

REWINDING DAN METODE PENGUJIAN MOTOR INDUKSI 3Φ STAR-DELTA

Purwito¹⁾, Nirwan A Noor²⁾

^{1, 2)} Dosen Jurusan Teknik Elektro Program Studi D3 Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This research was carried out by rewinding two damaged 3-phase induction motors and a series of methods for testing the rewinded motor. Accuracy in determining the measurement of the cross-section diameter, and the number of turns, heating insulation, the distance between the rotor and stator gaps, selecting materials of various types of good quality induction motor winding insulation, including copper enamel wire,. After being reviewed, the data is collected through a series of measurements and tests in the Electrical Machines laboratory, which includes a No-Load Test, a Load Test. Aims to determine the impact of rewinding on the performance / characteristics of each insulation induction motor stator winding that has been rewinded. The measurement results of the insulation resistance of the two 3 phase induction motors have met the 2011 PUIL standard, the M1 motor insulation resistance is lower than the M2 Motor winding isolation resistance. The results of measurements are free and loaded by adjusting input input torque variations directly proportional to the increase in current, power, speed, and working factors on the rewinding motor. The average performance / efficiency of the M1 motor is lower when compared to the M2 motor rewinding results.

Keywords: *Rewinding, Testing Method, Induction Motor 3 Φ*

1. PENDAHULUAN

Motor listrik yang umum digunakan adalah jenis motor induksi rotor sangkar. Sebagai penggerak mula motor induksi pada pengoperasiannya, sedangkan motor star-delta sering melayani beban yang besar, bervariasi dengan kerja terus menerus, sehingga tidak jarang mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan beban, arus dan tegangan berlebih. Kerusakan tersebut sebagian besar berpengaruh pada rapuhnya isolasi belitan stator sehingga menjadi rusak dan terbakar. Untuk dapat digunakan kembali motor yang telah terbakar ini, biasanya dilakukan *rewinding* yaitu dengan cara mengganti isolasi belitan stator motor yang sudah terbakar dengan belitan stator baru. Namun, dengan *merewinding* motor dapat berdampak hipotetif pada motor. Karakteristik kerja motor cenderung menjadi lebih kecil atau lebih besar dari sebelumnya. Akan tetapi hasil yang diperoleh selama ini kurang optimal. Ini dibuktikan dengan adanya berbagai keluhan dari masyarakat, motor yang baru *direrewinding* sudah rusak lagi. Dari pengamatan ternyata hasil motor yang *direrewinding* tersebut, kurang optimal dalam *merewinding* (penggulungan ulang), antara lain disebabkan: ukuran kawat email, isolasi kawat email, pemanasan isolasi, jarak antara celah rotor dan stator, dan serangkaian pengujian unjuk kerja yang kurang pas.

Banyaknya motor induksi star-delta yang tidak termanfaatkan dan belum adanya standar *rewinding* yang pasti menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Dengan tujuan agar motor-motor yang termanfaatkan selama ini dapat digunakan lagi terutama untuk Praktikum Bengkel Semester 3.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan selama delapan bulan, meliputi Obyek penelitian Untuk motor induksi dengan jenis rotor sangkar star-delta

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di ruang Bengkel Perawatan dan Perbaikan, dan laboratorium Mesin Listrik dan Pengaman Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang yang terletak pada lantai dasar sebelah barat ruang praktikum bengkel teknik listrik. Kegiatan penelitian ini memanfaatkan waktu selama kurang lebih 8 bulan

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka penelitian ini dibagi dalam:

2.2. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap:

a. Tahap Persiapan

¹ Korespondensi penulis: Purwito, Telp 08884396914, purwito@poliupg.ac.id

Melakukan pengumpulan data-data tentang motor yang telah diidentifikasi rusak karena kumparanya terbakar di bengkel listrik. Mencatat data mengenai name plate motor, data belitan stator, ukuran stator yang selanjutnya dari data-data tersebut digunakan sebagai pembandingan data.

b. Tahap Merewinding

Pada tahap ini dilakukan *merewinding* motor berdasarkan data-data yang ada untuk dilakukan perancangan, perhitungan dan menentukan jenis kumparan yang akan dipakai untuk keperluan *rewinding* tersebut. Rewinding dilakukan untuk masing-masing isolasi belitan stator yang berbeda.



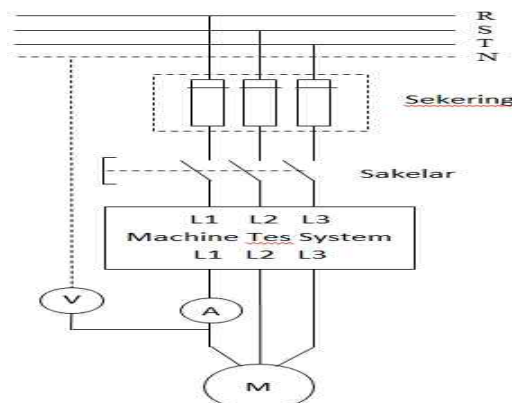
Gambar 1 Tahapan Rewinding Motor Induksi

c. Tahap Pengukuran dan Pengujian

Untuk mengetahui Unjuk kerja motor yang telah *direwinding* akan dilakukan 4 macam pengujian yaitu :

i. Pengujian DC, test ini dilakukan untuk mengetahui harga tahanan belitan stator, dimana pada test ini diperlukan alat ukur ampermeter, voltmeter, dan *suply* DC

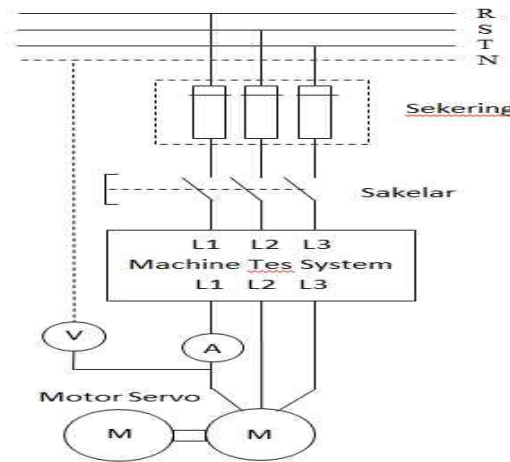
ii. Pengujian tanpa beban, test ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan *suply* pada motor dan rotornya dibiarkan berputar secara bebas, dimana dari test ini daya input, arus input, tegangan input, $\cos \theta$ dan kecepatan rotor saat tidak berbeban dapat diketahui.



Gambar 2 Rangkaian Pengujian Tanpa Beban

iii. Pengujian Hubung Singkat, Pada test ini, rotor ditahan agar tidak bergerak lalu dilakukan pencatatan tegangan, arus dan daya.

iv. **Pengujian berbeban**, dilakukan dengan membebani motor dengan rem dinamo, dimana motor akan dibebani secara bertahap. Rem dinamo merupakan alat untuk mengukur besarnya torsi dari sebuah motor, dimana rem dinamo akan berfungsi sebagai generator yang merupakan beban dari motor.



Gambar 3. Rangkaian Pengujian Berbeban

Setelah data-data pengujian diperoleh, data tersebut dianalisis melalui perhitungan untuk menentukan parameter dari motor, efisiensi motor, dan unjuk kerja motor yang telah *direrwinding* dengan isolasi belitan stator berbeda.

d. Tahap Analisa

Setelah penelitian dilakukan dengan berbagai pengukuran, pengujian dan perhitungan untuk dianalisis dalam menentukan besaran efisiensi dan unjuk kerja motor listrik yang telah *direrwinding* dengan isolasi belitan yang berbeda maka dapat diambil kesimpulan yang selanjutnya disusunlah tulisan dalam bentuk laporan lengkap penelitian.

3.3. Luaran Penelitian

Luaran yang diharapkan berupa Publish ke Proseding SNP3M 2019, dan Produk atau Prototipe Motor induksi yang telah di *rewinding*, dirancang, diukur, diuji, dianalisis dan perhitungan dianalisis untuk menentukan kelayakan motor listrik yang telah *direrwinding* dengan cost yang rendah dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk teknisi dalam mererwinding dalam pengembangan modul dan prototype pengujian motor *rewinding*. Hasil prototype ini dapat termanfaatkan untuk keperluan praktek bengkel semester 3 pada bengkel listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tahanan Isolasi Motor

Pengujian tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolasi motor. Pengujian ini dengan menggunakan alat ukur Megger. Adapun nilai minimum Insulation Resistance (IR) belitan stator menurut PUIL 2011 adalah :

$1000 \times \text{tegangan kerja} = 0,38 \text{ M}\Omega$

Adapun hasil pengukuran pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi

No	Tegangan Fasa	Tahanan Isolasi (MΩ) Belitan stator M1	Tahanan isolasi (MΩ) Belitan stator M2
1	R - S	147 MΩ	205 MΩ
2	R - T	146 MΩ	207 MΩ
3	S - T	200 MΩ	200 MΩ
4	R - Body	255 MΩ	255 MΩ
5	S - Body	156 MΩ	156 MΩ
6	T - Body	212 MΩ	212 MΩ

Hasil pengukuran tahanan isolasi kedua motor telah memenuhi standar PUIL 2011, tahanan kedua isolasi belitan tersebut lebih besar dari 0,38 MΩ. Yang merupakan syarat tahanan isolasi minimal dari PUIL 2011.

5.4 Pengujian Berbeban dan Tanpa Beban

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Servo Machine Testing System*. Motor servo dihubungkan dengan motor induksi yang akan diuji, yang digunakan sebagai beban pada pengujian berbeban. Pengujian ini dilakukan dengan mode *Torque Control* dengan variable torsi beban 0, 0.5, 1, 1.5, 2 dan 2.5 Nm.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya arus pada belitan stator, tegangan, daya, kecepatan, faktor daya, pada kedua motor hasil rewinding.

Hasil Pengujian pada Tabel 2 dan Tabel.3



Gambar 4. *Servo Machine Testing System*

Tabel 2 Data Pengujian Motor Induksi 1

Pengujian					
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ
0	1490	2,11	220,7	55,3	0,12
0,5	1460	2,09	219,5	140,6	0,31
1,0	1433	2,19	220,1	221,4	0,46
1,5	1395	2,41	219,5	313	0,59
2,0	1350	2,75	218,5	415	0,69
2,5	1277	3,22	218,7	525	0,75

Tabel 3 Data Pengujian Motor Induksi 2

Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ
0	1494	1,96	220,5	69,1	0,16
0,5	1465	2,01	220,9	155,5	0,351
1,0	1430	2,15	220,5	235,5	0,496
1,5	1397	2,41	220,5	325	0,611
2	1360	2,75	220,1	415	0,687
2,5	1295	3,27	220,5	530	0,734

Dari data tersebut dapat diperoleh nilai daya output dan nilai efisiensi motor.

Contoh Perhitungan :

Dari Tabel

$$M = 0.5 \text{ Nm}$$

N = 1460 Rpm
 I = 2.09 A
 V_{L-N} = 219.5 Volt
 P_{in} = 140.6 Watt
 Cos φ = 0.31

P_{In} dan P_{Out} dapat dihitung :

$$P_{i1} = 219.5 \times 2.09 \times 0.31 = 142,1 \text{ W}$$

$$P_o = P_m = \frac{0,5 \times 1460}{9,55} = 76,4 \text{ W}$$

Efisiensi dapat dihitung :

$$\eta = \frac{7,4}{1,1} \cdot 100\% = 54 \%$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung yang lain, hasil ditabelkan dalam tabel.4 dan 5

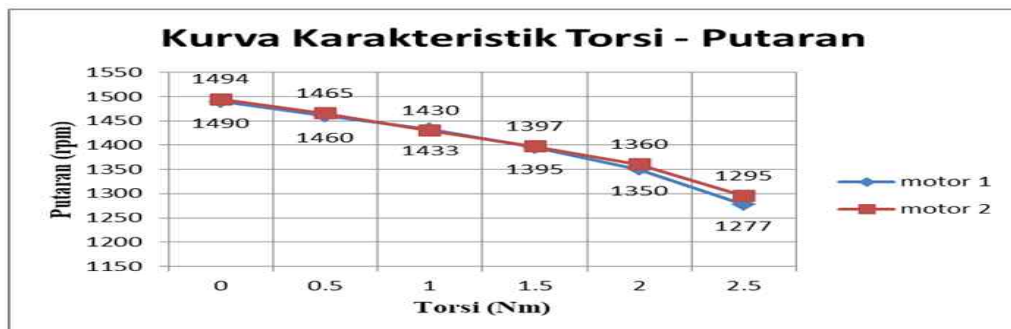
Tabel 4 Data Hasil Perhitungan Motor Induksi 1

Pengukuran						Perhitungan		
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (Volt)	P _{in} (W)	Cos φ	P _{mek} (W)	P _{in} (W)	Efisiensi
0	1490	2,11	220,7	55,3	0,12	0	55,9	0%
0,5	1460	2,09	219,5	140,6	0,31	76,6	142,2	54%
1,0	1433	2,19	220,1	221,4	0,46	151,6	221,7	68%
1,5	1395	2,41	219,5	313	0,59	223,8	312,1	72%
2,0	1350	2,75	218,5	415	0,69	287,8	414,6	70%
2,5	1277	3,22	218,7	525	0,75	334,3	528,2	64%

Tabel 5 Data Hasil Perhitungan Motor Induksi 2

Pengukuran						Perhitungan		
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (Volt)	P _{in} (W)	Cos φ	P _{mek} (W)	P _{in} (W)	Efisiensi
0	1494	1,96	220,5	69,1	0,16	0,0	69,2	0%
0,5	1465	2,01	220,9	155,5	0,35	78,2	155,8	50%
1,0	1430	2,15	220,5	235,5	0,50	153,2	235,4	65%
1,5	1397	2,41	220,5	325	0,60	225,3	324,5	69%
2	1360	2,75	220,1	415	0,69	284,4	415,8	68%
2,5	1295	3,27	220,5	530	0,74	341,2	529,0	65%

Dari tabel 5 dan tabel.6 dibuat grafik perbandingan torsi, kecepatan, arus, daya, faktor daya dan efisiensi.



Gambar 5 Grafik Kurva Karakteristik Torsi-Kecepatan

Dari grafik 5 motor 1 dan motor 2 mempunyai karakteristik yang hampir sama, semakin besar kenaikan torsi semakin rendah kecepatan / putaran motor (rpm).

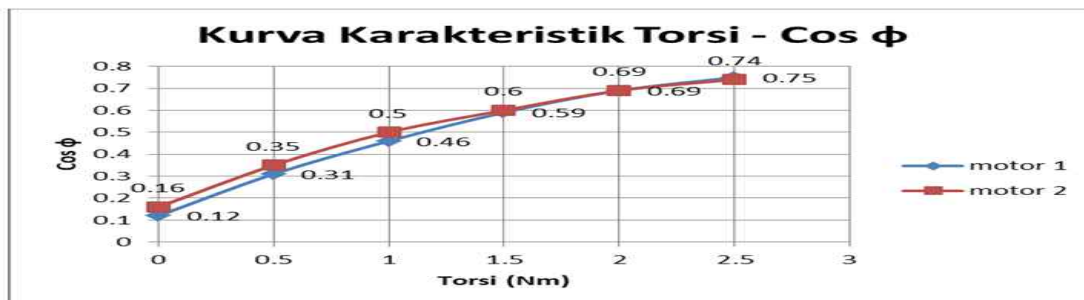


Gambar 6 Grafik Kurva Karakteristik Torsi-arus

Kenaikkan arus pada motor 1 dan motor 2 berbanding lurus dengan torsi

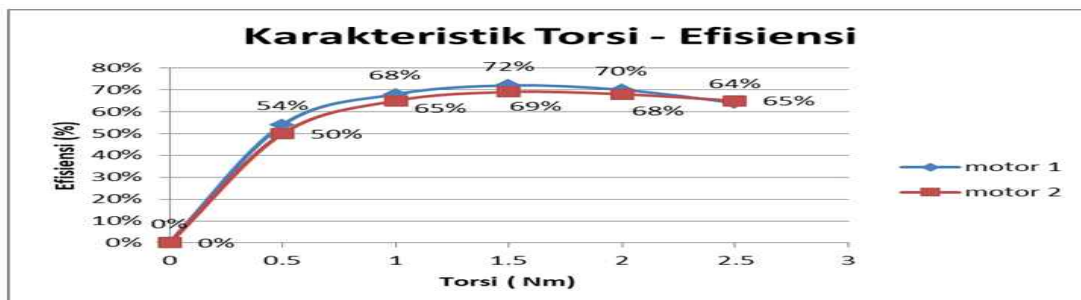


Gambar 7. Grafik Kurva Karakteristik Torsi-Daya



Gambar 8 Grafik Kurva Karakteristik Torsi-Cos Φ

Faktor daya ($\cos \Phi$) kurang dari 1(0,74 dan 0,75) menyebabkan performance efisiensi dari motor-motor tersebut lebih rendah.



Gambar 9 Grafik Kurva Karakteristik Torsi-Efisiensi

Efisiensi motor1 dan motor 2 hampir sama setelah direwinding, tetapi bila dibandingkan dengan motor yang standard nilai efisiensi motor yang telah direwinding berdampak terhadap karakteristik yang ditunjukkan pada grafik-grafik diatas, sehingga berpengaruh terhadap penurunan efisiensi. Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap penurunan efisiensi antara lain, diameter kawat email, jumlah lilitan, pemanasan isolasi, jarak celah rotor dan stator, pemakaian material yang tidak standard.

4. KESIMPULAN

Berdasar dari hasil dan luaran yang dicapai disimpulkan bahwa :

- 1) Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi kedua belitan Motor Induksi 3 Φ star-delta sudah sesuai PUIL 2011 lebih besar dari 0,38 M Ω
- 2) Motor M1 mempunyai tahanan isolasi lebih rendah dibandingkan dengan tahanan isolasi Motor M2
- 3) Pengukuran tanpa beban dan berbeban dilakukan dengan input Torsi variabel, motor hasil rewinding M1 lebih cepat panas dan unjuk kerjanya lebih rendah dibandingkan Motor M2

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bureau of Energy Efficiency (BEE), 2005. *Components of an Electric Motor. India*, Ministry of Power Bureau of Indian Standards. *Indian Standard Code for Motors – IS1231*.[Http://:mesin- mesin listrik.co.id](http://mesin-mesinlistrik.co.id)
- C. Saravanan, atc, 2012, *Performance Of Three Phase Induction Motor Using Modified Stator Winding*, USA, Global Journal Of Researches In Engineering Electrical.
- Francisco Parasiliti, 2003, *Energy Efficiency in Motor Driven Systems*, Berlin, Springer Lag
- Istanto W Djatmiko, 2009, Performansi Parameter Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Sumber Tegangan dan Frekuensi Variabel, Yogyakarta, Jurnal Edukasi@Elektro Volume 5, Nomor.1
- Marten Paloboran, 2010, Perencanaan dalektrik n Pengujian Kumparan Motor Induksi Tiga Fasa, Makassar, Jurnal Media Elektrik Volume 5 No. 2
- Sit zytrald A. E, king slay Charles jr, dkk. 1997. *Mesin-mesin listrik*. Jakarta: erlangga
- W Cao, atc, 2006, *Evaluation Of Additional Loss In Induction Motors Consequent On Repair And Rewinding*, University Of Nottingham UK, Journal Electric Power Aplication
- Ziba Kellum, 2009, *The Effect Of Rewinding on Induction Motor Losses and Efficiency*, North California, Raleigh

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi yang positif bagi penyelesaian penelitian rutin ini, Institusi Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan melalui DIPA PNUP sesuai dengan Kontrak Nomor: 019/PL10.13/PL/2019. Tanggal 01 April 2019.

Terima kasih juga kami sampaikan PLP. Lab. Mesin Listrik dan Pengaman, juga rekan sejawat Jurusan Teknik Elektro atas Kerjasamanya sehingga kegiatan penelitian ini dapat terselesaikan.