

# ANALISIS PERBANDINGAN ARUS MOTOR INDUKSI ROTOR SANGKAR DUA KUTUB DENGAN EMPAT KUTUB

**Armansyah, Zulfadli Pelawi**

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara  
[armansyah@ft.uisu.ac.id](mailto:armansyah@ft.uisu.ac.id); [zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id](mailto:zulfadli.pelawi@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

*Motor induksi rotor sangkar misalnya sebagai salah satu jenis motor induksi yang banyak penggunaannya. Motor induksi rotor sangkar ini dioperasikan pada dua putaran yaitu pada putaran cepat dan lambat. Menganalisa arus pada motor induksi tiga fasa rotor sangkar dengan cara perhitungan dan analisa pengujian. Motor induksi adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi mekanik. Dan pada umumnya digunakan sebagai motor-motor penggerak di dalam industri. Untuk daya yang lebih besar dari 1 HP biasanya digunakan dengan sumber daya tiga fasa atau dengan perkataan lain motor induksi tiga fasa. Perbedaan besar arus pada hubungan bintang dan segitiga terletak pada penyambungan belitan pada kumparan yang mempengaruhi besar tahanan. Sedangkan yang mempengaruhi kecepatan adalah banyaknya kutub yang dibentuk pada motor tersebut. Pada motor 2 kutub, 3000 rpm,  $I = 20,8$  Amper. Pada motor 4 kutub, 750 rpm,  $I = 12$  Amper. Sedangkan tahanan total pada hubungan delta untuk motor empat kutub sebesar 31,7 ohm, besar tahanan pada hubungan bintang untuk motor dua kutub sebesar 10,5 ohm.*

**Kata Kunci :** Motor induksi, Arus, Tegangan, Kutub, Tahanan

## I. PENDAHULUAN

Pemakaian motor listrik saat ini tidak luput dari kebutuhan kelompok masyarakat industri, karena kebutuhan kelompok masyarakat industri semakin meningkat sesuai dengan kemajuan perkembangan teknologi, misalnya untuk mesin-mesin pengangkat, pemotong, pendorong, penggerak dan lain-lain sebagainya yang cenderung digunakan pada pabrik yang menggunakan motor listrik. Meningkatnya kebutuhan kelompok masyarakat industri dengan motor listrik pada zaman teknologi modren dapat terpenuhi didasarkan pada satu kapasitas yang mudah dalam pengoperasian dan murah dalam perawatan.

Makin tinggi bobot yang akan dikendalikan atau dibebankan pada suatu motor listrik dan kapasitas daya maupun energi maka diperlukan penanganan masalah pengoperasian yang baik, sehingga dapat mencapai hasil yang optimal dan handal tanpa mengganggu atau merusakkan kepada motor listrik maupun bobot yang dikendalikan.

Motor induksi rotor sangkar misalnya sebagai salah satu jenis motor induksi yang banyak penggunaannya. Motor induksi rotor sangkar ini dioperasikan pada dua putaran yaitu pada putaran cepat dan lambat yangmana kumparan stator motor induksi rotor sangkar telah terhubung segitiga ( $\Delta$ ).

## II. TINJAUAN PUSTKA

### 2.1. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan. Penamaan berasal dari kenyataan bahwa arus rotor bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi

merupakan akibat fluks magnet di celah udara antara stator dan rotor dan apabila rotor bergerak relatif terhadap fluks tersebut, dalam belitan rotor akan mengalir arus. Arus pada rotor ini timbul akibat imbas, bukan karena pengaliran.

Motor induksi adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi mekanik. Dan pada umumnya digunakan sebagai motor-motor penggerak di dalam industri.

Untuk daya yang lebih besar dari 1 HP biasanya digunakan dengan sumber daya tiga fasa atau dengan perkataan lain motor induksi tiga fasa.

Yang menjadi dasar utama dari pemilihan tersebut dikarenakan motor induksi mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Mempunyai konstruksi yang sederhana dan kokoh
- Murah, dibandingkan dengan motor-motor lainnya.
- Efisiensi tinggi dalam keadaan normal, tidak memerlukan sekat dan rugi-rugi gesekan dapat dikurangi.
- Mudah dalam pemeliharaan.

### 2.2. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi mempunyai dua bagian penting yaitu :

- Stator (bagian yang tetap)
- Rotor (bagian yang bergerak)

#### 2.2.1. Stator

Stator terdiri dari bahan baja yang berongga dengan alur-alur yang memuat belitan stator berisolasi. Belitan tiga fasa ini berfungsi untuk menghasilkan medan putar (*Rotating Magnetizing Field*). Belitan stator ini dapat dihubungkan dalam

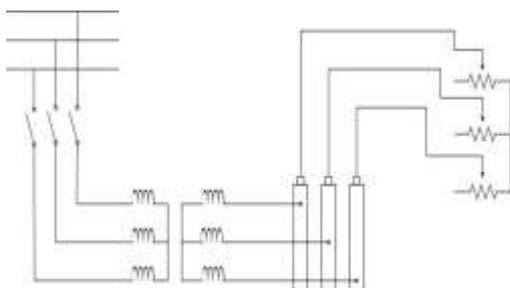
hubungan bintang ataupun hubungan delta. Untuk keperluan pengasutan bintang ataupun delta ke 6 ujung dari ketiga gulungan dibawa kekotak terminal.

2.2.2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar, akan tetapi tidak terhubung secara listrik kepada sumber. Jadi energi listrik ditransfer ke rotor secara mekanik yaitu dengan terbangkitnya gaya gerak listrik (GGL) induksi pada konduktor rotor oleh medan putar yang dibangkitkan oleh belitan stator.

A. Rotor Belitan

Motor induksi, jenis ini mempunyai rotor dengan belitan kumparan tiga fasa sama dengan kumparan stator. Kumparan stator dan rotor juga mempunyai jumlah kutub yang sama. Seperti terlihat pada Gambar 1. Penambahan tahanan luar sampai dengan harga tertentu dapat membuat kopel mula mencapai harga kopel maksimumnya.

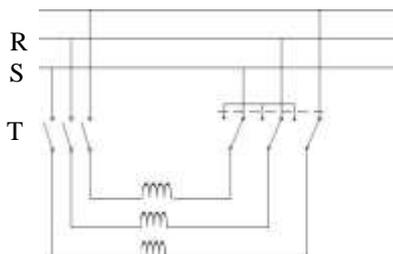


Gambar 1. Belitan Dengan Penambahan Tahanan Luar

Kopel mula yang besar memang diperlukan pada waktu start. Motor induksi dengan rotor belitan memungkinkan penambahan (pengaturan) tahanan luar yang dapat diatur ini dihubungkan ke rotor melalui cincin (seperti Gambar 1). Selain menghasilkan kopel mula yang besar, tahanan luar yang diperlukan tadi membatasi arus mula start. Disamping itu dengan mengubah-ubah tahanan luar kecepatan motor dapat diatur.

B. Rotor Sangkar

Motor induksi jenis ini mempunyai rotor dengan kumparan terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rotor Sangkar

Konstruksi rotor seperti ini sangat sederhana bila dibandingkan dengan rotor mesin listrik lainnya. Dengan demikian harganya pun murah. Karena konstruksinya yang demikian, dan pada motor induksi rotor sangkar ini tidak mungkin diberikan pengaturan tahanan luar. Seperti pada motor induksi dengan rotor belitan.

Untuk membatasi arus mula yang besar, tegangan sumber harus dikurangi dan biasanya digunakan autotransformator atau dengan menggunakan saklar Y - Δ ( start - delta ) seperti terlihat pada Gambar 2. Akan tetapi berkurangnya arus start akan mengakibatkan berkurangnya kopel mula.

2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi

Adapun prinsip kerja motor induksi antara lain:

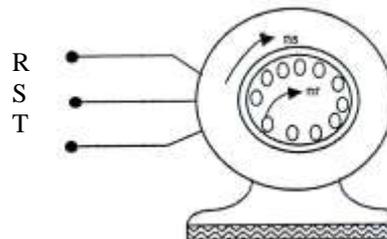
- a. Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sikron

$$N_s = \frac{120f}{p}$$

- b. Medan putar stator tersebut akan memotong konduktor rotor
- c. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi ( ggl ) sebesar

$$E_2s = 4,44 f_2 N_2 \Phi_m \text{ ( untuk satu fasa )}$$

$E_2$  = Tegangan induksi pada saat rotor berputar Gambar 3. berikut memperlihatkan motor induksi :



Gambar 3. Motor induksi

- d. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan (I)
- e. Adanya arus (I) didalam medan magnet menimbulkan gaya (f) pada rotor.
- f. Bila kopel mula yang dihasilkan gaya (F) cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

2.4. Slip

Pada keadaan sebenarnya motor tidak dapat mengejar medan putar, karena bila motor berputar sama cepatnya dengan medan stator, tidak timbul perbedaan kecepatan atau tidak ada perubahan fluksi sehingga tidak ada lagi ggl imbas yang timbul untuk mendorong atau memutar rotor.

Itulah sebabnya rotor selalu berputar kecepatan sedikit dibawah kecepatan medan putar. Perbedaan antara kecepatan sinkron ( $N_s$ ) dan kecepatan rotor ( $N_r$ ) disebut slip.

Frekwensi dan besarnya tegangan ( ggl ) rotor tergantung pada beda antara kecepatan rotor dengan kecepatan fluksi. Besarnya kecepatan fluksi atau kecepatan sinkron adalah seperti yang telah diterangkan pada persamaan. Dan slip mutlak menunjukkan kecepatan relatif rotor terhadap medan putar :

$$\text{Slip mutlak} = N_s - N_r$$

Slip merupakan perbandingan slip mutlak terhadap  $N_s$  ditunjukkan permenit atau persen oleh hubungan :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$$

**2.5. Frekwensi Rotor**

Dalam keadaan diam, frekwensi rotor ( $f_2$ ) sama dengan frekwensi jala-jala, bila rotor berputar frekwensi rotor tergantung besarnya kecepatan relatif atau slip mutlak. Bila frekwensi rotor ( $f_r$ ) untuk setiap putaran ( $N_r$ ) maka :

$$N_s - N_r = \frac{120 \cdot f_2}{p}$$

Dimana :

$$N_s = \frac{120 \cdot f_2}{p}$$

$$\frac{f_s}{f_1} = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$

Jadi :

$$f_2 = S \cdot f_1$$

Maka jelas bahwa frekwensi rotor tergantung pada slip. Makin besar slip, makin besar pula frekwensi rotor.

**2.6. Kopel dan Kecepatan Motor Induksi**

Kopel didapatkan dari dalam motor induksi oleh interaksi antar fluksi stator dan rotor. Fluksi yang dihasilkan oleh arus stator berputar pada kecepatan sinkron. Agar arus rotor dapat diinduksikan, yang memungkinkan dihasilkan kopel rotor harus berputar pada kecepatan yang lebih rendah dari pada kecepatan sinkron.

Pada kecepatan tanpa beban, rotor tertinggal sedikit pada stator, karena kopel yang diperlukan hanya untuk mengatasi rugi-rugi motor. Jika beban mekanis ditambah, kecepatan motor berkurang. Berkurangnya kecepatan motor memungkinkan medan putar berkecepatan konstan menyapu konduktor rotor pada laju yang lebih cepat, sehingga menginduksikan arus rotor yang lebih besar. Ini akan menghasilkan keluaran kopel yang lebih besar pada kecepatan yang lambat.

Karena impedansi rotor rendah, suatu pengurangan yang kecil akan menghasilkan suatu pertambahan arus yang besar. Walaupun kecepatan rotor benar-benar berkurang sedikit dengan bertambahnya beban, pengaturan kecepatan cukup baik, sehingga motor induksi digolongkan motor kecepatan konstan.

Dengan bertambahnya beban, arus rotor bertambah dengan arah sedemikian rupa sehingga mengurangi fluksi stator dan dengan demikian mengurangi ggl lawan dalam lilitan stator. Berkurangnya ggl lawan memungkinkan bertambahnya aliran arus stator, sehingga dengan demikian menambah masukan daya ke motor. Akan terlihat bahwa aksi motor induksi dalam menyetel arus stator arus primernya dengan perubahan arus dalam rotor atau rangkaian skundernya, sangat mirip dengan perubahan yang terjadi pada transformator dengan penambahan beban.

Kopel motor induksi yang ada karena interaksi medan rotor dan stator yang bergantung pada kekuatan dari medan tersebut dan hubungan phasa antara keduanya, secara simetris :

$$T = k \Phi I_r \text{Cos}\phi_r$$

Dimana :

T = Kopel

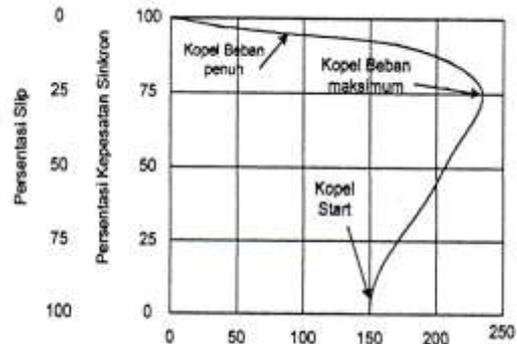
K = Konstanta

$\Phi$  = Fluksi stator yang berputar

$I_r$  = Arus Rotor ( amper )

$\text{Cos } \phi_r$  = Faktor daya

Pada seluruh kerja nominal k,  $\Phi$ , dan  $\text{Cos}\phi$  pada dasarnya adalah konstan. Kenaikan kopel sebanding dengan arus rotor ( $I_r$ ), arus rotor selanjutnya naik hampir sebandig slip motor. Variasi kopel terhadap slip dari motor sangkar tupai khas dan type yang standart ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Variasi kopel terhadap slip untuk motor sangkar tupai batu**

Dari gambar dapat dilihat bahwa ketika slip naik dari 0 sampai 10 %, naiknya kopel hampir merupakan hubungan garis lurus terhadap slip.

Kenaikan slip menyebabkan kenaikan frekwensi dari rotor. Karena tahanan rangkaian rotor adalah konstan, maka kenaikan reaksi rotor

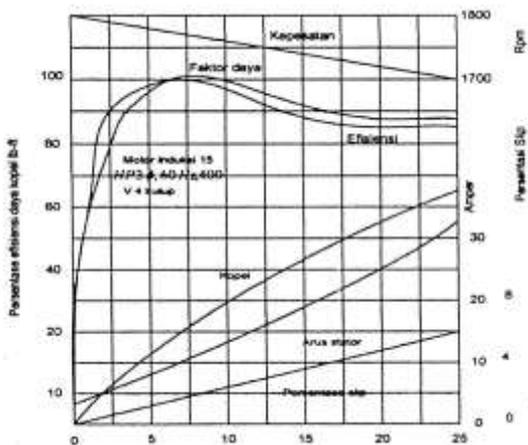
berarti kurangnya faktor daya rotor. Tetapi dalam motor standart, perubahan slip sangat kecil bila beban dinaikkan dari nol sampai beban penuh sehingga perubahan impedansi rotor hampir dapat diabaikan. Tetapi jika beban dan slip dinaikkan di atas nilainya yang jauh atau harga penuh, kenaikan reaktansi rotor menjadi lebih nampak. Bertambahnya impedansi rotor bukan saja mengurangi faktor daya rotor, tetapi juga mengurangi laju kenaikan arus rotor sehingga kopel tidak terus naik sebanding dengan slip.

Dengan berkurangnya faktor daya dan berkurangnya laju kenaikan arus rotor, kenaikan kopel menjadi kurang cepat dan akhirnya mencapai harga maksimum kira-kira 20% pada slip, dalam motor sangkat tupai standart. Harga maximum kopel ini disebut harga kopel full out atau break down dari motor. Jika beban dinaikkan diatas titik patah ( break down ), penurunan faktor daya rotor tidak lebih daripada kenaikan arus rotor, sehingga kopel berkurang dengan cepat berhenti.

**2.7. Pengaruh Beban Terhadap Faktor Daya**

Arus yang ditarik motor induksi yang sedang jalan tanpa beban sebagian besar merupakan arus pemagnetan, dan arus beban tertinggal dari tegangannya dengan sudut yang besar. Jadi faktor daya dari motor induksi yang dibebani ringan adalah rendah sekali. Karena celah udara, reluktansi rangkaian magnetnya adalah tinggi yang menghasilkan harga arus tanpa beban penuh atau relatif besar.

Jika beban ditambah komponen aktif atau komponen daya dari arus bertambah menghasilkan suatu faktor daya yang tinggi, tetapi karena besarnya arus pemagnetan yang ada tanpa memperdulikan beban, faktor daya motor induksi sekalipun beban penuh jarang melebihi 90 %. Perubahan faktor daya motor khas terhadap beban ditunjukkan dalam Gambar 5.



**Gambar 5. Kurva prestasi dari motor sangkar**

Kurva persentasi menunjukkan perubahan kecepatan, slip, efisiensi, arus stator dan juga kopel pada berbagai beban yang berbeda.

**III. MOTOR INDUKSI 3 PHASA**

**3.1. Hubungan Bintang ( Y ) dan Segitiga ( Δ )**

Suatu motor dihubung Bintang (Y) atau segitiga (Δ) sesuai dengan keterangan plat name yang tertera pada motor harus sesuai dengan jaringan distribusi yang ada, guna menghindari kerusakan pada motor tersebut.

Misalkan data suatu motor induksi rotor sangkar dilihat pada name plat sebagai berikut :

Type DI 2050/s	: No. 06701
Rated Voltage	: 220/380 Volt
Rated Current	: 20,8 A/12 A
Rated Power	: 5,5 Kw
Rated Speed	: 2900 rpm
Frekwensi	: 50 Hz
Isolation	: F
Cos Φ	: 0.69

Dari name plat tesebut dapat dilihat pada rated voltage  $\frac{220}{380}$  v, apabila jaringan tegangan yang

akan digunakan  $\frac{220}{380}$  v maka rotor sebaiknya

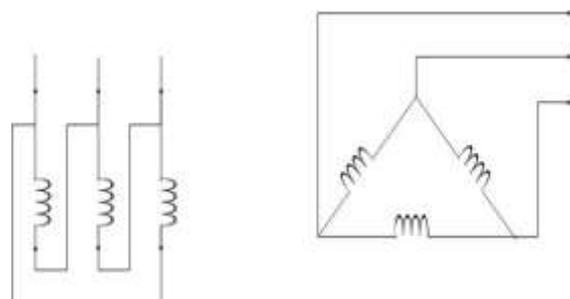
digunakan pada hubungan bintang (Y). Karena kumparan statornya harus mendapat tegangan 220 volt . Dengan daya sebesar 5,5 kw, maka arus dalam beban penuh akan sebesar 20,8 A ( dari name plat )

Arus ini juga merupakan arus yang mengalir pada kumparan-kumparan stator (kumparan stator pada hubungan bintang). Apabila kumparan stator dihubungkan secara segitiga, maka arus pada kumparan stator akan sebesar :

$$I_f = \frac{I_n}{\sqrt{3}} = \frac{20,8}{\sqrt{3}} = 12A$$

Apabila motor dihubungkan pada jaringan distribusi, maka arus mulanya akan sebesar empat sampai tujuh kali arus nominalnya ( In ), hal ini tidak akan diijinkan karena dapat mengganggu jaringan dan merusak motor itu sendiri. Maka untuk menghindari arus start tersebut digunakan saklar bintang-segitiga

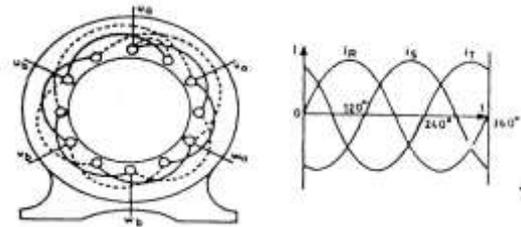
Gambar 6. menunjukkan cara menghubungkan terminal motor untuk hubungan bintang (Y) dan segitiga (Δ).



**Gambar 6. Hubungan segitiga ( Δ )**

Motor listrik arus bolak-balik pada umumnya terbagi 3 bagian, yaitu : motor sinkron, motor asinkron, motor komutator. Seperti pada pembahasan skripsi ini yang dipergunakan adalah motor asinkron AC 3 phasa rotor sangkar

Pada Gambar 7. berikut akan diperlihatkan penampang lilitan motor asinkro 3 phasa rotor sangkar berkutub 2/4 dan gambar gelombang sinusoidalnya.



**Gambar 7. Penampang lilitan motor asinkron 3 phasa rotor sangkar berkutub 2/4 serta gelombang sinusoidalnya**

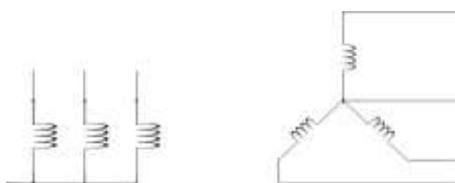
Untuk memperoleh nilai tahanan kumparan pada hubungan bintang dengan merubah transformasi hubungan segitiga kedalam hubungan bintang.

Demikian seperti Gambar 8. dibawah ini dengan nilai  $R_A, R_B$  dan  $R_C$  dalam hubungan segitiga dirubah  $R_1, R_2$  dan  $R_3$  ke hubungan bintang maka akan menjadi :

$$R_1 = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$



**Gambar 8. Hubungan bintang ( Y )**

Dan sebaliknya bila hubungan bintang menjadi segitiga akan menjadi :

$$R_A = \frac{(R_1 \cdot R_2) + (R_2 \cdot R_3) + (R_1 \cdot R_3)}{R_3}$$

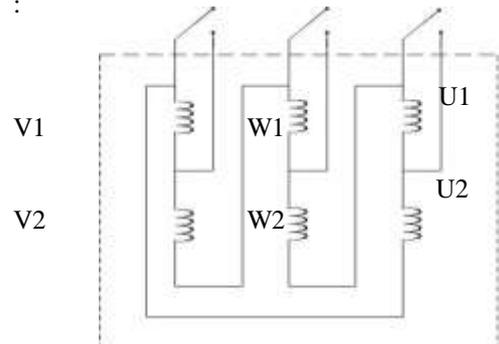
$$R_B = \frac{(R_1 \cdot R_2) + (R_2 \cdot R_3) + (R_1 \cdot R_3)}{R_2}$$

### 3.2. Sambungan Pada Motor Induksi Rotor Sangkar

Motor induksi rotor sangkar ini dirancang untuk putaran tertentu, yaitu putaran lambat dan cepat dengan perbandingan putaran adalah 1:2

Motor ini hanya digunakan pada tegangan tertentu. Mempunyai enam ( 6 ) buah kumparan pada statornya dimana kumparan ini dibuat bertingkat dan hubungannya dibuat bercabang sehingga ujung-ujung yang keluar hanya enam kawat yang dapat disambung pada papan hubung.

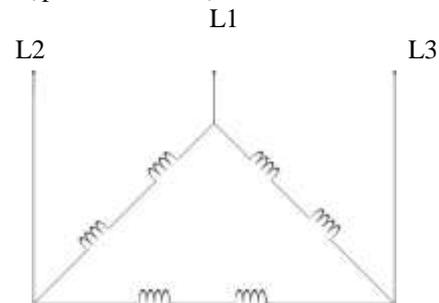
Rangkaian utama motor selalu dibuat pada putaran tinggi ( daya besar ). Arus mulai atau arus startnya untuk kecepatan tinggi kurang lebih 5 kali arus nominalnya. Gambar 9. berikut memperlihatkan sambungan pada kumparan motor :



**Gambar 9. Sambungan kumparan motor**

Pada sambungan empat kutub, kumparan kelompok perphasa disambung seri, jadi bila sumber jala-jala 380 volt, maka tegangan antar phasa 380 volt, oleh sebab itu kumparan kelompok menerima tegangan sebesar :  $\frac{380}{2} = 190$  volt.

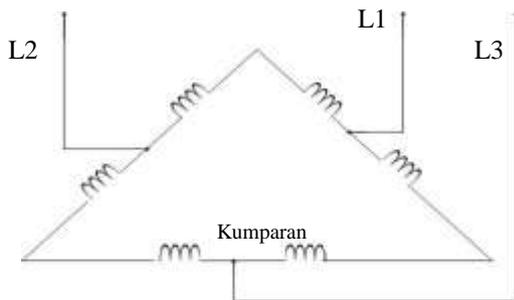
Gambar 10. berikut memperlihatkan sambungan 4 kutub ( putaran lambat )



**Gambar 10. Sambungan 4 kutub**

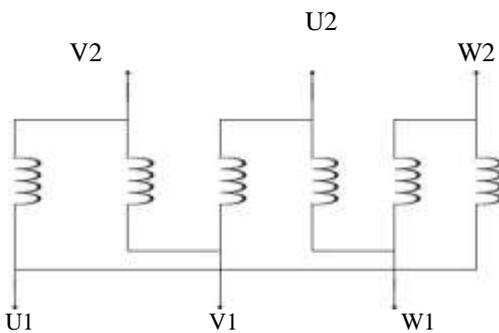
Pada sambungan 2 kutub, kumparan kelompok perphasa disambung paralel, berarti motor dalam sambungan bintang rangkap sehingga tegangan perkumparan kelompok adalah :  $\frac{380}{\sqrt{3}} = 220$  volt, dan pada sambungan dua kutub ini motor

berkecepatan tinggi. Gambar 11 berikut memperlihatkan sambungan dua kutub .



Gambar 11. Sambungan kumparan stator 2 Kutub

Sambungan motor induksi 3 phasa rotor sangkar ini telah terpasang di dalam stator seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Sambungan kumparan motor induksi rotor sangkar

**IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA**

Dalam memperoleh hasil perhitungan dalam mendapatkan arus motor induksi rotor sangkar terlebih dahulu dilakukan pengukuran pada motor tersebut.

Pengukuran yang dilakukan pada motor tersebut terdiri dari tahanan kumparan motor, pengukuran besar arus motor pada beban nol motor empat kutub dan dua kutub. Pengukuran ini dilakukan guna mendapatkan berapa besar nilai hambatan perkumparan dan berapa selisih arus pada dua kondisi kutub berdasarkan analisa perhitungan.

Pada pengukuran salah satu kumparan tersebut dinyatakan sebagai mewakili kumparan yang lain. Pengukuran tahanan kumparan tersebut dilakukan dengan menggunakan sumber daya data dari name plat.

**4.1. Pengukuran Motor**

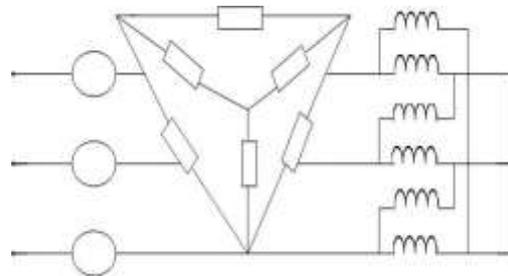
Pengukuran tahanan motor dengan sumber dc Dari data pengujian didapat data sebagai berikut :

V<sub>dc</sub> = 45 Volt  
I<sub>dc</sub> = 2,87 Amp

**4.1.2. Pengukuran arus beban nol untuk motor empat kutub**

V<sub>L-L</sub> = 380 Volt  
I<sub>A, I<sub>B, I<sub>C</sub></sub> = 12 Amp  
Putaran = 1.500 Rpm  
Daya = 5.500 Watt</sub>

Gambar 13. berikut adalah rangkaian pengujian arus motor empat kutub



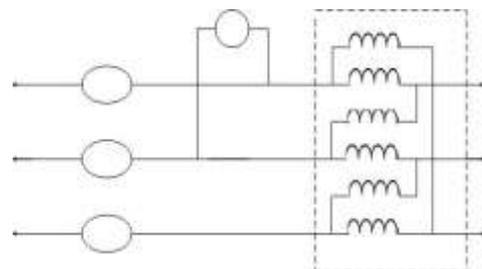
Gambar 13. Pengukuran besar arus pada beban nol motor 4 kutub dengan hubungan segitiga.

**4.1.3. Pengukuran besar arus pada beban nol motor dua kutub**

Dari hasil pengujian di dapat data sebagai berikut :

V<sub>L-L</sub> = 380 Volt  
I<sub>A, I<sub>B, I<sub>C</sub></sub> = 20,89 Amp  
Putaran = 3000 Rpm  
Daya = 5.500 Watt</sub>

Gambar 14. berikut adalah rangkaian pengujian arus motor dua kutub



Gambar 14. Pengukuran besar arus pada beban nol untuk motor 2 kutub dengan hubungan bintang

**4.2. Perhitungan Arus Motor**

Perhitungan tahanan motor dengan sumber dc Dari data pengujian didapat data sebagai berikut

V<sub>DC</sub> = 45 Volt  
I<sub>DC</sub> = 2,8 Amp

Sehingga besar tahanan pada kumparan tersebut adalah :

$$R = \frac{V_{DC}}{I_{DC}}$$

$$R = \frac{45}{2,8}$$

$$= 15,83 \text{ Ohm}$$

4.2.2. Perhitungan arus beban nol motor 4 kutub  
 Dari hasil pengujian di dapat data sebagai berikut :

$V_{L-L}$	= 380 Volt
$I_A, I_B, I_C$	= 12 Amp
Putaran	= 1.500 Rpm
Daya	= 5.500 Watt

Untuk mendapatkan berapa besar nilai tahanan pada motor empat kutub, maka yang dilakukan adalah menghitung besar tahanan pada hubungan segi-tiga.

Seperti pada penjelasan sebelumnya, pada prinsipnya motor ini menggunakan hubungan segitiga-bintang, dengan pengertian dimana motor empat kutub menggunakan hubungan segitiga dan motor dua kutub menggunakan hubungan bintang. ( gambar dan gambar ) bila di uraikan akan menjadi menjadi seperti gambar 4.4. sebagai berikut :



Gambar 15. Kumparan dengan tahanan 2 buah seri

Sehingga dapat diperoleh tahanan ( R ) pada satu belitan dengan berdasarkan pada pengukuran dc dengan analisa sebagai berikut :

$$R = 15,83 \text{ Ohm}$$

Maka besar tahanan dalam satu kumparan adalah penjumlahan dari dua buah tahanan, hal ini karena kumparan pada hubungan segitiga terdiri dari dua buah belitan yang dihubungkan seri sehingga :

$$R_T = R_1 + R_2$$

Dalam hal ini nilai dari  $R_1$  dan  $R_2$  adalah sama  
 Sehingga,

$$R_T = 15,83 + 15,83 = 31,7 \text{ Ohm}$$

Pada plat name tertera bahwa pada motor empat kutub dengan hubungan segitiga menyerap besar arus sampai dengan 12 ampere dengan  $\cos\phi$  0,69 sesuai dengan output daya motor tersebut sebesar 5.500 Watt

Hal ini dapat dibuktikan pada pembahasan berikut, dimana nilai R total pada hubungan segitiga = 31,7 ohm, sehingga :

$$P = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \cdot \cos\phi$$

$$I^2 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot R \cdot \cos\phi}$$

$$I^2 = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 31,7 \cdot 0,69}$$

$$I^2 = \frac{5500}{1,73 \cdot 31,7 \cdot 0,69}$$

$$I^2 = \frac{5500}{37,84}$$

$$= 145,34$$

$$I = \sqrt{145,34}$$

$$I = 12,05 \text{ Amp}$$

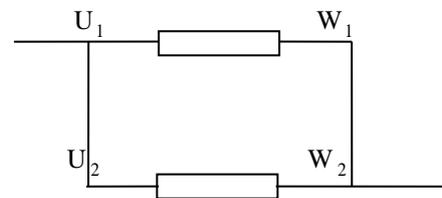
4.2.3. Perhitungan arus beban nol untuk motor dua kutub

Dari data pengujian diperoleh hasil sebagai berikut :

$V_{L-L}$	= 380 Volt
$I_A, I_B, I_C$	= 20,8 Amp
Putaran	= 3000 Rpm
Daya	= 5.500 Watt

Sehingga,

Untuk mendapatkan berapa besar nilai tahanan pada motor berkutub dua buah, maka yang dilakukan adalah menghitung besar tahanan pada hubungan bintang . Seperti pada gambar 4.4 sebelumnya bentuk kumparan tersebut bila diuraikan akan diperoleh seperti Gambar 16.



Gambar 16. Kumparan dengan tahanan 2 buah paralel

Dari Gambar 16 diketahui bahwa pada motor dua kutub menggunakan hubungan bintang dengan dua buah belitan yang dihubungkan paralel. Pada pengukuran tahanan dengan sumber dc sebelumnya diperoleh bahwa nilai dari satu buah belitan adalah sebesar 15,83 ohm, sehingga diperoleh nilai tahanan kumparan pada hubungan bintang dengan merupah transformasi hubungan segitiga kedalam hubungan bintang.

Demikian seperti gambar dibawah ini dengan nilai  $R_A, R_B$  dan  $R_C$  dalam hubungan segitiga dirubah  $R_1, R_2$  dan  $R_3$  ke hubungan bintang maka akan menjadi :

$$R_1 = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_2 = \frac{R_A \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_C}{R_A + R_B + R_C}$$

Dan sebaliknya bila hubungan bintang menjadi segitiga akan menjadi :

$$R_A = \frac{(R_1 \cdot R_2) + (R_2 \cdot R_3) + (R_1 \cdot R_3)}{R_3}$$

$$R_B = \frac{(R_1 \cdot R_2) + (R_2 \cdot R_3) + (R_1 \cdot R_3)}{R_2}$$

$$R_C = \frac{(R_1 \cdot R_2) + (R_2 \cdot R_3) + (R_1 \cdot R_3)}{R_1}$$

Sehingga berdasarkan pada perhitungan motor 4 kutub ( hubungan segitiga ) mempunyai nilai R = 31,7 Ohm dari dua buah tahanan dengan nilai 15,83 ohm, maka nilai tahanan tersebut pada hubungan bintang adalah sebagai berikut :

$R_A = R_B = R_C = 31,7$  ohm, maka :

$$R_1 = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B + R_C}$$

$$R_1 = \frac{31,7 \cdot 31,7}{31,7 + 31,7 + 31,7}$$

$$R_1 = \frac{1004,89}{95,1}$$

$$= 10,56 \text{ Ohm}$$

Sehingga nilai dalam satu kumparan adalah 10,56 ohm

Pada motor ini untuk jumlah kutub 2 buah menggunakan hubungan bintang, dimana hubungan bintang tersebut terdiri dari dua buah belitan yang diparalel dalam satu kumparan.

Misalkan nilai  $R_1 = r_1$  sehingga nilai satu belitan adalah :

$$r_T = \frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b}$$

$$10,56 = \frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b}$$

$$r_a = r_b \rightarrow \frac{2}{a} = 10,56$$

$$a = \frac{2}{10,56}$$

$$a = 0,1893 \text{ jadi}$$

$$r_a = r_b = 0,893 \text{ ohm}$$

Pada plat name tertera bahwa motor dua kutub dengan hubungan bintang menyerap besar arus sampai dengan 20,8 amp dengan  $\cos \phi$  0.69 sesuai dengan output daya motor tersebut sebesar 5.500 watt hal ini dapat dibuktikan pada pembahasan berikut, dimana nilai R total pada hubungan bintang = 10,56 ohm sehingga :

$$P = \sqrt{3} \cdot I^2 \cdot R \cdot \cos \phi$$

$$I^2 = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot R \cdot \cos \phi}$$

$$I^2 = \frac{5.500}{\sqrt{3} \cdot 10,56 \cdot 0,69}$$

$$I^2 = 436,50$$

$$I = \sqrt{436,50}$$

$$I = 20,89 \text{ Amp.}$$

**4.3. Analisis**

**Tabel 1. Pengukuran**

Jumlah kutub	$V_{L-L}$ ( volt )	$I_A, I_B, I_C$ ( volt )	Putaran ( rpm )	Daya ( watt )
Motor4 kutub	380	12	1500	5.500
Motor2 kutub	380	20,8	3000	5.500

**Tabel 2. Perhitungan**

Jumlah kutub	$V_{L-L}$ ( volt )	$I_A, I_B, I_C$ ( volt )	Putaran ( rpm )	Tahanan Kumparan (ohm)
Motor 4 kutub	380	12	1.500	31,7
Motor 2 kutub	380	20,8	3.000	10,56

Dari Tabel 2, dapat kita simpulkan bahwa besarnya arus yang mengalir pada motor berbanding terbalik dengan besar tahanan kumparan motor, sedangkan yang mempengaruhi putaran motor adalah banyaknya jumlah kutub yang terdapat pada motor tersebut.

Nilai arus motor 4 kutub 12 amper sedangkan untuk motor 2 kutub 20,8 amper

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1. Kesimpulan**

Dari uraian ataupun perhitungan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadinya perubahan kutub akan dapat mempengaruhi arus motor induksi yang mana semakin besar jumlah kutub nilai arus yang diperoleh semakin kecil.
2. Perbedaan besar arus pada hubungan bintang dan segitiga terletak pada penyambungan belitan pada kumparan yang mempengaruhi besar tahanan. Sedangkan yang mempengaruhi kecepatan adalah banyaknya kutub yang dibentuk pada motor tersebut. Pada motor 2 kutub, 3000 rpm I = 20,8 Amper Pada motor 4 kutub, 750 rpm I = 12 Amp
3. Sedangkan tahanan total pada hubungan delta untuk motor empat kutub sebesar 31,7 ohm, besar tahanan pada hubungan bintang untuk motor dua kutub sebesar 10,5 ohm.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Khadir, 1980. *Mesin Arus Searah*. Djambatan
- [2] A, E. Fitzgerald, Charles Kingsely, Jr, Steven. D. Umans.1986. *Mesin-Mesin Listrik*
- [3] Lister, 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Erlangga Jakarta
- [4] Muslimin Marappung, 1983. *Teori dan Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik*. Bandung : Armico
- [5] R. W. Van Hoek, L. Scheltinga, Bambang Warsito Kusumoyudi, 1980. *Teknik Elektro Untuk Ahli Bagian Mesin*. Bandung Bina Cipta.
- [6] Sumanto. J. Chapman. 1985. *Mesin Arus Searah*. Yogyakarta : Andi Offset
- [7] Zuhail. 1990. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta, PT. Gramedia.