

Research Article

Evaluasi Kondisi Operasional Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Parameter *Winding Resistance* & *Insulation Resistance* pada Pusat Listrik Tenaga Panas BumiKevin Simarmata^{1*}, Herbeth Anjulanana¹

ABSTRAK: Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kondisi *insulation resistance* dan *winding resistance* pada motor induksi 18,5 kW 400 V. Analisis ini penting dilakukan untuk memastikan keandalan motor listrik dalam mendukung kontinuitas operasi peralatan, karena penurunan kualitas isolasi maupun ketidakseimbangan tahanan belitan dapat menyebabkan kebocoran arus, peningkatan rugi-rugi daya, pemanasan berlebih, serta gangguan kinerja motor secara keseluruhan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran tahanan isolasi (*insulation resistance test*) menggunakan alat ukur megger serta pengukuran tahanan belitan stator (*winding resistance test*) menggunakan multimeter pada kondisi motor tidak beroperasi sebagai bagian dari kegiatan *preventive maintenance*. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat kelayakan operasi motor serta mendeteksi adanya indikasi penurunan kualitas isolasi dan perubahan karakteristik belitan stator. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *insulation resistance* masih berada dalam batas standar yang diizinkan, sedangkan nilai *winding resistance* menunjukkan ketidakseimbangan pada salah satu fasanya.

Kata kunci: *Insulation resistance*, Motor induksi, *Preventive maintenance*, *Winding resistance*, PLP

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan modern karena hampir seluruh aktivitas manusia bergantung pada ketersediaan energi listrik yang stabil dan berkelanjutan. Dalam sistem industri, motor induksi tiga fasa menjadi salah satu peralatan elektromekanis yang paling banyak digunakan karena memiliki konstruksi sederhana, efisiensi tinggi, serta keandalan yang baik dalam pengoperasian jangka panjang. Performansi motor induksi sangat dipengaruhi oleh karakteristik parameter listrik seperti resistansi stator yang berhubungan dengan arus awal (*inrush current*), *slip*, serta kualitas daya yang dihasilkan selama proses starting motor [1].

Dalam sistem pembangkitan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Sarulla, motor induksi digunakan sebagai penggerak pompa, kipas, dan peralatan bantu yang bekerja secara kontinu. Keandalan motor sangat penting untuk menjaga kontinuitas proses produksi energi listrik. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengetahui kondisi motor adalah pengujian *insulation resistance*, karena nilai tahanan isolasi dapat menunjukkan kualitas sistem isolasi stator dalam mencegah kebocoran arus maupun gangguan hubung singkat antar belitan [2].

Pengujian *insulation resistance* juga digunakan untuk menentukan kelayakan operasi motor induksi melalui evaluasi nilai tahanan isolasi dan indeks polaritas. Nilai *insulation resistance* yang rendah dapat mengindikasikan

OPEN ACCESS**Afiliasi:**

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

Korespondensi:

Email: kevin.simarmata3586@student.unri.ac.id

Diterima Redaksi:

17-04-2026

Selesai Revisi:

12-05-2026

Diterbitkan Online:

7-06-2026

Cara Mengutip Artikel ini (IEEE):

S. Kevin, A. Herbeth, "Evaluasi Kondisi Operasional Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Parameter *Winding Resistance* & *Insulation Resistance* pada PLTP Sarulla", vol. 2, no. 01, Jun 2026.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



adanya degradasi material isolasi akibat faktor suhu, kelembaban, tegangan lebih, maupun usia pemakaian. Oleh karena itu, pengujian ini sering digunakan sebagai bagian dari *preventive maintenance* untuk mengurangi risiko kerusakan motor secara tiba-tiba pada sistem industri maupun pembangkit listrik [3].

Selain sistem isolasi, kondisi belitan stator (*winding*) juga mempengaruhi performa motor induksi. Kerusakan atau perubahan karakteristik *winding* dapat menyebabkan ketidakseimbangan arus, peningkatan rugi-rugi daya, serta kenaikan temperatur kerja motor. Faktor-faktor seperti stress termal, stress listrik, serta kondisi lingkungan dapat menyebabkan penurunan kualitas isolasi pada *winding* sehingga mempengaruhi performa motor secara keseluruhan [4].

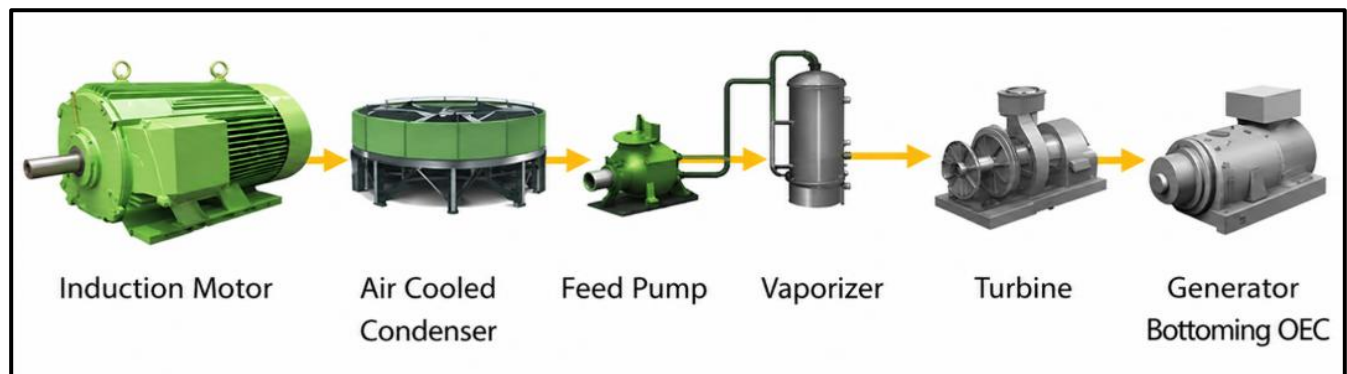
Perubahan karakteristik *winding* juga dapat terjadi akibat proses perbaikan seperti *rewinding*, yang berpotensi mempengaruhi distribusi fluks magnet, efisiensi, serta karakteristik operasional motor induksi. Oleh karena itu, analisis kondisi *winding resistance* dan *insulation resistance* menjadi penting untuk memastikan motor tetap bekerja secara optimal dan memiliki umur operasi yang panjang. Dengan melakukan monitoring parameter tersebut secara berkala, potensi gangguan pada motor induksi di PLTP Sarulla dapat dideteksi lebih awal sehingga keandalan sistem pembangkitan tetap terjaga [5].

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini dilakukan melalui pengukuran nilai *winding resistance* dan *insulation resistance* dengan pengambilan data secara langsung yang menggunakan multimeter dan *insulation tester* (megger). Data *winding resistance* dan *insulation resistance* yang diperoleh merupakan data dari motor induksi tiga fasa 18,5kW 400V yang digunakan untuk menggerakkan *fan condenser* pada sistem pembangkit listrik.

Nilai dari *winding resistance* dan *insulation resistance* kemudian dianalisis dengan menghitung batas maksimal selisih nilai *winding resistance* yang diizinkan, yaitu $\pm 5\%$ dari nilai rata-rata. Kemudian membandingkan nilai *insulation resistance* dengan standar minimum berdasarkan IEEE 43 [6][7].

2.1. Blok Sistem *Bottoming* OEC



Gambar 1. Blok Sistem *Bottoming* OEC

Sebelum melakukan analisis kondisi operasional motor induksi pada unit pembangkit, penulis terlebih dahulu menyusun diagram blok sistem seperti ditunjukkan pada Gambar 1 untuk menggambarkan alur kerja siklus termal pada sistem Organic Rankine Cycle (ORC) yang diteliti. Diagram ini menunjukkan proses konversi energi yang dimulai dari motor induksi sebagai penggerak utama pada unit *air cooled condenser* untuk mendinginkan fluida kerja, kemudian diteruskan ke *feed pump* untuk dipompakan menuju komponen *vaporizer*. Di dalam *vaporizer*, fluida kerja dipanaskan hingga berubah fase menjadi uap panas yang selanjutnya dialirkan untuk memutar turbin sebagai pengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui generator *Bottoming OEC* untuk memenuhi kebutuhan daya listrik sistem. Diagram blok ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai integrasi komponen mekanis dan elektrik

pada sistem pembangkit, sekaligus menjadi dasar dalam menentukan fokus pengujian nilai tahanan isolasi dan belitan pada artikel ini.

Penyusunan diagram blok ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang utuh mengenai bagaimana sistem pembangkit siklus biner bekerja bersama unit pendinginnya. Lewat skema ini, kita bisa melihat alur perubahan energi, mulai dari tenaga penggerak awal sampai akhirnya menjadi listrik di sisi generator. Di jantung sistem pendingin ini, terdapat motor induksi tiga fasa 18,5 kW dengan tegangan 400 V yang memegang peran kunci. Motor inilah yang memutar kipas pada *air cooled condenser* untuk menjaga suhu fluida kerja tetap stabil sebelum dipompa oleh *feed pump* ke proses penguapan selanjutnya.

Proses termodinamika berlanjut di dalam *vaporizer*, di mana fluida kerja dipanaskan hingga menjadi uap bertekanan tinggi untuk memutar poros turbin. Putaran mekanis dari turbin tersebut kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui generator *Bottoming OEC* sebagai output utama sistem. Walaupun diagram ini mencakup seluruh rangkaian proses dalam siklus ORC, fokus utama dalam artikel ini dibatasi khusus pada evaluasi kondisi motor induksi 18,5 kW melalui parameter *winding resistance* dan *insulation resistance* yang digunakan pada *condenser fan*. Melalui pendekatan ini, penilaian keandalan motor dapat dilakukan secara mendalam untuk mencegah terjadinya kegagalan operasional pada sistem pendinginan.

2.2. Spesifikasi Alat

Motor yang digunakan pada PLTP Sarulla (Silangkitang) adalah motor induksi tiga fasa 18,5kW 400V seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sarulla Operations Limited menggunakan motor ini untuk menggerakkan *fan condenser* guna mendinginkan gas pentane kembali ke fase *liquid* pada *Bottoming OEC*.



Gambar 2. Motor Induksi Tiga Fasa

Tabel 1 memperlihatkan nilai parameter di *name plate* motor yang digunakan untuk menggerakkan *fan condenser* di PLTP Sarulla.

Tabel 1. Data *Name Plate* Motor

Parameter	Nilai
<i>Power</i>	18,5kW
<i>Voltage</i>	400 V
<i>Current</i>	36,9 A
<i>Insulation Class</i>	F
<i>Weight</i>	231 kg
<i>Frequency</i>	50 Hz
<i>Speed</i>	975 rpm
<i>Cos ϕ</i>	0,8
<i>Phase</i>	3
<i>Poles Number</i>	6
<i>Code</i>	IE2

Sistem isolasi belitan stator terdiri dari beberapa lapisan, yaitu isolasi kawat, isolasi slot, isolasi antar fasa, dan isolasi terhadap *ground*. Isolasi ini berfungsi mencegah terjadinya hubung singkat antar lilitan, antar fasa, maupun antara belitan dengan inti besi atau bodi motor. Kualitas sistem isolasi yang baik akan menjaga nilai tahanan isolasi tetap tinggi dan meminimalkan arus bocor selama motor beroperasi. Penurunan kualitas isolasi akibat panas, kelembaban, atau penuaan material dapat menyebabkan degradasi dielektrik yang berdampak langsung pada penurunan keandalan motor dan berpotensi menyebabkan kegagalan operasi. Bahan isolasi untuk mesin-mesin listrik dalam hubungan dengan stabilitas yang berkenaan dengan panas di bagi menjadi beberapa kelas seperti ditampilkan pada Tabel 2 [8].

Tabel 2. Kelas Suhu pada Bahan Isolasi Mesin Listrik

Kelas	Temperatur
Y	90 °C
A	150 °C
E	120 °C
B	130 °C
F	155 °C
H	180 °C
G	>180 °C

2.3. Tahanan Belitan (*Winding resistance*)

Pengukuran *winding resistance* pada motor induksi tiga fasa 18,5 kW dilakukan pada masing-masing belitan stator melalui terminal U1–U2, V1–V2, dan W1–W2. Nilai *winding resistance* yang seimbang antar fasa menunjukkan kondisi belitan yang baik dan distribusi arus yang merata. Sebaliknya, perbedaan nilai tahanan antar fasa dapat menyebabkan ketidakseimbangan arus, peningkatan temperatur lokal, dan penurunan kinerja motor. Kondisi ini berpotensi mempercepat degradasi isolasi belitan stator. Sebelum pengukuran, motor dipastikan dalam kondisi tidak bertegangan dan terlepas dari sumber listrik untuk menjamin keselamatan serta keakuratan hasil pengukuran. Plat pada terminal dilepas sehingga setiap belitan stator dapat diukur secara terpisah supaya mendapatkan nilai tahanan murni dari tiap fasa. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur tahanan rendah seperti multimeter. *Probe* alat ukur dihubungkan langsung pada terminal U1–U2 untuk mengukur tahanan belitan fasa U, kemudian dilanjutkan pada terminal V1–V2 dan W1–W2 untuk fasa V dan W. Setiap hasil pengukuran dicatat dan dibandingkan antar fasa untuk menilai keseragaman nilai tahanan belitan [11].

2.4. Tahanan Isolasi (*Insulation Resistansi*)

Resistansi isolasi adalah keadaan di mana suatu peralatan memiliki resistansi terhadap nilai tegangan untuk mencegah korsleting atau jenis kerusakan lainnya. Temperatur dan jumlah waktu belitan terkena tegangan mempengaruhi resistansi, oleh karena itu variabel ini harus diperhatikan pada saat pengukuran. Diperlukan untuk memahami persamaan langsung yang dikenal sebagai "hukum ohm" untuk memahami bagaimana resistansi isolasi diukur [9].

Pengukuran *insulation resistance* pada motor induksi tiga fasa 18,5 kW bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem isolasi belitan stator dalam menahan arus bocor. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat ukur seperti megger yang memberikan tegangan uji DC dengan nilai tertentu. Sebelum pengukuran, motor harus dipastikan dalam kondisi tidak bertegangan dan terlepas dari sistem kelistrikan. Penggunaan megger memungkinkan pengukuran nilai tahanan isolasi dalam satuan megaohm (MΩ) secara akurat. Pengukuran *insulation resistance* dilakukan antara masing-masing fasa terhadap *ground*, yaitu U–G, V–G, dan W–G. Pada pengujian ini, salah satu *probe* megger dihubungkan ke terminal belitan stator, sedangkan *probe* lainnya dihubungkan ke *body* motor atau sistem pentanahan. Tujuan pengukuran ini adalah untuk mendeteksi adanya kebocoran arus antara belitan stator dan rangka motor. Nilai *insulation resistance* yang rendah pada pengujian fasa ke *ground* mengindikasikan degradasi isolasi atau kemungkinan hubung singkat ke *ground*. Tegangan uji yang digunakan dalam pengukuran *insulation resistance* disesuaikan dengan tegangan kerja motor seperti ditunjukkan pada Tabel 3 [12].

Tabel 3. Standar Minimum Tahanan Isolasi Menurut IEEE 43

Tahanan Isolasi Minimum	Objek Uji
IR (1 menit) = {KV + 1} MΩ	Winding yang dibuat dibawah tahun 1970
IR (1 menit) = 100 MΩ	Armature DC atau winding AC yang dibuat diatas 1970
IR (1 menit) = 5 MΩ	Untuk motor dibawah tegangan 1000 V

Pengujian resistansi isolasi dilakukan dengan memberikan tegangan injeksi searah (DC) menggunakan alat ukur *Insulation Tester* (Megger). Penentuan besar tegangan uji tersebut didasarkan pada peringkat tegangan nominal motor sesuai dengan standar internasional seperti pada Tabel 4 yang berguna untuk menjamin akurasi data tanpa merusak lapisan isolasi.

Tabel 4. Nilai Rating Tegangan Motor dan Megger

Rating Tegangan Motor	Rating Tegangan Megger (VDC)
< 1000V	500V
1000 – 2500V	500 – 1000V
2501 – 5000V	1000 – 2500V
5001 – 12.000V	2500 – 5000V
> 12.000V	5000 – 10.000V

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 °C [10].

$$R_C = K_T \cdot R_T \quad (1)$$

Dimana:

R_C = Tahanan isolasi yang dikoreksi ke suhu 40 °C (MΩ)

K_T = Koefisien ke suhu T °C pada saat suhu diukur

R_T = Tahanan Isolasi pada saat suhu T °C

Untuk Melakukan Perhitungan Koefisien suhu T °C ke suhu 40 °C, sangat bergantung pada bahan isolasi yaitu *Thermoplastic* dan *Thermosetting*. Rumus yang digunakan sebagai berikut [10].

A. Untuk Thermoplastic

$$K_T = (0,5)^{\frac{40-T}{10}} \quad (2)$$

B. Untuk Thermosetting

❖ Diantara suhu 40 °C < T < 85°C

$$K_T = e^{\left[-4230\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)\right]} \quad (3)$$

❖ Diantara suhu 10 °C < T < 40°C

$$K_T = e^{\left[-1245\left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313}\right)\right]} \quad (4)$$

Dimana:

T = Suhu saat dilakukannya pengukuran (°C)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Artikel ini menganalisis kondisi dielektrik motor induksi berdasarkan nilai *insulation resistance* yang masih di atas standar serta keseragaman nilai *winding resistance*. Data pengukuran dianalisis menggunakan pendekatan evaluasi terhadap standar pengujian motor listrik dan perbandingan antar fasa untuk mengidentifikasi adanya penyimpangan nilai yang dapat mengindikasikan penurunan kualitas isolasi maupun ketidakseimbangan belitan stator.

3.1. Analisis *Winding Resistance*

Hasil pengukuran *winding resistance* pada Motor 1 kemudian dirangkum dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai *Winding Resistance* pada Motor 1

Test Point	Result
U1-U2	0,8 Ω
V1-V2	0,7 Ω
W1-W2	0,7 Ω

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan batas maksimum selisih nilai *winding resistance* berdasarkan EASA AR100.

A. Menghitung Nilai Rata-Rata

$$R_{Rata-Rata} = \frac{(U_{1-2}) + (V_{1-2}) + (W_{1-2})}{3} \quad (5)$$

$$R_{Rata-Rata} = \frac{0,8 + 0,7 + 0,7}{3}$$

$$R_{Rata-Rata} = \frac{2,2}{3}$$

$$R_{Rata-Rata} = 0,733 \Omega$$

B. Menentukan Batas Toleransi $\pm 5\%$ (EASA AR100)

$$5\% \times 0,733 \Omega = 0,0367 \Omega$$

$$\text{Batas Bawah} : 0,733 + 0,0367 = 0,696 \Omega$$

$$\text{Batas Atas} : 0,733 - 0,0367 = 0,770 \Omega$$

Hasil pengukuran *winding resistance* menunjukkan nilai 0,8 Ω , 0,7 Ω , dan 0,7 Ω dengan nilai rata-rata sebesar 0,733 Ω . Berdasarkan standar EASA AR100, batas toleransi yang diperbolehkan adalah $\pm 5\%$ dari nilai rata-rata, yaitu antara 0,696 Ω hingga 0,770 Ω . Nilai *winding resistance* pada fasa U yakni sebesar 0,8 Ω berada di luar batas toleransi tersebut, sehingga mengindikasikan adanya ketidakseimbangan belitan stator.

Tabel 6. Nilai *Winding Resistance* pada Motor 2

Test Point	Result
U1-U2	0,7 Ω
V1-V2	0,7 Ω
W1-W2	0,7 Ω

Kondisi ini dapat disebabkan oleh variasi sambungan belitan, degradasi konduktor, atau indikasi awal gangguan pada salah satu fasa (pada fasa U) di motor 1 ini. Dan nilai *winding resistance* pada motor 2 ditampilkan pada Tabel 6.

Apabila nilai *winding resistance* pada setiap belitan stator menunjukkan nilai yang sama, yaitu $0,7 \Omega$, maka kondisi belitan dapat dikatakan seimbang. Dalam kondisi ini, perhitungan toleransi tidak menjadi fokus utama karena tidak terdapat perbedaan nilai antar belitan yang berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan arus. Keseragaman nilai *winding resistance* tersebut mengindikasikan bahwa sambungan dan konduktor belitan stator pada motor kedua ini berada dalam kondisi baik.

Berdasarkan hasil pengujian *winding resistance*, motor 1 menunjukkan adanya ketidakseimbangan nilai antar belitan, sedangkan motor 2 memiliki nilai *winding resistance* yang seragam. Ketidakseimbangan pada motor 1 dapat menjadi indikasi awal adanya degradasi termal atau gangguan pada sistem belitan stator, meskipun kondisi tersebut belum tentu secara langsung menyebabkan kegagalan isolasi. Oleh karena itu, pengujian *insulation resistance* tetap diperlukan pada kedua motor untuk memastikan kemampuan isolasi belitan terhadap kebocoran arus ke *ground*, sehingga kondisi dielektrik stator dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh dan akurat [15].

3.2. Analisis *Insulation resistance*

Hasil pengukuran nilai *insulation resistance* pada motor 1 dan motor 2 ditunjukkan pada Tabel 7. Pada saat pengujian dilakukan, temperatur lingkungan yang terukur adalah 29°C sebelum dilakukan koreksi temperatur terhadap standar 40°C .

Tabel 7. Nilai *Insulation Resistance* pada Motor 1 dan Motor 2 Sebelum Dilakukan Koreksi Temperatur (40°C)

Motor	Time	Test Point		
		U-Ground	V-Ground	W-Ground
1	1 Minute	103,3 k Ω	12,5 G Ω	12,48 G Ω
2	1 Minute	9,67 G Ω	10,37 G Ω	9,75 G Ω

Selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi temperatur terhadap nilai *insulation resistance*. Mengingat bahan isolasi pada motor (kelas isolasi F) umumnya bersifat *thermosetting* dan temperatur saat pengujian sebesar 29°C , maka digunakan persamaan koreksi sebagai berikut.

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

$$K_T = e^{\left[-1245\left(\frac{1}{29+273} - \frac{1}{313}\right)\right]}$$

$$K_T = e^{\left[-1245\left(\frac{1}{302} - \frac{1}{313}\right)\right]}$$

$$K_T = e^{[-1245(0,003311-0,003194)]}$$

$$K_T = e^{[-1245(0,000117)]}$$

$$K_T = e^{-0,1456}$$

$$K_T = 0,86$$

Setelah diperoleh nilai koreksi temperatur, selanjutnya dilakukan pengalihan nilai tersebut dengan *insulation resistance* yang telah diperoleh sebelumnya. Tabel 8 di bawah ini memperlihatkan nilai *insulation resistance* pada motor 1 dan motor 2 setelah dilakukan koreksi temperatur.

Tabel 8. Nilai *Insulation Resistance* pada Motor 1 dan Motor 2 Sesudah Dilakukan Koreksi Temperatur (40°C)

Motor	Time	Test Point		
		U-Ground	V-Ground	W-Ground
1	1 Minute	88,838 kΩ	10,75 GΩ	10,733 GΩ
2	1 Minute	8,316 GΩ	8,918 GΩ	8,385 GΩ

Berdasarkan hasil pengujian *winding resistance*, motor 1 menunjukkan adanya ketidakseimbangan nilai resistansi antar belitan, sedangkan motor 2 memiliki nilai *winding resistance* yang seragam pada setiap fasa. Temuan tersebut selaras dengan hasil pengujian *insulation resistance* setelah dilakukan koreksi temperatur yang diperlihatkan pada Tabel 8 diatas, dimana pada motor 1 terlihat perbedaan nilai *insulation resistance* yang signifikan antar fasa, khususnya pada fasa U-ground yang hanya mencapai 88,838 kΩ dan jauh lebih rendah dibandingkan fasa V-ground dan W-ground yang berada pada kisaran gigaohm. Hubungan antara hasil *winding resistance* dan *insulation resistance* ini mengindikasikan terjadinya penurunan kualitas isolasi belitan pada salah satu fasa motor 1 (fasa U), yang berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan arus serta peningkatan rugi-rugi panas selama pengoperasian motor [14].

Motor yang digunakan sebagai penggerak *condenser fan* dituntut memiliki tingkat keandalan yang tinggi karena beroperasi secara kontinu dan berperan penting dalam menjaga efektivitas proses kondensasi. Dalam hal ini, hasil pengujian menjadi dasar penting dalam pengambilan keputusan pemilihan motor yang layak digunakan, dimana motor 2 dengan nilai *winding resistance* dan *insulation resistance* yang seimbang lebih direkomendasikan untuk aplikasi *condenser fan*. Sebaliknya, penggunaan motor dengan kondisi seperti motor 1 berpotensi menyebabkan peningkatan suhu operasi, percepatan degradasi sistem isolasi, penurunan kinerja pendinginan, serta meningkatkan risiko terjadinya kegagalan motor yang dapat berdampak langsung pada keandalan sistem kondensor secara keseluruhan [13].

3.3. Analisis dan Evaluasi Kelayakan Motor

Hasil pengujian yang telah dilakukan menjadi dasar dalam menilai kesiapan motor untuk digunakan sebagai penggerak *condenser fan*. Motor 1 menunjukkan ketidakseimbangan nilai *winding resistance* antar belitan yang disertai dengan nilai *insulation resistance* yang sangat rendah pada salah satu fasa, sehingga mengindikasikan adanya degradasi sistem isolasi belitan stator. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan arus, peningkatan rugi-rugi panas, serta risiko gangguan operasional apabila motor tetap dioperasikan secara kontinu.

Sedangkan motor 2 memiliki nilai *winding resistance* dan *insulation resistance* yang seragam pada setiap fasa, yang menunjukkan kondisi konduktor dan sistem isolasi belitan stator berada dalam keadaan baik. Dengan mempertimbangkan tuntutan operasi *condenser fan* yang membutuhkan keandalan tinggi dan kontinuitas operasi, motor 2 dinilai lebih layak dan direkomendasikan untuk digunakan dalam sistem kondensor. Pemilihan motor dengan kondisi dielektrik yang baik diharapkan dapat menjaga kestabilan suhu kondensor serta meningkatkan keandalan keseluruhan sistem pembangkit.

Sebagai tindak lanjut pemeliharaan, motor 1 direkomendasikan untuk dilakukan tindakan korektif sebelum digunakan kembali, seperti pemberian *varnish* di belitan statornya serta inspeksi menyeluruh terhadap belitan stator dan sistem isolasinya. Apabila hasil pemeriksaan lanjutan menunjukkan degradasi isolasi yang signifikan, maka tindakan pemeliharaan berupa *rewinding* stator perlu dipertimbangkan untuk mengembalikan keandalan dan keselamatan operasional motor.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian *winding resistance* yang dilakukan pada motor induksi AC tiga fasa 18,5 kW di PLTP Silangkitang - Sarulla Operations Limited, diketahui bahwa motor 1 memiliki ketidakseimbangan nilai tahanan belitan stator, sedangkan motor 2 menunjukkan nilai *winding resistance* yang sama pada setiap fasa. Hasil ini menggambarkan bahwa kondisi belitan motor 2 lebih seragam, sementara pada motor 1 terdapat indikasi perbedaan kondisi belitan yang perlu diperhatikan.

Hasil pengujian *insulation resistance* setelah dilakukan koreksi temperatur, menunjukkan perbedaan kondisi isolasi yang cukup jelas antara kedua motor. Pada motor 1, salah satu fasa memiliki nilai *insulation resistance* yang jauh lebih rendah dibandingkan fasa lainnya, sehingga mengindikasikan adanya penurunan kualitas isolasi belitan stator. Sedangkan motor 2 memiliki nilai *insulation resistance* tinggi yang menandakan bahwa sistem isolasi belitan stator masih berada dalam kondisi baik.

Dari keseluruhan hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa motor 2 lebih layak digunakan sebagai penggerak *condenser fan* karena memiliki kondisi belitan dan isolasi yang lebih andal. Sementara itu, motor 1 memerlukan tindakan pemeliharaan lanjutan sebelum dapat dioperasikan kembali seperti *re-varnishing* atau *rewinding*, guna menghindari risiko gangguan operasi dan menjaga keandalan sistem kondensor secara keseluruhan.

❖ DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. Lumbangaol, Andira, M. Ikbal, D. J. Sinaga, and A. Sinuraya, "Studi Starting Dan Resistansi Stator Terhadap Slip, Arus Awal, Dan Kualitas Daya Motor Induksi," *J. Ilm. Nusant. (JINU)*, vol. 3, no. 1, pp. 272–282, 2026, doi: 10.61722/jinu.v3i1.7519.
- [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] A. Oktavianto and J. Joko, "Analisis Kelayakan Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas Di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU," *J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 108–113, 2024, doi: 10.26740/jte.v14n2.p108-113.
- [4] F. Pujiyanto, "Analisis Winding Insulation Pada Performa Induksi Motor Tiga Phase Berbasis Logika Fuzzy," *Maj. Ilm. Bahari Jogja*, vol. 20, no. 2, pp. 118–134, 2022, doi: 10.33489/mibj.v20i2.296.
- [5] E. A. Yulanda, S. Dinata, J. T. Susilo, and W. Setiawan, "Analisis Pergeseran Phase Motor Induksi 3 Phase Hasil Rewinding Dengan Pemodelan Finite Element," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 6, no. 2, p. 142, 2023, doi: 10.32493/epic.v6i2.36368.
- [6] U. A. Pringsewu, M. Krisna Prapongga, and R. Rahmadewi, "Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Sistem Pemeliharaan Motor Listrik 3 Fasa Pada Reaktor Ga-243 (Studi Kasus Pt Sintas Kurama Perdana)," *Sist. Pemeliharaan Mot. List. 3 Fasa Pada Reakt. Ga-243 (Studi Kasus Pt Sintas Kurama Perdana)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.30604/jti.v6i1.176.
- [7] A. Radiansyah and A. Gifson, "Inspeksi Overhaul Motor Induksi 3 Fasa 1000 KW di PT. Mesindo Tekninesia," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 100, 2020, doi: 10.24912/tesla.v21i2.7180.
- [8] A. F. Muhammad, U. Latifa, and I. A. Bangsa, "Analisis Isolasi Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air Saguling," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 48, 2021, doi: 10.30591/polektro.v10i2.2584.
- [9] Fandi Rahman, Muh. Fitrah, Suryani Suryani, and Hafsah Nirwana, "Analisis Tahanan Isolasi Peralatan Utama Gardu Induk Panakkukang," *Globe Publ. Ilmu Tek. Teknol. Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, vol. 2, no. 3, pp. 237–249, 2024, doi: 10.61132/globe.v2i3.507.
- [10] N. Akbar, "Pengkoreksian Dan Maintenance Nilai Tahanan Isolasi Stator Pada Motor Induksi 3 Phasa," 2025.
- [11] Kurniawan, A. (2021). *Analisa Pengukuran Kenaikan Temperatur Belitan Motor Mesin Cuci Merk Polytron Untuk Uji Kualitas Produk* (Doctoral dissertation, Universitas Sultan Agung).
- [12] Abdillah, H., Baihaqi, M. A., Hakim, L., Analisa, A., & Arista, H. (2023). *Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa*. *INTRO: Journal Informatika dan Teknik Elektro*, 2(1), 37–42. doi: 10.61722/jinu.v3i1.7519
- [13] Gerong, R. U. I. P. S. "Analisis Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor Induksi 3 Fasa FC-PM-6A di FCCU Maintenance Area 3 PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit III Plaju–Sungai Gerong," vol. 15, no. 1, 2025.

- [14] M. Wahyudi, D. A. Asfani, I. M. Y. Negara, D. Fahmi, I. G. Ngurah, and S. Hernanda, “Evaluasi Degradasi Isolasi Motor akibat Multi-factor Aging berdasarkan Indeks Polarisasi dan SEM-EDX,” vol. 8, no. 1, pp. 92–100, 2019.
- [15] A. Decner, M. Baranski, and T. Jarek, “Methods of Diagnosing the Insulation of Electric Machines Windings,” 2022, doi: 10.3390/en15228465.