih (*Overheating*):** Panas berlebih adalah salah satu faktor utama yang dapat merusak bahan isolasi.[9] Ketika motor bekerja pada suhu tinggi untuk waktu yang lama, panas tersebut dapat mengakibatkan degradasi pada isolasi. Namun, dalam beberapa kasus, mengoperasikan lilitan pada suhu tinggi bisa memberikan manfaat. Suhu tinggi dapat mencegah kelembapan yang menempel pada lilitan dan mengurangi risiko kegagalan isolasi.[10]
3. **Kelembaban dan Kontaminasi (*Humidity and Contaminants*):** Kotoran dan kontaminasi, seperti debu, minyak, dan partikel lain, dapat menumpuk pada permukaan isolasi mempengaruhi nilai tahanan isolasi. Kontaminan ini dapat membentuk jalur konduktif yang memungkinkan

arus bocor melewati isolasi, sehingga menurunkan nilai tahanan isolasi.[9] Pembersihan rutin dan pemeliharaan yang baik sangat penting untuk mencegah penumpukan kotoran dan kontaminasi pada isolasi motor.[7]

4. **Getaran dan Kerusakan Mekanis (*Vibration and Mechanical Damage*):** Getaran dan kerusakan mekanis, benturan, atau gerakan berlebihan dapat merusak isolasi secara fisik, sehingga mengurangi kemampuannya untuk menahan tekanan listrik.[9] Getaran yang terus-menerus dapat menyebabkan retak atau pecahnya bahan isolasi, sementara kerusakan mekanis akibat benturan atau tekanan berlebih dapat mengakibatkan deformasi atau patahnya isolasi, Kerusakan ini menciptakan jalur konduktif yang mengurangi nilai tahanan isolasi dan meningkatkan risiko kebocoran arus.[11]
5. **Usia dan Keausan (*Age and Wear*):** Penuaan adalah proses alami yang terjadi seiring waktu dan menyebabkan degradasi bahan isolasi. Selama masa pakai motor, bahan isolasi mengalami keausan akibat panas, dan kerusakan mekanis.[9] Semua bahan isolasi yang digunakan dalam motor akan mengalami penurunan kualitas seiring waktu, akibat proses penuaan yang disebabkan oleh pengaruh oksidan, panas, dan kelembapan. Penurunan ini biasanya terjadi secara bertahap dalam kondisi normal, tetapi dampaknya bisa sangat besar jika tidak ditangani dengan baik.[12]

2.4. Metode Pengujian IR dan PI

Insulation Resistance (IR) adalah metode pengujian konduktivitas atau kemampuan isolasi lilitan dalam menahan aliran arus listrik. Pengujian tahanan isolasi diperlukan untuk mengevaluasi kondisi isolasi yang mungkin dipengaruhi oleh kelembapan, kontaminasi, atau cacat serius pada material isolasi. Pengujian terhadap tahanan isolasi dilakukan untuk menilai kondisi isolasi yang dapat dipengaruhi oleh kelembapan, kontaminasi, maupun adanya kerusakan serius pada material isolasi. Nilai tahanan isolasi sendiri dapat memberikan indikasi mengenai kelemahan material isolasi maupun gambaran menyeluruh tentang kekuatan dielektrik dari isolasi tersebut.[4] Nilai tahanan isolasi dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$IR = \frac{E_{(t)}}{I_{(t)}} \quad (1)$$

Dalam hal ini, **IR** menunjukkan nilai tahanan isolasi dalam satuan Megaohm ($M\Omega$), $E_{(t)}$ merupakan tegangan DC yang terbaca dalam satuan Volt (V), dan $I_{(t)}$ adalah nilai arus yang diukur setelah diberikannya tegangan uji.

Di sisi lain, **Polarization Index (PI)** berfungsi sebagai indikator untuk menilai tingkat kekeringan dan kebersihan pada lilitan stator motor. Nilai ini diperoleh dari

perbandingan antara tahanan isolasi yang diukur pada menit kesepuluh dengan tahanan isolasi yang diukur pada menit pertama. Perhitungan nilai PI dinyatakan dalam persamaan (2) berikut:

$$PI = \frac{IR_{10}}{IR_1} \quad (2)$$

Dalam hal ini, IR_1 merupakan nilai tahanan isolasi yang diperoleh pada pengujian menit pertama, sedangkan IR_{10} adalah nilai tahanan isolasi yang diukur pada pengujian menit kesepuluh. Selain berfungsi sebagai indikator tingkat kekeringan dan kebersihan lilitan stator motor, nilai ini juga mencerminkan kualitas kondisi isolasi secara keseluruhan.

2.5. Metode Perbaikan Tahanan Isolasi

Dalam pemeliharaan dan perbaikan motor listrik, ada beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk memastikan motor tetap beroperasi dengan baik dan tahanan isolasi tetap dalam kondisi optimal. Perbaikan tahanan isolasi motor induksi dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. Pembersihan *winding*

Pembersihan stator *winding* merupakan aspek penting dalam pemeliharaan. *Winding* yang kotor atau terkontaminasi dapat menyebabkan penurunan resistansi isolasi, *overheating*, dan kegagalan motor. Pembersihan *winding* bertujuan untuk menghilangkan debu, minyak, atau partikel yang menempel dan memastikan isolasi tetap dalam kondisi baik untuk menghindari kebocoran arus. Pembersihan *winding* dilakukan dengan berbagai cara yaitu: Menggunakan udara bertekanan untuk menghilangkan debu dan partikel ringan. Menggunakan bahan kimia pembersih (*electric cleaner*) non-konduktif seperti Norchem EC 564 yang dapat menghilangkan minyak, *grease* atau kotoran yang lengket pada *winding*. Proses ini memerlukan pengeringan untuk menghilangkan kelembapan pada *winding*. [13]

2. Sirlak (*Insulating Varnish*)

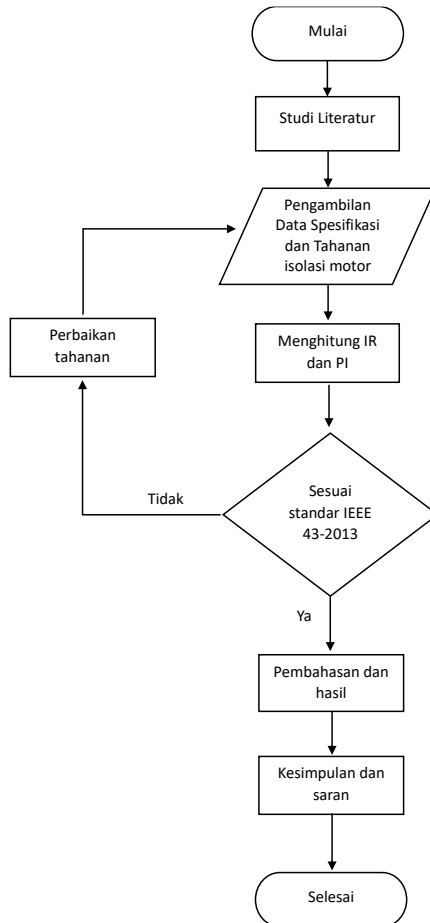
Sirlak (*Insulating Varnish*) adalah pernis berbahan kimia khusus yang dirancang untuk memiliki ketahanan tinggi terhadap panas. Material ini digunakan sebagai lapisan pelindung pada gulungan transformator, kumparan motor listrik, generator, serta berbagai peralatan listrik lainnya. Penggunaan sirlak tidak hanya berfungsi untuk melindungi gulungan dari kerusakan mekanis, debu, kelembapan, dan kontaminasi lainnya, tetapi juga berperan dalam meningkatkan nilai tahanan isolasi motor. Dengan menerapkan lapisan sirlak, kemampuan isolasi listrik pada kumparan dapat ditingkatkan, sehingga mengurangi risiko kegagalan isolasi yang dapat mengganggu kinerja peralatan listrik. [13]

3. Pemanasan (*Heating*)

Proses *heating* atau pemanasan merupakan salah satu tahap penting dalam perbaikan tahanan isolasi pada motor listrik. Tujuan utama dari pemanasan ini adalah untuk menghilangkan kelembaban yang terserap pada lapisan isolasi *winding* dan mempercepat proses pengeringan setelah aplikasi sirlak (*insulating varnish*).[13]

Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan

3.1. Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini terdiri dari beberapa langkah kerja yang dilakukan sebagai berikut:

1. Penelitian dimulai dari studi literatur.
2. Pengambilan data spesifikasi dan data tahanan isolasi motor.
3. Menghitung nilai IR dan PI.
4. Analisis data yang diambil sesuai dengan standar IEEE 43-2013 sebagai acuan tindakan yang akan dilakukan.
5. Jika data sesuai dengan standar yang digunakan, selanjutnya pembahasan hasil dan kesimpulan.
6. Jika data tidak sesuai dengan standar yang digunakan dilakukan tindakan perbaikan tahanan isolasi dan pengambilan tahanan setelah perbaikan serta menghitung nilai IR dan PI.
7. Kesimpulan.

3.2. Objek Penelitian

Tabel 3. 1 Data Spesifikasi Motor

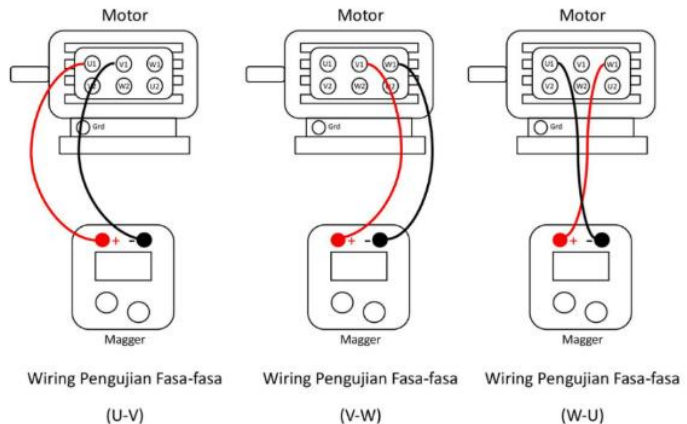
| Spesifikasi Motor | |
|----------------------------------|---|
| Merk | ABB |
| Nomor Seri | 3G1C16260556045047 |
| Daya (Power) | 22 kW |
| Fase (Phase) | 3-Phase |
| Tegangan (Voltage) | 690Y/400A/660Y/380A/460Y/440Y |
| Frekuensi (Frequency) | 50 Hz / 60 Hz |
| Arus (Ampere) | 25.8 A / 44.4 A / 25.6 A / 44.5 A / 37.8 A / 38.1 A |
| Kecepatan (Speed) | 1472 r/min / 1468 r/min / 1773 r/min / 1770 r/min |
| Kelas Isolasi (Insulating Class) | F |
| Faktor Daya (Cos phi) | 0.82 |

Objek penelitian dilakukan pada Motor *Finfan Cooler* 5 Gas Turbin 1 PLTGU Tanjung Uncang dengan nomor seri 3G1C16260556045047 memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut: daya 22 kW, menggunakan sistem 3 fasa (*3-phase*) dengan tegangan operasi 690Y/400A/660Y/380A/460Y/440Y. Motor ini beroperasi pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz dengan arus yang bervariasi antara 25.8 A hingga 44.5 A, tergantung pada kondisi operasi. Kecepatan putaran motor berkisar antara 1468 rpm hingga 1773 rpm. Motor ini memiliki kelas isolasi F dan faktor daya (cos phi) sebesar 0.82.

3.3. Prosedur Pengujian Tahanan Isolasi

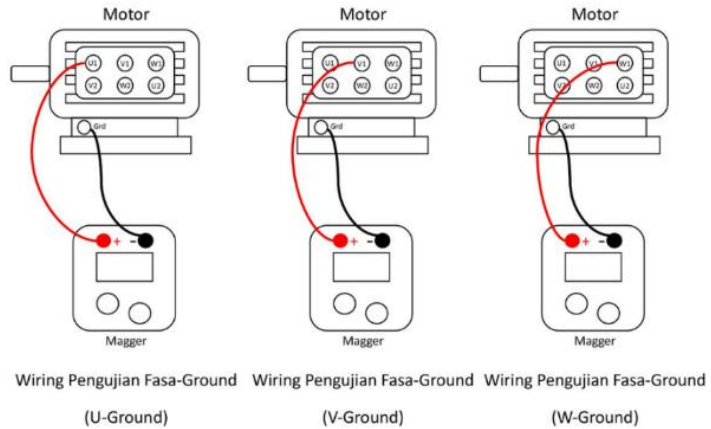
Prosedur pengujian tahanan isolasi motor *Finfan* yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Lepaskan semua koneksi eksternal ke terminal motor dari sumber listrik utama.
2. Pastikan terminal motor dalam kondisi aman untuk pengujian
3. Pilih tegangan injeksi magger yang akan diberikan saat pengujian, dalam penelitian ini menggunakan tegangan 500V DC sesuai standar IEEE 43-2013 untuk motor dengan tegangan di bawah 1 kV.
4. Hubungkan alat ukur (insulation tester/magger) dan lakukan pengujian isolasi:
 - Pengujian antar fasa (*phase-to-phase*): U–V, V–W, dan W–U seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 wiring pengujian fasa-fasa

- Pengujian fasa ke ground (*phase-to-ground*): U–Ground, V–Ground, dan W–Ground seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 wiring pengujian fasa-ground

5. Tekan tombol “Test” pada *megger* dan tahan selama minimal 1 menit untuk mendapatkan hasil awal (*1-minute reading*).
6. Lanjutkan pengukuran hingga 10 menit untuk mendapatkan hasil akhir (*10-minute reading*) guna menghitung *Polarization Index (PI)*.
7. Catat hasil pengujian pada masing-masing belitan (U, V, W) dan bandingkan dengan standar IEEE 43-2013 sebagai acuan kelayakan isolasi.
8. Setelah pengujian selesai, lepaskan sambungan alat ukur dan pastikan motor dalam keadaan aman.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil pengujian Tahanan Isolasi Sebelum Perbaikan

Hasil pengujian *Insulation Resistance (IR)* Motor *Finfan Cooler 5* dapat dilihat pada tabel 4.1, dan tabel 4.2. Pada tabel 4.2 pengujian dilakukan dalam waktu 1-10 menit tiap-tiap belitan. Untuk menit pertama pada tabel 4.1 didapatkan hasil yang baik pada belitan U-V (70,3 M Ω), V-W (40,65 M Ω), W-U(30,45 M Ω) dan V-Grd (34,7 M Ω) dan hasil yang buruk yaitu pada belitan U-Grd (4,8 M Ω), dan W-Grd (2,58 M Ω). Nilai tersebut dibawah batas minimum dari standar IEEE 43-2013 yaitu 5 M Ω untuk motor listrik dengan rating tegangan di bawah 1 kV yang tercantum pada tabel 2.1.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1 menit sebelum perbaikan

| Fasa to Fasa (M Ω) | | Fasa to Ground (M Ω) | | Standar IEEE 43 | Hasil | |
|----------------------------|-------|------------------------------|------|-----------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | Fasa to Fasa | Fasa to Ground |
| U-V | 70,3 | U-Grd | 4,8 | IR (1 Menit) = (5 M Ω) | Baik | Buruk |
| V-W | 40,65 | V-Grd | 34,7 | | Baik | Baik |
| W-U | 30,45 | W-Grd | 2,58 | | Baik | Buruk |

Tabel 4. 2 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1-10 Menit sebelum perbaikan

| Waktu (menit) | U-Grd (M Ω) | V-Grd (M Ω) | W-Grd (M Ω) | U-V (M Ω) | V-W (M Ω) | W-U (M Ω) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 4,8 | 34,7 | 2,58 | 70,3 | 40,65 | 30,45 |
| 2 | 158 | 52,9 | 88,2 | 137 | 73 | 97,7 |
| 3 | 207 | 67 | 131 | 185 | 667 | 12,3 |
| 4 | 24,1 | 79,9 | 162 | 231 | 72,2 | 14,2 |
| 5 | 24,8 | 93,2 | 171 | 245 | 548 | 93,3 |
| 6 | 30,8 | 576 | 19,1 | 28 | 52,1 | 142 |
| 7 | 267 | 530 | 213 | 303 | 833 | 16,5 |
| 8 | 31,1 | 857 | 6,06 | 366 | 34,4 | 180 |
| 9 | 36,5 | 135 | 7,92 | 376 | 1,11 | 20,2 |
| 10 | 33 | 145 | 6,02 | 423 | 8,64 | 3,11 |

Dari hasil perhitungan nilai *Polarization Index (PI)* menggunakan persamaan (2) yang dapat dilihat pada tabel 4.3 menunjukkan PI yang baik (≥ 2) ditemukan pada U-V (6,0), U-Grd (6,9), dan V-Grd (4,2). Kondisi PI yang buruk (≤ 1) berdasarkan standar IEEE 43-2013 untuk kelas termal Isolasi 130 (B) atau di atasnya ditemukan pada W-U (0,1) W-Grd (1,2) dan V-W (0,2).

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan *Polarization Index* sebelum perbaikan

| Polarization Index (PI) | | Standar IEEE 43 | Hasil |
|--------------------------------|-----|---|--------------|
| U-V | 6,0 | Rating Kelas Termal Kelas 130 (B) dan di atasnya | Baik |
| V-W | 0,2 | | Buruk |
| W-U | 0,1 | | Buruk |
| U-Grd | 6,9 | | Baik |
| V-Grd | 4,2 | | Baik |
| W-Grd | 1,2 | | Buruk |

4.2. Proses Perbaikan Tahanan Isolasi Motor

Nilai IR dan PI yang tidak memenuhi standar IEEE 43-2013 disebabkan oleh adanya kotoran yang menempel pada belitan motor. Hal ini terlihat dari rendahnya nilai indeks polarisasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Kotoran tersebut berdampak pada penurunan tahanan isolasi serta mempercepat proses degradasi pada belitan motor.

Dari hasil temuan tersebut dilakukan tindakan perbaikan tahanan isolasi dengan proses pembersihan, sirlak (*Insulating Varnish*) dan pemanasan (*Heating*) pada *winding* untuk mengurangi kelembapan dan bertujuan untuk menaikkan nilai tahanan isolasi motor. Pembersihan dilakukan dengan metode basah, penyemprotan cairan *electric cleaner* pada bagian *winding* yang terkontaminasi. Metode penyemprotan merupakan pilihan yang efektif untuk menghilangkan kotoran sehingga cairan pembersih dapat masuk kedalam sela-sela bagian kumparan pada *winding*.

Pemberian Sirlak (*Insulating Varnish*) dilakukan setelah proses pembersihan *winding*. Proses ini bertujuan untuk menaikkan nilai tahanan isolasi *winding* motor. Pemberian sirlak dilakukan dengan cara penyemprotan ke bagian *winding* motor. Hal ini dilakukan karena jika dilakukan dengan kuas, *varnish* tidak dapat masuk ke dalam celah-celah kawat *winding* sehingga *varnish* tidak teraplikasikan dengan merata. Setelah pemberian sirlak (*Insulating Varnish*), kemudian dilakukan pemanasan (*Heating*) pada bagian *winding* motor. Proses pemanasan menggunakan lampu sorot kemudian ditutup dengan menggunakan terpal. Proses

pemanasan ini dilakukan selama 1 malam. Tujuan dari pemanasan pada *winding* motor ini mempercepat pengeringan sirlak dan menghilangkan kelembapan.

4.3. Data Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Setelah Perbaikan

Hasil pengujian tahanan isolasi setelah perbaikan juga dilakukan tanggal 18 Oktober 2024 dalam waktu 10 menit tiap-tiap belitan dapat dilihat pada tabel 4.4. dan 4.5. Hasil pada belitan Fasa-fasa U-V (76,6 M Ω), V-W (74,2 M Ω), W-U (88,3 M Ω), dan Fasa-ground V-Grd (34,7 M Ω), U-Grd (93,2 M Ω) W-Grd (30,4 M Ω).

Tabel 4. 4 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1 Menit setelah perbaikan

| Fasa to Fasa (M Ω) | | Fasa to Ground (M Ω) | | Standar IEEE 43 | Hasil | |
|----------------------------|------|------------------------------|------|--------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | Fasa to Fasa | Fasa to Ground |
| U-V | 76,6 | U-Grd | 93,2 | IR (1 Menit) = (5 M Ω) | Baik | Baik |
| V-W | 74,2 | V-Grd | 34,7 | | Baik | Baik |
| W-U | 88,3 | W-Grd | 30,4 | | Baik | Baik |

Tabel 4. 5 Hasil pengujian tahanan isolasi dalam 1-10 Menit setelah perbaikan

| Waktu (Menit) | U-Grd (M Ω) | V-Grd (M Ω) | W-Grd (M Ω) | U-V (M Ω) | V-W (M Ω) | W-U (M Ω) |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 93,2 | 34,7 | 30,4 | 76,6 | 74,2 | 88,3 |
| 2 | 158 | 149 | 188 | 137 | 130 | 175 |
| 3 | 207 | 378 | 253 | 185 | 267 | 224 |
| 4 | 241 | 469 | 367 | 231 | 322 | 312 |
| 5 | 248 | 632 | 578 | 245 | 443 | 452 |
| 6 | 308 | 104 | 412 | 280 | 521 | 403 |
| 7 | 267 | 325 | 650 | 303 | 455 | 569 |
| 8 | 311 | 122 | 234 | 366 | 578 | 454 |
| 9 | 365 | 225 | 746 | 376 | 554 | 590 |
| 10 | 397 | 221 | 155 | 423 | 354 | 476 |

Nilai pada tabel 4.4 sesuai dengan batas minimum dari standar IEEE 43-2013 yaitu 5 M Ω untuk motor listrik dengan rating tegangan di bawah 1 kV dengan tegangan uji 500 V. Ini menandakan peningkatan kualitas tahanan setelah proses perbaikan yang meliputi pembersihan, pemberian sirlak dan juga pemanasan.

Dari hasil perhitungan nilai *Polarization Index (PI)* setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa motor dalam kondisi sangat baik yaitu pada belitan U-V (5,5), V-W (4,8), W-U (5,4), U-Grd (4,3), V-Grd (6,4), dan W-Grd (5,1) hasil yang didapa sesuai dengan standar IEEE 43-2013 yaitu 2, untuk rating kelas termal Isolasi 130 (B) dan diatasnya yang tercantum pada tabel 2.3.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan *Polarization Index* setelah perbaikan

| Polarization Index (PI) | | Standar IEEE 43 | Hasil |
|--------------------------------|-----|--|--------------|
| U-V | 5,5 | Rating Kelas Termal Kelas 130 (B) dan diatasnya | Baik |
| V-W | 4,8 | | Baik |
| W-U | 5,4 | | Baik |
| U-Grd | 4,3 | | Baik |
| V-Grd | 6,4 | | Baik |
| W-Grd | 5,1 | | Baik |

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai tahanan isolasi setelah perbaikan mengalami peningkatan dan memenuhi standar minimum IEEE 43-2013 sebesar 5 M Ω untuk motor dengan rating tegangan di bawah 1 kV. Nilai *Polarization Index (PI)* juga berada memenuhi standar minimum yang direkomendasikan, yaitu 2 untuk motor dengan kelas termal Isolasi 130 (B) dan di atasnya.
2. Faktor utama penyebab penurunan nilai tahanan isolasi adalah kondisi belitan *winding* yang kotor menjadi pemicu penurunan nilai tahanan isolasi.
3. Pengujian tahanan isolasi dilakukan dengan metode *Insulation Resistance (IR)* dan *Polarization Index (PI)*
4. Perbaikan nilai tahanan isolasi dilakukan melalui proses pembersihan belitan, pemberian sirlak, dan pemanasan untuk mengurangi kelembapan pada belitan.

5.2. Saran

Guna mencegah penurunan kualitas tahanan isolasi motor, disarankan untuk memantau kondisi vibrasi, suhu, dan kebersihan motor agar motor tetap dalam kondisi yang optimal dan terhindar dari faktor-faktor yang dapat merusak isolasi.

Daftar Pustaka

- [1] H. Abdillah, "Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa," *INTRO J. Inform. dan Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 37–42, 2023, doi: 10.51747/intro.v2i1.1571.
- [2] A. A. Ruri Irwanto and H. Hermawan, "Metoda Sederhana untuk Memperbaiki Kinerja Motor Listrik 3 Fasa berdasarkan Insulation Resistance Test," *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 6, no. 1, pp. 55–62, 2024, doi: 10.14710/jplp.6.1.55-62.
- [3] S. Andriyanto, "Life Time Assessment Motor Container Crane," 2016.
- [4] Dapis, "Analisis Percepatan Penuaan Isolasi Akibat Pengaruh Kelembaban dan Kontaminan pada Motor Induksi Berbeban," vol. 2013, pp. 1–34, 2016.
- [5] Matan, "Material Isolasi Motor Jenis dan Fungsinya," *Electricity - Magnetism*. [Online]. Available: <https://www.electricity-magnetism.org/id/material-isolasi-motor-jenis-dan-fungsinya/>
- [6] IEEE Std 43 IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery, *IEEE Std 43-2013*, vol. 2013. 2013.
- [7] P. Sanjay, "How to detect insulation failures in electrical equipment," *Texas Instruments*, no. April 2016, pp. 1–6, 2023.
- [8] R. Gleichman, "Failure modes and field testing of medium voltage motor windings," *IEEE Conf. Rec. Annu. Pulp Pap. Ind. Tech. Conf.*, vol. 38, no. 5, pp. 92–95, 2001, doi: 10.1109/PAPCON.2001.952952.
- [9] O. Aguebor, "Electric Motor Faults: For Power System Protection," *ResearchGate*, no. December, 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.26948.40328.
- [10] G. C. Stone, I. Culbert, E. A. Boulter, and H. Dhirani, "Evaluating Insulation Materials and Systems," *Electr. Insul. Rotating Mach.*, pp. 47–81, 2014, doi: 10.1002/9781118886663.ch2.
- [11] K. M. Siddiqui, K. Sahay, and V. K. Giri, "Health Monitoring and Fault Diagnosis in Induction Motor- A Review," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 2320–3765, 2014.
- [12] G. F. Gibbons and G. M. I. Odenwelder, "Maintenance of Motor Windings in Cement Plants," vol. I, no. 3, pp. 267–276, 1968.
- [13] I. M. Culbert, "A review of cleaning methods for motor windings," *IEEE Cem. Ind. Tech. Conf.*, pp. 291–296, 2008, doi: 10.1109/CITCON.2008.31.

Biodata



Nama : Ari Vilanda Tanjung
TTL : Kota Cane, 14 Februari 2000
Agama : Islam
Alamat : Pulo Mas Residence, Taman Baloj, Kec.
Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau
29444
Email : arivilandatanjung14@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMKN 1 Sitinjo
SMP : SMPN 3 Sidikalang

Lampiran



