

PENGUJIAN ELEKTRIK MOTOR INDUKSI 3 *PHASE* ROTOR SANGKAR 75 KW DI PT MESINDO TEKNINESIA

Dahliya Sulastri¹,

Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: 2283180012@untirta.ac.id

Ilham Akbar Darmawan¹

Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: ilham.ad@untirta.ac.id

ABSTRACTS : *In the schematic of the electric motor repair procedure, it can be explained that the repair process can be divided into four handling parts, which include operations, quality control, mechanical and electrical. induction before and after repair. The data taken is the data of the 380V cage induction motor belonging to PLTU Indramayu. In the testing process both before and after the repair there are several measurements, namely: Insulation Resistance Test, Resistance Test, Winding Wave Test Running test. In the insulation resistance test, the results obtained are an average of 2000 M Ω or above 100 M Ω so that the stator after being repaired is in good condition, as well as the results of the resistance test, the result is that the deviation balance between the coils is not more than 5%. The results of the Surge test after the repair also showed that there was no noise and good, for the results of the motor rotation test, vibration and temperature, all of them were in accordance with the 2015 EASA AR100 standard. Inspection of the motor before repairing (electrical test before repairing) must be more thorough because the inspection become the basis for determining what process will be carried out next.*

Keyword: *Electrical test; Electric motor; Running test.*

ABSTRAK: Pada skema prosedur perbaikan motor listrik dapat dijelaskan bahwa proses perbaikan dapat di bagi menjadi empat bagian penanganan yaitu meliputi operasional, quality control, mechanical dan electrical Penelitian dilaksanakan di PT Mesindo Tekninesia departemen QC (Quality Control) yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung tentang pengujian elektrik motor induksi sebelum perbaikan dan setelah perbaikan. Data yang diambil adalah data motor induksi sangkar 380V milik PLTU Indramayu. Dalam proses pengujian baik sebelum maupun sesudah perbaikan terdapat beberapa pengukuran yaitu: Tes Tahanan Isolasi, Tes Resistansi, Tes Gelombang Belitan Running test. Pada pengujian insulation resistance hasil yang didapat rata-rata 2000 M Ω atau berada diatas 100 M Ω sehingga stator setelah diperbaiki dalam keadaan bagus, begitupun pada hasil resistance Test hasilnya yaitu balance deviasi antar coil tidak lebih dari 5%. Hasil Surge test setelah perbaikan pun menunjukkan bahwa tidak ada noise dan baik, untuk hasil dari pengujian putaran motor, getaran dan suhu semuanya sudah sesuai dengan standar EASA AR100 2015. Pemeriksaan motor sebelum diperbaiki (electrical test before repairing) harus lebih teliti lagi karena pemeriksaan tersebut menjadi dasar penentu untuk proses apa yang akan dilakukan selanjutnya.

Kata Kunci: Pengujian elektrik ; Motor Listrik; Running test.

PENDAHULUAN

Pada skema prosedur perbaikan motor listrik dapat dijelaskan bahwa proses perbaikan dapat di bagi menjadi empat bagian penanganan yaitu meliputi operasional, quality control, mechanical dan electrical . Pertama adalah ketika motor listrik datang hal yang dilakukan adalah pemeriksaan motor yang meliputi pendataan dan pendokumentasian yang dilakukan oleh bagian operasional. Adapun tujuan penelitian adalah: Mengetahui alur proses perbaikan/perawatan motor induksi, Mengetahui proses pengujian elektrik motor induksi, Menganalisa hasil pengujian elektrik motor induksi

Sehubungan dengan meningkatnya jumlah industri di Indonesia penggunaan mesin listrik pun meningkat. Mesin listrik dalam periode tertentu pasti akan terkena kerusakan. Ketika ada kerusakan perusahaan biasanya tidak membeli mesin listrik baru karena jika dibanding dengan harga perawatan atau perbaikan, pembelian mesin listrik baru memerlukan pembiayaan yang lebih besar. Sehingga saat ini banyak perusahaan penyedia layanan jasa perawatan dan perbaikan mesin listrik. Salah satunya adalah PT Mesindo Tekninesia yang berlokasi di Cilincing, Jakarta Utara. Perusahaan ini merupakan penyedia jasa rewinding, repairing, overhaul mesin-mesin listrik dari mulai motor listrik (AC/DC), Generator, dan transformator.

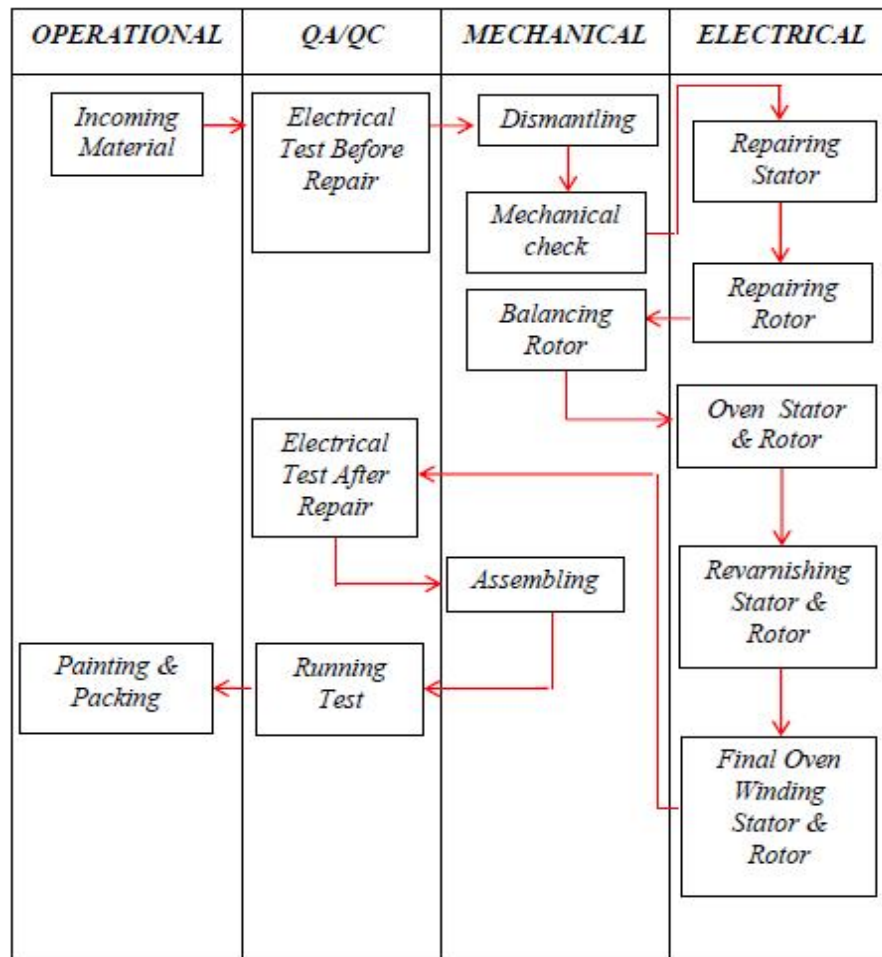
Berdasarkan pada penelitian sebelumnya pada jurnal TEKNIKA dari penulis Muhammad Sadikin, Alief Maulana, M.Miftah Baihaqi yang melakukan penelitian pada pemeliharaan dan pengujian motor induksi 3 phasa dimana pada proses pengujian peneliti menggunakan Motor Circuit Analysis (MCA). Dalam proses pengujian ini merupakan pengujian untuk mengetahui adakah

¹ Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

kerusakan atau tidaknya pada suatu motor listrik. Penelitian tersebut difokuskan pada pengecekan menggunakan alat MCA dan megger. Pengujian dilakukan sebelum perbaikan oleh sebab itu dalam jurnal ini akan dilengkapi bagaimana pengujian elektrik sebelum dan setelah perbaikan motor induksi dari pemeriksaan secara visual hingga pengetesan motor saat dijalankan tanpa beban (no load).

METODE PENELITIAN

Proses perbaikan mesin listrik di PT Mesindo Tekninesia (Tekninesia, 2020) dibagi menjadi empat departemen yaitu departemen operasional, *QA/QC*, mechanical, dan terakhir *electrical*, untuk lebih jelas terdapat pada gambar 1.



■ **Gambar 1.** Diagram Alur Proses Perbaikan di PT Mesindo Tekninesia

Berdasarkan pada gambar 1 setiap departemen memiliki tugasnya masing-masing dari mulai pendataan barang masuk dan keluar, bagian pengujian motor listrik, hingga pada proses pengerjaan perbaikan baik dalam proses rewinding maupun overhaul. Departemen yang dilakukan proses penelitian yaitu departemen Quality control yaitu departemen yang melakukan analisa kerusakan dan pengujian motor listrik apakah sudah sesuai dengan standar EASA AR100 2015 yang diberlakukan atau belum.

Standar Pengujian Motor Induksi Rotor Sangkar

Dalam proses pengujian baik sebelum maupun sesudah perbaikan terdapat beberapa pengukuran yaitu: Tes Tahanan Isolasi (*Insulation resistance Test*) Pengujian tahanan isolasi adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui baik atau buruknya isolasi pada sebuah konduktor. Isolasi yang baik diperlukan untuk menghindari terjadinya direct contact seperti short circuit atau ground fault. Pengujian isolasi dilakukan dengan menggunakan insulation tester. Berikut daftar penggunaan *Insulation resistance Test direct voltage* terhadap masing-masing *winding rated voltage* berdasarkan Insulation Standar EASA (*Electrical Apparatus Service Association*) AR100-2015 Sec. 4, Page 1, untuk lebih jelasnya terdapat pada gambar 2.

GUIDELINES FOR DC VOLTAGES TO BE APPLIED DURING INSULATION RESISTANCE TEST

Winding Rated Voltage (V) ^a	Insulation Resistance Test Direct Voltage (V)
<1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12,000	2500 - 5000
>12,000	5000 - 10,000

■ **Gambar 2.** Standar penggunaan tegangan dc pada pengujian tahanan isolasi

Keterangan :

Winding rated adalah nilai tegangan nominal yang dibutuhkan motor saat beroperasi dalam satuan *volt*. *Insulation resistance direct voltage* adalah tegangan input DC dari Megaohmmeter yang

RECOMMENDED MINIMUM INSULATION RESISTANCE VALUES AT 40°C (All Values In MΩ)

Minimum Insulation Resistance	Test Specimen
$IR_{min} = kV + 1$	For most windings made before about 1970, all field windings, and others not described below.
$IR_{min} = 100$	For most DC armature and AC windings built after about 1970 (form-wound coils).
$IR_{min} = 5$	For most machines with random-wound stator coils and form-wound coils rated below 1 kV.



(a)

(b)

diizinkan.

■ **Gambar 3.** (a) Nilai Standar minimum pengujian tahanan isolasi (b) Insulation tester

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan cara mengukur tingkat kebocoran antar phase dan phase dengan ground selama 1 menit. Metode pengukuran dilakukan dengan input tegangan DC yang berbeda sesuai dengan kebutuhan yaitu sesuai dengan tegangan nominal kerja motor Berikut adalah nilai standar minimum pengujian tahanan isolasi berdasarkan EASA AR100-2015.

Keterangan :

IR adalah nilai yang diizinkan untuk minimal tahanan isolasi selama 1 menit pengukuran dalam satuan Megaohm dan pada suhu 400 C.

KV adalah nilai tegangan nominal motor saat beroperasi dan 1 dalam satuan kV. Tes Resistansi (*Resistance Test*) adalah pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai tahanan pada suatu konduktor. Alat yang digunakan dalam pengukuran tes resistansi adalah miliohmmeter. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui keseimbangan nilai tahanan antar gulungan R, S, dan T.

Menurut standar EASA AR100-2010 Sec. 4. page 2 yang digunakan oleh PT. Mesindo Tekninesia toleransi konduktor antar phase-nya yang diizinkan adalah tidak lebih dari 5% dengan rumus perhitungan :

$$Rdev = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{max}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Rdev = Toleransi nilai deviasi resistansi (%)

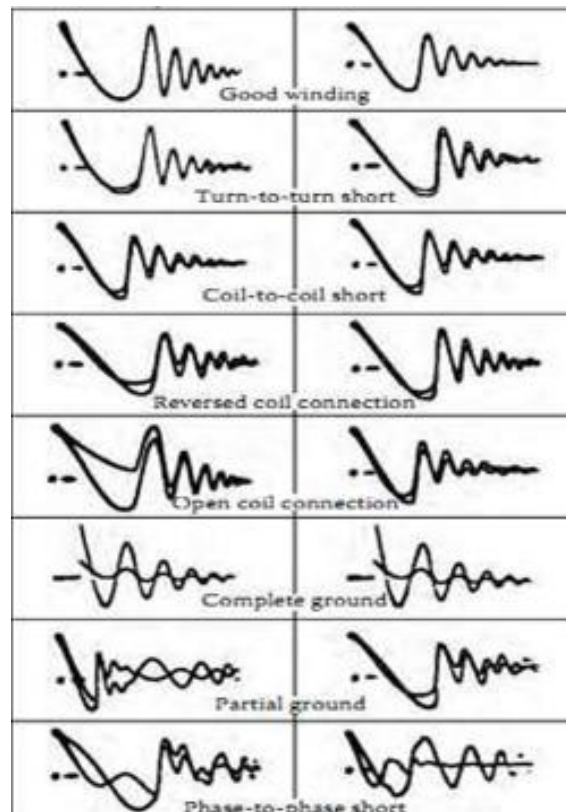
Rmax = Nilai resistansi maksimal dari ketiga phase (Ω)

Rmin = Nilai resistansi minimal dari ketiga phase (Ω)

Tes Gelombang Belitan (Surge test)

Tes surge adalah pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui baik atau tidaknya kondisi isolasi winding yaitu dengan cara membandingkan bentuk gelombang yang dihasilkan. Berikut adalah

macam-macam bentuk gelombang dan makna kondisi gelombang, untuk lebih jelasnya terapat pada gambar 6.



■ Gambar 4. Typical Surge test indication

Keterangan :

Good Winding : dua gelombang yang dihasilkan adalah sama dan saling tumpang tindih, hal tersebut menunjukkan bahwa winding dalam kondisi baik.

Turn to turn Short : Menunjukkan bahwa adanya indikasi terjadinya hubung singkat antar kawat dalam 1 lilitan.

Coil to Coil Short : Menunjukkan bahwa adanya hubung singkat antara lilitan (*coil*).

Phase to Phase Short : Menunjukkan bahwa terjadinya hubung singkat antar phase dalam winding.

Partial Ground : Menunjukkan bahwa ada lilitan yang *short* dengan body motor.

Reverse Coil Conection : Menunjukkan bahwa terjadinya hubung singkat antar group dalam motor

Complete Ground : Menunjukkan adanya indikasi terjadinya hubung singkat antara lilitan (*coil*) dengan body motor (ground).

Open Coil Conection : Menunjukkan bahwa adanya indikasi hubung buka pada sambungan koneksi lilitannya. Alat *Surge test* dapat dilihat lebih jelas pada gambar 5.



■ Gambar 5. Surge tester

Running test

Running test ini berfungsi untuk mengetahui kelayakan penggunaan motor dengan melihat arus input, temperatur, getaran dan kecepatan putaran rotor motor saat beroperasi dengan diberikan tegangan nominal dan nominal arus yang mengalir saat pengujian tanpa beban. Jika hasil pengujian elektriknya seperti resistance, insulation resistance, dan surge dalam kondisi baik maka proses pengujian motor dengan input tegangan sesuai dengan Nameplate dapat dilakukan. Beberapa instrument yang digunakan dalam pengujian motor :

Tang Ampere

Tang ampere adalah alat ukur yang digunakan mengukur arus (Handoko, 2008) yang mengalir pada motor pada masing-masing phase nya ataupun ketiga phasenya. Untuk pengetesan tanpa beban biasanya arus yang dihasilkan sepertiga dari arus Nameplate.

Tachometer

Tachometer adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui kecepatan dari sebuah objek (Enny, 2017). Motor berputar setiap menitnya (Rpm), dengan menembakan laser dari tachometer ke poros shaft motor yang berputar dengan perangkat tambahan berupa scotlight untuk mendeteksi subjek.

Vibrotip

Alat ukur *vibrotip* berfungsi untuk mengukur getaran yang timbul pada motor saat motor dioperasikan (Rokhman, 2016). Nilai aman maksimal untuk getaran yang timbul yaitu berdasarkan standar vibration limit test dari EASA (Electrical Apparatus Service Association), untuk lebih jelas terdapat pada gambar 6

RESILIENTLY MOUNTED MACHINES			
RPM [†]	Limit (Inch)	Limit (metric)	Characteristics
1200 & above	0.15 in/sec pk	2.7 mm/sec rms	Constant velocity
Below 1200	2.4 mils pk-pk	0.061 mm pk-pk	Constant displacement

[†] For IEC Standard 60034-14 use constant displacement below 600 rpm and constant velocity at or above 600 rpm.

Note: For machines with rigid mounting, multiply the limiting values by 0.8.

■ **Gambar 6.** Standar Vibrasi Motor Listrik

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Mesindo Teknnesia departemen QC (Quality Control) yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung tentang pengujian elektrik motor induksi sebelum perbaikan dan setelah *perbaikan*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Technical Report Induction Motor

Data yang diambil adalah data motor induksi sangkar 380V milik PLTU Indramayu. Berikut adalah *Nameplate* motor tersebut yang ditunjukkan oleh gambar 7.



■ **Gambar 7.** *Nameplate* Motor

Dari gambar 7 dapat diketahui spesifikasi *Nameplate* motor milik PLTU Indramayu sebagai berikut, untuk lebih jelas terdapat pada tabel 1:

■ **Tabel 1.** Nameplate Motor

Type	: Y2-2805-4	Ampere	: 139 A
Power	: 75 KW	Speed	: 1480 Rpm
Voltage	: 380 V	Freq	: 50 Hz

Technical Report

Pengecekan

harus dilakukan guna mengetahui permasalahan apa saja yang terdapat pada motor listrik oleh sebab itu pengecekan secara visual dilakukan pada saat kedatangan motor listrik saat pertama kali.

Test Before Recondition

sebelum perbaikan



(a)



(b)



(c)



(d)

Bagian
winding
stator
yang
terbakar

■ **Gambar 8.** (a) Incoming Motor Condition (b) Dismantling Process (c) Rotor Incoming Condition (d) Stator Incoming Condition

a. *Insulation resistance Test*

Insulation tester yang digunakan yaitu merek kyoritsu. Batas ukur yang digunakan untuk melakukan *insulation test* yaitu 1000 V karena dapat diketahui bahwa motor yang diukur memiliki voltase 380 V. Karena *winding* stator sudah terbakar maka untuk hasil pengukuran dari *Insulation resistance Test* terdapat pada tabel 2.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengukuran Insulation Resistance Sebelum Perbaikan

Phase to Ground		Phase to Phase		Standard IEEE 43	Result
U-Grd	0MΩ	U1-V2	- MΩ	100 MΩ	Bad
V-Grd	0MΩ	V1-W2	- MΩ		Bad
W-Grd	0MΩ	W1-U2	- MΩ		Bad

Berdasarkan hasil data diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan isolasi pada stator buruk. Oleh karena itu sudah dapat dipastikan terjadi *short* antar *phase to ground* dan *phase to phase*.

b. *Resistance Test*

Satuan yang digunakan untuk standar pengukuran pada *resistance test winding* motor listrik adalah miliohm. Berikut adalah hasil data pengukuran, untuk lebih jelasnya terdapat pada tabel 3.

■ **Tabel 3.** Hasil Pengukuran *Resistance Test* Sebelum Perbaikan

Winding Resistance			Result
Test Point	Result	Standard EASA AR 100	
U1-U2	0,12 Ω	Dev. Max 5%	Unbalance
V1-V2	0,22 Ω		
W1-W2	0,15 Ω		

Perhitungan sebagai berikut :

deviasinya

$$\begin{aligned} \text{Deviasi U1 - U2} &= \frac{R(V1 - V2) - R(U1 - U2)}{R(V1 - V2)} \times 100\% \\ &= \frac{0,22\Omega - 0,12\Omega}{0,22\Omega} \times 100\% \\ &= 45,45\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Deviasi V1 - V2} &= \frac{R(V1 - V2) - R(W1 - W2)}{R(V1 - V2)} \times 100\% \\ &= \frac{0,22\Omega - 0,15\Omega}{0,22\Omega} \times 100\% \\ &= 31,81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Deviasi W1 - W2} &= \frac{R(W1 - W2) - R(U1 - U2)}{R(W1 - W2)} \times 100\% \\ &= \frac{0,15\Omega - 0,12\Omega}{0,15\Omega} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Jadi, setiap *test poin* masih diatas 5% dari standar maximal

Technical Report Test After Recondition

a. *Insulation resistance Test After Recondition*

■ **Tabel 4.** Hasil Pengukuran *Insulation Resistance* Setelah Perbaikan

Phase to Ground		Phase to Phase		Standard IEEE 43	Result
U-Grd	2000 MΩ	U1-V2	2000 MΩ	100 MΩ	Good
V-Grd	2000 MΩ	V1-W2	2000 MΩ		Good
W-Grd	2000 MΩ	W1-U2	2000 MΩ		Good

b. *Resistance Test After Recondition*

■ **Tabel 5.** Hasil Pengukuran *Resistance* setelah perbaikan

Winding Resistance			Result
Test Point	Result	Standard EASA AR 100	

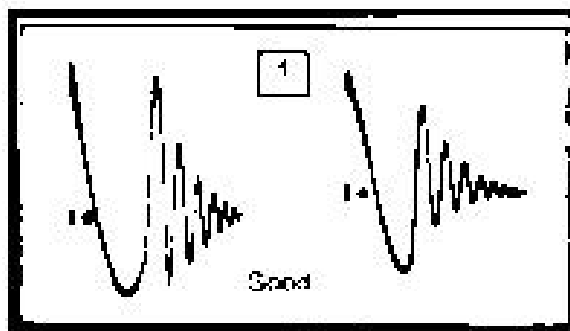
U1-U2	0,13 Ω	Dev. Max 5%	Unbalance
V1-V2	0,13 Ω		
W1-W2	0,13 Ω		

c. *Surge test*

$$U_{TMAX} = U_N \times 1,5 \dots\dots\dots$$

.....(2)

$$= 380 \text{ Volt} \times 1,5 = 570 \text{ Volt}$$



■ **Gambar 9.** Gelombang winding stator setelah perbaikan

Jadi, untuk motor dengan tegangan nominal 380 volt ketika melakukan *Surge test* menggunakan tegangan output DC sebesar 570 volt sesuai dengan standar EASA AR100. 570 volt ini didapat dengan mengalikan *test* volt 570 atau volt per div dengan jumlah kotak amplitudo gelombang. Bentuk gelombangnya terdapat pada gambar nomor 9.

d. *Running test*

Berdasarkan data pengamatan nilai speed atau Rpmnya sesuai, tidak jauh berbeda dengan *Nameplate* dimana pada *Nameplate* tertera 1480 Rpm. Pengukuran ampere tidak hanya menggunakan panel saja, tetapi menggunakan tang ampere untuk mengukur arus untuk lebih jelasnya terdapat pada table 6.

■ **Tabel 6.** Data *Running test*

Test Point	Voltage	Ampere	Speed
R	380V	33,5 A	1495 Rpm
S	380V	33,3 A	
T	380V	33,1 A	

e. *Vibration*

■ **Tabel 7.**

Test
Hasil Pengukuran

Vibrasi Motor

Vibration DE (Drive End)			Vibration NDE (Non Drive End)		
H	V	A	H	V	A
0,4 mm/s	0,3 mm/s	1,1 mm/s	0,3 mm/s	0,3 mm/s	1,2 mm/s

Dari hasil pengukuran vibrasi diatas untuk setiap nilai vibrasi baik DE/NDE bagian hirizontal, vertikal, maupun aksial hasilnya tidak lebih dari 2,7 mm/s berdasarkan standar EASA AR 100 2015 dengan kecepatan motor diatas 1200 rpm.

Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan ketika motor sedang *running test*. Pengukuran suhu dilakukan setiap 15 menit sekali dalam skala waktu 1 jam atau lebih. Untuk lebih jelas terdapat data pada tabel 8.

■ **Tabel 8.** Hasil Pengukuran Suhu Luar Motor

TEMPERATURE TEST RUN NO LOAD						
Time	Bearing DE	BODY	Shaft DE	Bearing NDE	Shaft NDE	Result
14.00	34°C	34°C	35°C	-°C	-°C	Good
14.15	37°C	36°C	37°C	-°C	-°C	Good
14.30	40°C	38°C	40°C	-°C	-°C	Good
14.45	43°C	39°C	42°C	-°C	-°C	Good
15.00	44°C	40°C	43°C	-°C	-°C	Good

KESIMPULAN

Dari hasil *electrical test before repairing* didapat hasil *Insulation resistance Test* yang sudah dibawah standar EASA AR100 2015 yaitu dibawah 100 MΩ dan untuk hasil resistance Test hasil yang didapat yaitu unbalance atau deviasi dari setiap coil berada diatas 5% dari standar yang sudah ditetapkan. Sehingga perbaikan yang dilakukan untuk stator yaitu *rewinding*.

Electrical test after repairing dilakukan setelah perbaikan dan assembling. Pengetesan yang dilakukan yaitu *Insulation resistance Test*, *resistance Test*, *Surge test*, *running test* (pengukuran arus dan tegangan motor, kecepatan putaran motor, getaran motor, suhu motor).

Pada pengujian insulation resistance hasil yang didapat rata-rata 2000 MΩ atau berada diatas 100 MΩ semua sehingga stator setelah diperbaiki dalam keadaan yang bagus, begitupun pada hasil resistance Test hasilnya yaitu balance deviasi antar coil tidak lebih dari 5%. Hasil Surge test setelah perbaikan pun menunjukkan bahwa tidak ada noise dan baik. Sedangkan untuk hasil dari pengujian putaran motor, getaran dan suhu semuanya sudah sesuai dengan standar EASA AR100 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A'la, A. R. Final Test pada proses perbaikan motor induksi rotor lilit 6000 volt 4900 KW di PT Mesindo Tekninesia. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada;2016.
- [2]. Amien, S. Kenaikan Temperatur Pada Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Rotor Terkunci . Journal of Electrical Technology.2016.p.7.
- [3]. EASA. EASA Standard AR-100-2015 Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus. St. Louis, MO : EASA, Inc. IEEE;2015.
- [4]. Enny. Tachometer Laser, Pemakaian Dan Perawatannya. METANA. 2017.p.7.
- [5]. Handoko, J. Merawat & Memperbaiki AC. Jakarta: Kawah Pustaka;2008.
- [6]. Hudaya, C. Paper Induction Motor. Diambil kembali dari Staff UI: <https://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/paperinductionmotor.pdf>;2020
- [7]. IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. New York : 3 Park Avenue.
- [8]. M.Sadikin, dan A.Maulana, “Pemeliharaan Dan Pengujian Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Motor Circuit Analysis (MCA) Di PT.DIAN SWASTIKA SENTOSA”, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, 2018. Internet : <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/ju-tek/article/viewFile/5859/4204> [13 April 2022]
- [9]. Rokhman, T. Analisis Getaran Pada Footrest Sepeda Motor Tipe Matic dan Non-Matic. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 2016.p.32.
- [10]. Siswanto. Electrical Rotating Machinery's Assessment. Dokumen;2004.

UNEP. United Nations Environment Programme. Diambil kembali dari Energy Efficiency Asia Guide for Industry In Asia: <http://www.energyefficiencyasia.org/>;2017.