

Analisis Penentuan Efisiensi dan Pengaruh Motor Rewinding Terhadap Kinerja untuk Mencapai Beban Nominal

Arwin Satya Nugraha¹, Irwan², Rizal A Duyo³, Zulfajri Basri Hasanuddin⁴

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

⁴Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin

e-mail: arwinsatya@gmail.com¹, irwanbidol99@gmail.com², rizalduyo@gmail.com³, zulfajribasrihasanuddin@gmail.com⁴

Abstract— AC electric motors have two basic electric parts "stator" and "rotor" like DC motors. Electric motors are electrical machine devices that use electromagnetic principles, which convert electrical energy into mechanical energy. This mechanical energy is used to drive production machines, pumps, compressors, blowers, generators or even as a driver for lifting and conveyance equipment. Induction motors are AC electric motors that are often used in industry because of their simple design, cheap and easy to obtain, and can be directly connected to an AC power source. However, damage from an electrical point of view can occur in the winding where it can overload and if operated continuously will cause the winding to catch fire. Therefore it is necessary to measure the efficiency of motor rewinding and the effect of rewinding on the motor. The method used in this research is conducting research and data collection in Makassar. The results obtained in this study are. It can be seen that the efficiency of the motor reaches 73% at an input power of 591.4 watts or around 43% of the nominal load, while the efficiency of the rewinding motor reaches 65% at an input power of 528 watts or around 45% of the nominal load.

Keywords ; Motor, Rotor, Rewinding, Efficiency and Measurement

Abstrak— Motor listrik AC memiliki dua buah bagian dasar listrik "stator" dan "rotor" seperti motor DC. Motor listrik merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetis, yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut dimanfaatkan sebagai penggerak mesin produksi, pompa, kompresor, blower, generator atau bahkan sebagai penggerak pada alat angkat dan angkut. Motor induksi merupakan motor listrik AC yang sering digunakan pada industri karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. Namun kerusakan dari segi elektrikal dapat terjadi pada lilitan (*winding*) dimana dapat membuat *overload* dan dioperasikan terus menerus akan menyebabkan *winding* tersebut terbakar. Maka dari itu perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui

efisiensi motor rewinding dan pengaruh rewinding pada motor. Metode yang dipergunakan pada penelitian ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di Makassar. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. dapat dilihat efisiensi motor mencapai 73% pada daya input 591,4 watt atau sekitar 43% dari beban nominal, sedangkan efisiensi motor yang direwinding mencapai 65% pada daya input 528 watt atau sekitar 45% dari beban nominal.

Kata kunci ; Motor, Rotor, Rewinding, Efisiensi dan Pengukuran

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Motor listrik merupakan perangkat mesin listrik yang menggunakan prinsip elektromagnetis, yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut dimanfaatkan sebagai penggerak mesin produksi, pompa, kompresor, blower, generator atau bahkan sebagai penggerak pada alat angkat dan angkut.

Motor listrik yang umum digunakan adalah motor induksi, seperti pada peralatan industri, rumah tangga, laboratorium dan peralatan bengkel. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki banyak keuntungan diantaranya harganya yang lebih ekonomis, konstruksi yang kuat dengan ukuran yang kecil dan mudah ditemukan dipasaran. Motor induksi yang bekerja secara terus-menerus tentunya akan mengalami penurunan efektifitas bahkan mengalami kerusakan-kerusakan.

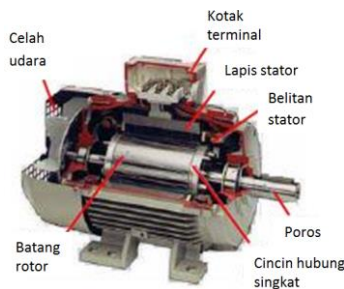
Kerusakan-kerusakan tersebut umumnya disebabkan beberapa faktor diantaranya lingkungan, mekanikal dan elektrikal. Khusus kerusakan dari segi elektrikal sebagian besar terletak pada lilitan (*winding*) dimana pada *winding* tersebut bila terjadi kelebihan beban (*overload*) dan dioperasikan terus-menerus akan menyebabkan *winding* tersebut terbakar, dengan kondisi seperti ini diwajibkan mengganti *winding* baru.

Oleh sebab itu perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui efisiensi motor *rewinding* dan pengaruh *rewinding* terhadap kinerja motor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Latar Belakang

Motor AC berfungsi mengubah energi listrik AC menjadi energi mekanik. Motor listrik AC memiliki dua buah bagian dasar listrik: "stator" dan "rotor" seperti motor DC. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Motor AC dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu motor sinkron dan motor asinkron atau biasa disebut motor induksi. Motor induksi merupakan motor listrik AC yang sering digunakan pada industri karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.



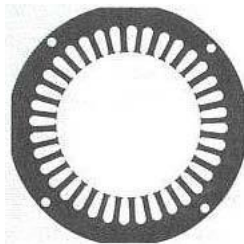
Gbr. 1 Bentuk Lengkap Motor Induksi

B. Kontruksi Motor Induksi

Pada dasarnya motor induksi terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang berputar).

1. Stator

Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Motor AC dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu motor sinkron dan motor asinkron atau biasa disebut motor induksi. Motor induksi merupakan motor listrik AC yang sering digunakan pada industri karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. Gambar 2 menunjukkan konstruksi dari stator.



Gbr. 2 Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa

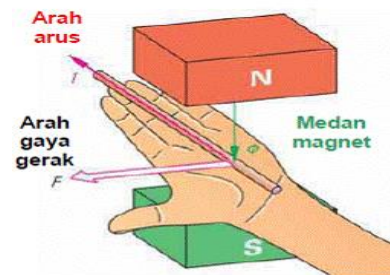
2. Rotor

Rotor adalah salah satu komponen motor induksi selain stator, dimana bagian ini merupakan bagian yang bergerak. Fungsi rotor adalah mengubah gaya dari stator menjadi energi mekanik. Jika ditinjau menurut jenis rotornya, motor induksi 3 fasa terdiri dari dua jenis yaitu rotor lilit (*slip ring*) dan rotor sangkar.

C. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi tiga fasa bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yakni apabila lilitan stator dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik tiga fasa, maka lilitan stator tersebut akan menimbulkan fluks magnet yang berputar (medan putar).

Untuk menentukan arah putaran motor, digunakan kaidah Falmming tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika magnet ini memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gaya gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya Lorentz, yang besarnya sama dengan F.



Fachkunde Elektrotechnik, 2006, hal 92

Gbr. 3 Kaidah Tangan Kiri

$$F = B \cdot I \cdot \ell \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

F = arah gaya penghantar (N)

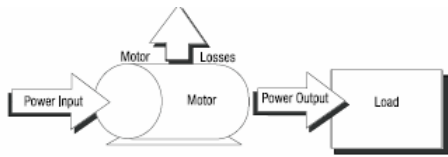
B = kerapatan flux magnet (weber)

I = Arus (A)

ℓ = Panjang kawat penghantar (m)

D. Rugi-rugi dan Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi sebuah mesin adalah suatu ukuran seberapa baik mesin dapat mengubah energi masukan listrik ke energi keluaran mekanik. Efisiensi berhubungan langsung dengan rugi-rugi motor induksi terlepas dari desain mesin itu sendiri.



Gbr 4 Blok Diagram Kehilangan Motor (US DOE)

Dari gambar 4 di atas efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dan daya masukannya. Daya keluaran sama dengan daya masukan dikurangi semua rugi-rugi yang ada. Oleh karena itu, nilai efisiensi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

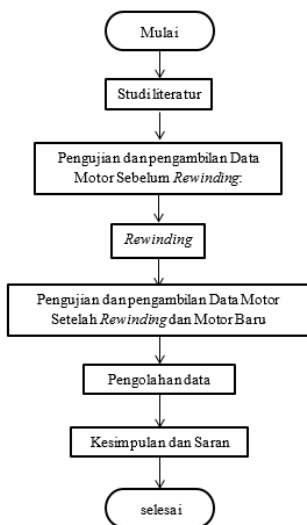
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% = \frac{P_{in} - P_{losses}}{P_{in}} \cdot 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Dengan:

- η = efisiensi motor (%)
- P_{out} = daya keluaran motor (Watt)
- P_{in} = daya masukan motor (Watt)
- P_{losses} = total rugi-rugi (Watt)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan peneliti mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar efisiensi motor dapat dianalisis dengan baik dan benar. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 5.



Gbr. 5 Flow Chart Penelitian

1. Studi literature dilakukan dengan mempelajari buku-buku, e-book, jurnal situs-situs internet dan literature lain yang menunjang dalam penyusunan tugas akhir ini
2. Pengujian dan pengambilan data sebelum rewinding dilakukan untuk memudahkan proses penelitian
3. Melakukan penggulungan ulang
4. Pengujian dan pengambilan data setelah rewinding dan motor baru sebagai perbandingan antara sebelum dan setelah *rewinding*. Adapun data yang dibutuhkan sama dengan data pada pengujian sebelum *rewinding*
5. Pengolahan data dilakukan setelah data yang diperoleh telah lengkap, data diolah dengan mengacu pada tinjauan pustaka

Metode pengumpulan data adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam penelitian. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah Studi Literatur dan Metode Studi Lapangan yaitu Metode pengumpulan data adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang ada dalam penelitian.

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan teknik analisis yang digunakan untuk mengetahui perencanaan belitan transformator, menghitung besarnya rugi-rugi dan impedansi transformator lalu membandingkan hasil perhitungan dengan standar PLN.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tahanan isolasi, pengujian motor berbeban dan tanpa beban dan pengujian pengereman (rotor tertahan). Pada pengujian berbeban, beban yang digunakan adalah motor servo dengan mengubah nilai torsi beban yang menandakan perubahan level beban motor induksi

1. Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolasi motor. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Megger. Megohm test/tes tahanan dilakukan dengan voltage/tegangan 500 Volt. Nilai minimum *Insulation Resistance* (IR) lilitan stator motor adalah:

$$IR_{min} = (V_{rms} + 1) \times 100 \text{ M}\Omega$$

$$IR_{min} = (0.38 + 1) \text{ M}\Omega$$

$$IR_{min} = 138 \text{ M}\Omega$$

Adapun nilai minimum *Insulation Resistance* (IR) lilitan stator motor menurut ketentuan-ketentuan dari PUIL adalah: 1000 x harga tegangan kerjanya

$$1000 \times 380 = 380.000\Omega = 380K\Omega = 0.38M\Omega$$

Tabel 1 Data Pengujian Tahanan Isolasi

Pengukuran	Sebelum Rewinding	Setelah Rewinding	Motor Baru
	500 V	500 V	500 V
R-S	1.5 GΩ	205 MΩ	1,2 GΩ
R-T	0.72 GΩ	207 MΩ	1,6 GΩ
S-T	0.78 GΩ	200 MΩ	1,6 GΩ
R – Body	0.067 GΩ	255 MΩ	∞
S – Body	0.5 GΩ	156 MΩ	∞
T - Body	0.35 GΩ	212 MΩ	∞

Table 1 menunjukkan bahwa tahanan isolasi motor setelah *rewinding* mengalami penurunan dari 1,5 GΩ menjadi 205 MΩ. Namun masih dalam taraf baik, karena masih lebih tinggi dari syarat minimum yang sudah ditentukan. Hal ini dikarenakan pengujian dilakukan pada saat minyak lak belum sepenuhnya kering sehingga kerja pengisolasian belum maksimal.

2. Pengujian pada Motor Berbeban dan Tanpa Beban

Pengujian motor induksi dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Servo Machine Testing System*, dimana motor servo yang dihubungkan dengan motor uji merupakan beban pada pengujian berbeban. Pada pengujian tanpa beban dan berbeban dilakukan dengan menggunakan mode “Torque Control” dengan variable torsi beban yang berbeda (0, 0,5, 1, 1,5, 2 dan 2,5 Nm). Parameter yang diukur pada pengujian ini antara lain arus input, tegangan input, daya input, kecepatan motor dan faktor daya.

Tabel 2 Data Pengujian Motor Sebelum *Rewinding*

Pengukuran					
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ
0	1494	2,11	220,7	55,2	0,118
0,5	1462	2,09	219,7	141,6	0,308
1,01	1433	2,19	220,1	221,4	0,459
1,53	1397	2,41	219,4	311	0,588
2,04	1347	2,75	218,7	413	0,686
2,5	1277	3,22	218,7	524	0,745

Pada tabel 2 merupakan data pengujian motor sebelum *rewinding* yang dimana data menunjukkan semakin tinggi torasinya maka semakin tinggi pula arus, daya, ada Cos φ sedangkan tegangannya hampir sama.

Tabel 3 Data Pengujian Motor Setelah *Rewinding*

Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ
0	1494	1,96	220,6	69,2	0,16
0,51	1465	2,01	220,9	155,5	0,351
1,02	1434	2,15	220,7	235,5	0,496
1,54	1397	2,41	220,4	325	0,611
2	1358	2,75	220,1	416	0,687
2,51	1298	3,27	220,4	528	0,734

Dapat dilihat pada tabel 3 pengujian motor setelah *rewinding* dimana semakin tinggi torsi nya maka semakin tinggi pula arus, daya Cos φ sedangkan tegangannya stabil.

Tabel 4 Data Pengujian Motor Baru

Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ
0	1496	1,26	218	76,8	0,281
0,51	1479	1,39	217,3	160,5	0,532
1,02	1463	1,61	217,4	237,8	0,68
1,54	1447	1,91	217	321	0,774
2	1427	2,24	217,1	400	0,822
2,51	1403	2,66	216,6	493	0,856

Pada tabel 4 pengujian menggunakan motor baru. Dimana dapat dilihat semakin tinggi torsi nya maka semakin tinggi pula arus, daya Cos φ sedangkan tegangannya stabil.

Berdasarkan dari ketiga tabel 2, tabel 3 dan tabel 4 akan didapatkan nilai daya output dan nilai efisiensi dari motor sebelum *rewinding*, setelah dan motor baru dengan menggunakan rumus yang telah diterangkan pada teori dasar. Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 7, tabel 8 dan tabel 9.

3. Pengujian Pengereman

Dikarenakan nilai arus yang melebihi batas, maka pengujian pengereman tidak dilakukan pada motor sebelum *Rewinding*.

Tabel 5 Data Pengujian Motor Setelah *Rewinding*

N (Rpm)	Torsi (Nm)	P _{mech} (W)	I (A)	Cos φ
0	3	0	7.7	0.720
75	3.14	25	7.6	0.737
157	3.09	51	7.5	0.737

234	3.12	76	7.5	0.737
314	3.16	104	7.3	0.743
396	3.23	134	7.1	0.737
474	3.28	163	7	0.743
550	3.36	194	6.8	0.767
633	3.44	228	6.6	0.763
708	3.46	257	6.4	0.762
788	4.50	289	6.1	0.765
868	3.49	317	5.8	0.770
938	3.47	343	5.4	0.777
1020	3.42	365	5.1	0.781
1100	3.29	382	4.6	0.790
1191	3.05	376	4.1	0.782
1257	2.7	359	3.6	0.781
1345	2.14	301	2.8	0.730
1412	1.27	187	2.2	0.593
1497	0	0	1.8	0.2

Pada tabel 5 merupakan pengujian pengeraman setelah rewinding dimana nilai N berbanding terbalik dengan nilai torsi. Semakin tinggi nilai torsinya maka arus arus dan Cos ϕ semakin tinggi.

Tabel 6 Data Pengujian Pengeraman Motor Baru

N (Rpm)	Torsi (Nm)	P _{mek} (W)	I (A)	Cos ϕ
0	4.68	0	11	0.732
75	4.58	40	10.8	0.729
157	4.96	63	10.6	0.733
234	4.50	106	10.6	0.745
314	4.56	156	10.3	0.747
396	4.65	193	10.2	0.762
474	4.74	235	10	0.757
550	4.94	284	9.7	0.767
633	5.05	332	9.6	0.779
708	5.14	381	9.2	0.784
788	5.24	432	8.9	0.805
868	5.35	484	8.5	0.814
938	5.37	531	7.9	0.829
1020	5.38	575	7.4	0.843

1100	5.23	605	6.6	0.854
1191	4.97	613	5.8	0.872
1257	4.43	587	4.9	0.881
1345	3.57	500	3.8	0.886
1412	2.17	320	2.3	0.845
1497	0	0	1.3	0.287

Dapat dilihat pada tabel 6 dimana nilai torsi bernilai 0 pada 1497 Rpm. Dimana semakin tinggi N maka arusnya Cos ϕ semakin kecil.

4. Pembahasan

Data-data yang digunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi motor dapat dilihat pada percobaan motor berbeban, tabel 2 untuk data motor sebelum *rewinding*, tabel 3 untuk motor setelah *rewinding* dan tabel 4 untuk motor baru. Untuk mendapatkan nilai efisiensi motor dapat digunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\%$$

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 2, diketahui:

- 1) M = 0.5 Nm
- N = 1462 Rpm
- I = 2.09 A
- V_{L-N} = 219.7 Volt
- P_{in} = 141.6 Watt
- Cos ϕ = 0.308

Untuk mencari nilai P_{in} dan P_{out} dapat dilakukan dengan persamaan (6) dan (8) di bawah ini:

$$P_{in} = 219.7 \times 2.09 \times 0.308 = 141.4 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = P_{mek} = \frac{0.5 \times 1462}{9.549} = 76.6 \text{ Watt}$$

Perhitungan data selanjutnya dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 Hasil Perhitungan Efisiensi Motor Sebelum *Rewinding*

Pengukuran						Perhitungan		
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (Volt)	P _{in} (W)	Cos ϕ	P _{mek} (W)	P _{in} (W)	Efisiensi
0	1494	2,11	220,7	55,2	0,118	0	79,1	0%
0,5	1462	2,09	219,7	141,6	0,308	76,6	141,4	54%
1,0	1433	2,19	220,1	221,4	0,459	151,6	221,2	68%

1,5 3	1397	2,4 1	219, 4	311	0,58 8	223, 8	310, 9	72%
2,0 4	1347	2,7 5	218, 7	413	0,68 6	287, 8	412, 6	70%
2,5	1277	3,2 2	218, 7	524	0,74 5	334, 3	524, 6	64%

Dari perhitungan yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 7 efisiensi tertinggi yang didapatkan senilai 72% dengan torsi 1,53 Nm.

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 3 diketahui:

- 1) M = 0.51 Nm
- N = 1465 Rpm
- I = 2.01 A
- V_{L-N} = 220.9 Volt
- P_{in} = 155.5 Watt
- Cos φ = 0.351

Untuk mencari nilai P_{in} dan P_{out} dapat dilakukan dengan persamaan (6) dan (8) di bawah ini:

$$P_{in} = 220.9 \times 2.01 \times 0.351 = 155.8 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = P_{mek} = \frac{0.51 \times 1465}{9,549} = 78.2 \text{ Watt}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Efisiensi Motor Setelah Rewinding

Pengukuran						Perhitungan		
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (Volt)	P _{in} (W)	Cos φ	P _{mek} (W)	P _{in} (W)	Efisiensi
0	1494	1,9 6	220, 6	69,2	0,16	0,0	69,2	0%
0,51	1465	2,0 1	220, 9	155, 5	0,35 1	78,2	155, 8	50%
1,02	1434	2,1 5	220, 7	235, 5	0,49 6	153, 2	235, 4	65%
1,54	1397	2,4 1	220, 4	325	0,61 1	225, 3	324, 5	69%
2	1358	2,7 5	220, 1	416	0,68 7	284, 4	415, 8	68%
2,51	1298	3,2 7	220, 4	528	0,73 4	341, 2	529, 0	65%

Pada perhitungan motor setelah rewinding dapat dilihat pada table 8 didapatkan nilai tertinggi efisien yaitu 69% dengan torsi 1,54.

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4 diketahui:

- 1) M = 0.51 Nm
- N = 1479 Rpm
- I = 1.39 A
- V_{L-N} = 217.3 Volt
- P_{in} = 160.5 Watt

$$\text{Cos } \varphi = 0.532$$

Untuk mencari nilai P_{in} dan P_{out} dapat dilakukan dengan persamaan (6) dan (8) di bawah ini:

$$P_{in} = 217.3 \times 1.39 \times 0.532 = 160.7 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = P_{mek} = \frac{0.51 \times 1479}{9,549} = 79 \text{ Watt}$$

Maka besarnya efisiensi motor baru adalah:

$$\eta = \frac{79}{160.5} \cdot 100\% = 49\%$$

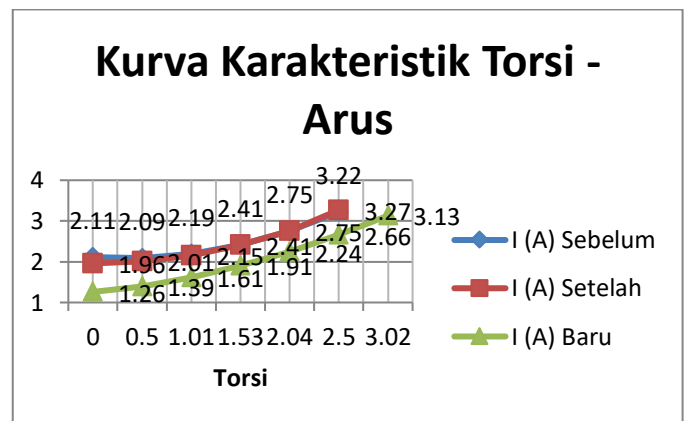
Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil Perhitungan Efisiensi Motor Baru

Pengukuran						Perhitungan		
Torsi (Nm)	N (Rpm)	I (A)	V (V)	P _{in} (W)	Cos φ	P _{mek} (W)	P _{in} (W)	Efisiensi
0	1496	1,26	218	76,8	0,281	0,0	77,2	0%
0,51	1479	1,39	217,3	160,5	0,532	79,0	160,7	49%
1,02	1463	1,61	217,4	237,8	0,68	156,3	238,0	66%
1,54	1447	1,91	217	321	0,774	233,4	320,8	73%
2	1427	2,24	217,1	400	0,822	298,9	399,7	75%
2,51	1403	2,66	216,6	493	0,856	368,8	493,2	75%
3,02	1375	3,13	215,7	592	0,876	434,9	591,4	73%

Pada tabel 9 hasil perhitungan efisiensi motor baru di dapatkan nilai tertinggi yaitu 75% pada torsi 2 Nm dan 2,51 Nm.

Dari tabel 7, tabel 8 dan tabel 9 dapat dibuat grafik perbandingan antara kecepatan, torsi, P_{mek}, arus dan faktor daya. Grafik dibawah ini akan menunjukkan karakteristik motor listrik, baik sebelum *rewinding*, setelah *rewinding* dan motor baru.



Gbr. 6 Kurva Karakteristik Torsi-Arus

Dari grafik diatas, dapat dilihat arus motor yang terus meningkat seiring dengan besarnya torsi baik motor sebelum *rewinding*, setelah *rewinding* ataupun motor baru. Meskipun terjadi penurunan arus pada saat setelah *rewinding* namun nilai arus tetap lebih besar jika pada motor baru.

Dari grafik diatas, dapat dilihat nilai torsi berbanding terbalik terhadap nilai kecepatan putaran motor, seperti yang

tertera pada grafik semakin besar nilai torsi maka akan semakin rendah kecepatan motor baik motor sebelum *rewinding*, setelah *rewinding* ataupun motor baru. Pada kedua motor mengalami perubahan yang sama namun kecepatan pada motor baru memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan motor *rewinding*.

Dari grafik diatas, dapat dilihat faktor daya motor yang terus meningkat seiring dengan besarnya torsi baik motor sebelum *rewinding*, setelah *rewinding* ataupun motor baru. Meskipun terjadi kenaikan faktor daya pada saat setelah *rewinding* namun nilai faktor daya pada motor baru tetap lebih besar.

Dari grafik, dapat dilihat terjadi kenaikan daya masukan motor pada saat setelah *rewinding*. Hal ini disebabkan adanya perubahan pada jumlah lilitan peralur, yang pada awalnya jumlah lilitan per alur tidak sama yaitu 113 dan 115 peralur, kemudian diubah menjadi 115 peralur. Perubahan ini juga sesuai dengan persamaan 1 yaitu:

$$F = B \cdot I \cdot \ell$$

Dimana panjang penghantar berbanding lurus dengan gaya, sehingga daya yang dihasilkan juga meningkat.

Dari grafik, dapat dilihat efisiensi motor baru mencapai 73% pada daya input 591,4 watt atau sekitar 43% dari beban nominal, sedangkan efisiensi motor yang *direwinding* mencapai 65% pada daya input 528 watt atau sekitar 45% dari beban nominal. Hal ini disebabkan oleh teknik punggungan, material konduktor, jenis dan kinerja pengisolasian, dan suhu operasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis efisiensi motor-motor listrik AC tiga fasa *rewinding*, dapat ditarik kesimpulanbahwa:

Efisiensi motor baru mencapai 75% pada daya input 591,4 watt atau sekitar 43% dari beban nominal, sedangkan efisiensi motor yang *direwinding* mencapai 65% pada daya input 528 watt atau sekitar 45% dari beban nominal. Hal ini disebabkan oleh teknik punggungan, material konduktor, jenis dan kinerja pengisolasian, dan suhu operasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Ibu DR. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Ibu Adriani, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak. DR. Ir. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal A Duyo, ST, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.

REFERENSI

- [1] Abdillah, Margiono, 2020. *Menggulung Motor Listrik Arus Bolak-Balik (AC)*. Cetakan ke-2. Pontianak: Yayasan Kemajuan Teknik
- [2] Amiruddin, Arham. 2008. *Pengetahuan dasar Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Astuti, Anisa Tri, 2021. *Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Rotor Belitan Menggunakan Metode Terpusat, Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Jember, Jember
- [4] Bishop, Owen. 2004. *Dasar - Dasar Elektronika*. Jakarta : Erlangga.. Horowitz,
- [5] Ghazali, Rizal, Angga, 2021. *Metode Perhitungan Efisiensi Motor Induksi yang Sedang Beroperasi, Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- [6] Paul dan Winfield Hill.1987. *Seni dan Desain Elektronika*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [7] Pitowarno, Endra. 2006. *Robotika : Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta: ANDI OFFSET. . Rasyidi,
- [8] Sudiby. P, Samuel dkk, 2020. *Analisis Efisiensi Motor Motor Induksi pada Kondisi Tegangan Non Rating dengan Metode Segregated Loss*. *Teknosia*, Volume 2, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
- [9] Suherman. 2003. *Pengantar Teori Ekonomi*, Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- [10] Sukirno, Sadono. 2005. *Makro Ekonomi Modern; Perkembangan Pemikiran Dari Klasik Hingga Keynesian Baru*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- [11] Suryatm F.1997. *Teknik Pengukuran Listrik dan Elektronika*. Jakarta : Bumi Aksara
- [11] Suparlan, M, 2020. *Pengaruh Punggungan Ulang (Rewinding) Stator Terhadap Kinerja Motor Induksi*. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, Volume 20, Fakultas Teknik Universitas Surabaya, Palembang.
- [12] <http://fillafi.blogspot.co.id/2022/04/motor-induksi-3-fasa.html>