

Identifikasi Kerusakan Motor 3 Kv Pulverizer Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Dengan Pengukuran Tahanan Isolasi Dan Indeks Polarisasi

(Identification Of Damage To 3 Kv Pulverizer Motor In Steam Power Plant (PLTU) By Measuring Insulation Resistance And Polarization Index)

Suhiro Wongso Susilo¹, Aripriharta^{2*}

^{1,2}Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Alamat korespondensi :

email: aripriharta.ft@um.ac.id

Abstract

The demand for electrical energy is increasing. This encourages electricity generation in Indonesia to remain reliable, especially PLTU. The importance of PLTU operational reliability encourages the need for proper maintenance on three-phase induction motors. This research aims to identify damage to the 3 kV pulverizer motor through the measurement of insulation resistance and polarization index. The research methods include literature studies to understand basic concepts and measurement techniques, as well as field studies involving direct measurements, data recording, and documentation of activities. The measurement results show that the pulverizer motor has inter-phase leakage with an insulation resistance value $R-S < 10 \text{ K}\Omega$, which can cause serious damage to the motor. As a mitigation measure, the problematic motor is replaced with a spare motor that has met the minimum value of the IEEE 43 insulation resistance standard ($>100 \text{ M}\Omega$). However, the polarization index of the backup motor only reached 1.38, slightly below the minimum standard of 1.5, which was due to moisture as the backup motor had not been in operation for a long time.

Keywords: Polarization Index; Electrical; Motor; Pulverizer; Insulation Resistance

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Hal tersebut mendorong pembangkitan listrik di Indonesia tetap andal khususnya PLTU. Pentingnya keandalan operasional PLTU mendorong perlunya pemeliharaan yang tepat pada motor induksi tiga phase. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan pada motor *pulverizer* 3 kV melalui pengukuran tahanan isolasi dan indeks polarisasi. Metode penelitian meliputi studi literatur untuk memahami konsep dasar dan teknik pengukuran, serta studi lapangan yang melibatkan pengukuran langsung, pencatatan data, dan dokumentasi kegiatan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa motor *pulverizer* memiliki kebocoran antar phase dengan nilai tahanan isolasi $R-S < 10 \text{ K}\Omega$, yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada motor. Sebagai langkah mitigasi, motor yang bermasalah diganti dengan motor cadangan yang telah memenuhi nilai minimum standar tahanan isolasi IEEE 43 ($>100 \text{ M}\Omega$). Namun, indeks polarisasi motor cadangan hanya mencapai 1,38 sedikit di bawah standar minimum yaitu 1,5 yang dikarenakan akibat kelembaban sebab motor cadangan lama tidak beroperasi.

Kata kunci: Indeks Polarisasi; Listrik; Motor; *Pulverizer*; Tahanan Isolasi

PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan yang penting dalam menjamin keberlangsungan seluruh kegiatan dan aktivitas manusia. Kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan bertambahnya populasi (Gudiato et al., 2024). Dalam dunia pembangkitan listrik, khususnya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), berbagai peralatan memainkan peran penting dalam memastikan efisiensi dan keandalan operasi. Salah satu komponen kunci dalam proses ini adalah motor induksi tiga phase, khususnya motor induksi 3 kV yang digunakan pada *pulverizer*. *Pulverizer* berfungsi menggerus batu bara dari ukuran batu kerikil menjadi butiran halus berukuran 200 *mesh* yang kemudian diumpankan ke ruang bakar boiler (Ali Mashar dan Salman Saalik Sabilhaq, n.d.).

Pengoperasian motor *pulverizer* secara terus menerus dan intensif memerlukan perawatan ekstra untuk menjaga performa dan umur alat.

Penelitian sebelumnya menunjukkan pentingnya pemeliharaan rutin dan *monitoring* pada motor konveyor (Zm & Winardi, 2024). Pengukuran tahanan isolasi dan indeks polarisasi merupakan metode penting dalam mendeteksi kerusakan dini pada motor induksi. Penelitian terdahulu telah membahas berbagai teknik pengukuran dan analisis yang digunakan untuk memantau kondisi motor listrik (AT pro, 2024),(HIOKI, 2021). Namun, implementasi spesifik pada motor 3 kV *pulverizer* khususnya di lingkungan PLTU masih memerlukan studi lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan penting terkait pemeliharaan motor *pulverizer* 3 kV pada PLTU. Pertama, penelitian ini akan mengeksplorasi metode yang tepat untuk mengukur tahanan isolasi dan indeks polarisasi pada motor *pulverizer* 3 kV. Kedua, penelitian ini akan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran tahanan isolasi dan indeks polarisasi pada motor tersebut. Ketiga, penelitian ini akan menganalisis bagaimana interpretasi hasil pengukuran dapat membantu dalam menentukan kelayakan operasional motor *pulverizer*. Melalui pendekatan studi literatur dan studi lapangan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang pemeliharaan motor induksi di industri pembangkitan listrik, khususnya dalam meningkatkan keandalan dan efisiensi operasi motor *pulverizer* PLTU.

TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian yang berkaitan dan terhubung dengan subjek yang sedang dibahas membantu memberikan pemahaman dan perspektif yang lebih dalam mengenai latar belakang dan elemen-elemen terkait yang menjadi pokok pembicaraan. Berikut adalah teori-teori yang diambil sebagai dasar dalam menjalankan penelitian ini, dengan tujuan untuk merinci kerangka konseptual dan landasan teoretis dalam pengembangan dan pelaksanaan penelitian ini terkait pengukuran tahanan isolasi motor 3 kV *pulverizer* pada PLTU.

Pengertian *Pulverizer*

Pulverizer atau *mill* merupakan mesin yang berfungsi untuk menghaluskan batu-bara sampai dengan *mesh* (umumnya 200 mesh) yang diinginkan sebelum disalurkan ke *furnace* (Ali Mashar dan Salman Saalik Sabilhaq, n.d.). Cara kerja dari *mill* yaitu menggerus batu-bara yang disupply oleh coal feeder. Di dalam *mill* terdapat *table* dan *grinding* silinder yang digerakkan oleh motor induksi 3 kV dan *gearbox* yang sangat besar untuk memudahkan penghancuran batu-bara (Santoso & Tj, 2022).



Gambar 1. *Pulverizer* PLTU

Beberapa komponen utama penyusun *pulverizer* antara lain (Saputra, 2021):

1. *Grinding roller*

Grinding roller pada *pulverizer* merupakan komponen penting yang bertanggung jawab untuk menghancurkan dan menggiling material menjadi serbuk halus. *Roller* ini biasanya

terdiri dari silinder yang dilengkapi dengan gigi-gigi atau permukaan bergelombang yang dirancang untuk menekan dan menghancurkan material saat berputar.

2. Meja *grinding*

Meja ini biasanya terbuat dari bahan yang kuat dan tahan aus, seperti baja tahan karat atau bahan komposit yang kuat. Meja *grinding* dirancang untuk menahan beban dari material yang akan digiling dan memberikan stabilitas selama proses penggilingan berlangsung.

3. Motor listrik dan *gearbox*

Motor listrik dan *gearbox* pada *pulverizer* memiliki peran penting dalam penghancuran batu-bara, motor akan menggerakkan *gearbox* yang terhubung pada proses penghalusan batu-bara pada *pulverizer*.

Kerusakan pada Motor Listrik

Motor induksi adalah jenis motor listrik AC yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (Aripriharta et al., 2024). Prinsip kerja motor induksi didasarkan pada interaksi antara medan magnet yang berputar pada stator (kumparan tetap) dan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang terinduksi pada rotor (kumparan berputar) (Bagia & Parsa, 2018). Berdasarkan hasil survei oleh *Electric Power Research Institute* (EPRI) dan *Institute of Electrical and Electronics Engineers Industry Applications Society* (IEEE-IAS) dari beberapa motor di industri diperoleh bahwa kerusakan terbesar terletak pada bearing motor induksi (Silva, 2006). Hasil survei oleh EPRI dan IEEE-IAS dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Kerusakan Pada Motor Listrik

Jenis kerusakan	Persentase kerusakan (%)	
	EPRI	IEEE-IAS
Kerusakan bearing	41	44
Kerusakan belitan	36	26
Kerusakan rotor	9	8
Kerusakan lainnya	14	22

Tahanan Isolasi (*Insulation Resistance/IR*)

Tahanan isolasi adalah ukuran kemampuan bahan isolasi untuk menghambat aliran arus listrik, diukur dalam satuan ohm (Ω), dengan nilai tinggi menunjukkan bahan isolasi yang baik dan nilai rendah menunjukkan bahan isolasi yang rusak atau tidak layak pakai (Abdillah, 2023). Dalam melakukan pengukuran tahanan isolasi, maka juga perlu diperhatikan juga tegangan *inject* yang diberikan, berikut tabel tegangan tes untuk pengukuran tahanan isolasi pada motor (IEEE Std 43, 2013).

Tabel 2. Tegangan Tes Pengukuran IR Motor

Tegangan Kerja Motor (V)	Tegangan Tes (V)
<1000	250 - 500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
>12000	5000 - 10000

Berikut standar minimal hasil pengukuran tahanan isolasi motor listrik berdasarkan standar IEEE 43 dapat di lihat pada tabel berikut (IEEE Std 43, 2013).

Tabel 3. Standar Minimum IR Berdasarkan IEEE 43

Minimum nilai IR (M Ω)	Spesifikasi motor listrik
IR = Kv +1	Untuk semua jenis belitan yang tahun pembuatannya dibawah tahun 1970- , atau yang tidak disebutkan dibawahnya.
IR = 100	Untuk mayoritas belitan AC dan DC yang tahun pembuatannya diatas tahun 1970-an (<i>from wound coil</i>).
IR = 5	Untuk kebanyakan mesin dengan <i>random wound stator coil</i> dan <i>from und coil rating</i> dibawah 1kV.

Tahanan isolasi merupakan parameter penting dalam sistem kelistrikan yang mencerminkan kemampuan bahan isolasi untuk menahan aliran arus bocor. Nilai tahanan isolasi yang baik menunjukkan bahwa bahan isolasi masih mampu menjalankan fungsinya dengan optimal dalam mencegah terjadinya kebocoran arus, gangguan listrik, maupun risiko keselamatan. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi nilai tahanan isolasi antara lain (Abdillah, 2023):

1. Jenis bahan isolasi
Setiap bahan isolasi memiliki karakteristik tahanan yang berbeda. Selain itu, penuaan, kerusakan mekanis, atau kontaminasi bahan isolasi dapat menyebabkan degradasi sifat.
2. Suhu
Peningkatan suhu akan menurunkan tahanan isolasi karena meningkatnya energi kinetik partikel-partikel dalam bahan isolasi yang memicu loncatan elektron dan menyebabkan arus bocor meningkat
3. Kelembaban
Kelembaban tinggi dapat menyebabkan penyerapan air oleh bahan isolasi, sehingga mempermudah pengantaran arus bocor dan menurunkan nilai tahanan isolasi secara signifikan.
4. Kondisi isolasi
Permukaan isolasi yang kotor, berdebu, atau lembab dapat menjadi jalur konduktif bagi arus bocor, terutama pada sistem tegangan menengah hingga tinggi. Isolasi yang rusak atau kotor akan memiliki nilai tahanan isolasi yang lebih rendah.

Kelas Isolasi (*Insulation Class*)

Kelas isolasi mengelompokkan isolasi berdasarkan kemampuannya menahan perubahan suhu pada kawat gulungan dalam motor. Semakin tinggi kelas isolasi, semakin baik kemampuan isolasi dalam menjaga keamanan motor terhadap suhu yang tinggi. Penting bagi setiap pengguna motor listrik untuk memperhatikan kelas isolasi motor yang digunakan karena jika suhu operasi melebihi batas isolasi, isolasi bisa meleleh dan menyebabkan kebocoran arus listrik yang berujung pada kerusakan motor (EN62114, 2001). Penentuan kelas isolasi motor mempertimbangkan tiga hal utama, yaitu suhu lingkungan saat motor belum beroperasi (*ambient temperature*), kenaikan suhu selama motor bekerja (*rise temperature*), dan titik terpanas pada gulungan motor (*hot spot*). Ketiganya harus dijumlahkan dan disesuaikan dengan batas suhu maksimum kelas isolasi yang dipilih.

Tabel 4. Kelas isolasi

Kelas Toleransi Suhu	Pengoperasian Maksimum		Kenaikan Suhu yang Diizinkan pada Beban Penuh	
	Beban Suhu		1.0 Faktor Servis Motor	1.15 Faktor Servis Motor
	⁰ C	⁰ F	⁰ C	⁰ C
A	105	221	60	70
B	130	266	80	90
F	155	311	105	115
H	180	356	125	-

Indeks Polarisasi (Polarization Index/PI)

Indeks Polarisasi (PI) merupakan salah satu acuan untuk menilai kondisi isolasi pada peralatan listrik. Nilai PI dapat membantu mendeteksi kerusakan isolasi pada tahap awal dan mencegah terjadinya kegagalan peralatan. Tujuan dari pengujian indeks polarisasi adalah untuk memastikan peralatan tersebut layak dioperasikan dan biasa digunakan (PUTRA, 2022).

Besarnya indeks polarisasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$PI = \frac{R_{10}}{R_1} \tag{1}$$

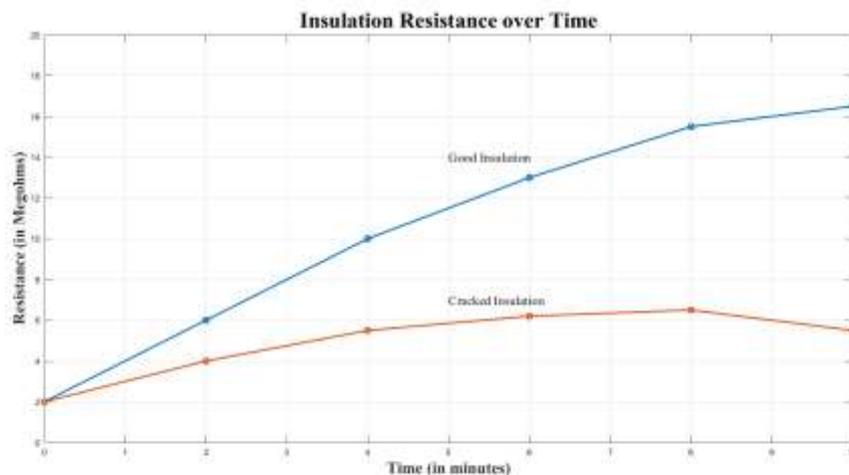
Dimana PI adalah nilai indeks polarisasi, R10 merupakan nilai tahanan isolasi pada menit kesepuluh dan R1 adalah nilai tahanan isolasi pada menit pertama.

Jika nilai indeks PI terlalu rendah ini mengindikasikan bahwa isolasi telah terkontaminasi oleh kotoran, kelembaban, suhu maupun arus bocor. Berikut tabel minimum nilai PI dengan kelas isolasi.

Tabel 5. Standar nilai PI

Thermal Class Rating	Nilai Minimal PI
Class A (105)	1.5
Class B (130)	2.0
Class F (155)	2.0
Class H (180)	2.0

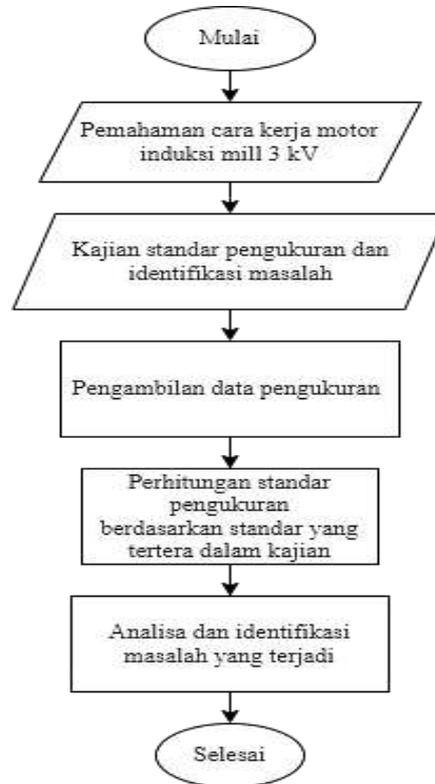
Namun, apabila hasil pengukuran tahanan isolasi selama 1 menit diatas 5000 MΩ maka hasil perhitungan PI dapat diabaikan (IEEE Std 43, 2013)



Gambar 2. Pengukuran PI yang Baik

METODE PENELITIAN

Untuk mengidentifikasi kerusakan pada motor *pulverizer*, penulis mengukur tahanan isolasi dan indeks polarisasi melalui studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur membantu memahami konsep dasar dan teknik pengukuran, sementara studi lapangan melibatkan persiapan alat, koordinasi dengan karyawan di PLTU, pelaksanaan dan pencatatan hasil pengukuran, serta dokumentasi. Bimbingan dari karyawan perusahaan sangat membantu memastikan keamanan dan kelancaran proses serta interpretasi hasil pengukuran.



Gambar 3. *Flowchart* pelaksanaan penelitian

Motor *Pulverizer* yang Diukur

Motor yang diukur pada penelitian ini merupakan motor induksi 3 kV keluaran *Moteus Alsthom* tipe N3PX 450 K6 tahun 1991 yang digunakan sebagai motor penggerak *gearbox* pada *pulverizer* PLTU.



Gambar 4. Motor *pulverizer*

Tabel 6. Spesifikasi Motor *Pulverizer* Moteus Alsthom tipe N3PX 450 K6

<i>Moteur Asynchrone</i>		<i>Induction Motor</i>	
<i>Type N3PX 450 K6</i>		<i>Built 1991</i>	
600 HP	Cos 0,8	CI = F	F = 50 Hz
Stator 3000 V 114 A		Rotor <i>type Cage</i>	
<i>Temp 40°C</i>		Massa = 5020 Kg	

Alat Pengukuran Nilai PI

Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah *High Voltage Insulation Tester* dengan merek Megger MIT515 yang memiliki tingkat akurasi pengukuran ±5% untuk pengukuran kurang dari 1 T Ohm. Alat ini dirancang khusus untuk mengukur tahanan isolasi dalam peralatan listrik dengan memberikan tegangan tinggi DC pada isolasi.



Gambar 5. Megger MIT515

Tahapan Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran tahanan isolasi, langkah awal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut (IK 2.0, 2022):

1. Yakinkan bahwa *breaker switchgear / PDC / MCC power supply* motor listrik sudah *off, rack out*, dan di tagging
2. Lakukan pembersihan apabila kondisi terminal motor kotor
3. Siapkan alat *insulation tester*
4. *Check* baterai alat *insulation tester* apakah dalam kondisi baik
5. Pasang kabel tes ke terminal motor yang diukur.
6. Pilih tegangan ukur sesuai standar dan waktu pengukuran, untuk pengukuran IR menggunakan *setting* waktu 1 menit
7. Tekan tombol *TEST* beberapa detik sampai lampu *indicator charge* menyala, baca tampilan pada skalanya dan catat
8. Apabila pengukuran dilakukan pada motor listrik 3 phase yang dapat dipisahkan perbelitannya maka lakukan pengukuran antar belitan dan tiap belitan terhadap *ground*, sebagai berikut:

Tabel 7. Variasi pengukuran pada belitan

Phase 1 – Phase 2 (R – S)	Phase 1 – <i>Ground</i> (R – GND)
Phase 1 – Phase 3 (R – T)	Phase 2 – <i>Ground</i> (S – GND)
Phase 2 – Phase 3 (S – T)	Phase 3 – <i>Ground</i> (T – GND)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengukuran

Dengan memahami prinsip kerja motor, mengetahui standar pengukuran yang benar, dan menggunakan metode pengukuran yang tepat, langkah terakhir adalah melakukan pengukuran tahanan isolasi. Berikut adalah tabel hasil pengukuran tahanan isolasi yang telah dilakukan.

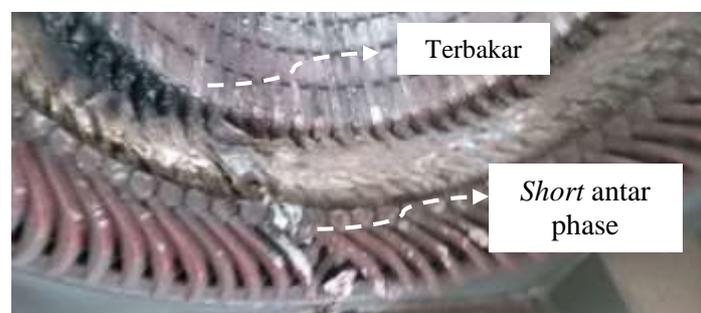
Tabel 8. Hasil pengukuran tahanan isolasi

No	Koneksi Belitan	Nilai R 1 Menit
1	R - <i>Ground</i>	13.87 GΩ
2	S - <i>Ground</i>	16.02 GΩ
3	T - <i>Ground</i>	17.94 GΩ
4	R - S	<i>Breakdown</i> (<10 kΩ)
5	R - T	15.42 GΩ
6	T - S	16.57 GΩ

Dari tabel hasil pengukuran tahanan isolasi, dapat dilihat bahwa hasilnya sangat baik karena sudah melampaui batas standar minimal nilai tahanan isolasi motor berdasarkan IEEE 43. IEEE 43 menetapkan bahwa untuk mayoritas belitan AC dan DC yang diproduksi setelah tahun 1970-an, nilai tahanan isolasi minimum adalah di atas 100 MΩ. Pada pengukuran dengan koneksi phase ke *ground*, didapatkan hasil sebagai berikut: phase R ke *ground* sebesar 13.87 GΩ, phase S ke *ground* sebesar 16.02 GΩ, dan phase T ke *ground* sebesar 17.94 GΩ.

Nilai indeks polarisasi pada pengukuran ini tidak dilakukan karena, berdasarkan IEEE 43, motor yang memiliki tahanan isolasi di atas 5000 MΩ atau 5GΩ tidak memerlukan pengukuran indeks polarisasi. Pada pengukuran antar phase yang dilakukan, yaitu pada phase R-S, nilai tahanan isolasi yang didapatkan adalah <10 kΩ atau *breakdown*, phase R-T sebesar 15.42 GΩ dan phase T-S sebesar 16.57 GΩ.

Dari pengukuran tahanan isolasi antar phase dengan koneksi phase R-S yang mendapat nilai *breakdown* (<10kΩ) maka ada indikasi terjadi kebocoran isolasi antar phase. Kebocoran tahanan isolasi antar phase ini dapat menyebabkan kerusakan fatal pada motor dan berakibat motor tidak dapat beroperasi. Penanganan dari kebocoran antar phase ini adalah dengan melakukan *rewinding* pada belitan stator motor.



Gambar 6. Kondisi belitan stator ketika dibongkar

Penggantian Motor *Pulverizer*

Untuk menjaga kinerja pembangkitan listrik di PLTU, langkah yang tepat diambil dengan segera mengganti motor induksi 3 kV yang mengalami gangguan dengan menggunakan motor cadangan yang tersedia. Dengan melakukan pergantian ini, diharapkan proses penggerakan *gearbox pulverizer* dapat kembali berjalan dengan lancar, memastikan kelancaran operasi dan kinerja keseluruhan dari pembangkitan listrik di unit tersebut. Langkah pemeliharaan ini akan membantu mencegah gangguan lebih lanjut dan memastikan kontinuitas operasional yang stabil.



Gambar 7. Motor cadangan (motor induksi 3 kV)

Sebelum memasang motor cadangan, penting untuk memastikan bahwa motor tersebut dalam kondisi yang baik. Berikut adalah gambar hasil pengukuran tahanan isolasi motor cadangan yang akan digunakan sebagai penggerak *gearbox pulverizer*.

Tabel 9. Hasil pengukuran tahanan isolasi motor cadangan

No	Koneksi Belitan	Nilai R 1 Menit
1	R - Ground	2.85 GΩ
2	S - Ground	3.39 GΩ
3	T - Ground	2.88 GΩ
4	R - S	3.93 GΩ
5	R - T	4.21 GΩ
6	T - S	4.18 GΩ



Gambar 8. Pengukuran antara phase ke phase (R-S)

Hasil pengukuran tahanan isolasi motor cadangan menunjukkan bahwa nilainya memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh IEEE 43 yaitu diatas 100MΩ dengan pengukuran phase ke *ground* yaitu pengukuran R - *ground* sebesar 2.88 GΩ, S - *ground* sebesar 3.39 GΩ dan T - *ground* sebesar 2.92 GΩ. Sedangkan pada pengukuran antar phase yaitu phase R – S sebesar 3.93 GΩ, phase R – T sebesar 4.53 GΩ dan phase T - S sebesar 4.18 GΩ. Dengan nilai hasil pengukuran tersebut

mengindikasikan bahwa isolasi motor dalam kondisi yang baik dan layak untuk digunakan. Untuk memastikan kondisi belitan motor, dilakukanlah pengukuran indeks polarisasi pada motor cadangan. Berikut adalah hasil pengukuran indeks polarisasi motor cadangan untuk *pulverizer*.



Gambar 9. Pengukuran PI motor cadangan (motor induksi 3 kV)

Tabel 10. Pengukuran PI motor cadangan

Menit Pengukuran	Nilai Pengukuran (Mega Ohm)	Perhitungan Manual
Menit ke 1	4.42	
Menit ke 2	4.71	
Menit ke 3	5.05	$PI = \frac{R_{10}}{R_1}$
Menit ke 4	5.38	
Menit ke 5	5.75	$PI = \frac{6.11}{4.42}$
Menit ke 6	6.03	
Menit ke 7	6.33	$PI = 1.38$
Menit ke 8	6.24	
Menit ke 9	6.16	
Menit ke 10	6.11	



Gambar 10. Grafik hasil pengukuran PI

Hasil pengukuran PI dan perhitungan manual cocok yaitu sebesar 1.38 menunjukkan bahwa nilai tersebut berada di bawah standar minimum yang direkomendasikan oleh IEEE 43 untuk motor dengan kelas isolasi termal F, yang seharusnya minimum mencapai 2.0. Penurunan nilai ini mungkin terjadi

karena *power heater* pada motor tidak dinyalakan dan motor cadangan tidak aktif dalam jangka waktu yang lama, sehingga memungkinkan gulungan belitan stator motor menjadi sedikit lembab.

Hal ini berdampak pada akumulasi kelembaban pada gulungan belitan stator motor yang tidak beroperasi secara teratur. Oleh karena itu, sebelum motor dipasang, perlu dilakukan pembersihan secara menyeluruh dari debu maupun kotoran lain yang menempel pada belitan, yang berpotensi menyebabkan kelembaban pada belitan motor. Untuk memastikan tahanan isolasi motor cadangan dalam kondisi baik, *heater* motor juga harus dipastikan dalam kondisi yang baik.



Gambar 11. Pembersihan motor cadangan



Gambar 12. Pemasangan heater pada motor cadangan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan isolasi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Motor induksi 3 kV yang sebelumnya digunakan untuk menggerakkan *gearbox pulverizer* terindikasi mengalami kebocoran antar phase. Hal ini ditunjukkan oleh nilai antar phase tahanan isolasi yang rendah ($<10 \text{ k}\Omega$) pada pengukuran antara R-S. Kebocoran tahanan isolasi antar phase menunjukkan kebocoran arus yang terjadi dan dapat berpotensi merusak motor dan *rewinding* belitan.
2. Untuk menjaga kinerja pembangkitan listrik di PLTU, dilakukan penggantian motor induksi 3 kV yang bermasalah dengan motor cadangan. Penggantian ini diharapkan dapat mengembalikan kelancaran operasi dan kinerja keseluruhan dari pembangkitan listrik di unit tersebut.
3. Hasil pengukuran tahanan isolasi motor cadangan menunjukkan bahwa nilainya memenuhi standar minimum yang ditetapkan oleh IEEE 43 (diatas 100 Mega Ohm).
4. Karena motor cadangan sudah lama tidak beroperasi, dilakukan pengukuran indeks polarisasi untuk memastikan kondisi keseluruhan tahanan isolasi motor. Hasil pengukuran indeks polarisasi menunjukkan nilai 1.38, di bawah standar minimum yang direkomendasikan oleh IEEE 43 yaitu 2.0 untuk motor kelas isolasi termal F. Hal ini mungkin terjadi karena motor cadangan tidak aktif dalam jangka waktu yang lama, sehingga memungkinkan terjadinya kondisi di mana gulungan motor menjadi sedikit lembab.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H. (2023). Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polarisasi pada Motor 3 Fasa. *INTRO : Journal Informatika Dan Teknik Elektro*, 2(1), 37–42. <https://doi.org/10.51747/intro.v2i1.1571>
- Ali Mashar dan Salman Saalik Sabilhaq. (n.d.). *Motor Penggerak Pulverizer Dan Sistem Proteksinya*.
- Aripriharta, A., Setiawan, T. P. A., Purwatiningsih, A., Putranto, H., Sujito, S., Mustika, S. N., Faiz, M. R., & Bagaskoro, M. C. (2024). Rancang Bangun Sensorless (Minimum Sensor) Kontrol Motor Induksi 1 Fasa Pada Mesin Perontok Padi. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2), 800–807. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.3986>
- AT pro. (2024). *4 METODE PENGUJIAN MOTOR UNTUK PENGOPERASIAN YANG SUKSES*. ALL-

- TEST Pro. <https://alltestpro.com/id/4-metode-pengujian-motor-untuk-pengoperasian-yang-sukses/>
- Bagia, I. nyoman, & Parsa, I. M. (2018). Motor-motor Listrik. *CV. Rasi Terbit, 1*(1), 1–104.
- EN62114. (2001). *Electrical insulation systems - Thermal classification*.
- Gudiato, C., Cahyaningtyas, C., & P., N. (2024). Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan Arah Kebijakan dan Potensi Alam. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan, 8*(1), 186–195. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- HIOKI. (2021). *Pengujian Motor Listrik*. HIOKI E.E. Corporation. <https://www.hioki.com/id-id/learning/common-devices/motor-test.html>
- IEEE Std 43. (2013). *IEEE Std 43-2013* (Vol. 2013).
- Pujiyanto, F. (2022). Analisis Winding Insulation Pada Performa Induksi Motor Tiga Phase Berbasis Logika Fuzzy. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja, 20*(2), 118–134. <https://doi.org/10.33489/mibj.v20i2.296>
- 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>
- Santoso, I., & Tj, Y. S. (2022). *Analisis Sistem Penjadwalan Perawatan Mesin Pulverizer Unit 1 di PT . PJB Unit Pembangkitan Paiton. 1*(1), 46–56.
- Saputra, M. (2021). *Fungsi Pulverizer Coal Mill pada PLTU*. Lube Insight. <https://www.lubeinsight.com/2022/08/fungsi-pulverizer-coal-mill-pada-pltu.html?m=1>
- Silva, A. Da. (2006). *Induction motor fault diagnostic and monitoring methods*. May, 1–159. [http://www.eng.mu.edu/demerdashn/Bios/Aderiano da Silva/MS Thesis \(Aderiano da Silva\).pdf](http://www.eng.mu.edu/demerdashn/Bios/Aderiano%20da%20Silva/MS%20Thesis%20(Aderiano%20da%20Silva).pdf)
- Zm, A. A., & Winardi, B. (2024). *3 Kv Conveyor Motor Maintenance At PT . PLN Nusantara Power Up Paiton Units 1 And 2*.