

PENGUJIAN STATIS DAN PENGUJIAN DINAMIS MOTOR INDUKSI 500 kW

YUSUF KOMARA PUTRA¹, SYAHRIAL²

Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : komar18.ykp@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Perawatan sebuah motor listrik merupakan sesuatu hal yang sangat penting guna menjaga fungsi serta kinerja dari motor tersebut, sebab semakin lama motor tersebut digunakan maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya kerusakan pada motor tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian pada motor induksi 500 kW untuk mengetahui kondisi dari motor tersebut. Pengujian tersebut diantaranya yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara membandingkan hasil dari pengujian tersebut dengan standar dari IEEE 43-2000, ISO 10816-1, NEMA MG 1-2009. Dari pengujian tersebut didapat nilai hambatan isolasi sebesar 2,5 GΩ, indek polarisasi sebesar 4,27, dan nilai suhu belitan stator pada waktu 2 jam sebesar 68 °C. Dari hasil yang telah didapatkan dapat dilihat bahwa nilai dari setiap pengujian yang telah didapat sudah sesuai dengan standar yang telah ditentukan, sehingga didapatkan hasil bahwa motor induksi 500 kW ini sudah sesuai standar yang ditentukan.

Kata kunci: Hambatan Isolasi , Indek Polarisasi, Motor Induksi, Pengujian Statis, Pengujian Dinamis, Suhu Belitan Stator

ABSTRACT

Maintenance of an electric motor is something that is very important in order to maintain the function and performance of the motor, because the longer the motor is used, the greater the possibility of damage to the motor. Therefore, in this study, a test was carried out on a 500 kW induction motor to determine the condition of the motor. These tests include static testing and dynamic testing. The method used in this study is to compare the results of these tests with the standards of IEEE 43-2000, ISO 10816-1, NEMA MG 1-2009. From these tests, the insulation resistance value is 2.5 GΩ, the polarization index is 4.27, and the temperature value of the stator winding at 2 hours is 68 °C. From the results that have been obtained, it can be seen that the value of each test that has been obtained is in accordance with predetermined standards, so that the result is that the 500 kW induction motor is in accordance with the specified standards.

Keywords: Dynamic Testing, Insulation Resistance, Induction Motor, Polarization Index, Static Testing, Stator Winding Temperature

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat motor-motor listrik yang bekerja untuk membantu manusia. Baik dalam segi pekerjaan atau pun kebutuhan sehari-hari, contohnya seperti kipas angin, robot, konveyor, pompa air, kompresor, dan lain-lain. Ada berbagai jenis motor listrik, salah satunya adalah motor induksi. Motor induksi adalah suatu motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik. Penggunaan motor induksi ini di industri adalah sebagai penggerak seperti *blower*, kompresor, pompa, mill, bor, grinda, dan sebagainya (**Wijaya, 2001**).

Seiring dengan berkembangnya zaman diiringi pula dengan berkembangnya teknologi industri di bumi ini. Hampir semua perusahaan manufaktur berbasis IoT, dimana dalam proses pembuatan suatu produk dilakukan secara otomatis yang artinya motor sangat berperan penting dalam pembuatan produk tersebut sebab alat yang digunakan untuk membuat produk tersebut memiliki komponen utama salah satunya adalah motor (**Irvawansyah, 2020**).

Namun, semakin sering motor tersebut digunakan semakin besar pula kemungkinan terjadinya penurunan performa dari motor tersebut (**Radiansyah, 2019**). Sehingga perlu dilakukan proses rekondisi motor, yang berfungsi untuk mengembalikan kondisi dan performa motor menjadi lebih baik (**Stone, 2004**). Penurunan performa tersebut bisa disebabkan oleh umur dari motor yang sudah sangat lama sehingga menimbulkan karat, arus bocor, debu yang mengendap dalam rotor maupun stator, dan lain-lain.

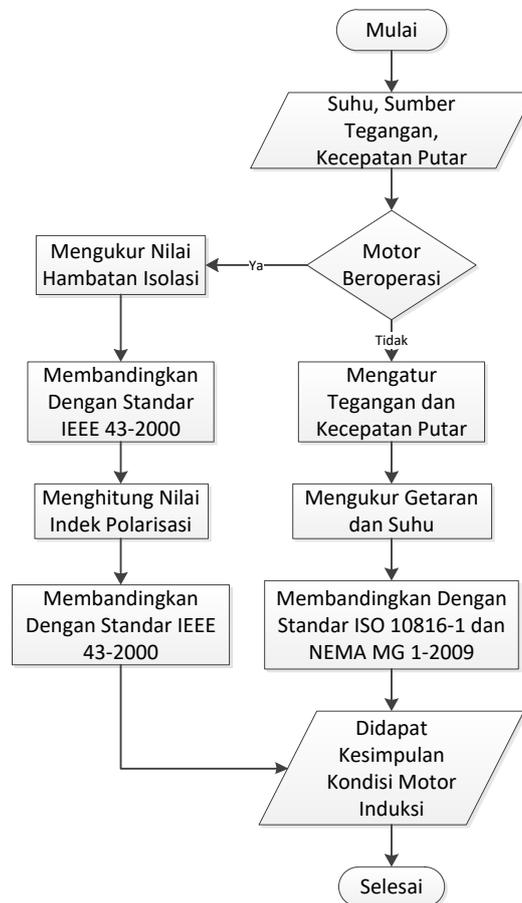
Dalam proses rekondisi tersebut terdapat beberapa pengujian, pengujian tersebut adalah pengujian statis dan pengujian dinamis. Pengujian statis meliputi pengujian hambatan isolasi dan indeks polarisasi. Sedangkan pengujian dinamis ini meliputi, pengujian *vibration*, dan *heat run test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dari motor sebelum kembali beroperasi (**Cahyono, 2017**).

Penelitian ini membahas mengenai pengujian statis dan dinamis pada sebuah motor induksi 500 kW, sehingga dapat diketahui kondisi dari motor tersebut. Data yang diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan dibandingkan dengan standar dari IEEE 43-2000, ISO 10816-1, dan NEMA MG 1-2009.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1. menunjukkan diagram alir dari langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada proses penelitian ini dilakukan dengan proses pengujian. Proses pengujian ini terbagi menjadi dua pengujian yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis. Sebelum melakukan pengujian, penulis mencari spesifikasi dari motor induksi ini. Setelah mengetahui spesifikasi dari motor, dilakukanlah proses pengujian statis (tanpa dialiri arus listrik) dan dinamis (dengan dialiri arus listrik). Pada pengujian statis hal yang dilakukan adalah mengukur nilai dari hambatan isolasi dari salah satu fasa motor.

2.2. Standar Pengukuran

2.2.1 Hambatan Isolasi

Nilai dari hambatan isolasi ini bandingkan dengan standar dari IEEE 43-2000 (Arnoux, 2010). Jika nilai hambatan isolasi telah sesuai dengan standar tersebut maka pengujian dilanjutkan dengan tetap mengukur nilai hambatan isolasi selama 10 menit dengan mencatat nilai hambatan isolasi setiap 1 menit.

Tabel 1. Standar Hambatan Isolasi IEEE 43-2000

Minimal Hambatan Isolasi (IR) (megohm)	Jenis Tes
$IR_{1min} = kV + 1$	Untuk semua jenis lilitan yang dibuat sebelum sekitar tahun 1970
$IR_{1min} = 100$	Untuk jenis lilitan yang dibuat setelah tahun 1970 (<i>wound coil</i>)
$IR_{1min} = 5$	Untuk sebagian besar <i>wound coil</i> stator acak dan <i>wound coil</i> dengan nilai dibawah 1 kV

Tabel 1 menunjukkan nilai standar hambatan isolasi yang dipakai pada penelitian ini. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai hambatan isolasi minimal adalah 100 M Ω untuk jenis belitan yang dibuat pada tahun 1970 sampai dengan sekarang (**IEEE 43, 2000**). Untuk mendapatkan nilai hambatan isolasi tersebut dilakukan pengukuran dengan cara menghubungkan probe positif pada alat ukur dengan salah satu fasa yang terdapat pada motor yang hendak dilakukan pengukuran dan probe negatif dihubungkan dengan bagian *body* pada motor yang dijadikan sebagai *ground*.

2.2.2 Indek Polarisasi

Untuk mendapatkan nilai indek polarisasi dengan cara melakukan perhitungan serta membandingkan hasil perhitungan tersebut dengan standar IEEE 43-2000 (**Group, 2001**).

Tabel 2. Standar Indek Polarisasi IEEE 43-2000

Indeks polarisasi	Kondisi isolasi
<1	Tidak baik
1-2	Dipertanyakan
2-4	Baik
>4	Sangat baik

Tabel 2 menunjukkan nilai standar indek polarisasi untuk isolator yang digunakan pada motor ini. Indek polarisasi menunjukkan kualitas dari isolator yang dipakai. Indek polarisasi ini dapat memberikan indikasi adanya kontaminasi yang terdapat pada isolator (**IEEE 43, 2000**).

2.2.3 Getaran

Gambar 2 menunjukkan nilai standar getaran yang dihasilkan oleh motor. Getaran memberikan indikasi adanya kerusakan pada komponen motor seperti *bearing*, ketidakseimbangan poros, dan sebagainya (Berry, 2002).

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
1.10	45.0				

Gambar 2. Standar Getaran ISO 10816-1

Untuk mendapatkan nilai getaran yang dihasilkan oleh motor, maka motor harus dalam keadaan beroperasi pada nilai tegangan yang sudah ditentukan. Setelah tegangan yang ditentukan tercapai maka pengukuran getaran dapat dilakukan.

2.2.4 Temperatur

Gambar 3 menunjukkan batas kenaikan suhu yang terjadi ketika motor beroperasi dalam keadaan tanpa beban. Kenaikan suhu yang signifikan bahkan melebihi batas dari standar yang telah ditentukan akan menyebabkan kerusakan yang cukup parah, karena akan menyebabkan isolator rusak dan terjadinya konsleting (Stone, 2004).

	Class of Insulation System			
	A	B	F	H
Reference Temperature, Degrees C	105	130	155	180

Gambar 3. Standar Kenaikan Temperatur Motor NEMA MG 1-2009

Untuk mendapatkan nilai suhu yang dihasilkan oleh motor, maka motor harus dalam keadaan beroperasi pada nilai tegangan yang sudah ditentukan. Setelah tegangan yang ditentukan tercapai maka pengukuran suhu dapat dilakukan.

2.3. Persamaan Yang Digunakan

Metode penelitian yang dipakai adalah dengan cara membandingkan hasil pengukuran serta perhitungan. Metode perhitungan yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk perhitungan temperatur dengan menggunakan persamaan garis lurus dan untuk perhitungan indek polarisasi rasio antara selang nilai. Untuk mengetahui nilai indek polarisasi dapat menggunakan persamaan (1).

$$P.I. = \frac{IR_{(10)}}{IR_{(1)}} \quad (1)$$

Dimana :

P.I. adalah indeks polarisasi

IR_{10} adalah nilai hambatan isolasi pada 10 menit

IR_1 adalah nilai hambatan isolasi pada 1 menit

Sedangkan untuk mengetahui besar nilai suhu yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan (2).

$$t = \frac{(R_t - R_0)}{R_0 \times \alpha} \quad (2)$$

Dimana:

R_t = Nilai Resistansi terukur dari RTD

R_0 = Resistansi RTD ketika 0°C

α = Koefisien Temperatur

t = Suhu

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Data Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengukuran Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai dari hambatan isolasi pada motor ini melebihi nilai minimal dari standar IEEE 43-2000 yaitu 100 MΩ. Hal tersebut menunjukkan bahwa isolator yang dipakai pada setiap fasa pada motor ini mampu menahan arus searah dengan sangat baik (**Megger, 2006**).

Table 3. Hasil Pengukuran Hambatan Isolasi

Tegangan Pada Motor (V)	Tegangan Uji Yang Dipakai (VDC)	Hambatan Isolasi (Ω)
6000	5000	2,75 G

Setelah mengetahui bahwa isolator yang dipakai mampu menahan arus searah dengan baik, maka dapat melanjutkan dengan menghitung nilai indek polarisasi dengan hasil sebagai berikut:

$$P.I. = \frac{IR_{(10)}}{IR_{(1)}} = \frac{11,7}{2,74} = 4,25$$

Hasil perhitungan tersebut lalu dibandingkan dengan standar nilai indeks polarisasi IEEE 43-2000. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa kualitas isolator yang dipakai pada motor ini dalam keadaan sangat baik, yang artinya tidak ada kontaminasi yang terjadi pada isolator yang dipakai (**Stone, 2004**).

Tabel 4. Hasil Pengukuran Getaran

Kecepatan (rpm)	Drive End (mm/s)			Non Drive End (mm/s)		
	Horiz.	Vert.	Axial	Horiz.	Vert.	Axial
748	1,820	1,120	0,393	1,182	1,118	0,395

Berdasarkan Tabel 4, bahwa motor ini menghasilkan getaran ketika beroperasi tanpa beban dengan nilai yang sesuai dengan standar dari ISO 10816-1. Hal tersebut menunjukkan bahwa komponen pada motor induksi ini dalam keadaan baik.

Suhu belitan stator ketika motor beroperasi tanpa beban sebagai berikut:

- Ketika pengukuran dalam waktu 0 menit dengan nilai resistansi 115,3 Ω

$$t = \frac{(115,3-100)}{100 \times 0,00385} = 39,7^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 15 menit dengan nilai resistansi 119,8 Ω

$$t = \frac{(119,8-100)}{100 \times 0,00385} = 51,4^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 30 menit dengan nilai resistansi 122,5 Ω

$$t = \frac{(122,5-100)}{100 \times 0,00385} = 58,4^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 45 menit dengan nilai resistansi 123,4 Ω

$$t = \frac{(123,4-100)}{100 \times 0,00385} = 60,7^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 60 menit dengan nilai resistansi 124,6 Ω

$$t = \frac{(124,6-100)}{100 \times 0,00385} = 63,8^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 75 menit dengan nilai resistansi 124,9 Ω

$$t = \frac{(124,9-100)}{100 \times 0,00385} = 64,6^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 90 menit dengan nilai resistansi 125,4 Ω

$$t = \frac{(125,4-100)}{100 \times 0,00385} = 65,9^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 105 menit dengan nilai resistansi 125,7 Ω

$$t = \frac{(125,7-100)}{100 \times 0,00385} = 66,7^{\circ}\text{C}$$

- Ketika pengukuran dalam waktu 120 menit dengan nilai resistansi 126,2 Ω

$$t = \frac{(126,2-100)}{100 \times 0,00385} = 68^{\circ}\text{C}$$

Hasil perhitungan tersebut dibandingkan dengan standar dari NEMA MG-1. Berdasarkan hasil perbandingan, maka dapat dinyatakan bahwa nilai temperatur yang di hasilkan pada motor induksi ini masih dalam keadaan yang baik sebab tidak melebihi batas standar nilai temperatur dari NEMA MG 1-2009 (**Stone, 2004**).

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini menunjukkan kondisi dari motor induksi ini setelah dilakukan proses rekondisi bahwa motor dalam keadaan yang baik atau layak kembali beroperasi. Sebab pada hasil penelitian menunjukkan hasil dari setiap pengujian yang dilakukan memiliki nilai yang sesuai dengan standar dari IEEE 43-2000, IEEE 841, dan ISO 10816-1. Nilai hambatan isolasi yang didapat adalah 2,75 G Ω , nilai tersebut menunjukkan bahwa isolator yang dipakai sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh IEEE 43-2000 yaitu lebih dari 100 M Ω . Nilai indek polarisasi yang didapat adalah 4,25, dibandingkan dengan standar dari IEEE 43-2000 maka kualitas dari isolator yang dipakai termasuk dalam kategori sangat bagus sebab nilai indek polarisasi yang didapat lebih dari 4. Nilai getaran yang didapat tidak lebih dari 2,80 sesuai dengan standar ISO 10816-1 maka bisa diketogorikan bahwa getaran yang dihasilkan motor tidak menunjukkan adanya kerusakan pada motor. Nilai suhu yang didapat selama pengukuran dalam waktu 2 jam tidak melebihi 155 $^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan standar NEMA MG-1 maka suhu yang dihasilkan motor dalam keadaan normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Pindad (Persero) yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnoux, C. (2010). *Insulation Resistance Testing Guide 50 To 5000 Vdc Megohmmeters*. United State of Amerika: Chauvin Arnoux Inc.
- Berry. (2002). *How Implement An Effective Condition Monitoring Program Using Vibration Analysis*. United State of America: Technical Associates of Charlotte Inc.
- Cahyono. (2017). Vibration Spectrum Analysis for Indicating Damage on Turbine and Steam Generator Amurang Unit 1. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 2 (1) 51-58.
- Group, M. (2001). *A Guide To Diagnostic Insulation Testing Above 10kv*. United States of America: Megger Group.
- IEEE 43. (2000). *Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Machinery*. United States of America: The Institut of Electrical and Electronic Engineers Inc.
- Irvawansyah. (2020). Rancang Bangun Trainer Mesin Listrik AC. *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, 1(2), 41-45.
- Megger. (2006). *A Stitch In Time*. United States of America: Megger Group.
- Radiansyah, A. (2019). Inspeksi Overhaul Motor Induksi 3 Fasa 1000 KW. *TESLA*, 21(2), 14-26.
- Stone. (2004). *Electrical Insulation for Rotating Mechines*. United State of America: Institute of Electronics Engineers Inc.
- Wijaya. (2001). *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan.