

Analisis Kelayakan Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas Di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU

Alfian Oktavianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email : alfian.19059@mhs.unesa.ac.id

Joko, Tri Wrahatnolo, Ibrohim

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email : joko@unesa.ac.id, wrahatnolo@yahoo.co.id, ibrohim@unesa.ac.id

Abstrak

Motor induksi banyak digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, sehingga menawarkan kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu pengumpulan data numerik melalui observasi dan pengolahannya menggunakan perhitungan persamaan isolasi dan indeks polaritas untuk menjamin keakuratannya. Dilakukan di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU pada bulan Maret sampai dengan April 2024, penelitian fokus pada motor *Condensate Extraction Pump* (CEP). Ini melibatkan metode eksperimental, observasi lapangan, wawancara, dan tinjauan literatur. Pengumpulan data mencakup nilai resistansi isolasi awal dan yang diuji, tahun pengoperasian, dan waktu pengoperasian bulanan rata-rata. Uji insulasi mengikuti IEEE Std 43-2000, menggunakan megger tester, dengan perhitungan manual untuk indeks polaritas dan umur motor. Dari hasil penelitian ini menghasilkan : (1) Analisis kelayakan motor *Condensate Extraction Pump* (CEP) berdasarkan tahanan isolasi dan indeks polaritas menggunakan data uji sekunder pada bulan April dan September. Pada bulan April, nilai resistansi insulasi melonjak dalam 10 menit pertama namun tetap rendah karena kurangnya tindakan insulasi, dengan indeks polaritas 1,49, dikategorikan buruk menurut IEEE Std 43-2000, yang menunjukkan perlunya insulasi ulang. Pada bulan September, variasi ketahanan isolasi yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan diamati, dan indeks polaritas meningkat secara signifikan menjadi 4,41, yang menunjukkan kualitas yang sangat baik. (2) Analisis penurunan tahanan isolasi yang dihitung per jam menunjukkan nilai sebesar 8,920 kΩ. Hasil ini sejalan dengan penelitian Andriyanto sebelumnya mengenai penilaian umur motor yang menunjukkan bahwa penurunan tahanan isolasi motor CEP masih dalam batas normal.

Kata Kunci: motor induksi, indeks polaritas, pengujian tahanan isolasi, penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional.

Abstract

Induction motors are widely used to convert electrical energy into mechanical energy, thereby offering ease of operation and maintenance. This research uses a quantitative approach, namely collecting numerical data through observation and processing it using isolation equation calculations and polarity indices to ensure accuracy. Carried out at PT. PLN Indonesia Power Grati PGU from March to April 2024, research focuses on Condensate Extraction Pump (CEP) motors. This research uses experimental methods, field observations, interviews, and literature observations. Data collection includes initial and tested insulation resistance values, years of operation, and average monthly operating time. A similar test follows the IEEE 43-2000 standard, using a megger tester, with manual calculations for polarity index and motor life. The results of this research resulted in (1) Feasibility analysis of the Condensate Extraction Pump (CEP) motor based on insulation resistance and polarity index using secondary test data in April and September. In April, the insulation resistance value jumped in the first 10 minutes but remained low due to less than insulating action, with a polarity index of 1.49, categorized as poor according to the IEEE 43-2000 standard, indicating the need for re-insulation. In September, variations in insulation resistance influenced by environmental temperature were observed, and the polarity index increased significantly to 4.41, indicating excellent quality. (2) Analysis of the reduction in insulation resistance calculated per hour shows a value of 8,920 kΩ. These results are in line with Andriyanto's previous research regarding motor life assessment which showed that the reduction in insulation resistance of CEP motors was still within normal limits.

Keywords: motor induction, polarity index, isolation resistance testing, decrease in insulation resistance every 1 hour of operation.,

PENDAHULUAN

Motor induksi 3 fasa merupakan mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan berbagai aplikasi luas, baik dalam rumah tangga maupun industri. Motor ini mudah dioperasikan dan dirawat (Sundari dkk., 2018). Kinerja motor induksi dipengaruhi oleh frekuensi sumber tegangan, jumlah kutub stator, tegangan masukan, beban motor, kualitas material, desain rotor dan stator, serta sistem pendinginan dan ventilasi. Frekuensi tegangan menentukan kecepatan sinkron medan magnet, sementara jumlah kutub pada stator menentukan kecepatan sinkron motor (Amin, 2018). Tegangan masukan mempengaruhi arus kumparan stator dan rotor yang berdampak pada torsi dan efisiensi motor (Amri & Darmawan, 2018). Beban motor mempengaruhi slip antara medan berputar stator dan rotor, di mana peningkatan beban menyebabkan peningkatan slip dan penurunan efisiensi (Bagia & Parsa, 2018). Kualitas material dan desain motor juga mempengaruhi efisiensi motor. Sistem pendinginan dan ventilasi yang efektif membantu mengurangi suhu operasi dan meningkatkan umur serta kinerja motor (Gianto & Hiendro, 2020).

Tahanan isolasi motor induksi 3 fasa berperan penting dalam menjaga keamanan dan efisiensi operasional (Zulfikar dkk., 2019). Seiring waktu, nilai tahanan isolasi cenderung menurun yang dapat mengakibatkan peningkatan arus bocor dan panas berlebih, berpotensi mempercepat degradasi material isolasi, mengurangi efisiensi operasi, dan meningkatkan risiko kegagalan motor (Wahyudi dkk., 2019). Suhu kumparan, yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan, juga mempengaruhi nilai tahanan isolasi. Nilai tahanan isolasi minimum yang ditetapkan regulasi harus dipertahankan untuk mencegah gangguan seperti lonjakan arus dan potensi kebakaran (Andriyanto, 2016).

Polarization Index (PI) atau biasa disebut indeks polaritas adalah indeks yang menyatakan perbandingan nilai resistansi suatu bahan isolasi yang diukur pada periode waktu tertentu (Yusniati dkk., 2021). Umumnya, indeks polarisasi membandingkan resistansi dalam satuan menit dan dalam satuan puluhan menit. Pada umumnya, PI diperoleh dengan membandingkan IR pada waktu 10 menit (IR10) dengan 1 menit (IR1). Sama halnya dengan IR, PI memiliki nilai minimum yang direkomendasikan menurut IEEE Std 43-2000 (Warren, 2000).

Pada PT. PLN Indonesia Power Grati PGU, motor *Condensate Extraction Pump* (CEP) dioperasikan 24 jam sehari, yang mempengaruhi kualitas tahanan isolasi. *Preventive maintenance*, termasuk pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas, dilakukan secara rutin untuk menjaga keandalan motor (Saputra dkk., 2019). Perhitungan penurunan tahanan isolasi setiap jam operasi membantu mengetahui umur

motor induksi 3 fasa lebih awal dan menjaga keselamatan teknisi (Abdillah, dkk., 2023).

Penurunan isolasi yang tidak segera ditangani dapat menyebabkan kinerja motor menurun, kerusakan termal, dan potensi kegagalan dielektrik yang lebih tinggi (Torkaman & Karimi, 2015). Oleh karena itu, pemeliharaan rutin dan perhitungan penurunan tahanan isolasi sangat penting untuk memastikan motor beroperasi dengan aman dan efisien (Wahyudi dkk., 2019). Dapat dirumuskan permasalahan di antaranya: (1) Bagaimana hasil analisis pengujian tahanan isolasi dan indeks polaritas pada motor berdasarkan IEEE Std 43-2000. (2) Bagaimana hasil analisis perhitungan penurunan tahanan isolasi terhadap *lifetime* motor.

METODE

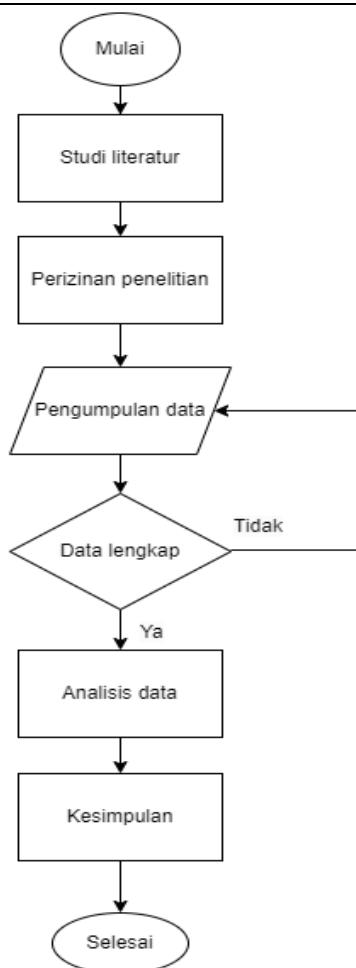
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data yang diperoleh melalui pengamatan dan disajikan dalam bentuk angka. Data diolah menggunakan perhitungan persamaan tahanan isolasi dan indeks polaritas. Metode eksperimen diterapkan dengan melakukan observasi di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU untuk memastikan penempatan motor, memastikan motor tidak beroperasi, dan melakukan pengukuran tahanan isolasi. Hasil pengukuran dibandingkan dengan IEEE Std 43-2000, diikuti dengan perhitungan manual untuk menentukan nilai indeks polaritas dan memperkirakan *lifetime* motor berdasarkan penurunan nilai tahanan isolasi tiap jam operasional (Novianto dkk., 2022). Teknik pengumpulan data meliputi studi literatur untuk mendapatkan ide penelitian, kebaruan, dan metode yang tepat; observasi lapangan untuk mengamati langsung motor yang diteliti, mengukur tahanan isolasi, dan mengikuti kegiatan *overhaul*; wawancara untuk mengumpulkan informasi dari ahli atau narasumber di lokasi penelitian mengenai kinerja motor dan pengujian tahanan isolasi sesuai standar; serta pengambilan data nilai tahanan isolasi awal, nilai saat pengujian, tahun pengujian, tahun awal operasional, dan waktu rata-rata operasional dari PT. PLN Indonesia Power Grati PGU. Instrumen penelitian yang digunakan adalah *insulation tester* atau *megger test* untuk pengujian tahanan isolasi sesuai IEEE Std 43-2000. Ada dua perhitungan utama: indeks polaritas menggunakan persamaan pertama dan penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional untuk menentukan *lifetime*. Spesifikasi detail mengenai motor CEP bisa dilihat pada tabel 1.

Teknik analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan standar untuk menentukan nilai tahanan isolasi, serta perhitungan manual untuk menentukan nilai indeks polaritas dan *lifetime* motor. Tahap-tahap penelitian dimulai dari perizinan penelitian, dengan membuat

surat pengantar atau perizinan dari kampus ke PT. PLN INDONESIA POWER GRATI PGU dan mendapatkan izin untuk melakukan penelitian. Setelah itu, pengumpulan data dilakukan melalui survei, wawancara dengan ahli, dan observasi langsung di lokasi penelitian. Tahap berikutnya adalah analisis data yang melibatkan penguraian, penginterpretasian, dan pengolahan data untuk menarik kesimpulan. Kesimpulan merupakan hasil akhir yang diperoleh berdasarkan uraian yang telah dijelaskan dalam penelitian. *Flowchart* langkah-langkah penelitian dijelaskan dalam Gambar 1, menggambarkan setiap tahap dari proses penelitian ini.

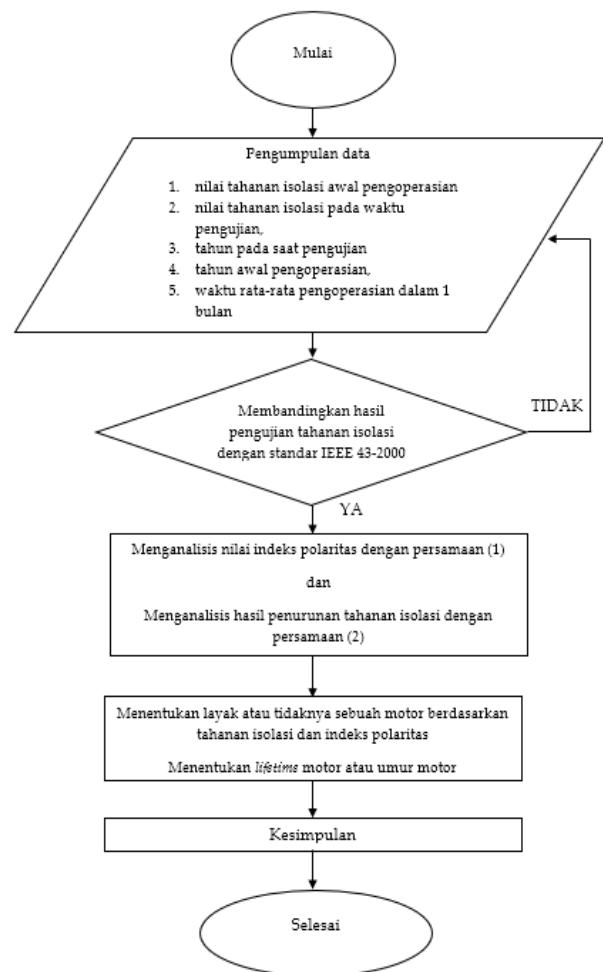
Tabel 1. *Nameplate* Motor CEP

Satuan	Nilai
Daya	240 kW
Tegangan	6300V
Arus	27.6 A
Insulation	F
Type	HLE6 312-48V
Protection Degree	IP 65
Ambient Tempt	40°C
Efficiency	90%



Gambar 1. *Flowchart* Langkah Penelitian

Pengukuran tahanan isolasi merupakan tahap awal dalam penelitian ini, di mana beberapa data yang diambil meliputi nilai tahanan isolasi awal pengoperasian, nilai tahanan isolasi pada saat pengujian, tahun pengujian, tahun awal pengoperasian, waktu rata-rata pengoperasian dalam satu bulan, dan nilai indeks polaritas (Purnomo dkk., 2017). Setelah pengukuran tahanan isolasi, tahap berikutnya adalah pengumpulan data yang menggunakan data sekunder relevan untuk analisis berikutnya. Selanjutnya, dilakukan analisis nilai indeks polaritas dan penurunan isolasi melalui perhitungan manual. Nilai indeks polaritas dianalisis setelah pengujian tahanan isolasi selama 10 menit, dengan menghitung rasio nilai tahanan isolasi pada menit ke-10 terhadap menit pertama. Setelah memperoleh data yang dibutuhkan untuk persamaan penurunan tahanan isolasi, langkah berikutnya adalah menghitung penurunan tahanan isolasi tiap jam operasional menggunakan rumus yang telah ditentukan seperti pada Gambar 2.

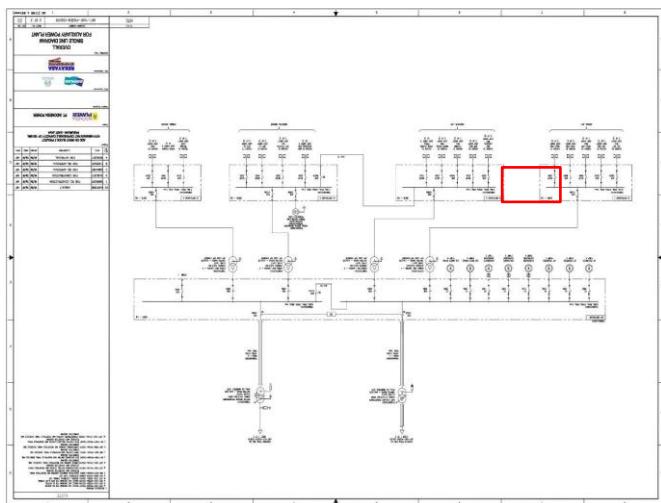


Gambar 2. *Flowchart* Analisis Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setiap pembangkit listrik harus memiliki data *single line diagram* yang penting untuk memetakan

sistem kelistrikan secara keseluruhan. *Single line diagram* adalah representasi skematis yang menggambarkan hubungan antara komponen utama dalam sistem kelistrikan, seperti generator, transformator, sirkuit, dan motor. Di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU, *single line diagram* ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Single line diagram motor CEP di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU

Pada Gambar 3. Menunjukkan *single line diagram* yang memudahkan pemahaman konfigurasi sistem, analisis aliran daya, dan identifikasi potensi masalah. Penggunaan *single line diagram* sangat penting untuk memastikan kelayakan operasional motor induksi, memungkinkan teknisi melakukan pemantauan dan pemeliharaan lebih efektif, mengidentifikasi titik kritis yang memerlukan perhatian khusus, dan memastikan semua komponen berfungsi sesuai standar. Hal ini membantu mengurangi risiko kegagalan sistem, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperpanjang umur peralatan.

1. Analisis Pengujian Nilai Tahanan Isolasi dan Perhitungan Nilai Indeks Polaritas

Pada hasil pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas dalam analisis kelayakan motor CEP di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU yang dilakukan pada bulan April, nilai-nilai yang diperoleh tercantum dalam Tabel 2.

Dari Tabel 2 diperoleh data berupa frekuensi waktu pengujian tahanan isolasi dari menit pertama hingga menit ke-10. Pengujian ini dilakukan menggunakan IEEE Std 43-2000 dengan alat megger (mega ohm meter). Hal ini dilakukan karena untuk mengetahui nilai indeks polaritas, hanya dibutuhkan waktu pengujian hingga 10 menit. Setelah tahanan isolasi diuji selama 10 menit, dilakukan perhitungan indeks polaritas untuk mengidentifikasi apakah isolasi belitan pada motor

CEP dalam keadaan basah, kotor, atau terdapat kebocoran arus. Nilai indeks polaritas dihitung sesuai dengan persamaan atau rumus, yaitu membagi hasil pengukuran pada menit ke-10 dengan hasil pengukuran pada menit pertama sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai tahanan isolasi dan indeks polaritas pada bulan April

Waktu	Nilai Tahanan Isolasi
Menit 1	7,90 GΩ
Menit 2	8,30 GΩ
Menit 3	8,70 GΩ
Menit 4	9,20 GΩ
Menit 5	9,60 GΩ
Menit 6	10,10 GΩ
Menit 7	10,40 GΩ
Menit 8	10,90 GΩ
Menit 9	11,30 GΩ
Menit 10	11,70 GΩ

Persamaan $PI = R_{10} / R_1$ digunakan untuk menentukan nilai *Polarity Index* (PI) dengan membandingkan nilai resistansi pada dua titik waktu yang berbeda, yaitu R_{10} (Resistansi pada menit ke – 10) dan R_1 (resistansi pada menit ke – 1). Dalam hal ini, R_{10} memiliki nilai resistansi sebesar 11,70, sedangkan R_1 bernilai 7,90. Sehingga setelah dilakukan subsitusi dari persamaan PI didapatkan hasil nilai *Polarity Index* (PI) pada bulan April adalah 1,49.

Pada hasil pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas dalam analisis kelayakan motor CEP di PT. PLN Indonesia Power Grati PGU yang dilakukan pada bulan September didapatkan nilai pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai tahanan isolasi dan indeks polaritas pada bulan September

Waktu	Nilai Tahanan Isolasi
Menit 1	37,60 GΩ
Menit 2	82,70 GΩ
Menit 3	112,70 GΩ
Menit 4	129,30 GΩ
Menit 5	141 GΩ
Menit 6	160,30 GΩ
Menit 7	156,30 GΩ
Menit 8	150,30 GΩ
Menit 9	163,30 GΩ
Menit 10	166 GΩ

Dari Tabel 3. diperoleh data frekuensi waktu pengujian tahanan isolasi pada bulan September, dari menit pertama hingga menit ke-10, mirip dengan pengujian pada bulan April. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai indeks polaritas yang hanya membutuhkan waktu pengujian hingga 10 menit. Setelah melakukan pengamatan dan pengumpulan data, hasil yang diperoleh sesuai dengan Tabel 3 menunjukkan kenaikan nilai tahanan isolasi dari menit pertama hingga menit keenam. Namun, pada menit ketujuh dan kedelapan terjadi penurunan nilai tahanan isolasi karena faktor suhu lingkungan motor CEP.

Pada menit kesembilan dan kesepuluh, nilai tahanan isolasi kembali meningkat seperti pada menit pertama hingga menit keenam. Tahanan isolasi yang telah diuji selama 10 menit kemudian dihitung indeks polaritasnya, sama seperti persamaan sebelumnya, yaitu hasil pengukuran pada menit ke-10 dibagi dengan hasil pengukuran pada menit pertama didapatkan hasil 4,41 pada bulan September.

Pada pengujian tahanan isolasi, didapatkan dua set data yang berbeda pada bulan April dan September. Nilai tahanan isolasi pada kedua bulan tersebut menunjukkan hasil yang berbeda. Pada bulan April, nilai tahanan isolasi dari menit pertama hingga menit kesepuluh menunjukkan peningkatan yang lebih kecil dibandingkan dengan data pengujian pada bulan September, karena belum dilakukan tindakan *reinsulasi*. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan nilai indeks polaritas pada bulan April yang tercatat sebesar 1,49 dalam Tabel 3. yang dikategorikan buruk (di bawah standar), sehingga memerlukan tindakan pengeringan pada belitan sesuai dengan IEEE Std 43-2000. Pada bulan September, data pengujian menunjukkan peningkatan nilai tahanan isolasi yang signifikan dibandingkan dengan bulan April. Saat pengujian, dari menit pertama hingga menit keenam terjadi peningkatan nilai tahanan isolasi, namun pada menit ketujuh hingga kedelapan terjadi penurunan nilai karena faktor suhu lingkungan. Pada menit kesembilan hingga kesepuluh, nilai tahanan isolasi kembali meningkat. Perbedaan hasil pengujian pada bulan September dengan bulan April disebabkan oleh tindakan *reinsulasi* yang dilakukan pada bulan September, yang dibuktikan dengan perhitungan nilai indeks polaritas sebesar 4,41 dalam Tabel 3. yang dikategorikan sangat baik sesuai dengan IEEE Std 43-2000.

2. Analisis perhitungan nilai penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional

Perhitungan penurunan tiap 1 jam operasional

adalah metode atau cara untuk mengetahui nilai degradasi atau penurunan tahanan isolasi pada motor CEP, untuk mencari nilai penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional digunakan persamaan perhitungan.

Nilai perhitungan penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional (ΔIR_h) dihitung dengan mengambil selisih antara resistansi awal (IR_0) sebesar $16,6 \text{ G}\Omega$ dan resistansi akhir (IR_1) sebesar $11,7 \text{ G}\Omega$, yang diukur dalam rentang waktu dari tahun 2019 hingga 2021. Selisih ini dibagi dengan jumlah tahun, yaitu 2 tahun. Hasilnya kemudian dibagi dengan hasil kali rata-rata waktu pengukuran bulanan (TM_{avr}) sebesar 720 dan jumlah bulan dalam setahun (12 bulan). Perhitungan ini menghasilkan nilai ΔIR_h sebesar $0,00892 \text{ G}\Omega$ tiap 1 jam operasional, yang setara dengan $8,920 \text{ k}\Omega$ tiap 1 jam operasional.

Pada perhitungan nilai penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional didapatkan hasil sebesar $8,920 \text{ k}\Omega$, namun nilai ini belum bisa dijadikan standar untuk menentukan umur motor. Perlu dilakukan tindakan lebih lanjut yaitu dengan pengujian tahanan isolasi beserta perhitungan indeks polaritas. Dalam melakukan tindakan ini, terdapat dua kemungkinan yang akan terjadi: jika nilai pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas berada di bawah standar, maka tindakan yang dilakukan adalah *reinsulasi*. Namun, jika nilai pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas masih di atas standar, maka yang perlu dilakukan adalah perhitungan penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional untuk memastikan nilai penurunan tetap optimal.

Nilai yang telah didapatkan sebesar $8,920 \text{ k}\Omega$ memiliki selisih yang tidak jauh dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Andriyanto yang berjudul "*Life Time Assessment Motor Container Crane PT Pelindo III*," yang menunjukkan bahwa nilai tersebut masih dalam batas normal degradasi tahanan isolasi.

PENUTUP

Simpulan

Hasil analisis kelayakan *motor Condensate Extraction Pump* (CEP) berdasarkan tahanan isolasi dan indeks polaritas dilakukan menggunakan data uji sekunder dari bulan April dan September. Pada bulan April, terlihat adanya lonjakan nilai tahanan isolasi pada 10 menit awal, dengan nilai $7,90 \text{ G}\Omega$ pada menit pertama dan $11,70 \text{ G}\Omega$ pada menit kesepuluh. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan bulan September karena belum ada tindakan *reinsulasi* yang dilakukan. Nilai indeks polaritas pada bulan April menunjukkan angka 1,49 yang,

menurut IEEE Std 43-2000, dikategorikan buruk sehingga perlu dilakukan tindakan reinsulasi. Pada bulan September, terdapat variasi nilai tahanan isolasi yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan, dengan nilai $37,60\text{ G}\Omega$ pada menit pertama dan $166\text{ G}\Omega$ pada menit kesepuluh. Nilai indeks polaritas mencapai 4,41, yang mendekati kualitas yang sangat baik sesuai dengan standar yang berlaku.

Hasil analisis perhitungan penurunan tahanan isolasi pada motor CEP dilakukan menggunakan perhitungan penurunan tahanan isolasi tiap 1 jam operasional, yang menunjukkan hasil sebesar $8,920\text{ k}\Omega$. Hasil tersebut memiliki selisih yang tidak jauh dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Andriyanto yang berjudul "*Life Time Assessment Motor Container Crane PT Pelindo III*,"

Saran

Nilai indeks polaritas pada bulan April menunjukkan kategori buruk dengan angka 1,49 menurut IEEE Std 43-2000. Oleh karena itu, perlu segera dilakukan tindakan reinsulasi pada motor CEP untuk meningkatkan kualitas isolasi dan mencegah kerusakan lebih lanjut.

Untuk memastikan kestabilan nilai tahanan isolasi, penting untuk memonitor suhu lingkungan secara terus-menerus. Suhu lingkungan yang tinggi dapat mempengaruhi nilai tahanan isolasi, seperti yang terlihat pada data bulan September. Pengawasan dan tindakan preventif dapat dilakukan lebih awal untuk menjaga kinerja motor.

Tindakan pengujian tahanan isolasi dan perhitungan indeks polaritas secara berkala dilakukan untuk memantau kondisi motor CEP. Jika nilai pengujian menunjukkan hasil di bawah standar, maka tindakan reinsulasi harus dilakukan. Sebaliknya, jika nilai pengujian masih sesuai standar, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap penurunan tahanan isolasi setiap 1 jam operasional. Hal ini akan membantu menentukan prakiraan *lifetime* motor CEP dan menghindari kerusakan mendadak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H., Baihaqi, M. A., Hakim, L., Analisa, A., & Arista, H. (2023). *Analisis Pengukuran Tahanan Isolasi dan Indeks Polaritas pada Motor 3 Fasa*. Jurnal INTRO (Informatika dan Teknik Elektro). 2(1), 37–42.
- Amin, M. S. Al. (2018). *Pembangkitan Tegangan Generator Induksi Satu Fasa*. Jurnal Ampere 3(2), 176–186.
- Amri, R., & Darmawan, I. A. (2018). *Pengujian Standar Mutu Pada Perbaikan Motor Traksi 130 Kw PT. Pindad (Persero)*. Bandung. Vokasional, Pendidikan Elektro, Teknik Teknik, Fakultas Jakarta, Universitas Negeri.
- Life Time Assessment Motor Container Crane PT PELINDO III*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bagia, I. N., & Parsa, I. M. (2018). *Motor - motor Listrik*. CV. Rasi Terbit.
- Gianto, R., & Hiendro, A. (2020). *Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 HP / 75 KW pada Panel Star – Delta di PDAM Tirta Raya Adi Sucipto*. Journal of Electrical Engineering Energy, and Information Technology, 8(2), 1–8.
- Novianto, D., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2022). *Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang*. SainETIn: Jurnal Sains 4(2), 73–80.
- Purnomo, R. A., Riawan, & Sugianto, L. O. (2017). *Studi kelayakan bisnis*. UNMUH Ponorogo Press: Ponorogo.
- Saputra, R., Juhan, N., & Bahri, S. (2019). *Rancangan bangun alat pengaduk adonan kue dengan daya motor penggerak ½ hp*. Jurnal Mesin Sains Terapan. 3(1), 22–27.
- Sundari, E., Martomi, E. S., Widagdo, T., & Witjahjo, S. (2018). *Penentuan Karakteristik Mekanik Motor Listrik Induksi Menggunakan Beban Dinamometer Hidrolik Austenit*. Austenit, 9(2), 1–8.
- Torkaman, H., & Karimi, F. (2015). *Measurement variations of insulation resistance / polarization index during utilizing time in HV electrical machines – A survey*. MEASUREMENT, 59, 21–29.
- Wahyudi, M., Asfani, D. A., Negara, I. M. Y., Fahmi, D., Ngurah, I. G., & Hernanda, S. (2019). *Evaluasi Degradasi Isolasi Motor akibat Multi-factor Aging berdasarkan Indeks Polarasi dan SEM-EDX*. Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI). 8(1),
- Warren, V. (2000). *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*. 2000. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc: United States of America.10.1109/IEEEESTD.2000.91301
- Yusniati, Pelawi, Z., Armansyah, & Taufik, I. (2021). *Pengukuran Resistansi Isolasi Instalasi Penerangan Basement Pada Gedung Rumah Sakit Grend Mitra Medika Medan*. Buletin Utama Teknik. 16(3).
- Zulfikar, Evalina, N., H, A. A., & Nugraha, Y. T. (2019). *Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2*. Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU 2–5