

EVALUASI TAHANAN ISOLASI MOTOR LISTRIK AC TIGA FASA *BLOWER* 15KW PADA PT. PLN INDONESIA POWER UBP BANTEN 1 SURALAYA

Bryant Reza Pahlevi¹, Atep Iman.²

Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Serang, Indonesia

E-mail: 2283230029@untirta.ac.id¹, atepiman@untirta.ac.id²

Abstrak - Penelitian ini menganalisis kondisi isolasi motor *blower* AC tiga fasa berdaya 15 kW di lingkungan pembangkit listrik melalui pengukuran *Insulation Resistance (IR)* dan *Polarization Index (PI)* sesuai IEEE Std 43-2000. Motor AC merupakan komponen penting dalam sistem pembangkit sehingga keandalan isolasi stator sangat memengaruhi keselamatan dan kontinuitas operasi. Faktor temperatur, kelembapan, dan getaran dapat menurunkan kualitas isolasi, memicu arus bocor hingga kegagalan total. Untuk mencegah risiko tersebut, pengujian dilakukan menggunakan megaohmmeter dengan tegangan uji 500 V DC, dan tahanan diukur tiap menit selama sepuluh menit pada fasa U-G, V-G, dan W-G. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata IR 6,86 GΩ (U-G), 6,58 GΩ (V-G), dan 7,73 GΩ (W-G), seluruhnya jauh di atas standar minimum 1 GΩ untuk mesin <1 kV, menandakan isolasi stator tetap kering dan bersih. Nilai PI sebesar 3,1 berada pada kategori *Good* (2–4), menandakan motor aman dan layak dioperasikan. Namun, karena standar IEEE menggolongkan PI > 4 sebagai *Excellent*, pemeliharaan preventif seperti pembersihan rutin, pengendalian kelembapan, dan pengeringan dengan pemanas direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas isolasi dan menjaga keandalan jangka panjang.

Kata Kunci: Blower, *Insulation Resistance*, Motor Listrik AC, *Polarization Index*, Tahanan Isolasi.

I. PENDAHULUAN

Motor listrik AC tiga fasa merupakan bagian penting dari sistem pembangkit tenaga listrik karena berperan penting dalam menggerakkan peralatan bantu dan sistem penggerak industri. Keandalan motor listrik sangat memengaruhi kontinuitas operasi pembangkit, motor induksi AC banyak digunakan di industri pembangkit karena efisiensi tinggi, konstruksi sederhana, serta kemampuannya beroperasi secara berkelanjutan dalam kondisi beban berat. Oleh sebab itu, keberlangsungan operasi motor listrik AC menjadi faktor krusial dalam menjaga stabilitas sistem ketenagalistrikan (Fatahillah, 2023).

Namun, seiring dengan waktu operasi dan pengaruh lingkungan seperti kelembapan, temperatur, maupun getaran, kualitas isolasi lilitan motor berpotensi mengalami degradasi. Penurunan kualitas isolasi dapat mengakibatkan arus bocor, gangguan hubung singkat, hingga kegagalan motor secara total yang dapat menghentikan proses produksi. Kondisi ini tidak hanya menimbulkan kerugian biaya perbaikan, tetapi juga menurunkan keandalan sistem pembangkit. Oleh karena itu, pemantauan kesehatan isolasi motor listrik AC secara berkala merupakan langkah preventif untuk mengurangi risiko gangguan dan kegagalan pada unit pembangkit (Wahyudi et al., 2024).

Dalam praktik pemeliharaan industri ketenagalistrikan, indeks polaritas dan pengukuran ketahanan isolasi telah menjadi komponen penting

dari strategi perawatan preventif dan prediktif. Standar IEEE 43-2000 menyarankan nilai tahanan isolasi sebesar 100 MΩ untuk mesin berputar tegangan menengah hingga tinggi, sehingga hasil pengukuran dapat dibandingkan langsung dengan acuan tersebut. Meskipun pengujian ini telah banyak dilakukan di berbagai instalasi, kajian yang berfokus pada kondisi motor listrik AC tiga fasa di pembangkit besar (Agus Nur Hidayat et al., 2020).

Seperti yang terjadi di PT. PLN Indonesia power UBP Banten 1 Suralaya, aktivitas pemantauan kondisi isolasi motor listrik di unit pembangkit masih mengalami kesulitan dalam evaluasi dan analisis kondisi isolasi. Kegiatan pemantauan kondisi isolasi motor listrik di unit pembangkit PT. PLN Suralaya masih mengalami kesulitan dalam evaluasi dan analisis kondisi isolasi. Situasi ini dapat mempengaruhi pengoperasian motor listrik jika pengujian tidak dilakukan dengan benar dan tepat waktu. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil isolasi tahanan dan indeks polaritas listrik motor pada unit pembangkit guna menentukan kecepatan operasi motor. Selain itu untuk menganalisis hasil isolasi tahanan dan indeks polaritas listrik motor pada unit pembangkit guna menentukan kecepatan operasi motor, memberikan rekomendasi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan operasional pembangkit listrik (Habibi, 2021).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Motor Listrik AC Tiga Fasa

Motor listrik AC tiga fasa menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor AC tiga fasa digunakan sebagai penggerak peralatan bantu seperti *blower*, pompa, dan *conveyor* dalam sistem pembangkit, sehingga *hosting*-nya sangat penting untuk kontinuitas sistem operasi. Motor jenis ini banyak digunakan di industri dan pembangkit listrik karena sangat efisien dan konstruksi sederhana. Mereka juga dapat bekerja secara terus menerus pada beban besar (Abdillah, 2023).

Sistem Isolasi pada Motor Listrik

Sistem isolasi digunakan pada motor listrik untuk melindungi bagian penghantar listrik dari kebocoran arus dan hubungan singkat antara lilitan dan tanah. Temperatur, kelembapan, debu, getaran, dan usia operasi motorik mempengaruhi kualitas isolasi. Kerusakan isolasi dapat menyebabkan penurunan kinerja motor, peningkatan arus bocor, atau kegagalan operasi sepenuhnya. Akibatnya, perbaikan dan pengujian rutin diperlukan (Höpner & Wilhelm, 2021).

Tahanan Isolasi (*Insulation Resistance*)

Parameter ketahanan isolasi (tahanan isolasi/IR) digunakan untuk mengukur kondisi material isolasi pada motor listrik. Mengukur contohnya dilakukan dengan memberikan tegangan DC tertentu pada lilitan motor. Nilai isolasi yang rendah menunjukkan bahwa bahan isolasi telah mengalami kelembapan, kontaminasi, atau kerusakan, sedangkan nilai isolasi yang tinggi menunjukkan bahwa kondisi isolasi masih baik, kering, dan bersih (Höpner & Wilhelm, 2021).

Polarization Index (PI)

PI digunakan untuk mengetahui kualitas dan tingkat kekeringan isolasi motor listrik. PI memancarkan kondisi isolasi dengan membandingkan nilai tahanan isolasi pada menit ke-10 terhadap menit ke-1 selama proses pengukuran. Menurut Standar IEEE 43-2000, nilai PI di bawah 2 menunjukkan kondisi isolasi kurang baik, nilai PI antara 2 dan 4 dianggap baik, dan nilai PI di atas 4 menunjukkan kondisi sangat baik (Yoon & Bae, 2025).

Pengujian Menggunakan *Insulation Tester*

Insulation tester mengukur tahanan isolasi pada motor, generator, transformator, kabel, dan lain-lain. Pengujian dimulai dengan memberikan tegangan DC standar ke lilitan motor dan tanah, kemudian mencatat nilai resistansi untuk analisis

lebih lanjut. Agar hasil pengujian akurat dan aman, tegangan uji harus disesuaikan dengan tegangan kerja motor (Abdillah, 2023).

Standar IEEE Std 43-2000

Standar internasional IEEE 43-2000 digunakan untuk menguji tahanan isolasi dan indeks polarisasi pada mesin listrik berputar. Standar ini mencakup tegangan uji, prosedur pengujian, nilai minimum tahanan isolasi, dan interpretasi hasil pengukuran. Untuk memastikan bahwa hasil pengujian dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai kondisi motor dan menentukan tindakan pemeliharaan, penerapan standar IEEE sangat penting (Ruri Irwanto & Hermawan, 2024).

Pemeliharaan Preventif Motor Listrik

Pemeliharaan preventif adalah perawatan rutin yang dilakukan pada motor listrik untuk menghindari kerusakan. Untuk sistem pembangkit listrik, pemeliharaan preventif mencakup pemeriksaan kondisi isolasi, pembersihan debu, pengeringan lilitan, pengendalian kelembapan, dan pemantauan suhu operasi motor. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan motor listrik dan memperpanjang umur operasinya (Ruri Irwanto & Hermawan, 2024).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengujian resistansi isolasi dan indeks polarisasi sangat baik untuk mengetahui kondisi kesehatan motor listrik dan potensi kerusakan. Studi lain menemukan bahwa elemen lingkungan seperti kelembapan dan suhu sangat mempengaruhi kualitas isolasi motor listrik. Selain itu, penerapan pemeliharaan preventif yang berbasis pengujian IR dan PI dapat meningkatkan efisiensi operasi peralatan listrik industri dan pembangkit tenaga listrik (Ghassemi, 2021).

Oktavianto & Joko (2024) melakukan analisis menyeluruh terhadap motor induksi tiga fasa pada Pompa Ekstraksi Kondensat (CEP) di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU berdasarkan pengukuran indeks isolasi dan polaritas sesuai dengan IEEE Std 43-2000. Analisis menyeluruh terhadap motor induksi tiga fasa pada Pompa Ekstraksi Kondensat (CEP) di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU berdasarkan pengukuran indeks isolasi dan polaritas sesuai dengan IEEE Std 43-2000. Untuk memahami kondisi isolasi motorik, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan *megger tester* dan indeks polaritas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bulan April, indeks polaritas adalah 1,49, yang termasuk dalam kategori buruk dan memerlukan reinsulasi. Penyesuaian dilakukan, hasil pengujian bulan September menunjukkan peningkatan indeks polaritas menjadi 4,41, yang termasuk dalam

kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan pemeliharaan dan reinsulasi dapat meningkatkan kualitas isolasi motorik sehingga motorik layak beroperasi secara terus menerus.

Angin et al., (2025) membahas mengenai evaluasi kondisi isolasi stator generator sinkron 11 kV di PLTA Peusangan Unit 1 menggunakan metode pengujian *insulation resistance* (IR) dan *polarization index* (PI). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan isolasi stator generator sebagai upaya menjaga keandalan operasi pembangkit listrik tenaga air. Pengujian dilakukan menggunakan *insulation tester* dengan tegangan injeksi 5 kV selama 10 menit untuk memperoleh nilai tahanan isolasi dan indeks polarisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *insulation resistance* sebesar 840 M Ω dan *polarization index* sebesar 3,86, yang keduanya berada di atas standar minimum IEC 60034, sehingga kondisi isolasi stator dinyatakan masih baik dan layak operasi.

Selain itu, penelitian juga mengungkap bahwa faktor suhu, kelembapan, beban berlebih, dan kualitas material isolasi sangat mempengaruhi nilai tahanan isolasi generator. Penelitian tersebut memiliki relevansi dengan penelitian yang akan dilakukan karena sama-sama membahas pengujian dan analisis sistem isolasi pada peralatan listrik untuk menjaga keandalan operasi. Namun, penelitian ini lebih berfokus pada evaluasi kondisi isolasi stator generator di pembangkit listrik tenaga air menggunakan metode IR dan PI sebagai bagian dari pemeliharaan prediktif.

Abdillah (2023) memeriksa pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor listrik tiga fasa dengan pengujian megger dengan tegangan 500 V berdasarkan standar IEEE Std 43-2000. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi isolasi motor dengan mengukur tahanan isolasi antara fasa dan tanah. Hasil pengujian menunjukkan nilai tahanan isolasi 318 M Ω pada fasa U, 356 M Ω pada fasa V, dan 588 M Ω pada fasa W. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa kondisi isolasi motor masih dalam kategori baik dan aman untuk dioperasikan pada tegangan kerja motor 380 V.

Selain itu, penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengujian tahanan isolasi dan indeks polaritas, dua teknik penting dalam pemeliharaan preventif motor listrik, dapat mendeteksi segera penurunan kualitas isolasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tahanan isolasi motor tetap memiliki tingkat resistensi yang memadai, dan tidak ada indikasi kerusakan isolasi yang signifikan. Oleh karena itu, untuk menjaga keandalan dan keselamatan operasi motor listrik dalam jangka panjang, disarankan untuk melakukan pengujian tahanan isolasi secara teratur.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode deskriptif kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Eksperimen pengukuran langsung dilakukan untuk mengamati kondisi isolasi motor listrik AC tiga fasa blower 15 kW di PT PLN Indonesia Power UBP Banten 1 Suralaya. Untuk menentukan tingkat kelayakan isolasi motor listrik, dilakukan pengujian isolasi (Resistansi Isolasi/IR) dan indeks polarisasi (PI). Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standar IEEE Std 43-2000 (Angin et al., 2025).

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan adalah motor listrik AC tiga fasa tipe *blower* dengan kapasitas daya 15 kW yang beroperasi pada sistem pembangkit listrik. Pemilihan objek dilakukan berdasarkan pertimbangan kondisi operasional, usia pemakaian, serta pentingnya motor terhadap kontinuitas operasi pembangkit.

3.3 Alur Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Menentukan lokasi objek penelitian
2. Menyiapkan alat ukur
3. Mengikuti prosedur keselamatan
4. Mengukur ketahanan isolasi setiap fasa terhadap tanah selama 10 menit
5. Menghitung nilai ketahanan isolasi (IR)
6. Menghitung indeks polaritas (PI)
7. Menganalisis hasil sesuai dengan standar IEEE Standard 43-2000
8. Membuat kesimpulan dan memberikan saran untuk pemeliharaan.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. *Insulation Tester*
2. Motor Listrik AC tiga fasa blower 15 kW
3. Kabel pengujian (*test lead*)
4. *Safety Gloves*

Megger digunakan untuk mengukur tahanan isolasi dengan tegangan uji DC sesuai standar IEEE Std 43-2000.

3.5 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Motor listrik aman untuk diuji jika berada dalam kondisi tidak bertegangan.
2. Setiap fasa motor (U, V, dan W) disambungkan ke megger.
3. Pengukuran dilakukan dengan tegangan uji 500 V DC.

4. Nilai tahanan isolasi dicatat setiap menit selama sepuluh menit.
5. Pengujian dilakukan pada seluruh fasa motor terhadap tanah untuk mendapatkan informasi lengkap tentang kondisi isolasi.

3.6 Pengukuran *Insulation Resistance (IR)*

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui berapa besar tahanan isolasi pada lilitan stator motor listrik. Persamaan 1 digunakan untuk menghitung nilai tahanan isolasi rata-rata (Widagdo et al., 2025):

$$IR_{avg} = \frac{\sum IR}{n} \quad 1$$

dengan:

IR *average* = Nilai Resistansi Isolasi Rata-Rata

n = Banyak Data

IR = Hasil Resistansi Isolasi

3.7 Perhitungan *Polarization Index*

Indeks Polarisasi digunakan untuk mengukur kualitas isolasi motor listrik dengan membandingkan hasil pengukuran menit ke-10 dengan menit ke-1. Perhitungan PI dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

$$PI = \frac{R_{10 \text{ menit}}}{R_{1 \text{ menit}}} \quad 2$$

dengan :

IR1 = nilai isolasi menit ke-1

IR10 = nilai isolasi menit ke-10

3.8 Analisis Data

Nilai tahanan isolasi rata-rata dan nilai indeks polarisasi diperoleh dari hasil pengujian setiap fasa motor untuk melakukan analisis data. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan standar IEEE Std 43-2000 untuk menentukan apakah kondisi isolasi motor baik, cukup, atau buruk. Selain itu, pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui apakah motor masih dapat digunakan atau apakah perlu dilakukan perawatan preventif seperti membersihkan, mengeringkan, atau memperbaiki sistem isolasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi dilakukan pada motor listrik AC tiga fasa *blower* 15 kW menggunakan penguji tahanan isolasi (*megger*) dengan uji tegangan 500 V DC sesuai standar IEEE Std 43-2000. Untuk menentukan tingkat kelayakan pengoperasian motor listrik, pengujian dilakukan untuk mengukur kondisi isolasi lilitan stator terhadap tanah (Kurnia et al., 2023).

Pengujian tahanan isolasi adalah metode pemeliharaan preventif yang umum digunakan pada

sistem tenaga listrik dan peralatan industri karena penggunaan sistem isolasi yang baik sangat penting untuk mencegah arus bocor, hubung singkat, dan gangguan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan motor dan membahayakan keselamatan kerja (Oktavianto & Joko, 2024). Tabel 1 menunjukkan standar pengujian tegangan isolasi yang didasarkan pada tegangan kerja motor listrik.

Tabel 1. Standar Tegangan Pengujian Isolasi untuk Tahanan

No	Tegangan nominal belitan	Uji resistansi isolasi tegangan searah
1	< 1000	500
2	1000 – 2500	500 – 1000
3	2501 – 5000	1000 – 2500
4	5001 – 12000	2500 – 5000
5	>12000	5000 – 10000

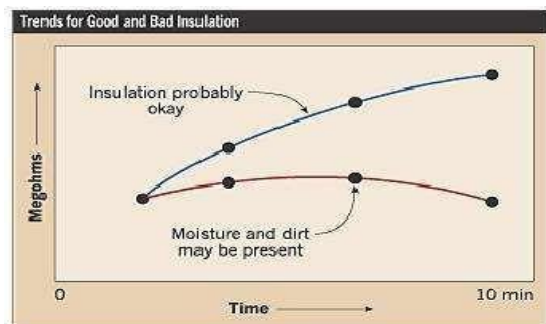
Selain itu, hasil pengujian ketahanan isolasi harus melebihi nilai minimum yang direkomendasikan oleh Standar IEEE 43-2000 agar motor dianggap aman untuk dioperasikan.

Tabel 2. Standar Minimum Tahanan Isolasi

No	Resistance Test Specimen	Minimum Isolation
1	IR = Kv + 1	For most windings made before about 1970, all field windings, and others not described below.
2	IR = 100	For most DC armature and AC windings built after about 1970 (form-wound colls).
3	IR = 5	Machines with randomly wound stator coils and figure-of-eight-wound coils with a rating below 1 kV.

4.2 Karakteristik Tahanan Isolasi

Nilai resistansi dapat diubah terhadap waktu pengukuran untuk melihat karakteristik isolasi resistansi. Nilai resistansi akan meningkat seiring waktu pengujian dalam kondisi isolasi yang baik. Di sisi lain, jika isolasi lembab atau terkontaminasi debu, kenaikan nilai resistansi cenderung kecil atau bahkan menurun (Widagdo et al., 2025).



Gambar 1. Grafik Karakteristik Pengujian Isolasi

Selama pengukuran, isolasi yang baik menunjukkan tren kenaikan nilai resistansi yang lambat, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Hal ini menunjukkan bahwa material isolasi masih kering dan memiliki kapasitas dielektrik yang tinggi. Sementara itu, kurva yang datar atau menurun menunjukkan bahwa ada kelembapan dan kotoran pada sistem isolasi, yang berarti pemeliharaan perlu dilakukan.

4.3 Polarization Index

Polarization Index (PI) mengukur kondisi isolasi dengan membandingkan nilai tahanan isolasi pada menit ke-10 dan menit ke-1. Ini menunjukkan kualitas bahan isolasi listrik motor dan tingkat kekeringannya.

$$PI = \frac{R_{10 \text{ menit}}}{R_{1 \text{ menit}}}$$

Interpretasi nilai PI berdasarkan standar IEEE Std 43-2000 ditunjukkan pada tabel 3.

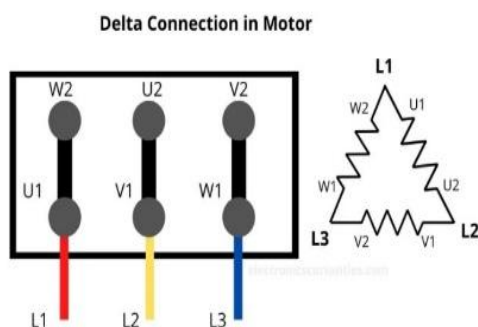
Tabel 3. Kriteria *Polarization Index*

Nilai Pi	Kategori
$PI < 2$	Buruk (perlu perhatian serius)
$2 \leq PI \leq 4$	Good (normal)
$PI > 4$	Excellent

Standar tersebut menyatakan bahwa kondisi isolasi motor listrik lebih baik dengan nilai PI yang lebih tinggi.

4.4 Rangkaian Pengujian Motor

Pengujian dilakukan pada motor listrik AC tiga fasa dengan konfigurasi delta. Megger digunakan untuk mengukur ketahanan isolasi motor pada fasa tertentu terhadap tanah.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Motor Tiga Fasa

Pengujian ini mengukur terminal U, V, dan W bergantian terhadap tanah untuk mengetahui kondisi isolasi tiap fasa motor.

4.5 Data Spesifikasi Motor Uj

Spesifikasi motor listrik yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Motor Listrik

No.	Nilai minimum IR (MΩ)	Spesifikasi motor listrik
1	V = 400 V	n = 1460 Rpm
2	F = 50 Hz	P = 15 Hp
3	I = 28.8 A	

4.6 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

Tabel 5. Hasil Pengukuran Fasa terhadap Ground

Menit	Fasa U-G (GΩ)	Fasa V-G (GΩ)	Fasa W-G (GΩ)
1	3,1	3,12	3,40
2	4,25	4,50	4,70
3	4,90	5,10	5,80
4	5,20	5,80	6,20
5	6,10	6,20	7,20
6	7,20	6,60	7,80
7	7,80	7,10	8,40
8	8,40	7,90	9,60
9	9,60	8,30	10,20
10	10,10	9,20	11,40

Nilai tahanan isolasi seluruh fasa meningkat seiring waktu pengujian, menurut hasil pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa isolasi lilitan stator masih baik dan tidak ada kelembapan yang berlebihan.

4.7 Pengolahan Data

4.7.1 Perhitungan *Insulation Resistance Average*

Nilai rata-rata tahanan isolasi dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$IR_{avg} = \frac{\sum IR}{n}$$

dengan :

$IR_{average}$ = Nilai Resistansi Isolasi Rata-Rata

n = Banyak Data

IR = Hasil Resistansi Isolasi

- Fasa U-G

$$IR_{avg} = \frac{3,1 + 4,25 + 4,9 + 5,2 + 6,1 + 7,2 + 7,8 + 8,4 + 9,6 + 10,1}{10} = 6,86 \text{ G}\Omega$$

- Fasa V-G

$$IR_{avg} = \frac{3,12 + 4,5 + 5,1 + 5,8 + 6,2 + 6,6 + 7,1 + 7,9 + 8,3 + 9,2}{10} = 6,58 \text{ G}\Omega$$

- Fasa W-G

$$IR_{avg} = \frac{3,4 + 4,7 + 5,8 + 6,2 + 7,2 + 7,8 + 8,4 + 9,6 + 10,2 + 11,2}{10} = 7,73 \text{ G}\Omega$$

Nilai isolasi lilitan stator pada fasa U, V, dan W dapat diketahui dari perhitungan nilai resistansi isolasi rata-rata (IR) masing - masing fasa U, V, dan W masih dalam ambang batas normal.

4.7.2 Perhitungan Polarization Index (PI)

Perhitungan PI dilakukan menggunakan persamaan:

- Fasa U - G

$$PI = \frac{10.1}{3.1} = 3.26$$

- Fasa V - G

$$PI = \frac{9.2}{3.12} = 2.95$$

- Fasa W - G

$$PI = \frac{11.4}{3.4} = 3.35$$

$$PI = 3.1$$

Dari perhitungan nilai *Polarization Index (PI)* di atas dapat dilihat bahwa nilai PI sebesar 3.1 ini menunjukkan bahwa motor dalam kondisi **Good**.

4.8 Analisis Hasil

Hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi total jauh di atas batas minimum standar IEEE. Ini menunjukkan bahwa lilitan stator motor masih memiliki kualitas isolasi yang bersih dan kering. Selain itu, peningkatan nilai tahanan isolasi selama pengukuran menunjukkan bahwa tidak ada indikasi

kontaminasi berat atau kelembapan tinggi pada sistem isolasi motor. Selain itu, nilai PI sebesar 3,1 menunjukkan bahwa polarisasi isolasi masih baik, yang berarti bahwa motor dapat dioperasikan secara kontinu (Szamel & Oloo, 2024).

Nilai tahanan isolasi fasa W-G tertinggi daripada fasa lainnya, sedangkan fasa V-G memiliki nilai paling rendah. Namun, semua nilai masih berada dalam kategori aman, sehingga tidak ada indikasi kerusakan isolasi yang signifikan (Putra, 2022).

4.9 Pembahasan

Hasil Hasil penelitian menunjukkan bahwa resistensi isolasi (IR) dan indeks polarisasi (PI) dapat digunakan dengan baik untuk mengukur kondisi kesehatan isolasi motor listrik AC tiga fasa. Penggunaan megger dengan pengukuran bertahap selama sepuluh menit dapat memberikan gambaran karakteristik isolasi yang lebih akurat dari pada pengukuran sesaat.

Pengujian tahanan isolasi (*Insulation Resistance/IR*) yang dilakukan pada motor listrik AC tiga fasa *blower* 15 kW menunjukkan nilai tahanan isolasi rata-rata 6,86 GΩ pada fasa U-tanah, 6,58 GΩ pada fasa V-tanah, dan 7,73 GΩ pada fasa W-tanah. Nilai-nilai ini jauh di atas standar minimum IEEE Std 43-2000 untuk motor dengan tegangan di bawah 1 kV, yaitu 1 GΩ.

Dengan nilai tahanan isolasi yang tinggi, motor listrik tetap layak dan aman untuk dioperasikan dalam kondisi normal. Ini karena nilai ini menunjukkan bahwa kondisi isolasi lilitan stator tetap baik, kering, dan bersih, serta memiliki kemampuan dielektrik yang baik. Selanjutnya, berdasarkan standar IEEE Std 43-2000, hasil pengujian Polarization Index (PI) menunjukkan nilai sebesar 3,1, yang termasuk dalam kategori baik.

Nilai IR rata-rata yang tinggi menunjukkan bahwa material isolasi masih memiliki kapasitas dielektrik yang baik. Selain itu, kondisi isolasi motor masih dalam kategori baik (Baik), dengan nilai PI 3,1. Oleh karena itu, motor dapat digunakan dengan aman selama operasi pembangkit (Zou et al., 2024).

Namun, nilai PI masih belum mencapai kategori Excellent (> 4). Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas isolasi yang baik dalam jangka panjang, perawatan pencegahan seperti membersihkan debu, mengeringkan lilitan dengan heater, dan mengontrol kelembapan ruang motor harus dilakukan secara teratur (Yoon & Bae, 2025).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan analisis IR dan PI :

1. Ringkasan hasil pengujian

Hasil pengujian tahanan isolasi (*Insulation Resistance/IR*) pada motor listrik AC tiga fasa blower 15 kW menunjukkan nilai P_i 3,1. Berdasarkan standar IEEE Std 43-2000, seluruh nilai pengujian berada di atas batas minimum sehingga kondisi isolasi motor dinyatakan masih layak untuk dioperasikan.

2. Analisis kondisi isolasi motor
Nilai resistansi yang terus meningkat selama interval pengujian menunjukkan bahwa sistem isolasi motor masih memiliki karakteristik yang baik. Kelembapan berlebih atau kontaminasi yang signifikan pada lilitan stator motor tidak terlihat karena tren kenaikan nilai tahanan isolasi selama pengujian. Oleh karena itu, metode pengukuran tahanan isolasi menggunakan megger sangat efektif untuk menilai kondisi kesehatan isolasi motor listrik sebagai bagian dari pemeliharaan preventif.
3. Hasil perhitungan *polarization index* (PI)
Sebesar perhitungan Polarization Index (PI) sebesar 3,1. Berdasarkan Standar IEEE 43-2000, nilai PI dalam rentang 2–4 termasuk kategori Good. Ini menunjukkan bahwa kondisi isolasi motor masih baik dan aman untuk dioperasikan secara kontinu dalam sistem pembangkit listrik. Meskipun demikian, upaya pemeliharaan rutin diperlukan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas isolasi motor karena nilai PI belum mencapai kategori Excellent (> 4).
4. Implikasi terhadap keandalan motor
Tingkat keandalan motor listrik dalam operasi pembangkit dapat diukur melalui pengujian tahanan isolasi dan indeks polarisasi. Ketika ada isolasi yang baik, ada kemungkinan gangguan seperti arus bocor, hubung singkat, dan kegagalan motor. Pengujian berkala juga dapat membantu menemukan kerusakan dini sehingga pemeliharaan dapat dilakukan sebelum gangguan yang lebih serius terjadi pada sistem pembangkit.
5. Jawaban tujuan penelitian
Tujuan penelitian adalah untuk menilai kondisi isolasi motor listrik AC tiga fasa blower 15 kW dengan menggunakan metode Resistance Insulation (IR) dan Polarization Index (PI). Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa motor listrik yang diuji memiliki kondisi isolasi yang baik dan masih memenuhi standar IEEE Std 43-2000. Oleh karena itu, motor dinyatakan masih dapat digunakan secara aman dan andal untuk mendukung operasional pembangkit listrik.

5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran berdasarkan:

1. Saran pemeliharaan motor

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk menjaga nilai tahanan isolasi dan PI yang stabil, perawatan preventif secara teratur diperlukan untuk motor. Perbaikan ini dapat mencakup pengendalian tingkat kelembapan ruang motor, membersihkan debu pada motor, dan pengeringan lilitan jika diperlukan.

2. Saran pengujian berkala
Disarankan agar pengujian tahanan isolasi dan Polarization Index (PI) dilakukan secara rutin dalam jadwal pemeliharaan untuk memantau kondisi isolasi motor dan menemukan tanda-tanda awal penurunan kualitas isolasi.
3. Saran penelitian selanjutnya
Untuk melakukan evaluasi kondisi motor listrik yang lebih menyeluruh, penelitian selanjutnya harus memasukkan parameter tambahan seperti suhu lilitan, arus bocor, tan delta, dan analisis getaran motor.
4. Saran teknis
Pada penelitian berikutnya disarankan menggunakan alat ukur dengan fitur penyimpanan data digital dan monitoring otomatis untuk mempermudah analisis tren kondisi isolasi motor dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H. (2023). Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa. *INTRO : Journal Informatika Dan Teknik Elektro*, 2(1), 37–42. <https://doi.org/10.51747/intro.v2i1.1571>
- Agus Nur Hidayat, Suyitno, & Daryanto. (2020). Pengaruh Jumlah Lilitan Kumputan Stator Terhadap Kinerja Generator Magnte Permanen Fluks Aksial Satu Fasa. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 2(2), 28–31. <https://doi.org/10.21009/jevet.0022.06>
- Angin, R. P., Ritonga, S. F., & Sinaga, D. J. (2025). Uji Kelayakan Isolasi Stator Generator 11 kV Berbasis Insulation resistance dan Polarization Index di PLTA Peusangan Unit 1. 9, 37969–37974.
- Fatahillah, F. (2023). Analisa Pemanfaatan Motor AC 1Ø Sebagai Beban Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya 200WP.
- Ghassemi, M. (2021). Accelerated insulation aging due to fast, repetitive voltages: A review identifying challenges and future research needs. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 26(5), 1558–1568. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2019.008176>
- Habibi, A. (2021). Rancang Bangun (PLTMH) Memanfaatkan Motor Listrik Sinkron (AC) Type Dinamo (XQD-135-A) Sebagai Generator. 1–4.
- Höpnner, V. N., & Wilhelm, V. E. (2021). Insulation

- life span of low-voltage electric motors—A survey. *Energies*, 14(6), 1–32. <https://doi.org/10.3390/en14061738>
- Kurnia, M. Z., Kastawan, I. M. W., & Raharjo, P. (2023). Pengaruh ketidakseimbangan tegangan pada suplai daya listrik terhadap kecepatan putaran dan efisiensi motor induksi 3-fasa. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 3(2), 155–164. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i2.2023.155-164>
- Oktavianto, A., & Joko, J. (2024). Analisis Kelayaka Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas Di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(2), 108–113. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n2.p108-113>
- Putra, Y. K. (2022). Pengujian Statis dan Pengujian Dinamis Motor Induksi 500 kW. *Fti*, 1–9. <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/1548%0Ahttps://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/download/1548/1300>
- Ruri Irwanto, A. A., & Hermawan, H. (2024). Metoda Sederhana untuk Memperbaiki Kinerja Motor Listrik 3 Fasa berdasarkan Insulation Resistance Test. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(1), 55–62. <https://doi.org/10.14710/jplp.6.1.55-62>
- Szamel, L., & Oloo, J. (2024). Monitoring of Stator Winding Insulation Degradation through Estimation of Stator Winding Temperature and Leakage Current. *Machines*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/machines12040220>
- Wahyudi, B., Patradhiani, R., & Imansyah, P. (2024). Identify the Damage Causal Factors and Develop a Preventive Maintenance Strategy for Iveco 682 Spare Parts Utilized in the Oil and Gas Industry in Prabumulih. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 9, 170–182.
- Widagdo, R. S., Slamet, P., & Andriawan, A. H. (2025). Estimated Life Loss of a 3-Phase Induction Motor Based on Insulation Resistance Test at PT. Delta Jaya Mas. *Jurnal Teknologi Elektro*, 15(3), 146. <https://doi.org/10.22441/jte.2024.v15i3.001>
- Yoon, H., & Bae, Y. (2025). Maintenance of Arc Occurrence at the End of the Stator Slot in a High-Voltage Motor. *Machines*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/machines13040279>
- Zou, Z., Liu, S., & Kang, J. (2024). Degradation Mechanism and Online Electrical Monitoring Techniques of Stator Winding Insulation in Inverter-Fed Machines: A Review. *World Electric Vehicle Journal*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/wevj15100444>