



Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa

*Hartawan Abdillah¹, Mas Ahmad Baihaqi², Lukmanul Hakim³, Ari Analisa⁴, Hermin Arista⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Elektro, Teknik dan Informatika, Universitas Panca Marga, Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia, 67271

*Email: hartawanabdillah@upm.ac.id¹

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tahanan isolasi pada motor 3 fasa dan mengevaluasi kondisi isolasi menggunakan pengujian megger dengan tegangan 500 V. Berdasarkan standar IEEE Std 43-2000, nilai tahanan isolasi minimal yang diharapkan adalah 5 M Ω . Sampel motor 3 fasa diuji dengan mengukur tahanan isolasi fasa terhadap Ground menggunakan megger. Hasil pengujian menunjukkan nilai tahanan isolasi U - Ground sebesar 318 M Ω , 356 M Ω , dan 588 M Ω . Meskipun nilai tahanan isolasi tidak mencapai nilai minimal yang diharapkan, nilai yang diperoleh tetap menunjukkan kondisi isolasi yang baik dan memadai untuk tegangan kerja motor. Diperlukan pengujian tahanan isolasi secara berkala untuk pemantauan dan perawatan isolasi motor dalam jangka panjang.

Keywords: Motor 3 Fasa, Tahanan Isolasi, Pengujian Megger

ABSTRACT

This study aims to measure the insulation resistance of a 3-phase motor and evaluate its insulation condition using a megger test with a voltage of 500 V. According to IEEE Std 43-2000 standard, the minimum expected insulation resistance value is 5 M Ω . Samples of 3-phase motors were tested by measuring the insulation resistance between phases and ground using a megger. The test results showed the insulation resistance values U - Ground of 318 M Ω , 356 M Ω , and 588 M Ω . Although the insulation resistance values did not reach the expected minimum value, the obtained values still indicate good insulation condition and are sufficient for the motor's operating voltage. Periodic insulation resistance testing is required for long-term monitoring and maintenance of the motor's insulation.

Keywords: 3-Phase Motor, Insulation Resistance, Megger Test

Submitted : *Revision* : *Accepted* :

PENDAHULUAN

Sistem pembangkit listrik yang efisien dan handal merupakan salah satu pilar utama dalam industri ketenagalistrikan. Motor 3 fasa memegang peranan penting dalam pengoperasian berbagai mesin industri, peralatan, dan sistem penggerak. Dalam kondisi operasi yang optimal, motor 3 fasa berfungsi dengan baik dan memberikan kinerja yang stabil. Namun, seiring berjalannya waktu dan berbagai faktor lingkungan, kondisi isolasi pada motor 3 fasa dapat mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas isolasi dapat menyebabkan gangguan dan bahkan kegagalan pada motor, yang dapat berdampak negatif pada keseluruhan sistem pembangkit. Untuk mencegah potensi kegagalan dan

mengidentifikasi dini masalah pada isolasi motor 3 fasa, pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas digunakan sebagai alat diagnostik yang efektif.

Pengukuran tahanan isolasi bertujuan untuk mengukur resistansi antara pembungkus isolasi dan penghantar dalam motor. Nilai tahanan isolasi yang rendah dapat menunjukkan adanya kebocoran arus listrik, yang merupakan tanda kondisi isolasi yang buruk. Sementara itu, pengukuran indeks polaritas digunakan untuk mengidentifikasi potensi konsolidasi atau kelemahan pada isolasi motor. Dengan menganalisis hubungan antara tahanan isolasi pada dua fase yang berdekatan, indeks polaritas dapat memberikan petunjuk mengenai kemungkinan kerusakan atau kebocoran pada

isolasi. Dalam konteks ini, penting untuk mengimplementasikan pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor 3 fasa secara berkala di pembangkit.

Pengujian dilakukan secara periodik untuk memantau kondisi isolasi dan mengambil tindakan pencegahan yang tepat jika ditemukan adanya perubahan signifikan pada nilai tahanan isolasi atau indeks polaritas. Hal ini akan membantu mengidentifikasi potensi masalah isolasi secara dini sebelum menyebabkan gangguan atau kegagalan pada motor, sehingga meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pembangkit. Selain itu, pengujian tahanan isolasi dan indeks polaritas juga merupakan bagian integral dari praktik perawatan preventif dan prediktif dalam industri ketenagalistrikan. Dengan melibatkan para ahli diagnostik dan pemeliharaan, hasil dari pengukuran ini dapat digunakan untuk menyusun strategi perawatan yang tepat, termasuk penjadwalan pemeliharaan dan penggantian komponen isolasi yang sesuai. Dengan mengadopsi praktik perawatan yang proaktif, pembangkit dapat meningkatkan keandalan operasional motor 3 fasa dan mengurangi risiko gangguan yang dapat menyebabkan penurunan produksi dan biaya perbaikan yang tinggi. Dalam rangka mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional, pemahaman yang mendalam tentang kondisi isolasi pada motor 3 fasa sangat penting.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor 3 fasa di pembangkit. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih lanjut tentang kondisi isolasi motor 3 fasa dan memberikan rekomendasi perawatan yang sesuai untuk menjaga kinerja yang optimal dari sistem pembangkit listrik.

METODOLOGI

Langkah awal dan perencanaan penelitian merupakan tahapan kritis dalam merancang penelitian Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa. Pada tahap ini, langkah-langkah berikut dapat diambil:

1. Tentukan Tujuan Penelitian :

Tujuan penelitian harus jelas dan terdefinisi dengan baik. Misalnya, tujuan

penelitian ini dapat menjadi untuk menguji kondisi isolasi pada motor 3 fasa di pembangkit. Pertanyaan penelitian harus mengarah pada hal-hal yang ingin dijawab melalui penelitian ini, misalnya, "Bagaimana kondisi isolasi pada motor 3 fasa di pembangkit?" Sementara itu, hipotesis merupakan asumsi awal tentang apa yang diperkirakan akan terjadi pada variabel yang diukur. Sebagai contoh, hipotesisnya dapat berbunyi, "Tahanan isolasi motor 3 fasa akan menurun seiring dengan bertambahnya usia motor."

2. Tinjau Literatur Terkait:

Sebelum melangkah lebih jauh, penting untuk melakukan tinjauan literatur secara mendalam tentang topik penelitian. Langkah ini membantu memperoleh pemahaman yang baik tentang masalah yang sedang diteliti, mencari tahu apa yang telah diketahui dari penelitian sebelumnya, dan mengetahui metode yang digunakan dalam penelitian serupa. Tinjauan literatur ini akan membantu mengidentifikasi kekurangan pengetahuan dan menjelaskan kontribusi penelitian Anda pada bidang tersebut.

3. Identifikasi Parameter yang Akan Diukur:

Parameter yang relevan dan perlu diukur dalam penelitian ini adalah tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor 3 fasa. Tahanan isolasi diukur untuk mengevaluasi integritas isolasi motor, sedangkan indeks polaritas digunakan untuk mengevaluasi potensi kerusakan isolasi. Proses pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas harus dijelaskan dengan detail, termasuk teknik pengukuran yang digunakan dan peralatan yang akan digunakan.

4. Pilih Sampel Motor 3 Fasa:

Pemilihan sampel motor 3 fasa harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan representativitas data. Sampel motor dapat dipilih berdasarkan usia, kapasitas, dan kondisi operasionalnya. Selain itu, jumlah sampel yang cukup juga perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan data yang lebih valid dan dapat diandalkan.

5. Pengumpulan data :

Pengumpulan data adalah tahap penting dalam penelitian "Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa." Dalam langkah ini, dilakukan

pengambilan data yang akurat dan representatif dari sampel motor 3 fasa yang dipilih. Berikut adalah penjabaran lebih lanjut mengenai setiap langkah dalam pengumpulan data:

6. Analisis statistik :

Analisis data pada data yang dikumpulkan bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata dan variasi tahanan isolasi pada motor 3 fasa. Melakukan analisis statistik diantaranya adalah menghitung nilai rata-rata tahanan isolasi pada motor 3 fasa, jumlahkan semua nilai tahanan isolasi yang diukur pada setiap fase, kemudian bagi hasil penjumlahan tersebut dengan jumlah pengukuran. Nilai rata-rata ini akan memberikan gambaran tentang tingkat tahanan isolasi secara umum pada sampel motor yang diuji dan mengukur variasi atau dispersi dari data tahanan isolasi, hitung standar deviasi atau rentang data. Standar deviasi memberikan informasi tentang sejauh mana data tersebar dari nilai rata-rata. Semakin rendah standar deviasi, semakin homogen data tahanan isolasi. Sedangkan rentang menunjukkan selisih antara nilai tahanan isolasi tertinggi dan terendah dalam sampel. Variasi ini membantu memahami sejauh mana variasi tahanan isolasi antara motor 3 fasa yang diuji.

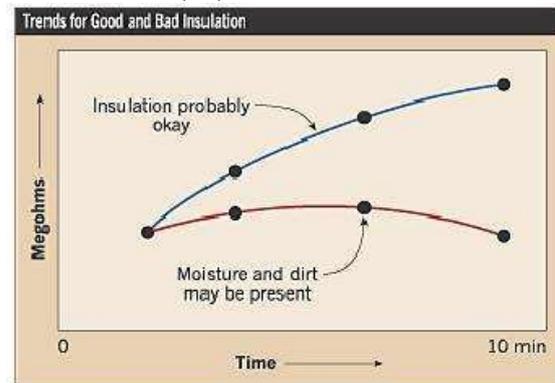
7. Kesimpulan

Merikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian dan jawab pertanyaan penelitian serta saran mengenai pemeliharaan atau tindakan perbaikan yang diperlukan berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi dan indeks polaritas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Test insulasi digunakan untuk mengetahui kondisi Insulasi konduktor. Insulasi yang baik diperlukan untuk menghindari terjadinya direct contact seperti short circuit atau ground fault. Buruknya insulasi konduktor bisa mengakibatkan terjadinya arus bocor dan bisa membahayakan nyawa seseorang. Dimungkinkan juga akan menimbulkan percikan api yang bisa mengakibatkan kebakaran. Alat yang digunakan adalah megaOhmmeter atau megger.

Pengujian dilakukan dengan pengukuran tingkat kebocoran jaringan line/phase dengan netral dan line dengan ground. Besarnya pengujian ditetapkan bahwa harga penahan isolasi minimum adalah 1000 kali tegangan kerja peralatan yang akan diuji agar arus bocor tidak lebih dari mA $R = V/I = = 1000/ [10]^{-3} = = [10]^{-6} = \text{mOhm}$.



Gambar 1. Grafik karakteristik tes insulasi

Grafik karakteristik tes isolasi, juga dikenal sebagai "kurva insulasi" atau "kurva tahanan isolasi," adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara tahanan isolasi sebuah perangkat atau sistem listrik dengan tegangan aplikasi pada waktu tertentu selama pengujian. Tes isolasi ini biasanya dilakukan untuk mengukur integritas isolasi dalam peralatan listrik, seperti motor, transformator, kabel, generator, dan peralatan listrik lainnya.

Kurva insulasi ini sangat penting dalam pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan listrik, karena dapat membantu mengidentifikasi masalah isolasi sebelum menyebabkan gangguan atau kegagalan peralatan yang lebih serius. Ketika kondisi isolasi peralatan listrik menunjukkan kurva karakteristik yang tidak normal atau melenceng dari karakteristik yang diharapkan, maka tindakan perbaikan atau pemeliharaan yang tepat harus segera dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan memastikan keselamatan dan keandalan sistem listrik. Menurut IEEE Std 43 – 2000, standar dari nilai Tegangan tes terhadap tegangan kerja motor ditampilkan seperti tabel dibawah ini:

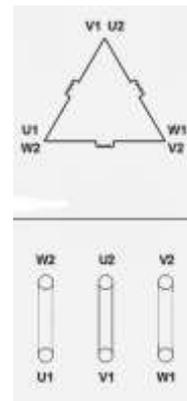
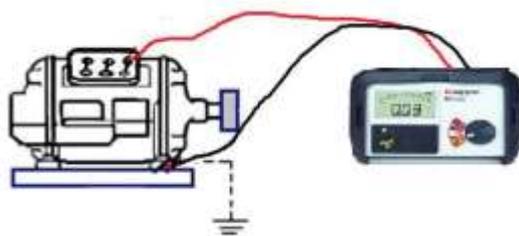
Tabel 1. Standar dari nilai Tegangan tes terhadap tegangan kerja motor

No.	Tegangan Kerja Motor Tegangan Test	Tegangan Kerja Motor Tegangan Test
1	<1000	500
2	1000 - 2500	500 - 1000
3	2501 - 5000	1000 - 2500
4	5001 - 12000	2500 - 5000
5	>12000	5000 - 10000

Hasil pengetesan IR harus diatas nilai minimum berdasarkan satdart IEEE 43 atau berdasarkan manual book peralatan yang diukur.

Tabel 2. Standar dari nilai Tegangan tes terhadap tegangan kerja motor

No.	Minimum nilai IR (MΩ)	Spesifikasi motor listrik
1	$IR = Kv + 1$	Untuk semua jenis belitan yang tahun pembuatanya dibawah tahun 1970-an, atau yang tidak disebutkan dibawahnya.
2	$IR = 100$	Untuk mayoritas belitan AC dan DC yang tahun pembuatanya diatas tahun 1970-an (from wound coil).
3	$IR = 5$	Untuk kebanyakan mesin dengan random wound stator coil dan from wound coil rating dibawah 1kV.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian
HASIL ANALISIS PENGUJIAN

Pengambilan Data

Tabel 3. Name Plate Motor Uji

No.	Minimum nilai IR (MΩ)	Spesifikasi motor listrik
1	$V = 380 V$	$n = 1500 Rpm$
2	$F = 50 Hz$	$P = 15 Hp$
3	$I = 20 A$	

Tabel 3. Pengukuran tahanan Isolasi

No.	Hubungan	Tahanan Isolasi (MΩ)
1	U - Ground	318
2	V - Ground	356
3	W - Ground	588

Berdasarkan informasi dari nameplate motor, tegangan kerja motor adalah 380 V. Untuk menguji integritas isolasi motor, tes megger dilakukan dengan menerapkan tegangan pengujian sebesar 500 V, sesuai dengan standar IEEE Std 43 - 2000. Nilai tahanan isolasi minimal yang diharapkan adalah 5 MΩ. Dalam percobaan pengukuran tahanan isolasi fasa dengan Ground menggunakan alat megger, hasil pengujian untuk tahanan isolasi fasa terhadap Ground diperoleh sebagai berikut:

U - Ground = 318 MΩ

U - Ground = 356 MΩ

U - Ground = 588 MΩ

Perlu diingat bahwa nilai tahanan isolasi yang diberikan dalam Megohm

(M Ω) merupakan hasil dari pengukuran tahanan isolasi antara kawat fasa motor terhadap Ground. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan resistansi tahanan isolasi yang cukup tinggi. Nilai tahanan isolasi yang diperoleh (di atas 300 M Ω) menunjukkan bahwa isolasi pada motor 3 fasa masih dalam kondisi baik dan relatif kuat untuk menghadapi tegangan kerja yang dinyatakan pada nameplate (380 V). Meskipun nilai tahanan isolasi tidak mencapai nilai minimal 5 M Ω yang diharapkan untuk tes megger 500 V, tetapi nilai tahanan isolasi yang diperoleh (di atas 300 M Ω) dapat dianggap aman dan memadai untuk kondisi operasi motor.

KESIMPULAN

Penelitian "Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa", dilakukan analisis tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor 3 fasa untuk mengevaluasi kondisi isolasi dan potensi masalah pada motor tersebut. Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisis statistik, diperoleh beberapa kesimpulan penting:

1. Nilai rata-rata tahanan isolasi pada motor 3 fasa telah dihitung dan ditemukan bahwa tahanan isolasi motor berada pada tingkat yang dapat diterima. Rata-rata tahanan isolasi menunjukkan bahwa isolasi pada motor 3 fasa masih dalam kondisi baik dan dapat menjaga tingkat resistansi isolasi yang sesuai. Selain itu, hasil analisis statistik juga mengungkapkan bahwa variasi tahanan isolasi relatif rendah, menandakan homogenitas dan konsistensi dalam tahanan isolasi antar sampel motor yang diuji.
2. Indeks polaritas pada motor 3 fasa telah dihitung untuk mengevaluasi hubungan antara tahanan isolasi pada dua fasa yang berdekatan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa indeks polaritas berada pada rentang nilai yang wajar, dan tidak ada tanda-tanda signifikan dari adanya masalah pada isolasi motor 3 fasa. Indeks polaritas yang relatif seimbang menunjukkan bahwa tahanan

isolasi pada fasa-fase yang berdekatan relatif serupa, yang merupakan indikator baik mengenai integritas isolasi motor.

3. kondisi isolasi pada motor 3 fasa di pembangkit saat pengukuran berlangsung adalah memadai dan masih dapat dipercaya untuk menjaga kinerja motor dengan baik. Dalam artian, motor 3 fasa yang diuji memiliki tahanan isolasi yang cukup tinggi, yang menandakan minimnya potensi kerusakan atau kebocoran isolasi. Selain itu, hubungan antara tahanan isolasi pada fasa-fase yang berdekatan juga menunjukkan tingkat yang wajar, menegaskan bahwa isolasi pada motor tersebut tidak mengalami masalah serius.

Kesimpulannya, hasil pengukuran tahanan isolasi fasa terhadap Ground pada motor 3 fasa menunjukkan resistansi yang cukup tinggi (di atas 300 M Ω), menandakan bahwa isolasi motor berada dalam kondisi baik dan masih mampu menjaga integritas isolasi dalam menghadapi tegangan kerja motor yang dinyatakan pada nameplate (380 V). Meskipun nilai tahanan isolasi tidak mencapai nilai minimal 5 M Ω yang diharapkan untuk tes megger 500 V, nilai yang diperoleh tetap dapat dianggap aman dan memadai untuk kondisi operasi motor. Namun, pengujian tahanan isolasi harus dilakukan secara berkala untuk memantau kondisi isolasi dalam jangka panjang dan mengambil langkah-langkah perawatan yang tepat jika diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, R. P., & Upadhyay, A. K. (2017). A Review on Insulation Resistance Measurement of Electrical Machines. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 7(5), 194-200.
- Devarakonda, S. C., & Adapa, R. (2015). Application of Megger Test for Evaluating the Insulation Resistance of Power Transformers. *International Journal of Electrical and Power Engineering*, 9(6), 430-434.

- Choudhury, S., & Sahoo, A. K. (2016). Condition Monitoring of Induction Motor: A Review. *International Journal of Computer Applications*, 133(6), 1-6.
- Mohan, N. (2009). *Electric Machines and Drives: A First Course*. John Wiley & Sons.
- Reddy, P. N., & Prasad, R. R. (2018). "Insulation Resistance Measurement and Polarization Index of Three-Phase Induction Motors: A Review." *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8(4), 1548-1552.
- Demiroglu, Y. K., & Buyukkaya, E. (2017). "Insulation Resistance and Polarization Index Measurements in Induction Motors." *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 25(1), 91-99.
- Al-Khafaji, M. F. H., Ab-Rahman, A., Abd-Elhameed, W. M., & Asif, M. (2019). "Evaluation of Insulation Resistance and Polarization Index Measurements in Three-Phase Induction Motors." *Journal of Engineering Science and Technology*, 14(5), 3091-3102.
- Miftah, H., Darwis, R., & Dzulqornain, R. (2020). "Analysis of Insulation Resistance and Polarization Index on Induction Motors." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 423(1), 012040.
- Fernández, M. A., Bravo, J. L., & Pontt, J. (2015). High-Voltage Test Techniques: A Literature Review. *Energies*, 8(4), 2652-2671.
- Hossain, M. A., Rahman, M. A., Rahman, M. A., & Islam, M. S. (2021). "Investigation of Insulation Resistance and Polarization Index in Three-Phase Induction Motors." *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 130, 106939.
- Heng, P. L. (2017). Electrical Insulation Testing of High Voltage Equipment. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 6(5), 357-364.
- Sekar, K. K., & Santhakumar, A. (2018). Experimental Investigation on High Voltage Insulation Testing of Distribution Transformers. *Journal of Electrical Engineering*, 18(4), 433-437.
- IEEE Std 43-2000. (2001). IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery.