

RANCANG BANGUN KUMPARAN STATOR MOTOR INDUKSI 1 FASA 2 KUTUB *SPLIT CAPASITOR* DENGAN METODE JERAT (*SPIRAL*) (THE STATOR WINDING DESIGN OF 1 PHASE 2 POLE INDUCTION MOTOR OF SPLIT CAPACITOR WITH SPIRAL METHODE)

Resan Bagus Candra Sulistiyar, Widyono Hadi, Moch. Gozali
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember (UNEJ)
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: resan20307@gmail.com

Abstrak

Penggunaan mesin-mesin listrik pada saat ini merupakan suatu kebutuhan yang tidak terelakkan. Tidak hanya pada pabrik-pabrik dan perusahaan industri, namun pada kalangan masyarakat juga menggunakan mesin-mesin listrik. Sebagai contoh penggunaan pompa air yang merupakan bagian dari mesin listrik yaitu motor induksi. Motor induksi yang digunakan sebagai pompa air memiliki putaran yang sangat tinggi dan menggunakan dua kutub pada statornya. Umumnya pada kumparan stator menggunakan metode terpusat dalam penggulungan kumparannya. Untuk pengembangan motor induksi ini, diperlukan perbandingan antara kumparan dengan metode terpusat dan kumparan metode jerat. Dengan membandingkan data antara kumparan metode terpusat dan kumparan metode jerat, dapat diketahui motor induksi dengan metode mana yang lebih baik.

Kata Kunci: Mesin-mesin listrik, motor induksi, perbandingan metode terpusat dan metode jerat.

Abstract

The use of electrical machines is now very widespread not only in factories and industrial enterprises, but also in the society. For example the use of water pumps which is part of the electrical machine is an induction motor. Generally, induction motors used as water pumps have an extremely high spins and use two poles on the stator. Stator core usually use centered methode to coil the core. For the development of the induction motors, it need comparation between centered methode coiling with spiral methode coiling. By comparing the data between centered methode coiling with spiral methode coiling, it can be seen which induction motor coiling methode provides better results.

Keywords: Electrical machines, induction motors, comparing centered methode and spiral method.

PENDAHULUAN

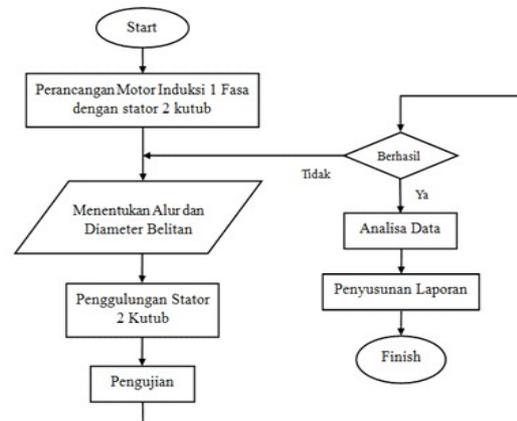
Penggunaan motor listrik telah menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan pada saat ini. Salah satu jenis motor listrik adalah motor AC, sebagian besar alat industri dan alat rumah tangga menggunakan motor AC. Salah satu penggunaan motor AC yang sering ditemui yaitu terdapat diperabotan rumah tangga berupa pompa air yang sering dijumpai dalam rumah tangga [1].

Motor induksi telah banyak melengkapi produksi, transisi, dan penggunaan sistem tenaga listrik AC. Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (*ac*) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan stator (motor asinkron). Pemberian nama motor induksi berasal dari prinsip kerjanya yaitu arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator [2].

Pada umumnya, untuk motor induksi satu fasa dua kutub sendiri berupa pompa air yang sering digunakan oleh rumah tangga biasanya memiliki besar daya 100 sampai 250 Watt [3]. Selain itu pada umumnya motor induksi satu fasa dua kutub pada kumparan stator menggunakan kumparan terpusat (*concentric winding*). Maka penelitian ini

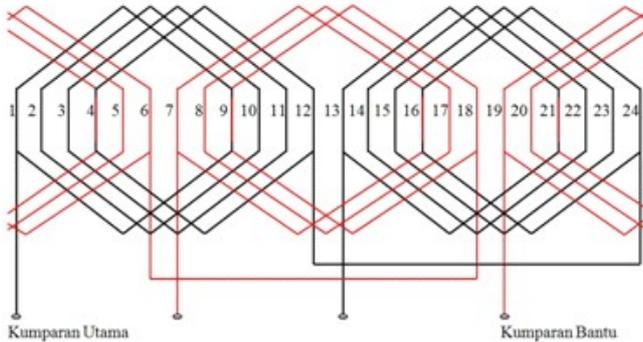
merancang bangun kumparan stator motor induksi satu fasa dua kutub menggunakan metode jerat (*spiral*) sebagai perbandingan. Jenis motor yang dirancang adalah motor kapasitor start dengan menganalisa kumparan stator pada motor induksi satu fasa tersebut.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

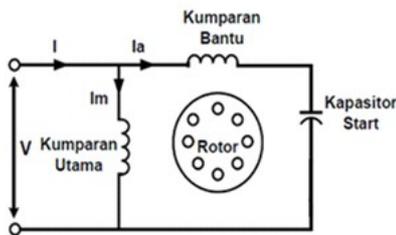
Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan. Data masukan pada diagram alir di atas adalah data perencanaan kumbaran stator motor induksi 1 fasa 2 kutub yang akan didesain.



Gambar 2. Alur Kumbaran Stator

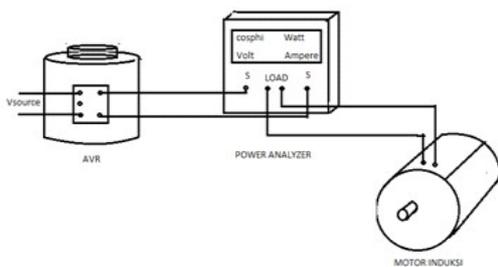
Untuk menggulung motor induksi satu fasa dua kutub, hal yang diperlukan adalah menghitung langkah kumbaran. Langkah kumbaran merupakan nilai alur dibagi dengan dua kali pasangan kutub. Pada penelitian ini, alur yang digunakan (G) sebanyak 24, dan menggunakan sepasang kutub. Berarti untuk langkah kumbarannya yaitu $= \frac{G}{2p} = \frac{24}{2 \cdot 1} = 12$ kumbaran bagian.

Jenis motor yang dirangkai dalam penelitian ini yaitu motor kapasitor start. Motor kapasitor start merupakan sebuah motor dimana terdapat kapasitor sebagai rangkaian bantu *starting* yang diseri dengan kumbaran bantu. Setelah motor berputar 75 % dari putaran nominal maka saklar sentrifugal bekerja memutuskan rangkaian lilitan bantu dan motor bekerja hanya dengan lilitan utama.



Gambar 3. Rangkaian Motor Split Capacitor

Pengujian pada penelitian ini menggunakan AVR untuk mengatur tegangan inputnya. Sedangkan power analyzer sebagai alat ukur untuk mengetahui nilai daya, arus, tegangan, dan $\cos \phi$.



Gambar 4. Diagram Pengujian

HASIL PENELITIAN

Pada skripsi ini dalam penggulangan kumbaran stator, menggunakan dua kali penggulangan dengan lebar tembaga berbeda. Pada penggulangan pertama (A), menggunakan lebar tembaga kumbaran utama 0,4 mm dan kumbaran bantu 0,3 mm. Sedangkan penggulangan kedua (B) menggunakan lebar tembaga kumbaran utama 0,5 mm dan kumbaran bantu 0,4 mm. Sedangkan motor induksi metode terpusat, menggunakan lebar tembaga kumbaran utama 0,55 mm dan kumbaran bantu 0,45 mm. Untuk penggulangan motor induksi dengan metode jerat menggunakan tembaga supreme.

Tabel 1. Alur Jumlah Lilitan Pada Penggulangan Pertama (A)

KUMPARAN UTAMA		KUMPARAN BANTU	
Alur	Lilitan	Alur	Lilitan
1-9, 16-24	75	7-16, 19-4	80
2-10, 15-23	120	8-17, 20-5	215
3-11, 14-22	120	9-18, 21-6	80
4-12, 13-21	75		

Tabel 2. Alur Jumlah Lilitan Pada Penggulangan Kedua (B)

KUMPARAN UTAMA		KUMPARAN BANTU	
Alur	Lilitan	Alur	Lilitan
1-9, 16-24	55	7-16, 19-4	70
2-10, 15-23	100	8-17, 20-5	160
3-11, 14-22	100	9-18, 21-6	70
4-12, 13-21	55		

Pengujian DC Test

DC test bertujuan untuk mengetahui nilai resistansi kumbaran pada motor induksi. Pengujian ini diambil 6 sampel dari kumbaran utama pada motor induksi *split capacitor*.

Tabel 3. Hasil Pengujian DC Motor Induksi Metode Jerat A

V (Volt)	I (A)	R (Ω)
2	0,07	28,57
4	0,14	28,57
6	0,22	27,27
8	0,29	27,58
10	0,36	27,77
12	0,44	27,27

Tabel 4. Hasil Pengujian DC Motor Induksi Metode Jerat B

V (Volt)	I (A)	R (Ω)
2	0,15	13,3
4	0,3	13,3
6	0,44	13,63
8	0,59	13,55

10	0,73	13,69
12	0,89	13,63

Dari DC test diatas didapat nilai R pada metode jerat A 27,83 Ω, metode jerat B 13,5 Ω, dan metode terpusat 18,96 Ω.

Pengujian Rotor Ditahan (Blocked Rotor)

Pengujian rotor ditahan dilakukan untuk mengetahui daya ketika diberi tegangan dan rotor dalam keadaan ditahan. Pengujian ini dilakukan sampai nilai arus mencapai nilai maksimal. Dari data yang didapat pada pengujian ini, akan dihitung nilai induktansi pada motor, baik pada stator maupun pada rotor.

Setelah pengujian rotor ditahan didapat nilai Xbl pada setiap metode yang digunakan, dari pengujian ini menggunakan kapasitor 6 μF dan 8 μF. Berikut adalah nilai Xbl dari pengujian motor ditahan. Pada jerat A (6 μF) 21,14 Ω, jerat A (8 μF) 77,4 Ω, jerat B (6 μF) , jerat B (8 μF) 34,82 Ω, terpusat 21,18 Ω.

Pengujian Motor

Pada pengujian motor induksi satu fasa metode jerat A, jerat B, maupun terpusat dapat diketahui parameter-parameter hasil pengukuran seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Motor Induksi Satu Fasa Metode Jerat (A) Kapasitor 6 μF

V (Volt)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Daya (W)	Cos Φ
75	2650	0,65	57	1
100	2839	0,72	67	0,93
125	2903	0,87	82	0,76
150	2937	1,1	110	0,67
175	2927	1,45	158	0,63
200	2923	1,96	248	0,63
220	2915	2,3	345	0,68

Tabel 6. Hasil Pengujian Motor Induksi Satu Fasa Metode Jerat (B) Kapasitor 6 μF

V (Volt)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Daya (W)	Cos Φ
75	2706	1,1	82	1
100	2859	1,23	92	0,89
125	2895	1,65	135	0,65
150	2902	2,39	270	0,60
175	2891	3,43	358	0,60
200	2865	4,47	567	0,65
220	2840	5,27	795	0,69

Tabel 7. Hasil Pengujian Motor Induksi Satu Fasa Metode Jerat (A) Kapasitor 8 μF

V (Volt)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Daya (W)	Cos Φ
75	2626	1,15	136	1
100	2838	1,16	154	0,92
125	2901	1,35	184	0,81

150	2926	1,68	234	0,74
175	2939	2,16	306	0,71
200	2937	2,92	430	0,68
220	2935	3,73	584	0,69

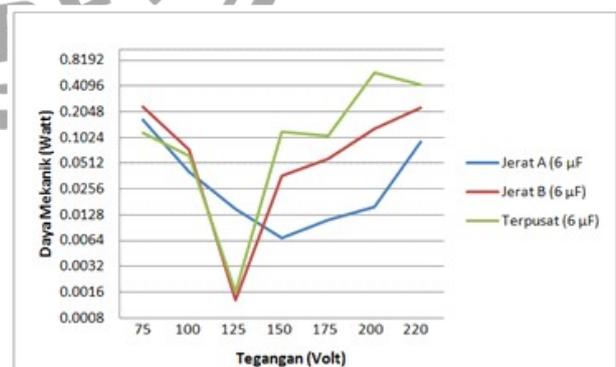
Tabel 8. Hasil Pengujian Motor Induksi Satu Fasa Metode Jerat (B) Kapasitor 8 μF

V (Volt)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Daya (W)	Cos Φ
75	2866	0,96	94	1
100	2928	1,05	104	0,99
125	2941	1,48	133	0,78
150	2975	2,18	221	0,65
175	2912	3,36	358	0,61
200	2875	4,87	613	0,62
220	2864	5,44	828	0,69

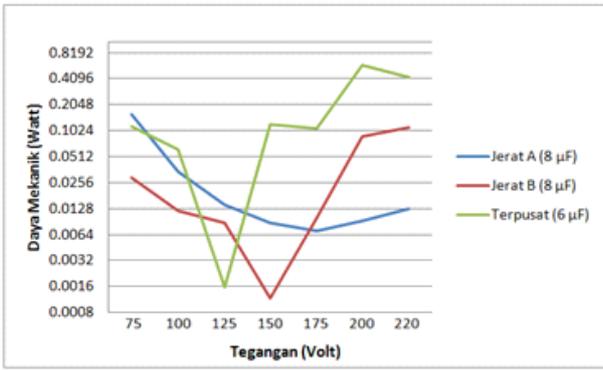
Tabel 9. Hasil Pengujian Motor Induksi Satu Fasa Metode Terpusat Kapasitor 6 μF

V (Volt)	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Daya (W)	Cos Φ
75	2785	0,38	26	0,84
100	2870	0,47	40	0,90
125	2990	0,53	57	0,87
150	2880	0,57	78	0,90
175	2900	0,61	104	0,92
200	2820	0,72	141	0,92
220	2850	0,93	178	0,87

Dari hasil pengujian diatas, dengan perhitungan yang sama, didapatkan nilai daya mekanik dan torsi yang sama pada motor pembandingnya. Dari hasil perhitungan ini didapat grafik tegangan terhadap daya mekanik pada gambar 5 dan 6 dibawah ini.

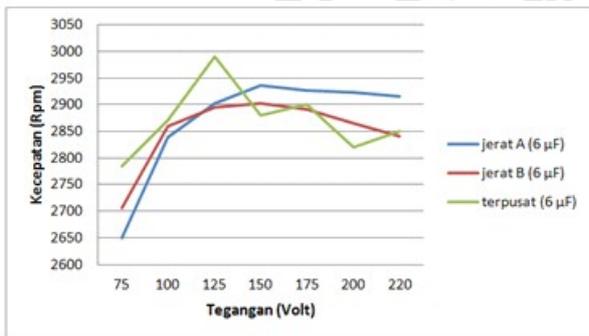


Gambar 5. Grafik Tegangan Terhadap Daya Mekanik Pada Motor Induksi Metode Jerat A (6 μF), Jerat B (6 μF), terpusat

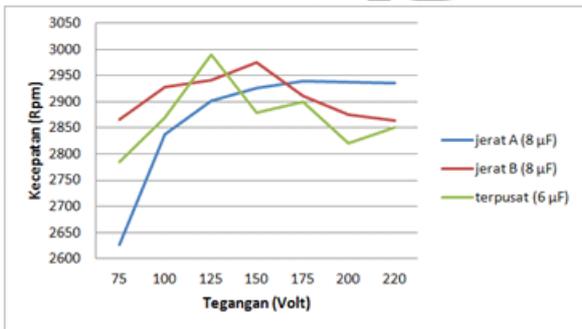


Gambar 6. Grafik Tegangan Terhadap Daya Mekanik Pada Motor Induksi Metode Jerat A (8 µF), Jerat B (8 µF), Terpusat

Setelah didapat grafik antara tegangan dengan daya mekanik, maka diambil grafik antara tegangan dengan kecepatan. Nilai kecepatan pada tabel diambil saat pengujian motor induksi satu fasa menggunakan tachometer digital. Berikut dibawah ini adalah Gambar 7 dan 8 grafik kecepatan perbandingan antara motor induksi metode jerat A, metode jerat B, dan metode terpusat.



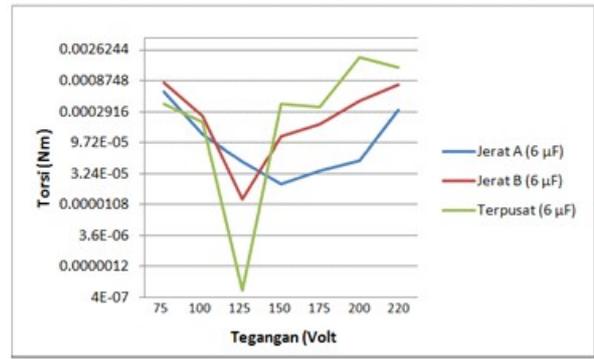
Gambar 7. Grafik Tegangan Terhadap Kecepatan Pada Motor Induksi Metode Jerat A (6 µF), Jerat B (6 µF), Terpusat



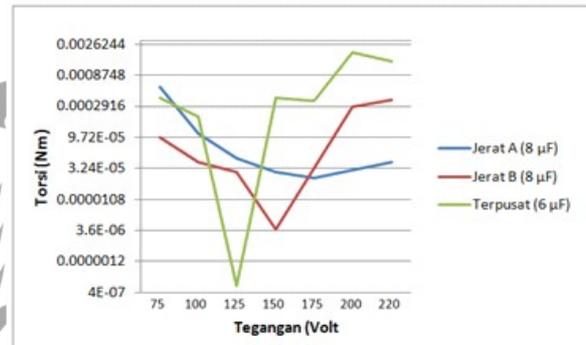
Gambar 8. Grafik Tegangan Terhadap Kecepatan Pada Motor Induksi Metode Jerat A (8 µF), Jerat B (8 µF), terpusat

Dengan daya mekanik yang dihasilkan oleh motor induksi, maka akan didapat nilai torsi pada motor induksi. Berikut dibawah ini merupakan grafik perbandingan torsi

terhadap tegangan pada Gambar 9 dan 10 antara motor induksi metode jerat A, metode jerat B, dan metode terpusat.



Gambar 9. Grafik Tegangan Terhadap Torsi Pada Motor Induksi Metode Jerat A (6 µF), Jerat B (6 µF), Terpusat



Gambar 10. Grafik Tegangan Terhadap Torsi Pada Motor Induksi Metode Jerat A (6 µF), Jerat B (6 µF), Terpusat

PEMBAHASAN

Setelah pengujian DC test dan rotor ditahan didapatkan nilainya, maka selanjutnya pengujian motor induksi dengan AVR sebagai pengatur tegangan input. Dari AVR kemudian disambung dengan *power analyzer* untuk mengetahui daya input, arus, dan $\cos \phi$. Pada pengujian ini dilakukan dari tegangan rendah sampai dengan tegangan nominal motor tersebut.

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (1)$$

Untuk nilai slip diambil dari kecepatan pada tegangan nominal, untuk putaran medan stator N_s . Dengan menggunakan rumus slip diatas, didapat nilai slip pada motor induksi. Nilai slip pada motor induksi kapasitor 6 µF 0,028. Untuk nilai slip pada motor induksi dengan metode jerat yang kedua (B) kapasitor 6 µF 0,053. Dengan rumus yang sama, motor induksi satu fasa metode jerat A kapasitor 8 µF pada tegangan nominal didapat nilai slip 0,022.

Sedangkan nilai motor induksi satu fasa metode jerat B kapasitor 8 μF pada tegangan nominal didapat nilai slip 0,045.

Sehingga dapat diketahui E_1 pada stator dan tegangan, arus serta daya yang masuk rotor pada motor induksi satu fasa metode jerat (A) kapasitor 6 μF dengan perhitungan saat tegangan nominal pada persamaan berikut ini.

$$V_1 = I_1 (R_1 + jX_1) + E_1 \quad (2)$$

$$E_2 = s \cdot E_1 \quad (3)$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{RBL^2}} XBL^2 \quad (4)$$

$$\text{Prot} = E_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi \quad (5)$$

Daya mekanik pada motor induksi satu fasa

$$P_{mek} = \text{Prot} (1-s) \quad (6)$$

Nilai torsi motor induksi satu fasa

$$T = \frac{P_{mek}}{2\pi \frac{n}{60}} \quad (7)$$

Dari persamaan diatas didapat nilai daya mekanik dan torsi pada motor induksi satu fasa. Dengan melihat grafik tegangan terhadap daya mekanik, didapat nilai daya mekanik yang bertingkat, yaitu dari motor induksi metode terpusat, jerat B, dan jerat A. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan antara diameter tembaga yang digunakan dalam kumbaran stator pada masing-masing motor. Pada kumbaran utama, metode terpusat menggunakan diameter tembaga 0,55 mm, pada metode jerat B menggunakan diameter tembaga 0,5 mm, sedangkan pada metode jerat A menggunakan diameter tembaga 0,4 mm. Dari pengujian ini, didapat bahwa semakin besar diameter tembaga pada kumbaran utama, maka akan semakin besar daya mekanik yang akan dihasilkan.

Nilai kecepatan pada motor induksi metode jerat A (8 μF) mencapai 2935 rpm pada tegangan 220 V, tetapi pada motor induksi metode terpusat memiliki kecepatan 2850 rpm pada tegangan 220 V. Hal ini terjadi karena diameter tembaga pada kumbaran utama motor induksi satu fasa metode jerat (A) lebih kecil, yaitu 0,4 mm. Sedangkan pada motor induksi satu fasa metode jerat (B) kumbaran utama menggunakan kawat tembaga 0,5 mm, dan pada metode terpusat 0,55 mm. Dari pengujian ini, didapat bahwa dengan menggunakan diameter tembaga yang lebih kecil mempengaruhi putaran rotor yang lebih besar.

Dengan membandingkan kapasitor yang dipakai pada metode jerat, didapat bahwa dengan menggunakan kapasitor 8 μF kecepatan motor lebih besar. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai pada daya mekanik yang dimana dengan menggunakan kapasitor yang lebih kecil, daya mekanik yang dihasilkan lebih besar. Selain itu pada saat putaran tegangan rendah 75 V, putaran motor dapat berputar lebih cepat. Hal ini dibuktikan motor induksi metode jerat B (8 μF), saat tegangan rendah 75 V memiliki putaran yang

tinggi dibandingkan dengan motor pembandingnya, yaitu 2866 rpm. Sedangkan pada saat tegangan 150 V metode jerat B (8 μF) memiliki putaran tertinggi yaitu 2975 rpm, sedangkan pada tegangan 220 V metode jerat A (8 μF) memiliki putaran tertinggi yaitu 2935 rpm.

Dengan menganalisa kapasitor yang diujikan, maka akan menghasilkan nilai torsi yang tinggi dengan menggunakan kapasitor yang lebih kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai kecepatan yang diberikan oleh motor induksi, dimana dengan menggunakan kapasitor yang lebih kecil, maka nilai kecepatan akan semakin turun. Pada tegangan 125 V, motor induksi satu fasa metode terpusat memiliki nilai torsi terendah dari pada pembanding lainnya, yaitu 0,000000508 Nm. Tetapi pada grafik kecepatan menunjukkan nilai kecepatan motor induksi metode terpusat sangat tinggi, yaitu 2990 rpm pada tegangan 125 V. Maka dapat diketahui nilai torsi motor induksi berbanding terbalik dengan kecepatan. Selain itu pada motor induksi satu fasa metode jerat, kecepatannya lebih unggul dibanding dengan metode terpusat. Tetapi torsi yang dihasilkan motor induksi satu fasa metode jerat lebih kecil dari pada metode terpusat.

KESIMPULAN

Pada penggulungan kumbaran, isi lilitan setiap alur pada metode jerat lebih sedikit dari pada metode terpusat. Daya mekanik yang dihasilkan motor induksi satu fasa metode terpusat lebih besar dari pada motor induksi satu fasa metode jerat A dan metode jerat B. Pada analisa pengujian motor induksi 1 fasa 2 kutub *split capacitor* dengan metode jerat (*spiral*) semakin kecil diameter tembaga pada kumbaran utama, maka akan semakin besar kecepatannya, sedangkan semakin besar diameter tembaga pada kumbaran utama, maka akan semakin besar torsi yang dihasilkan. Sedangkan semakin besar kapasitor yang digunakan, maka akan semakin besar kecepatan motor induksi satu fasa, sedangkan semakin kecil kapasitor yang digunakan, maka akan semakin besar torsi yang dihasilkan. Torsi yang dihasilkan motor induksi satu fasa metode terpusat lebih baik dari pada metode jerat, tetapi kecepatan yang dihasilkan motor induksi satu fasa metode jerat lebih baik dari pada metode terpusat. Tegangan nominal motor induksi satu fasa, yaitu antara 125 V sampai 175 V, dimana rata-rata kecepatan motor induksi satu fasa berputar pada rpm maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prianto, Joko dkk. 2010. *Single Phase Motor*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] Obiansyah, 2012. *Simulasi Merakit Motor Listrik Induksi 3 Fasa Daya 3 HP Tegangan 220V/380V*. Jakarta: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] Karisma, D. Y. 2013. "Rancang Bangun Motor Induksi 1 Fasa 2 Kutub Split Capacitor" Tidak diterbitkan. Skripsi. Jember: Program Sarjana 1 Fakultas Teknik Universitas Jember.