

EVALUASI EFISIENSI MOTOR INDUKSI SATU FASE BERDAYA KURANG DARI 1 HP YANG DILAKUKAN PERBAIKAN DENGAN CARA *REWINDING*

Fauzun Atabiq*, Arif Febriansyah J*, Afrizal*, Ilham Kurnia*

* Batam Polytechnics

Electrical Engineering study Program

Parkway Street, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

E-mail: atabiq@polibatam.ac.id, arifjuwito@polibatam.ac.id, afrizal@polibatam.ac.id,

Ilhamkurnia500@gmail.com

Abstrak

Perbaikan sebuah motor listrik yang berkualitas selain dapat mengurangi biaya sebuah industri juga dapat menjaga proses operasi dan produksi terjamin. Meskipun demikian dengan kenaikan tarif dasar listrik beberapa tahun terakhir, maka yang menjadi pertanyaan adalah bagaimana efisiensi terhadap sebuah motor yang dilakukan *rewinding*. Efisiensi adalah ukuran efektifitas seberapa banyak energi listrik yang diserap oleh motor diubah menjadi tenaga mekanis yang dimanfaatkan dibandingkan dengan rugi-rugi daya yang timbul pada motor. Pada penelitian ini telah dilakukan sebuah evaluasi efisiensi terhadap motor-motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 hp yang dilakukan perbaikan dengan cara *rewinding* secara manual. Menggunakan metode *copy* terhadap tiga buah motor induksi, hasil penelitian menunjukkan secara keseluruhan nilai efisiensi motor induksi yang dilakukan *rewinding* memiliki nilai efisiensi yang lebih baik. Nilai efisiensi motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 Hp yang dilakukan perbaikan dengan cara *rewinding* mengalami peningkatan rata-rata +16.93 % dengan rentang +2.42 % s.d. +20.11 %.

Kata kunci: Evaluasi, Efisiensi, Motor induksi satu fase, *Rewinding*

Abstract

The qualified rewinding of an electric motor in addition to reduce the capital cost can also maintain the process of operation and assured the industry productions. However, with the increase of basic electricity tariff in recent years, the question is how the efficiency of an electric motor that was repairing with rewinding. Efficiency is a measure of how much of the input energy is absorbed by the motor then converted into useful power compared to power losses. In this research, an efficiency evaluation of the low-power single phase induction motors that was repaired by manually rewinding has been done. The results of the evaluation conducted on three low-power single phase induction motors showed that the overall efficiency has better values. The results showed that efficiency of low power single phase induction motors that was repaired with manually rewinding is increasing with average + 16.93% and ranges between +2.42% to +20.11%.

Keywords: Evaluation, Efficiency, Single phase induction motor, *Rewinding*

1 Pendahuluan

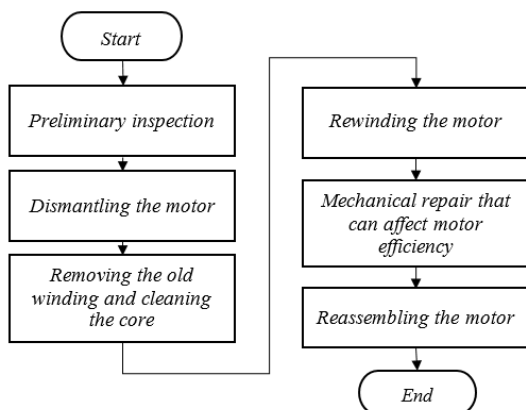
Di sebagian industri, motor-motor listrik merupakan komponen kunci dalam mendukung berjalannya proses operasi/produksi suatu perusahaan. Di beberapa negara maju, dua per tiga dari total biaya energi listrik yang digunakan oleh suatu perusahaan disebabkan oleh pemakaian motor-motor listrik. Di Eropa dan Amerika biaya konsumsi energi yang diperuntukkan untuk motor-motor listrik per tahunnya diperkirakan hingga \$ 100 juta (U.S)[1]. Belum lagi

kerusakan yang terjadi menyebabkan meningkatnya biaya yang harus ditanggung, termasuk proses produksi yang terganggu, jadwal pengiriman yang tertunda, bahkan kerusakan yang terus-menerus untuk jangka panjang akan menyebabkan nilai kompetitif perusahaan rendah. Pada intinya sebuah perusahaan membutuhkan pemeliharaan motor listrik yang efektif dan strategi manajemen untuk meminimalkan total biaya pembelian motor dan biaya operasi serta mencegah resiko dari kerusakan motor yang tidak diinginkan.

Pemilihan untuk memperbaiki atau melakukan lilit ulang (*rewinding*) sebuah motor listrik yang berkualitas selain akan mengurangi biaya modal perusahaan juga akan tetap menjaga proses operasi/produksi yang terjamin[2]. Meskipun demikian dengan kenaikan tarif dasar listrik beberapa tahun terakhir, maka yang menjadi pertanyaan adalah bagaimana efisiensi terhadap sebuah motor yang diperbaiki dengan melakukan lilit ulang atau *rewinding*. Hasil kajian yang dilakukan *Electrical Apparatus Service Association* dan *Association of Electrical and Mechanical Trades (EASA/AEMT)* terhadap motor-motor listrik berdaya besar 100 - 150 hp (75 - 112 kW) dengan dengan proses satu kali lilit ulang secara manual, rata-rata perubahan efisiensi yang diperoleh adalah -0,6 % dengan rentang -0,3 s.d -0,5%. Hasil kajian terhadap motor listrik berdaya 100 - 200 hp (75 - 150 kW) dengan proses lilit ulang dua hingga tiga kali menggunakan mesin *rewinding*, rata-rata perubahan efisiensi hasil proses *rewinding* adalah -0,1% dengan rentang +0,7 s.d -0,6%. Adapun untuk motor-motor listrik berdaya rendah terutama motor-motor induksi 1 fase dalam kajian tersebut belum dilakukan.

2 Metode Penelitian

Metode *rewinding* yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *copy* dan teknik *rewinding* secara manual tanpa menggunakan mesin. Metode *copy* adalah metode *rewinding* yang dilakukan dengan cara menduplikat semua karakteristik fisik dari motor-motor yang dievaluasi meliputi ukuran kawat tembaga, jumlah belitan, dan konfigurasi belitan. Evaluasi dilakukan terhadap tiga buah motor induksi 1 fase yang diperbaiki dengan cara melilit ulang secara manual, pengamatan data *nameplate*, dan juga beberapa kegiatan pengukuran yang selanjutnya digunakan dalam menentukan nilai efisiensi motor. Oleh karena itu tahapan penelitian ini secara garis besar ada empat langkah yang dilalui untuk menyelesaikannya yaitu persiapan, proses *rewinding*, pengujian, dan pembahasan.



Gambar 1. Diagram alir proses rewinding motor listrik[1]

2.1 Proses rewinding

Beberapa tahapan proses *rewinding* pada penelitian ini adalah sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

2.1.1 Inspeksi awal

Inspeksi awal ini adalah pemeriksaan terhadap kondisi motor listrik yang akan dilakukan *rewinding*. Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan secara fisik, pencatatan data teknis, dll.. Tabel 1 adalah ringkasan data teknis dari ketiga motor yang dijadikan objek penelitian.

TABEL 1. RINGKASAN DATA TEKNIS MOTOR-MOTOR OBJEK PENELITIAN

No	Id Motor	Jml fase	Tegangan kerja	F (Hz)	Pole	RPM	Po (W)	Pin (kW)	Eff (%)
1	PH 100 ANB	1 ϕ	220V	50	2	-	100	0.26	38.4
2	PS-121BIT	1 ϕ	220V	50	2	2850	125	0.35	35.71
3	Fujian DB 125	1 ϕ	220V	50	2	2850	125	0.25	50

2.1.2 Dismantling

Setelah data-data terkait motor, khususnya informasi yang bisa diperoleh dari tahap pemeriksaan awal dilakukan pencatatan, tahapan berikutnya adalah tahapan *dismantling* atau pembongkaran motor. Gambar 2 adalah cuplikan salah satu pembongkaran motor objek penelitian.



Gambar 2. Pembongkaran motor

Hal yang perlu diingat dalam tahap pembongkaran motor adalah bahwa pada prinsipnya motor sebelum dipasang di pabrik sebelumnya merupakan bagian dari komponen-komponen yang terpisah, yang kemudian dirakit menjadi satu kesatuan motor listrik utuh. Oleh karena itu penting dalam tahap pembongkaran motor listrik melakukan pembongkaran dengan hati-hati serta melakukan pencatatan, foto, atau rekam untuk memastikan bahwa jika telah selesai diperbaiki, motor dapat dipasang kembali dengan benar.

2.1.3 Removing the old winding

Terdapat tiga poin pada tahap ini yaitu mencatat detail keterangan kumparan belitan pada motor, pelepasan

kumparan lama, dan pembersihan inti stator serta persiapan untuk proses melilit ulang. Tabel 2 adalah hasil pencatatan kumparan belitan motor-motor objek penelitian.

TABEL 2 RECORD BELITAN MOTOR

No	Id Motor	Jml kutub	Konfigurasi belitan	Grouping	Coil pitch	Turn/coil	Size of Wire
1	PH 100 ANB	2	Konsentris, 1 layer	4	6, 8, 10	Main: 47, 64, 75, 80 Auxiliary: 67, 84, 99, 109	Main 0,45 mm Auxiliary 0,4 mm
2	PS-121 BIT	2	Konsentris, 1 layer	4	6, 8, 10	Main: 47, 77, 106, 115 Auxiliary: 47, 64, 146, 150	Main 0,45 mm Auxiliary 0,4 mm
3	Fujian DB 125	2	Konsentris 1 layer	4	6, 8, 10; 10, 12	Main: 100, 110, 120, 130 Auxiliary: 90, 100	Main 0,45 mm Auxiliary 0,4 mm

Pelepasan kumparan lama dapat dilakukan dengan memotong bagian belitan yang keluar dari stator. Dalam memotong belitan kumparan motor diusahakan sedekat mungkin dengan stator dengan tanpa membahayakan inti stator. Pemotongan tidak dilakukan dengan mesin melainkan dilakukan secara manual menggunakan gergaji besi.

Inti stator terbuat dari lapisan-lapisan baja tipis terlaminsi sehingga antar lapisan tersebut saling terisolasi. Pembersihan dilakukan dengan hati-hati sehingga tidak merusak inti stator. Lapisan inti stator yang rusak dapat menyebabkan inti stator cepat menjadi panas dan mengurangi efisiensi motor

2.1.4 Melilit ulang (Rewinding)

Teknik melilit ulang atau *rewinding* yang digunakan adalah dengan metode *copy*. Metode *copy* adalah melakukan lilit ulang dengan cara menduplikat belitan motor sesuai dengan bentuk asli dari pabrikan. Motor dililit ulang dengan bentuk konfigurasi belitan konsentris, dua kutub, empat kelompok (*grouping*) belitan. Gambar 3 adalah salah satu contoh hasil *rewinding* motor dari motor-motor objek penelitian.



Gambar 3. Cuplikan hasil *rewinding* motor PH 100 ANB

2.3 Pengujian

Setelah proses *rewinding* selesai maka selanjutnya adalah proses pengujian. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam melakukan evaluasi efisiensi motor listrik maka beberapa pengujian yang dilakukan antara lain adalah: Pengujian tahanan belitan jangkang, pengujian tanpa beban, dan pengujian berbeban.

2.3.1 Pengujian tahanan belitan

Metode pengujian yang digunakan untuk mengukur tahanan belitan stator adalah menggunakan metode pengujian volt-ampere. Pengujian tahanan belitan stator pada masing-masing motor objek penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel sebanyak 10 kali pengujian. Nilai rerata tahanan belitan stator hasil pengujian masing-masing motor diperlihatkan seperti pada Tabel 3.

TABEL 3. TAHANAN BELITAN STATOR

No	Id Motor	Rata-rata tahanan belitan stator (Ohm)	
		Belitan utama	Belitan bantu
1	PH 100 ANB	17,63	31,59
2	PS-121BIT	27,6	40,9
3	Fujian DB 125	29,5	17,95

2.3.2 Pengujian tanpa beban

Pengujian tanpa beban atau *no load test* dilakukan dengan cara menjalankan motor pada tegangan kerjanya sesuai dengan yang tertera pada *nameplate* motor tanpa memberikan kopel beban pada *shaftnya* dan mengamati beberapa parameter-parameter listriknya seperti tegangan, arus, faktor daya, dan rpm motor.

Pengujian tanpa beban pada objek penelitian dimaksudkan untuk mengetahui rugi-rugi yang terjadi pada motor yang meliputi rugi-rugi belitan stator, rugi-rugi inti, friksi atau gesekan, dan desakan angin. Hasil pengujian tanpa beban motor-motor objek penelitian pada penelitian ini diperlihatkan seperti pada Tabel 4.

TABEL 4 HASIL PENGUJIAN TANPA BEBAN

Id Motor	Tegangan (Volt)	N (RPM)	I (A)	Cos phi	P in (Watt)
PH 100 ANB	220	2973	1,13	0,75	186
PS-121BIT	220	2960	0,85	0,58	85
Fujian DB 125	220	2960	0,45	0,85	79

2.3.3 Pengujian berbeban

Pengujian berbeban pada motor-motor objek penelitian bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi motor hasil proses perbaikan dengan cara melilit ulang (*rewinding*). Pengujian berbeban dilakukan dengan cara menjalankan motor pada tegangan

nominalnya dan melakukan pengereman dengan cara mengkopelkan beban dengan beban yang berbeda-beda. Pengujian masing-masing dilakukan sebanyak lima kali dengan beban yang berbeda-beda. Tabel 5 adalah hasil pengujian motor berbeban.

TABEL 5 HASIL PENGUJIAN MOTOR BERBEBAN

Id	Beban	N (RPM)	I (A)	Cos phi	P in ukur (Watt)
PH 100 ANB	a	2960	0,8	0,77	97
	b	2956	0,82	0,8	100
	c	2930	0,83	0,85	105
	d	2919	0,83	0,87	114
	e	2876	0,87	0,92	128
PS-121BIT	a'	2956	0,89	0,65	97
	b'	2953	0,92	0,65	100
	c'	2947	0,94	0,7	105
	d'	2923	0,97	0,73	114
	e'	2914	1,2	0,75	149
Fujian DB 125	a''	2887	0,47	0,87	82
	b''	2863	0,51	0,92	95
	c''	2798	0,52	0,94	101
	d''	2680	0,56	0,97	114
	e''	2658	0,63	0,98	139

3 Hasil dan Pembahasan

Efisiensi adalah ukuran seberapa banyak energi *input* (energi listrik) yang diserap oleh motor diubah menjadi energi mekanis, (tenaga yang bermanfaat /kerja) dibandingkan dengan rugi-rugi daya atau energi yang diubah menjadi panas [1]. Atau dengan kata lain efisiensi adalah perbandingan antara daya *output* terhadap daya *input* motor [3] yang dapat ditentukan dengan Persamaan 1.

$$\text{Efisiensi } \xi = \frac{W_{out}}{W_{in}} \quad (1)$$

atau,

$$\text{Efisiensi } \xi = \frac{W_{in} - losses}{W_{in}} \quad (2)$$

Dengan W_{out} adalah daya *output*, W_{in} adalah daya *input* dan *losses* adalah rugi-rugi daya pada motor induksi. Rugi-rugi daya akibat proses *rewinding* yang dilakukan pada motor induksi perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap nilai efisiensi motor yang diperbaiki [4].

3.1 Rugi-rugi pada belitan stator (P_{cu}) dan *rotational losses*

Dengan mengacu pada hasil pengamatan tahanan belitan stator masing-masing motor Tabel 3 dan hasil pengamatan tegangan, arus pada pengujian tanpa beban Tabel 4 maka rugi-rugi daya pada belitan stator dan rugi-rugi gesekan dan desakan angin (*rotational losses*) motor-motor objek penelitian dapat diketahui. Menggunakan Persamaan 3 dan 4 rugi-rugi daya belitan pada stator dan *rotational losses* dari masing-masing motor dapat ditentukan.

$$P_{cu1} = I^2 R_1 \quad (3)$$

TABEL 6 RUGI-RUGI DAYA PADA BELITAN STATOR DAN

ROTATIONAL LOSSES

Id Motor	P_{in} (Watt)	P_{cu} (Watt)	$P_{rotlosses}$ (Watt)
PH 100 ANB	186	62,85	123,15
PS-121BIT	85	49,49	35,51
Fujian DB 125	79	9,61	69,39

Dari hasil evaluasi rugi-rugi daya terhadap motor-motor objek penelitian Tabel 6 memperlihatkan bahwa rugi-rugi daya terbesar ada pada motor PH 100 ANB. Rugi-rugi daya tersebut baik rugi-rugi daya pada belitan stator maupun rugi-rugi daya akibat *rotational losses*. Dari hasil Tabel 6 yang apabila dibandingkan dengan nilai tahanan belitan dari masing-masing motor Tabel 4, maka dapat diketahui bahwa rugi-rugi pada belitan stator tidak hanya ditentukan oleh tahanan belitan stator melainkan juga faktor lain. Hal ini bisa disebabkan oleh kondisi inti stator yang sudah tidak baik, *bearing*, maupun saat proses *diassembling* dan *reassembling* motor yang tidak tepat.

3.2 Efisiensi motor hasil *rewinding*

Evaluasi efisiensi motor induksi dapat dilakukan dengan cara yang berbeda-beda [5]. Untuk mengevaluasi efisiensi motor-motor induksi satu fase berdaya kurang 1 hp pada penelitian ini tidak dilakukan dengan metode pengukuran secara langsung (pengukuran mekanis). Hal ini dikarenakan karena torsi awal atau *locked rotor torque* (LRT) yang dihasilkan motor satu fase berdaya rendah relatif kecil sehingga tidak mampu mengatasi rugi-rugi yang terjadi selama periode *starting*.

Oleh karena itu untuk melakukan evaluasi efisiensi motor satu fase yang dilakukan perbaikan dengan cara *rewinding* pada penelitian ini selanjutnya dilakukan pendekatan dengan menggunakan metode data *nameplate* motor [6]. Evaluasi efisiensi motor dengan pendekatan metode data *nameplate* motor adalah evaluasi efisiensi melalui pengamatan beberapa data *nameplate* motor seperti arus nominal, kecepatan

nominal, dan juga beberapa kegiatan pengukuran seperti kecepatan aktual motor, arus stator, dll., yang selanjutnya digunakan dalam menentukan nilai efisiensi motor.

Mengacu pada Pers 1 maka nilai efisiensi bisa diketahui dengan mengetahui dua dari tiga komponen tersebut. Hasil pengujian Tabel 5 nilai P_{in} dari masing-masing motor objek penelitian telah diketahui. Untuk itu selanjutnya maka dalam menentukan efisiensi motor adalah dengan menentukan daya output P_{out} motor. Melalui pendekatan *nameplate* pada motor maka daya output maupun efisiensi motor objek penelitian dapat ditentukan.

Daya output motor adalah perkalian antara torsi T motor terhadap kecepatan *shaft*-nya ω [3], atau secara matematis dapat nyatakan dengan Persamaan 4.

$$P_{out} = T\omega, \quad T < T_d \quad (4)$$

Dengan nilai T lebih kecil dari pada torsi yang di *developed* motor T_d (akibat rugi-rugi gesekan *bearing* dan desakan angin), maka menggunakan pendekatan Persamaan 5 torsi T dapat ditentukan [6] yaitu:

$$T = \frac{I}{I_r} \frac{\omega_r}{\omega} T_r \quad (5)$$

Dengan T_r , I_r , dan ω_r masing-masing adalah torsi, arus, dan kecepatan nominal motor, sedangkan I dan ω masing-masing adalah arus yang diserap motor dan kecepatan *shaft* rotor motor.

Nilai kecepatan, arus, dan torsi nominal motor untuk motor-motor listrik tiga fase atau motor-motor listrik berdaya besar pada umumnya bisa diamati melalui data teknis *nameplate* motor. Akan tetapi pada motor-motor tegangan rendah khususnya motor-motor satu fase berdaya kurang dari 1 hp pada umumnya informasi tersebut jarang sekali dicantumkan. Seperti data teknis atau informasi pada *nameplate* motor-motor satu fase yang dijadikan objek penelitian Tabel 1, dari ketiganya sangat terbatas dan torsi nominal dan arus nominal motor tidak dapat ditemukan. Oleh karena itu dalam evaluasi ini maka pendekatan untuk menentukan arus dan torsi nominal pada motor-motor objek penelitian dilakukan melalui perhitungan matematis.

Menggunakan Persamaan 6 torsi nominal T_r dari setiap motor dapat ditentukan [6].

$$T_r = \frac{P_r}{N_r} \quad (6)$$

Dengan P_r dan N_r berturut-turut adalah daya output dan kecepatan nominal motor, oleh karena itu Torsi nominal masing-masing motor adalah:

$$T_{r1} = \frac{100 W}{2900 Rpm} = 0.034 Nm$$

$$T_{r2} = T_{r2} = \frac{125 W}{2850 Rpm} = 0.044 Nm$$

Mengacu pada *nameplate* motor objek penelitian Tabel 1 dan menggunakan Pers 7 arus nominal motor I_r dapat ditentukan. Dalam hal ini pendekatan untuk nilai faktor daya yang digunakan adalah 0.85.

$$P_{in} = VI \cos \theta \quad (7)$$

Dengan P_{in} adalah daya yang diserap motor, V tegangan nominal motor, dan $\cos \theta$ adalah nilai faktor daya. Oleh karena itu I_r dari masing-masing motor dapat ditentukan sebagai berikut:

$$I_{r1} = \frac{P_{inr1}}{V \cos \theta}$$

$$I_{r1} = \frac{0.26 kW}{220 V \times 0.85}$$

$$I_{r1} = 0.14 A$$

$$I_{r2} = \frac{P_{inr2}}{V \cos \theta}$$

$$I_{r2} = \frac{0.35 kW}{220 V \times 0.85}$$

$$I_{r2} = 0.19 A$$

$$I_{r3} = \frac{P_{inr2}}{V \cos \theta}$$

$$I_{r3} = \frac{0.25 kW}{220 V \times 0.85}$$

$$I_{r3} = 0.13 A$$

Dengan diketahuinya nilai torsi dan arus nominal dari masing-masing motor (T_r dan I_r), maka torsi pada *shaft* T di setiap motor dapat diketahui. Menggunakan Pers 5 torsi T setiap motor dapat ditentukan sebagaimana disajikan dalam Tabel 6.

TABEL 6 TORSI OUTPUT MOTOR HASIL PENGUJIAN BERBEBAN

Motor	Beban	N (RPM)	I (A)	T (Nm)
PH 100 ANB	a	2960	0.8	0.196
	b	2956	0.82	0.202
	c	2930	0.83	0.206
	d	2919	0.83	0.207
	e	2876	0.87	0.220

Dengan diketahuinya torsi output T dari masing-masing motor, maka menggunakan Pers 4 dan Pers 1, daya output dan efisiensi setiap motor objek penelitian dapat diketahui. Tabel 7 adalah hasil evaluasi efisiensi motor-motor objek penelitian setelah dilakukan perbaikan dengan melilit ulang (*rewinding*).

TABEL 7 HASIL EVALUASI EFISIENSI

Motor	Beban	P in ukur (Watt)	T	Po	eff
			(Nm)	(Watt)	(%)
PH 100 ANB	a	97	0.58	60.90	62.8%
	b	100	0.61	62.42	62.4%
	c	105	0.63	63.19	60.2%
	d	114	0.64	63.19	55.4%
	e	128	0.64	66.23	51.7%
Rerata					58.5%
PS- 121BIT	a'	97	0.4	64.85	66.9%
	b'	100	0.42	67.04	67.0%
	c'	105	0.44	68.49	65.2%
	d'	114	0.45	70.68	62.0%
	e'	149	0.47	87.44	58.7%
Rerata					64.0%
Fujian DB 125	a''	82	0.29	47.94	58.5%
	b''	95	0.32	52.03	54.8%
	c''	101	0.33	53.05	52.5%
	d''	114	0.37	57.13	50.1%
	e''	139	0.42	64.27	46.2%
Rerata					52.4%

Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 Hp hasil perbaikan dengan proses *rewinding* secara manual pada penelitian ini masih menunjukkan nilai yang relatif baik. Dari kelima pengujian yang dilakukan dengan beragam nilai beban memperlihatkan bahwa nilai rerata efisiensi ketiga motor masih di atas 50 %.

Dibandingkan terhadap nilai efisiensi sebelum dilakukan proses *rewinding* di Tabel 1, nilai efisiensi hasil perbaikan motor berdaya kurang dari 1 Hp yang dilakukan proses *rewinding* secara manual Tabel 8 juga menunjukkan nilai yang relatif lebih baik, terjadi peningkatan dengan nilai rata-rata +16,93%.

TABEL 8 PERBANDINGAN EFISIENSI ANTARA SEBELUM DAN SESUADAH *REWINDING*

No	Id Motor	Eff Rated (%)		Δ Eff (%)
		Sebelum	Sesudah	
1	PH 100 ANB	38.4	58.51	+20.11
2	PS-121BIT	35.71	63.96	+28.25
3	Fujian DB 125	50	52.42	+2.42
Rata-rata				+16.93

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan antara lain bahwa perbaikan

motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 Hp yang dilakukan dengan cara *rewinding* secara manual keseluruhan memiliki nilai efisiensi yang jauh lebih baik.

Hasil penelitian menunjukkan dari ketiga motor induksi yang lakukan evaluasi, nilai efisiensi motor induksi satu fase berdaya kurang dari 1 Hp yang dilakukan perbaikan dengan melilit ulang adalah terjadi peningkatan rata-rata +16.93 % dengan rentang +2.42 % s.d. +20.11 %.

Dari penelitian ini juga diperoleh informasi bahwa torsi awal atau *locked rotor torque* motor-motor induksi kapasitas kurang dari 1 Hp relatif kecil, sehingga untuk pengujian daya *output* secara langsung tidak dapat dilakukan. Pendekatan lain yang dapat dilakukan dalam mengevaluasi efisiensi motor-motor induksi berdaya rendah (kurang dari 1 hp) adalah dengan pengujian tanpa beban dan pengujian hubung singkat atau *locked rotor test*.

Selama proses perbaikan motor-motor berdaya rendah dengan cara *rewinding* secara manual dapat mempengaruhi nilai efisiensi motor, oleh karena itu proses perbaikan dengan cara yang benar dan hati-hati dapat meningkatkan efisiensi motor.

5 Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Batam melalui Unit P2M yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada jurusan teknik elektro khususnya Laboratorium *Electrical Machine* (W7) yang telah mendukung sarana dan prasarana selama kegiatan pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] "The Effect of Repair/Rewinding on Motor Efficiency: EASA/AEMT Rewind Study and Good Practice Guide to Maintain Motor Efficiency." [Online]. Available: /resources/booklet/effect-of-repair-rewinding-on-motor-efficiency. [Accessed: 01-Mar-2018].
- [2] J. C. Hirzel, "Impact of rewinding on motor efficiency," 1994, pp. 104–107.
- [3] M. A. El-Sharkawi, *Fundamentals of Electric Drives*. United States: Brooks/Cole Publishing Company, 2000.
- [4] W. Cao, K. J. Bradley, and J. Allen, "Evaluation of additional loss in induction motors consequent on repair and rewinding," *IEE Proceedings - Electric Power Applications*, vol. 153, no. 1, p. 1, 2006.

- [5] W. Cao, "Assessment of induction machine efficiency with comments on new standard IEC 60034-2-1," 2008, pp. 1–6.
- [6] W. L. Silva, A. M. N. Lima, and A. Oliveira, "A Method for Measuring Torque of Squirrel-Cage Induction Motors Without Any Mechanical Sensor," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 64, no. 5, pp. 1223–1231, May 2015.