

Studi Evaluasi Rewinding Motor Induksi Tiga Fasa 1,5 kW 3000 rpm dengan Parameter Tahanan Isolasi dan Arus Tanpa Beban

Rayhan Shadiqi¹, Riza Widia², Wiwik Wiharti³, Aldi Rahman⁴, Akbar Abadi⁵

^{1,2,3,4,5} *Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Indonesia*

rayhanshadiqi0112@gmail.com^{1*}, rizawidia@pnp.ac.id², wiwikwiharti@pnp.ac.id³, aldi_rahman@pnp.ac.id⁴, akbar@pnp.ac.id⁵

Received 24 Februari 2026 | Revised 12 Juli 2026 | Accepted 05 Agustus 2026

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu penggerak listrik yang banyak digunakan pada sektor industri, sehingga keandalan dan kondisi operasinya harus senantiasa terjaga. Salah satu metode perbaikan yang umum diterapkan dalam industri pada motor yang mengalami kerusakan lilitan adalah proses rewinding. Penelitian ini menyajikan evaluasi hasil proses rewinding motor induksi tiga fasa berdaya 1,5 kW dengan kecepatan nominal 3000 rpm yang dilakukan di Unit Bengkel Listrik dan Instrumen PT. Semen Padang. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan operasi motor setelah rewinding dengan meninjau kesesuaian parameter kelistrikan, kualitas sistem isolasi, serta keseimbangan arus. Metode penelitian meliputi pengambilan data nameplate sebagai acuan, pendataan kumparan stator, evaluasi visual kondisi stator, serta pengujian kelistrikan yang mencakup pengukuran tahanan winding, tahanan isolasi (Rsi), Polarization Index (PI), dan arus tanpa beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tahanan winding seimbang sebesar 4,6 Ω pada setiap fasa, Nilai tahanan isolasi berada pada kisaran 1,80–3,31 G Ω dengan nilai PI sebesar 2,17. Pengujian arus tanpa beban menghasilkan nilai arus rata-rata sebesar 1,29 A atau sekitar 41% dari arus nominal nameplate, dengan tingkat ketidakseimbangan arus sebesar 2,3%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses rewinding telah berhasil dilakukan dan motor induksi dinyatakan memenuhi persyaratan teknis serta layak untuk dioperasikan kembali.

Kata kunci: Rewinding, Tahanan Isolasi, Indeks Polarisasi, Motor Induksi Tiga Fasa

Three-phase induction motors are widely used as electric drives in industrial sectors; therefore, their reliability and operational condition must be continuously maintained. One common repair method applied to induction motors experiencing winding damage is the rewinding process. This study presents an evaluation of the rewinding results of a three-phase induction motor rated at 1.5 kW with a nominal speed of 3000 rpm, conducted at the Electrical and Instrumentation Workshop Unit of PT. Semen Padang. The objective of this research is to assess the operational feasibility of the motor after rewinding by examining the conformity of electrical parameters, the quality of the insulation system, and the phase current balance. The research methodology includes collecting nameplate data as a reference, documenting stator windings, performing a visual evaluation of the stator condition, and conducting electrical tests comprising winding resistance measurement, insulation resistance (Rsi) testing, Polarization Index (PI) evaluation, and no-load current measurement. The test results indicate that the winding resistance values are balanced at 4.6 Ω for each phase, while the insulation resistance ranges from 1.80 to 3.31 G Ω with a Polarization Index value of 2.17. The no-load current test results show an average current of 1.29 A, corresponding to approximately 41% of the rated current specified on the nameplate, with a current unbalance of 2.3%. Based on these results, it can be concluded that the rewinding process was successfully performed and the induction motor meets the technical requirements and is suitable for re-operation.

Keywords: Rewinding, Insulation Resistance, Polarization Index, Three-Phase Motor Induction

I. PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas industri di Indonesia mendorong penggunaan motor listrik, khususnya motor induksi, secara luas dalam berbagai proses produksi (Kim et al., 2023). Tingginya intensitas operasi yang tidak selalu sesuai dengan spesifikasi nameplate sering menyebabkan gangguan seperti beban berlebih, ketidakseimbangan tegangan, dan kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Dampak dari kondisi tersebut antara lain terbakarnya lilitan stator, peningkatan temperatur bearing, serta getaran akibat keausan mekanis (Jose L. Gonzalez-Cordoba et al., 2018), (T. Farias Dos Santos & Forno, 2025), (Alloui et al., 2023). Mengingat sebagian besar gangguan motor induksi bersumber dari kerusakan lilitan, diperlukan metode perbaikan yang tepat untuk mengembalikan performa motor dan menekan biaya pemeliharaan (Liliana et al., 2025). *Rewinding* merupakan salah satu metode perbaikan yang umum diterapkan untuk memulihkan kinerja motor induksi. Proses ini meliputi pembongkaran lilitan lama, pemeriksaan stator, pemilihan kawat email sesuai spesifikasi,

pemasangan isolasi, serta proses impregnasi dan pengeringan. Setelah perbaikan, dilakukan pengujian arus kerja dan tahanan isolasi menggunakan *insulation tester* (megger) guna memastikan motor layak dioperasikan (Liliana et al., 2025). Keseimbangan arus antar fasa dan nilai tahanan isolasi yang memenuhi standar menjadi indikator penting dalam menjamin stabilitas operasi motor serta meminimalkan risiko gangguan pada sistem kelistrikan industri (Ruri Irwanto & Hermawan, 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi hasil proses rewinding motor induksi tiga fasa berdaya 1,5 kW 3000 rpm yang dilakukan di unit Bengkel Listrik dan Instrumen PT. Semen Padang. Evaluasi dilakukan melalui pengujian parameter kelistrikan, kualitas isolasi, dan keseimbangan arus untuk menentukan kelayakan motor sebelum dioperasikan kembali pada sistem industri.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Data Motor

Pengambilan data motor dilakukan melalui identifikasi spesifikasi teknis yang tertera pada *nameplate* motor (Khumalo et al., 2022). Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Merek motor
2. Fasa
3. *Voltage*
4. *Frequency*
5. *Power*
6. *Current*
7. *Power factor*
8. rpm

B. Pengambilan Data Stator

Pengambilan data stator dilakukan setelah motor dibongkar. Data yang dikumpulkan meliputi parameter kawat dan konfigurasi winding stator, yaitu:

1. Jumlah slot
2. Diameter kawat
3. Seri spul
4. Jenis sambungan
5. Jumlah lilitan
6. Jumlah Kutub (*Pole*)

Data winding tidak ditentukan berdasarkan nilai resistansi kumparan karena kerusakan pada lilitan dapat menyebabkan perubahan nilai resistansi. Identifikasi winding dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap konfigurasi lilitan yang masih dapat dikenali, meliputi jumlah slot, diameter kawat, jumlah lilitan, jenis sambungan, dan pola bentangan kumparan (Linda Sartika et al., 2024),(Joko Tri Susilo et al., 2023). Data gambar bentangan diperoleh melalui pengamatan pola spul dan perhitungan kecepatan sinkron menggunakan Persamaan (1), yaitu:

$$N_s = \frac{120 \times Hz}{p} \quad (1)$$

Parameter stator yang digunakan sebagai dasar pembuatan gambar bentangan meliputi:

1. Kecepatan sinkron (rpm)
2. Langkah siap
3. Jarak fasa
4. Jarak sambungan

C. Rewinding Motor

Proses rewinding dilakukan berdasarkan data motor dan data stator yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Tahapan rewinding meliputi pembersihan stator, pemanasan untuk menghilangkan kelembapan, pemasangan kertas isolasi pada slot, pembuatan mal cetakan spul, pemasangan kumparan baru sesuai data winding, pemasangan kertas penyekat antarspul, penyambungan kawat, serta pengikatan kumparan stator (Hidayat & Goeritno, 2018). Setelah proses rewinding selesai, dilakukan perakitan kembali (*assembly*) motor hingga siap dioperasikan. Selanjutnya motor dipersiapkan untuk tahap pengujian kelistrikan (Liliana et al., 2025), (Linda Sartika et al., 2024).

D. Pengukuran Tahanan Winding

Pengukuran tahanan winding menggunakan *insulation tester* dilakukan terhadap tahanan antar kumpulan U–X, V–Y, dan W–Z dengan tujuan memperoleh nilai resistansi yang seragam pada setiap fasa sebagai indikator keseimbangan lilitan dan konsistensi sambungan fasa (N. R. Sharma, 2024). Pengujian juga dilakukan dengan mengukur tahanan antara masing-masing fasa terhadap *body* motor (N. R. Sharma, 2024).

E. Pengujian Rsi dan PI

Pengujian Rsi dan PI mengacu pada IED 60034-1, besar tegangan uji Rsi dan PI untuk motor dengan tegangan kerja <1000 V adalah 500 VDC, dengan standar umum minimum Rsi 100 MΩ untuk stator baru atau pasca pemeliharaan berat (Ruri Irwanto & Hermawan, 2024) (Ortigueira et al., 2018). Jika nilai Rsi belum memenuhi standar, dilakukan pengeringan menggunakan oven dan pelapisan ulang varnish hingga diperoleh nilai yang sesuai (Liliana et al., 2025). *Polarization Index* (PI) digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan kualitas sistem isolasi lilitan motor listrik, khususnya pengaruh kelembapan, kontaminasi, dan penuaan isolasi. Nilai PI yang dinyatakan memenuhi syarat uji kelayakan, yaitu ≥ 2 (Karimi, 2015). Secara matematis, Polarization Index dinyatakan dengan persamaan (2), yaitu:

$$PI = \frac{R_{10 \text{ menit}}}{R_1 \text{ menit}} \quad (2)$$

F. Pengujian Motor Dengan Sumber Tegangan

Setelah motor dinyatakan memenuhi persyaratan pada pengujian Resistansi Isolasi (Rsi) dan *Polarization Index* (PI), selanjutnya dilakukan pengujian motor dengan sumber tegangan. Pengujian dilakukan menggunakan Voltage Regulator dengan menaikkan tegangan secara bertahap hingga mencapai tegangan nominal sesuai nameplate motor, yaitu 400 V dengan hubungan Y (star). Setelah tegangan nominal tercapai, dilakukan pengukuran arus pada fasa U, V, dan W (Karimi, 2015)(Chitariu et al., 2024).

Arus nominal tanpa beban harus <50% dari arus pada *nameplate* (Karimi, 2015). Arus nominal dapat ditentukan menggunakan persamaan (3), yaitu:

$$I = \frac{I_{rata-rata}}{I_{nameplate}} \times 100\% \quad (3)$$

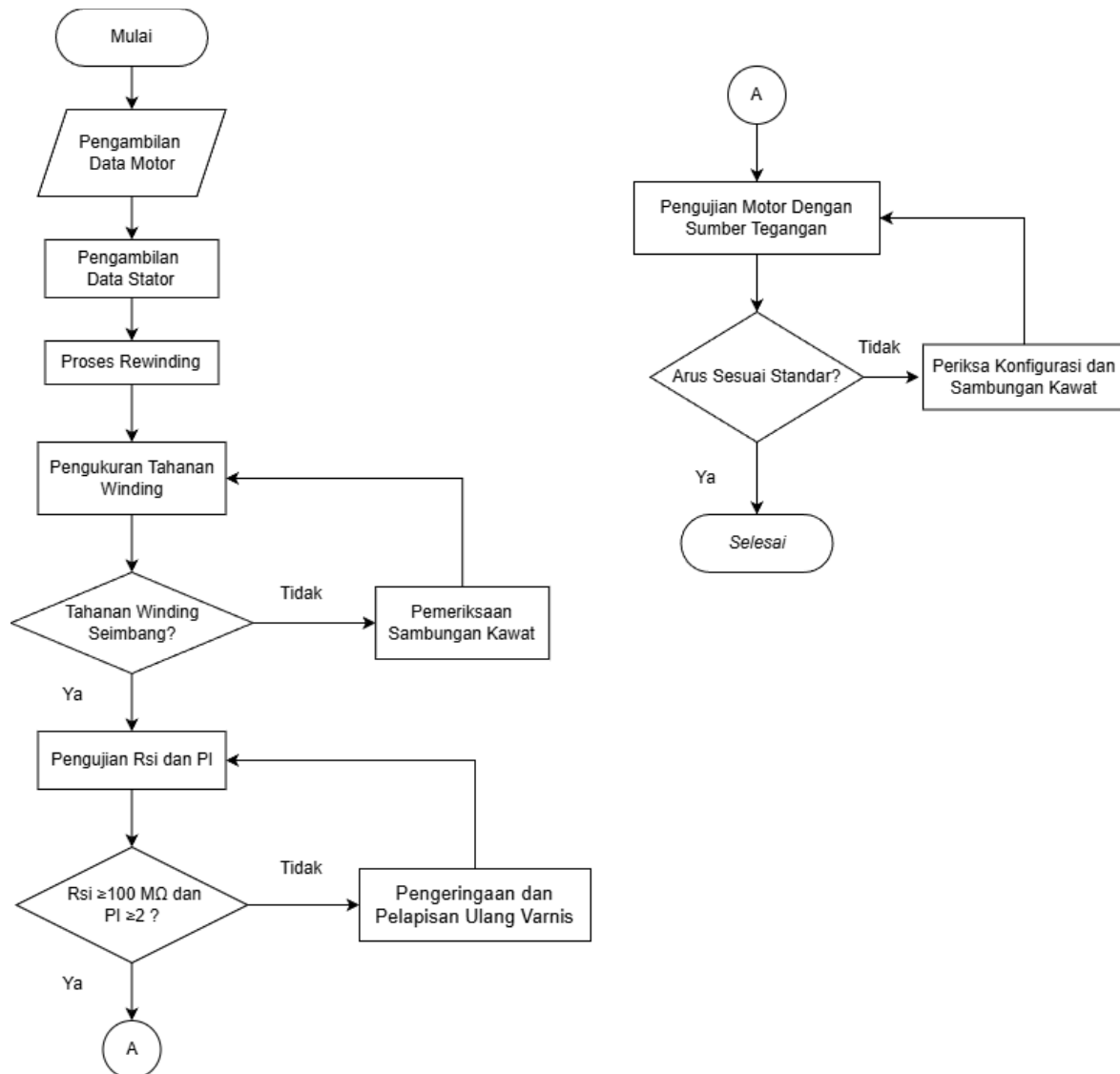
Mengacu pada standar IEC 60034-1, pada kondisi operasi normal dengan suplai tegangan yang seimbang, selisih arus antar fasa U, V, dan W pada motor induksi dibatasi hingga maksimum $\pm 5\%$ dari nilai arus rata-rata ketiga fasa (Karimi, 2015). Untuk menentukan besarnya tingkat ketidakseimbangan arus, digunakan persamaan (4), yaitu:

$$\% \text{ Ketidakseimbangan Arus} = \frac{I_{maks} - I_{rata}}{I_{rata}} \times 100\% \quad (4)$$

Apabila hasil pengujian tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan, dilakukan pemeriksaan ulang terhadap konfigurasi winding dan sambungan kawat sebelum pengujian diulang.

G. Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Rewinding Motor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengambilan data motor berdasarkan *nameplate* menunjukkan bahwa spesifikasi utama motor, seperti tegangan kerja, arus nominal, daya, frekuensi, kecepatan putar, dan jenis sambungan, telah teridentifikasi dengan jelas. Data *nameplate* ini digunakan sebagai acuan utama dalam proses *rewinding* dan pengujian motor untuk memastikan kesesuaian karakteristik listrik serta menjamin motor dapat beroperasi kembali sesuai dengan spesifikasi pabrikan. Hasil pendataan *nameplate* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor

Spesifikasi	Hasil
Merek motor	SIEMENS
Fasa	3
Voltage	400 (Y)
Frequency	50 Hz
Power	1.5 KW
Current	3.15 A
Power Factor	0.84
rpm	2885

Untuk pendataan kawat stator, beberapa variabel utama diidentifikasi melalui proses pembongkaran dan pengamatan langsung pada kumparan stator. Hasil pendataan kawat stator disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kawat

Spesifikasi	Hasil
Jumlah Slot	24
Diameter kawat	1 x 0.70 mm
Seri Spul	2
Jenis sambungan	Seri
Jumlah lilitan	54
Jumlah Kutub (<i>Pole</i>)	2

Berdasarkan frekuensi sumber sebesar 50 Hz dan jumlah kutub sebanyak 2, kecepatan sinkron medan magnet stator dihitung sebagai berikut:

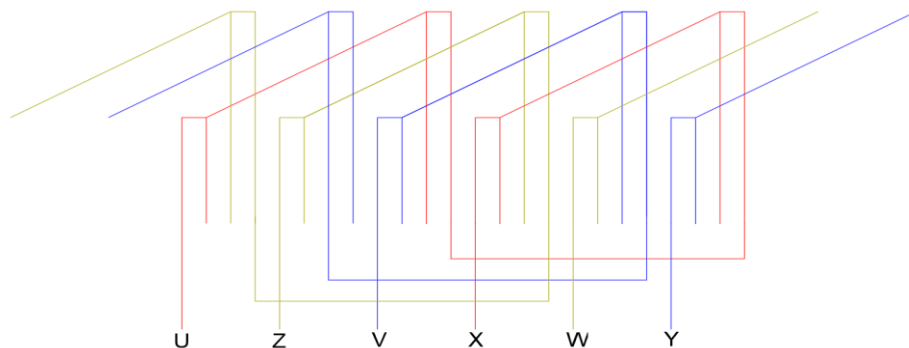
$$N_s = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

Nilai kecepatan sinkron tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan parameter winding stator dan pembuatan gambar bentangan. Data winding stator yang didapatkan dari hasil perhitungan dan pengamatan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Winding Stator

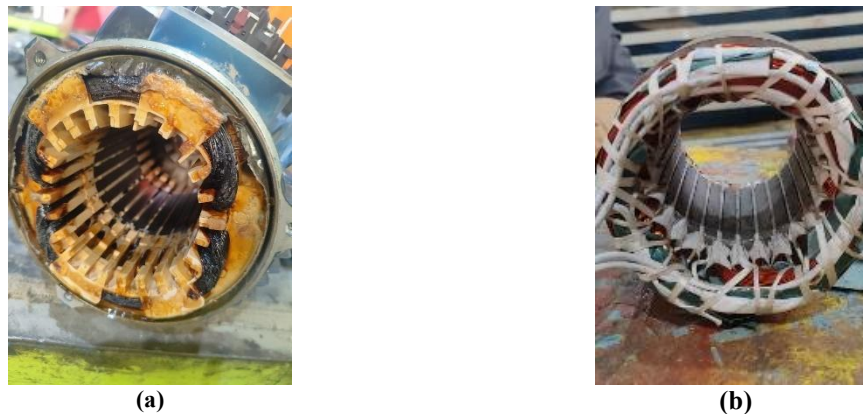
Spesifikasi	Hasil
Kecepatan sinkron (rpm)	3000
Langkah Siap	12
Jarak Fasa	9
Jarak Sambungan	13

Gambar bentangan stator disusun berdasarkan parameter winding tersebut dan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentangan Kawat Motor 3000 rpm, slot 24

Gambar 3(a) menunjukkan kondisi stator sebelum proses *rewinding*, dengan kerusakan signifikan pada sistem isolasi lilitan yang ditandai oleh terbakarnya isolasi. Berdasarkan hasil evaluasi visual dan teknis, lilitan lama mengalami degradasi kualitas isolasi akibat paparan suhu kerja yang tinggi dalam jangka waktu yang lama. Kondisi tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan isolasi listrik dan terjadinya hubungan singkat antar lilitan, sehingga motor tidak lagi memenuhi persyaratan kelayakan operasi.



Gambar 3. Kondisi Stator (a) Sebelum Rewinding, dan (b) Setelah Rewinding

Setelah proses *rewinding* pada Gambar 3(b), kondisi stator menunjukkan perbaikan yang signifikan secara visual, ditandai dengan lilitan baru yang tersusun rapi dan seragam, serta penggunaan isolasi yang bersih dan utuh. Tidak terlihat lagi tanda-tanda kerusakan akibat panas berlebih seperti perubahan warna atau isolasi yang terbakar, sehingga secara visual mencerminkan peningkatan kualitas lilitan dan kesiapan stator untuk tahap pengujian dan pengoperasian lebih lanjut.

Data hasil pengukuran tahanan *winding* menggunakan multimeter pada pasangan fasa U–X, V–Y, dan W–Z dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tahanan Winding

Kumparan	Tahanan (Ω)
U–X	4,6
V–Y	4,6
W–Z	4,6

Berdasarkan data pada Tabel 4, nilai tahanan winding stator yang diukur pada pasangan fasa U–X, V–Y, dan W–Z masing-masing sebesar 4,6 Ω . Keseragaman nilai tahanan tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat deviasi resistansi antar fasa, sehingga winding stator dapat dinyatakan seimbang. Keseimbangan tahanan ini merupakan indikator bahwa proses rewinding telah dilakukan dengan baik, terutama dalam hal keseragaman jumlah lilitan, panjang konduktor, dan kualitas sambungan antar kumparan.

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan sumber tegangan, motor yang telah melalui proses *rewinding* terlebih dahulu dievaluasi melalui pengujian *Insulation Resistance* (Rsi) dan *Polarization Index* (PI). Pengujian dilakukan menggunakan Megger S1-1068 10 kV *Insulation Tester* dengan tegangan uji sebesar 500V. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada setiap pasangan terminal antarkumparan serta antara kumparan dan *ground*. Hasil pengukuran Rsi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Rsi

Kumparan	Rsi (G Ω)
U – V	3.31
U – W	3.28
V – W	2.02
UVW – Ground	1.80

Hasil pengukuran tahanan isolasi (Rsi) menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi antarkumparan dan antara kumparan terhadap *ground* berada pada rentang 1,80–3,31 G Ω . Mengacu pada IEEE Std 43-2000 Tabel 3, nilai minimum tahanan isolasi yang direkomendasikan pada temperatur referensi 40 °C untuk mesin dengan *random-wound stator coils* adalah 5 M Ω (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000). Dengan demikian, nilai tahanan isolasi hasil pengukuran berada jauh di atas nilai minimum yang direkomendasikan, yang mengindikasikan bahwa sistem isolasi belitan berada dalam kondisi yang layak untuk pengujian dan pengoperasian lebih lanjut. Pengujian *Polarization Index* (PI) dilakukan untuk mengevaluasi kondisi isolasi belitan berdasarkan perubahan nilai tahanan isolasi terhadap waktu. Pengukuran dilakukan antara kumparan dan *ground* menggunakan tegangan uji sebesar 500 V, dengan nilai tahanan isolasi dicatat pada menit ke-1 dan menit ke-10. Hasil pengukuran yang digunakan dalam perhitungan PI disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi untuk Perhitungan PI

Waktu Pengukuran	Tahanan Isolasi (GΩ)
1 menit	1.80
10 menit	3.90

Pengukuran PI menggunakan nilai tahanan isolasi pada dua titik waktu, yaitu menit ke-1 dan menit ke-10, sebagaimana disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan data tersebut dan perhitungan menggunakan Persamaan (2), nilai PI diperoleh sebagai berikut:

$$PI = \frac{3.90 \text{ G}\Omega}{1.80 \text{ G}\Omega}$$

$$PI = 2.17$$

Nilai PI yang tinggi menunjukkan bahwa arus bocor menurun seiring waktu akibat berkurangnya komponen arus absorpsi, sehingga mengindikasikan kondisi isolasi yang cukup baik dan kering. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan *insulation tester* selama 10 menit, motor yang diuji memiliki nilai PI sebesar 2.17. Nilai ini berada di atas batas minimum yang direkomendasikan yaitu $PI \geq 2$ (IEEE Std 43-2013 (Revision of IEEE Std 43-2000), 2014), sehingga dapat disimpulkan bahwa isolasi belitan motor berada dalam kondisi cukup baik, tidak lembap, serta belum menunjukkan indikasi degradasi yang signifikan, dan masih layak untuk dioperasikan.

Pengujian motor dilakukan dengan memberikan sumber tegangan tiga fasa sebesar 380 V, sedangkan arus pada masing-masing fasa U, V, dan W diukur untuk mengevaluasi kondisi operasi motor. Hasil pengukuran arus disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengukuran Arus

Fasa	Arus (A)
U	1.29
V	1.32
W	1.28

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 7, nilai arus nominal tanpa beban dapat dihitung. Secara teknis, arus nominal tanpa beban harus bernilai kurang dari 50% arus nominal yang tercantum pada *nameplate* (International Electrotechnical Commission (IEC), 2022). Perhitungan arus nominal tanpa beban menggunakan Persamaan (3) dan ditunjukkan sebagai berikut:

$$I = \frac{\frac{1.29 + 1.32 + 1.28}{3}}{3.15} \times 100\%$$

$$I = \frac{1.29}{3.15} \times 100\%$$

$$I = 41\%$$

Pada kondisi operasi normal dengan suplai tegangan yang seimbang, selisih arus antar fasa pada motor induksi dibatasi hingga maksimum $\pm 5\%$ dari nilai arus rata-rata ketiga fasa (International Electrotechnical Commission (IEC), 2022). Apabila selisih arus yang terjadi melebihi batas tersebut, maka motor dinyatakan beroperasi dalam kondisi tidak seimbang (*unbalance*) dan diperlukan evaluasi serta pemeriksaan lanjutan terhadap sistem kelistrikan maupun kondisi internal motor. Untuk menentukan besarnya tingkat ketidakseimbangan arus, digunakan Persamaan (4) sebagai berikut:

$$\% \text{ Ketidakseimbangan Arus} = \frac{1.32 - 1.29}{1.29} \times 100\%$$

$$\% \text{ Ketidakseimbangan Arus} = 2.3\%$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan utama terkait hasil proses rewinding dan kelayakan operasi motor induksi yang diuji sebagai berikut:

1. Data nameplate motor induksi tiga fasa 1,5 kW berhasil diidentifikasi secara lengkap dan digunakan sebagai acuan rewinding, sehingga karakteristik listrik motor tetap sesuai dengan spesifikasi pabrikan.

2. Parameter kumparan stator hasil pendataan bersifat konsisten, meliputi jumlah slot, diameter kawat, jumlah lilitan, jenis sambungan, dan konfigurasi kutub, yang mendukung keberhasilan proses rewinding secara teknis.
3. Kondisi stator mengalami peningkatan signifikan setelah rewinding, ditunjukkan oleh perbaikan sistem isolasi lilitan yang sebelumnya rusak akibat degradasi termal, sehingga motor kembali memenuhi persyaratan kelayakan operasi.
4. Hasil pengujian kelistrikan menunjukkan performa yang memenuhi standar, ditandai dengan tahanan winding antar fasa yang seimbang ($4,6 \Omega$), nilai tahanan isolasi $1,80\text{--}3,31 \text{ G}\Omega$ yang melampaui batas minimum internal PT Semen Padang dan rekomendasi IEEE Std 43, serta nilai Polarization Index (PI) sebesar 2,17.
5. Pengujian arus tanpa beban menunjukkan kondisi operasi yang stabil, dengan arus rata-rata sebesar 41% dari arus nominal dan tingkat ketidakseimbangan arus 2,3%, yang masih berada di bawah batas toleransi $\pm 5\%$ sesuai IEC 60034-1, sehingga motor dinyatakan layak dan aman untuk dioperasikan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloui, A., Laadjal, K., Sahraoui, M., & Cardoso, A. J. M. (2023). Online Interturn Short-Circuit Fault Diagnosis in Induction Motors Operating Under Unbalanced Supply Voltage and Load Variations, Using the STLSP Technique. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 70, 182365–182375. <https://doi.org/10.1109/TIE.2022.3172751>
- Chitariu, D.-F., Horodincu, M., Mihai, C.-G., Bumbu, N.-E., Dumitras, C. G., Seghedini, N.-E., & Edutanu, F.-D. (2024). Condition Monitoring of a Three-Phase AC Asynchronous Motor Based on the Analysis of the Instantaneous Active Electrical Power in No-Load Tests. *Applied Sciences*, 14(14), 6124. <https://doi.org/10.3390/app14146124>
- Hidayat, A., & Goeritno, A. (2018). *Rekondisi Rumah dan Inti Stator Bekas dan Rekonstruksi Koil untuk Keterbentukan Struktur Belitan Stator Alternator Fase-tunggal*. 5(1), 9–17. <https://doi.org/10.32832/juteks.v10i1.14267>
- IEEE Std 43-2013 (Revision of IEEE Std 43-2000). (2014). *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery*. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2014.6754111>
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2000). IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. In *IEEE Std 43-2000*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2000.91301>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2022). *IEC 60034-1: Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance* (14th ed.). International Electrotechnical Commission.
- Joko Tri Susilo, Dinata, S., Setiawan, J., & Santoso, E. (2023). *ANALISA EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 PHASA HASIL REWINDING DENGAN PEMODELAN FINITE ELEMENT*. 6(1), 83–91. <https://doi.org/10.32493/epic.v6i1.30752>
- Jose L. Gonzalez-Cordoba, Osornio-Rios, R. A., Granados-Lieberman, D., Romero-Troncoso, R. de J., & Valtierra-Rodriguez, M. (2018). Thermal-Impact-Based Protection of Induction Motors Under Voltage Unbalance Conditions. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 33(4), 1748–1756. <https://doi.org/10.1109/TEC.2018.2834487>
- Karimi, H. T. and F. (2015). Influence of ambient and test conditions on insulation resistance/polarization index in hv electrical machines - a survey. *Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 22(1), 241–250. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2014.004638>
- Khumalo, N. S., Memane, N. P., & U. B. Akuru. (2022). Testing and Evaluation of Standards for Performance and Safety of Induction Motors. *IEEE PES/IAS PowerAfrica*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica53997.2022.9905333>

- Kim, M., Lee, J., Wang, D., & Lee, I. (2023). *Induction Motor Fault Diagnosis Using Support Vector Machine, Neural Networks, and Boosting Methods*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23052585>
- Liliana, Aini, Z., Bandri, S., & Akbar, N. Z. (2025). *Evaluation and Improvement of Insulation Resistance in Induction Motor Stators Using Corrective Maintenance Methods*. 10(08), 6647–6653. <https://doi.org/10.47191/etj/v10i08.57>
- Linda Sartika, Prasetya, A. M. P., Bobby Setiawan, & Tri Widodo. (2024). Rewinding of 3 Phase Induction Motor Double Speed. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 9(2), 139–148. <https://doi.org/10.54732/jeeecs.v9i2.6>
- N. R. Sharma, B. R. B. and O. P. M. (2024). Sequence Component Based Approach to Detect Faults in Induction Motor Stator Winding. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 71(11), 15054–15065. <https://doi.org/10.1109/TIE.2024.3363718>
- Ortigueira, M. D., Gonzalez, E. A., & Petr, I. (2018). *Novel Polarization Index Evaluation Formula And Fractional-Order Dynamics*. 613–627. <https://doi.org/10.1515/fca-2018-0033>
- 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>
- T. Farias Dos Santos, & Forno, A. J. D. (2025). Simulation and Analysis of Stator Winding Terminal Faults in a 75 hp Three-Phase Induction Motor. *IEEE Access*, 13, 182365–182375. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3623370>