

# Perancangan Dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fase Multi-Kutub

Bambang Sugiyantoro<sup>1</sup>, T Haryono<sup>2</sup>, Yahya Farqadain<sup>3</sup>

**Abstract**— Three-phase induction motor is a motor type which is most often encountered in the household and in industry. This is due to the cheap price, easy maintenance and long age. One way to change the speed of three phase induction motor is by changing the number of poles.

This research was conducted to determine the characteristic of three-phase induction motor when a change is done either by number of poles loaded and no-load. Characteristics of the motor which want to know are the rotor speed, slip, flow, power, and power factor when the number of stator poles varied.

The study was conducted by modifying the number of poles three-phase induction motor squirrel cage. Motor induction of the results of modification has a the number of poles which can be changed so that the motor induction have the the number of poles 2, 4, 8 or 16. Characteristics of induction motor testing is done by changing the number of poles, and then the measurement is done on the velocity of the rotor speed, slip, flow, power, and power factor when the number of stator poles varied.

The results showed that three-phase induction motor speed can be varied by changing the number of poles, but their work is less satisfactory in performance as demonstrated by large slip of the induction motor, especially with 2 poles, 4 poles and 8 poles.

**Intisari**—Motor induksi tiga fase merupakan jenis motor yang paling sering dijumpai di rumah tangga maupun di industri. Hal ini disebabkan harganya yang murah, perawatannya mudah dan umurnya panjang. Salah satu cara untuk mengubah kecepatan motor induksi tiga fase adalah dengan mengubah jumlah kutub

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik motor induksi tiga fase ketika dilakukan perubahan jumlah kutub baik berbeban maupun tanpa beban. Karakteristik motor yang ingin diketahui adalah kecepatan putar rotor, slip, arus, daya, dan faktor daya sewaktu jumlah kutub stator divariasasi

Penelitian dilakukan dengan cara memodifikasi jumlah kutub motor induksi tiga fase jenis sangkar tupai. Motor induksi hasil modifikasi mempunyai jumlah kutub yang dapat diubah-ubah sehingga motor induksi mempunyai jumlah kutub 2, 4, 8 atau 16 buah. Pengujian karakteristik motor induksi dilakukan dengan cara mengubah jumlah kutub, kemudian dilakukan pengukuran terhadap kecepatan putar rotor, slip, arus, daya, dan faktor daya sewaktu jumlah kutub stator divariasasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor induksi tiga fase dapat divariasasi kecepatannya dengan mengubah jumlah kutub, tetapi unjuk kerjanya kurang memuaskan yang ditunjukkan oleh besar slip yang besar terutama pada motor induksi dengan 2 kutub, 4 kutub, dan 8 kutub.

**Kata Kunci**— Motor induksi, Variasi jumlah kutub, kecepatan putar rotor, unjukkerja.

## I. PENDAHULUAN

Sejak ditemukan pada awal abad 19, pemakaian energi listrik oleh konsumen semakin lama semakin berkembang, pada permulaan abad ke-19 energi listrik dimanfaatkan terutama untuk penerangan kemudian berkembang untuk menggerakkan motor-motor dalam industri, keberadaan motor listrik banyak memberi sumbangan bagi kemajuan industri-industri yang juga akan mendorong kemajuan suatu bangsa.

Dalam perkembangannya, motor listrik mengalami kemajuan yang pesat, dan salah satu macamnya adalah motor induksi tiga fase. Motor induksi tiga fase merupakan jenis motor yang paling banyak dipakai di Industri. Salah satu jenis motor induksi tiga fase yang sangat sering dijumpai adalah motor induksi tiga fase sangkar tupai. Motor induksi tiga fase biasanya berputar dengan kecepatan yang relatif konstan akan tetapi dalam penggunaan tertentu kadang-kadang dikehendaki adanya pengaturan kecepatan putar guna memperoleh jumlah putaran yang diinginkan. Motor induksi yang mempunyai keunggulan dapat diatur kecepatan putarannya biasanya juga mempunyai kelemahan, yaitu unjukkerjanya menjadi kurang memuaskan. Oleh karena itu motor induksi sangkar tupai hasil modifikasi, yang dapat diatur kecepatan putar rotornya dengan mengubah jumlah kutubnya, perlu diteliti unjukkerjanya.

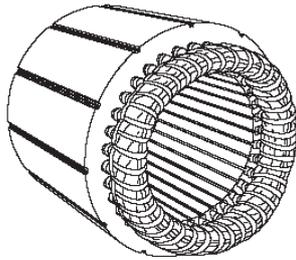
## II. DASAR TEORI

Motor listrik yaitu mesin berputar yang bertujuan untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. konversi listrik menjadi daya mekanik terjadi pada bagian yang berputar pada motor listrik. prinsip kerja motor listrik berdasarkan gejala bahwa suatu medan magnet putar akan menimbulkan gaya gerak listrik pada penghantar yang berarus (1).

Motor listrik terdiri dari bermacam-macam jenis dan motor induksi merupakan salah satu macamnya, motor induksi merupakan motor listrik yang dapat digolongkan menurut fasenya yaitu motor induksi satu fase dan motor induksi tiga fase. Sedangkan menurut jenis rotornya, motor induksi dapat dibedakan menjadi motor induksi sangkar tupai dan motor induksi rotor lilit. Sebuah motor induksi mempunyai dua bagian yang penting yaitu stator dan rotor, serta di antara keduanya terdapat celah udara (*air gap*). Untuk memperbaiki efisiensi maka celah udara dibuat sempit tetapi tidak terlalu sempit, karena dapat menimbulkan kesulitan mekanis. Stator adalah bagian dari motor induksi yang diam. Bagian utama dari stator terdiri atas inti, belitan, alur-alur, dan rumah stator.

Inti stator berupa cincin yang berisikan lempeng-lempeng besi lunak atau baja, lempengan besi ini diberi lapisan varnis atau oksid yang dikerjakan dengan proses pemanasan. Stator beserta lilitannya dapat dilihat pada Gbr. 1. Adapun kegunaan dari lempeng-lempeng besi tersebut adalah untuk mengurangi rugi-rugi inti (2).

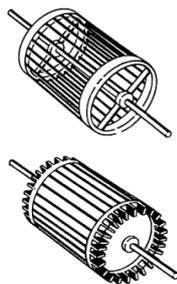
<sup>1, 2, 3</sup> Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (telp: 0274-5555; fax: 0274-4321; e-mail: bsg@te.ugm.ac.id)



Gbr. 1 Stator beserta lilitan

Motor induksi tiga fase terdiri atas tiga pasang kumparan, yang masing-masing bergeser secara elektrik sebesar  $\frac{2\pi}{3}$  radian. Untuk motor induksi tiga fase semua alur diisi dengan kawat dan hubungannya dilakukan di luar motor atau dalam terminal motor. Rotor adalah bagian motor induksi yang berputar. Bagian-bagian utama rotor yaitu inti dan lilitan. Inti rotor dibuat dari lempeng-lempeng plat baja, tetapi karena frekuensi dari arus rotor lebih rendah maka laminasi yang lebih tebal dapat dipakai tanpa menimbulkan pemanasan yang berlebihan.

Berdasarkan konstruksi lilitan rotornya, motor induksi tiga fase dapat dibedakan menjadi dua yaitu motor induksi rotor sangkar tupai (*squirrel cage*) dan motor induksi rotor lilit (*wound rotor*). Hampir 90% dari motor induksi tiga fase adalah tipe rotor sangkar tupai, Batang-batang penghantar dipasang sejajar, dengan demikian dua batang yang bersebelahan dianggap sebagai satu lilitan, bila diinduksikan gaya gerak listrik maka arus induksi akan mengalir pada penghantar tersebut. Batang-batang rotor dihubungkan singkat secara tetap dan tidak dimungkinkan menambah resistans luar secara seri dengan rangkaian rotor, sehingga tidak dapat diberikan pengaturan resistans rotor. Konstruksi rotor sangkar tupai dapat dilihat pada Gbr. 2.



Gbr. 2 Konstruksi rotor sangkar tupai

Arus akan mengalir pada kumparan stator apabila motor induksi dihubungkan dengan tegangan sumber tiga fase. Arus tiga fase yang mengalir pada kumparan stator ini dan akan menimbulkan medan putar. Besar medan putar ini sebanding dengan frekuensi arus listrik dan berbanding terbalik dengan jumlah kutubnya.

$$N_s = 120 f/P \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $N_s$  : kecepatan medan putar stator  
 $f$  : frekuensi arus listrik  
 $P$  : jumlah kutub

Medan putar yang ditimbulkan akan melalui celah udara dan memotong penghantar-penghantar rotor, sehingga pada penghantar rotor akan diimbaskan tegangan listrik.

Belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga arus akan mengalir dalam rangkaian tersebut. Karena arus yang lewat belitan rotor tersebut berada dalam medan magnet, maka akan ditimbulkan gaya pada rotor. Gaya yang timbul secara berpasangan akan menimbulkan torsi, kalau torsi mula yang dihasilkan oleh gaya ( $F$ ) pada rotor lebih besar dari torsi yang diperlukan beban, maka rotor akan berputar mengikuti arah putar medan stator. Besarnya kecepatan putar rotor motor induksi lebih kecil daripada kecepatan medan putar stator. Perbedaan relatif antara medan putar stator dengan kecepatan putar rotor dinamakan slip. Besarnya slip dapat dicari dengan rumus (3) :

$$S = (N_s - N_r) / N_s \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $S$  : slip  
 $N_s$  : kecepatan medan putar stator  
 $N_r$  : kecepatan putar rotor

Besarnya slip berkisar antara 0% sampai dengan 100%, bila besarnya slip adalah 100% berarti motor dalam keadaan diam dan pada saat slipnya 0%, maka tegangan tidak akan terinduksi pada penghantar-penghantar rotor dan arus tidak akan mengalir pada penghantar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan torsi. Besar kecilnya slip motor akan berpengaruh pada frekuensi rotor.

Daya masukan motor induksi adalah :

$$P_1 = \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \theta \dots\dots\dots (3)$$

dengan  $P_1$  : daya masukan motor induksi  
 $V_1$  : tegangan sumber  
 $I_1$  : arus motor induksi  
 $\theta$  : pergeseran sudut fase

Sewaktu berputar pada rotor motor induksi akan diinduksikan tegangan balik sebesar  $E_b$  yang sebanding dengan putaran rotor. Arus yang ditarik motor induksi adalah :

$$I_1 = (V_1 - E_b)/Z \dots\dots\dots (4)$$

dengan  $I_1$  : arus yang ditarik motor induksi  
 $V_1$  : tegangan sumber  
 $E_b$  : tegangan balik  
 $Z$  : impedans motor induksi

### III. PERANCANGAN MOTOR INDUKSI TIGA FASE

Motor sangkar tupai tiga fase yang digunakan adalah motor sangkar tupai yang dibeli di toko dengan daya 1 HP, jumlah kutub empat buah, frekuensi 50 hz, tegangan 220, 1500 rpm, kemudian belitan statornya diambil dan dibelit ulang. Stator motor induksi yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai 48 alur. Jumlah kutub terbanyak yang dapat dibuat dari stator motor induksi 48 alur ini adalah 16 kutub. Jenis lilitan yang digunakan adalah gelung terpencair dua lapis, langkah alurnya adalah :

$$\text{langkah alur} = \frac{G}{p} = \frac{48}{16} = 3 \text{ alur}$$

dengan G : banyaknya alur  
p : jumlah kutub

Langkah-langkah yang dilakukan dalam melilit stator motor induksi tiga fase yaitu (4) :

- Menghitung jumlah langkah satu kutub atau langkah lilitan dan melanjutkan mengukur keliling belitan.
- Membuat mal atau cetakan.
- Memberi kertas prespan pada alur-alur sebelum belitan dimasukkan.
- Pemotongan kertas diberi kelonggaran.
- Memasukkan kumparan pada alur-alur yang telah diberi isolasi, dengan cara sisi kumparan yang dimasukkan dalam alur sisi satu dahulu kemudian sisi yang kedua, sehingga letak kumparan tepat pada alur.
- Menyambung kumparan-kumparan stator setelah semua kumparan dimasukkan dalam alur dengan langkah yang benar.
- Menyambung ujung dan pangkal kumparan pada terminal. Letak terminal ada di stator bagian luar, sehingga memudahkan penyambungan untuk membuat motor mempunyai jumlah kutub 2, 4, 8 dan 16 buah
- Menyolder setiap sambungan dan mengisolasi dengan pita isolasi. Motor induksi yang telah dililit ulang dapat dilihat pada gambar 3.



Gbr. 3 Motor induksi sangkar tupai tiga fase multi-kutub yang telah selesai dibuat

### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian terhadap motor induksi tiga fase dilakukan di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Dalam melakukan pengambilan data, digunakan alat *Universal Power Analyzer PM 3000*. Data-data yang diambil adalah V (Tegangan), I (Arus), PF (*Faktor Daya*), P (Daya), dan Kecepatan Putar (Rpm). Tegangan tiga fase yang diberikan kepada motor sebesar 380 Volt, sumber tiga fase dari PLN. Beban yang diberikan kepada motor induksi berupa motor DC *Eddy Current* yang diberi sumber dari sebuah adaptor tegangan DC. Hasil penelitian motor induksi sangkar tupai tiga fase dengan berbagai jumlah kutub dan berbagai pembebanan dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

TABEL I  
PEMBEBANAN MOTOR INDUKSI 16 KUTUB

BEBAN(N)	I(mA)	PF	P ( Watt )	RPM	Slip %
0	290,6	0,473	105,3	360	4
1	320,1	0,491	109,41	340	9
2	322,2	0,51	113,34	315	16
3	322,9	0,532	118,58	295	21
4	325,1	0,533	123,93	270	28
5	334,4	0,545	124,59	250	33
6	341	0,574	133,58	205	45
7	352,9	0,598	143,66	130	65

TABEL II  
PEMBEBANAN MOTOR INDUKSI 8 KUTUB

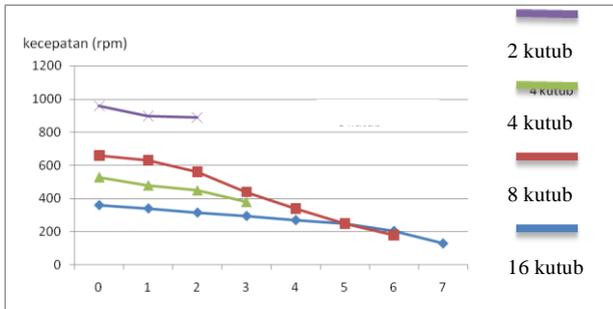
BEBAN(N)	I(mA)	PF	P ( Watt )	RPM	Slip %
0	298,5	0,625	128,28	660	12
1	305,1	0,663	139,45	630	16
2	317,9	0,704	154,19	560	25
3	353,1	0,755	183,7	440	41
4	373,5	0,77	198,38	340	55
5	376,8	0,782	203,3	250	67
6	382,3	0,794	209,5	180	76

TABEL III  
PEMBEBANAN MOTOR INDUKSI 4 KUTUB

BEBAN(N)	I(mA)	PF	P ( Watt )	RPM	Slip %
0	304,5	0,799	169,75	530	65
1	305,9	0,815	172,48	480	68
2	307,1	0,831	176,04	450	70
3	313,7	0,85	183,74	380	75

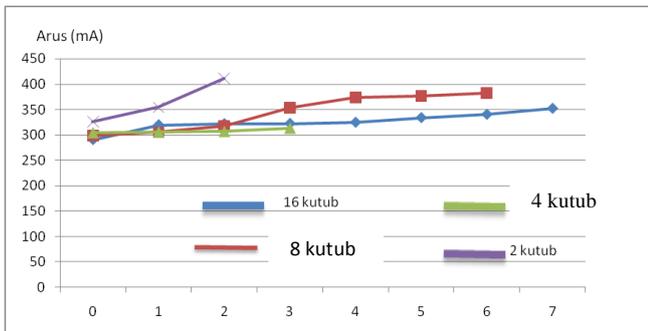
TABEL IV  
PEMBEBANAN MOTOR INDUKSI 2 KUTUB

BEBAN(N)	I(mA)	PF	P ( Watt )	RPM	Slip %
0	325,5	0,867	193,85	960	68
1	354,1	0,891	220	900	70
2	411,7	0,918	259,5	890	71



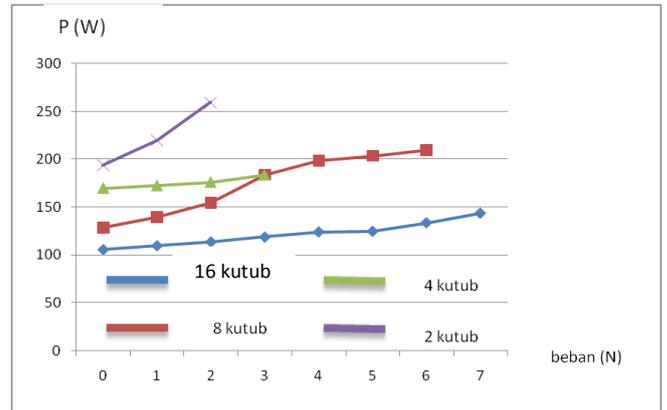
Gbr. 4 Pengaruh pembebanan terhadap kecepatan putar motor induksi

Motor induksi sangkar tupai mempunyai karakteristik bahwa bila beban motor bertambah maka kecepatannya akan berkurang, hal ini juga terlihat pada gambar 4. Bila beban bertambah maka tegangan balik akan berkurang, akibatnya arus yang ditarik motor induksi akan naik, semakin besar beban maka arus yang ditarik motor induksi semakin besar ini terlihat pada gambar 5.

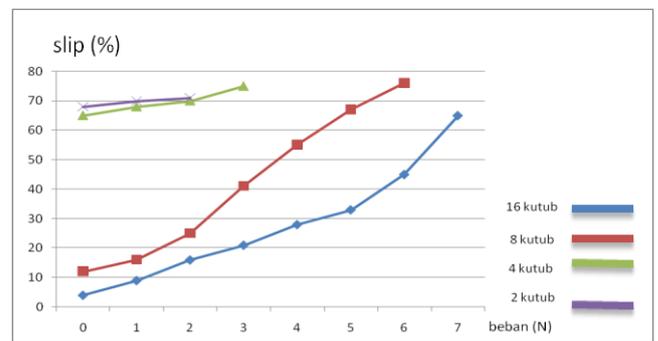


Gbr. 5 Pengaruh pembebanan terhadap arus yang ditarik motor induksi

Motor induksi diuji pada keadaan tegangan konstan 380 volt. Bila beban bertambah arus akan naik, akibatnya daya yang dikonsumsi oleh motor induksi juga akan bertambah, karena daya berbanding lurus dengan arus dan faktor daya. Gbr. 6 memperlihatkan bahwa semakin besar beban motor induksi, daya yang dikonsumsi motor induksi semakin bertambah. Dari Tabel 1 sampai dengan Tabel 4 terlihat bahwa semakin besar pembebanan maka faktor daya motor induksi bertambah besar.



Gbr. 6 Pengaruh pembebanan terhadap daya motor induksi



Gbr. 7 Pengaruh pembebanan terhadap slip motor induksi

Semakin besar pembebanan maka kecepatannya akan berkurang, akibatnya slip akan semakin besar, karena slip merupakan selisih antara kecepatan medan putar yang besarnya tetap dan kecepatan putar rotor yang mengecil bila beban bertambah. Sehingga semakin besar beban motor maka slip akan bertambah atau hubungan antara pembebanan dengan slip berbanding lurus, seperti terlihat pada Gbr. 7. Motor induksi dengan jumlah kutub 16 mempunyai slip yang paling kecil, dan slip yang paling besar terjadi pada motor induksi dengan jumlah kutub 2 buah.

V. KESIMPULAN

Melihat data yang telah diperoleh dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Motor induksi tiga fase jenis sangkar tupai telah berhasil dibuat dengan tujuan utama untuk mengubah kecepatan putar dengan cara melakukan perubahan jumlah kutub. Hubungan antara banyaknya jumlah kutub dengan kecepatan putar motor yang dihasilkan adalah berbanding terbalik.

2. Unjuk kerja motor induksi yang telah dibuat masih belum memuaskan terutama bila dilihat dari slip yang masih besar pada motor induksi dengan dua kutub, empat kutub dan delapan kutub, baik dalam keadaan motor induksi tanpa beban maupun dalam keadaan berbeban
3. Hubungan antara banyaknya jumlah kutub dengan daya, arus, dan faktor daya yang dihasilkan motor adalah berbanding terbalik.
4. Semakin besar motor induksi dibebani maka daya, arus, dan faktor daya yang dihasilkan motor juga semakin besar.

## REFERENSI

- [1] Boldea, Ion., Nasar, Syed A., 2002. *The Inductions Machine Handbook*. Boca Raton. Florida.
- [2] Schweitzer, Gerhard., Maslen, Eric H., 2009. *Magnetic Bearings*. Verlag. Berlin.
- [3] Warne, D F., 2005. *Newnes Electrical Power Engineer's Handbook*. Burlington. MA.
- [4] Soelaiman, Ts., Magarisawa, Mabuchi., 1984. *Mesin Tak Serempak Dalam Praktek*. Jakarta. Indonesia.