

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling banyak digunakan penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator (Zuhal, 1988: 101).

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi tiga fasa dan motor induksi satu fasa. Motor induksi tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas daya yang besar. Motor induksi satu fasa dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi satu fasa mempunyai daya keluaran yang rendah.

2.1.1 Konstruksi Motor Induksi

Menurut Margiono (2015: 31) konstruksi motor induksi 1 fase tidak berbeda jauh dengan konstruksi motor induksi 3 fase, yang pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu:

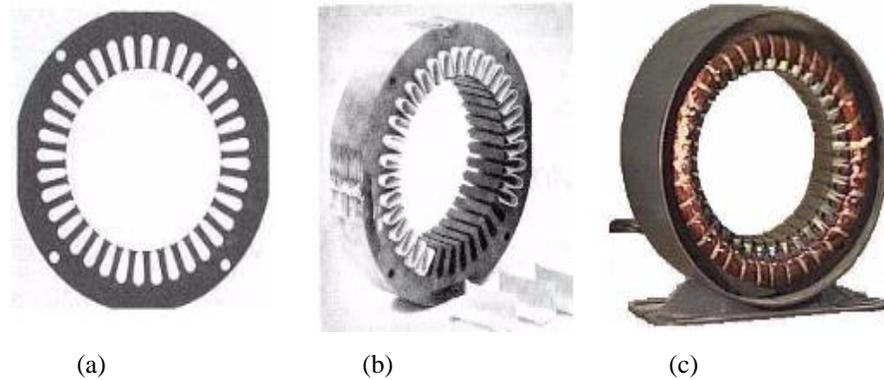
a. Stator

Secara prinsip, stator motor induksi sama dengan motor sinkron atau generator, yang di dalamnya tersusun sejumlah kawat yang dimasukkan ke dalam alur/celah yang disebut belitan.

Pada stator motor induksi terdapat belitan menurut jenis motornya, misalnya motor satu fasa maka statornya terdapat belitan satu fasa yang disuplai oleh sumber listrik satu fasa, sedangkan untuk jenis motor tiga fasa maka statornya terdapat belitan tiga fasa yang disuplai oleh sumber listrik tiga fasa (Margiono, 2015: 31).

Jumlah kutub akan menentukan besarnya kecepatan motor. Lebih banyak jumlah kutubnya, maka kecepatannya akan menurun dan sebaliknya jika jumlah kutubnya

semakin sedikit, maka kecepatannya akan meningkat. Untuk lebih jelasnya bentuk fisik dari stator motor induksi dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Stator motor

- (a) Keping inti
- (b) Susunan keping inti dengan isolasi
- (c) Susunan keping inti dan kumparan dalam cangkang stator

b. Rotor

Adalah bagian motor yang bergerak / berputar, pada pembahasan ini rotornya adalah rotor sangkar.

Rotor dari motor induksi berjenis sangkar banyak digunakan, karena rotor jenis ini paling sederhana dan kuat. Rotor terdiri dari inti yang berbentuk silinder yang sejajar dengan lot dan diisi dengan tembaga atau alumunium yang berbentuk batangan. Satu batang diletakan di setiap slot, apabila digunakan slot setengah tertutup maka batangan tersebut dimasukan dari ujung. Batangan rotor dilapisi dengan kuningan atau dilapisi secara listrik atau dilas dan kedua ujung cincin dibaut dengan kuat.konstruksi yang demikian disebut dengan konstruksi sangkar tupai, untuk lebih jelasnya bentuk fisik dari rotor sangkar dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Rotor sangkar tupai

2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Dikutip dari <http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/ZurimanAnthony> (10:02) Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.

Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot- slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub ini menentukan kecepatan

berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya. Makin besar jumlah kutub akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron.

2.1.3 Karakteristik Pengaturan Kecepatan Motor Induksi

Motor induksi pada umumnya berputar pada kecepatan konstan mendekati kecepatan sinkronya, meskipun demikian pada pengaturan tertentu dikehendaki juga adanya pengaturan putaran. Pengaturan motor induksi memerlukan biaya yang agak tinggi (Isdiyarto: 2010).

a. Mengubah Jumlah Kutub Motor

Jumlah kutub dapat diubah dengan merencanakan kumparan stator sedemikian rupa sehingga dapat menerima tegangan masuk pada posisi kumparan yang berbeda-beda. Jadi semakin banyak jumlah kutub, maka putaran motor akan semakin lambat.

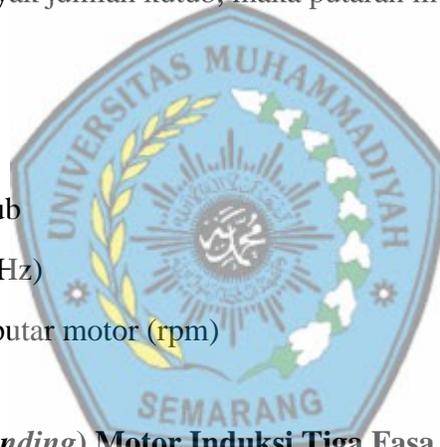
$$N_s = \frac{120f}{p}$$

Dimana:

p = jumlah kutub

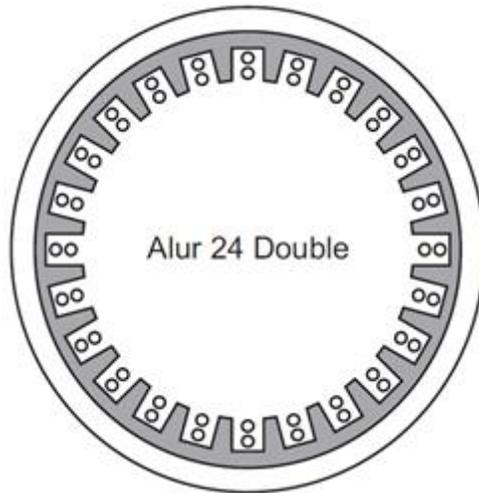
F = Frekuensi (Hz)

N_s = kecepatan putar motor (rpm)



2.2 Menggulung Ulang (*Rewinding*) Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar

Cara belitan yang umum dipakai adalah belitan dua lapis dengan dua kumparan dimasukan dalam satu alur dan belitan lapisan tunggal dengan satu kumparan dimasukan dalam satu alur. Menurut bentuk kumparan, cara belitan dibedakan menjadi dua yaitu belitan gelung dan belitan rantai (Soelaiman, 1984: 12)



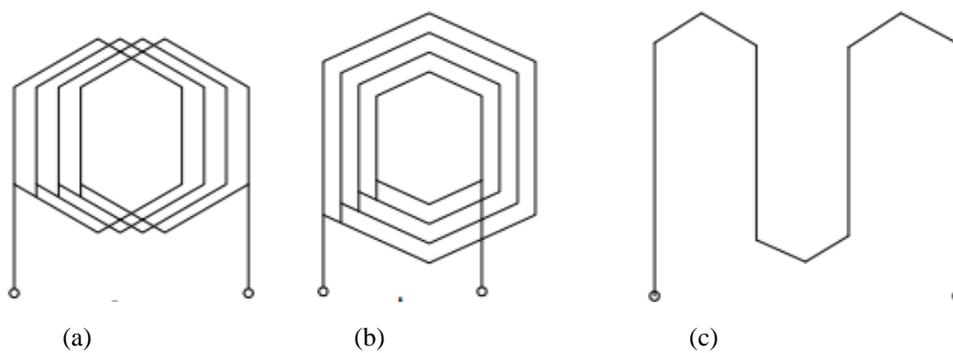
Gambar 3. Pandangan stator 24 alur dengan belitan dua lapis



(a) Belitan lapisan double

(b) belitan lapisan tunggal

Gambar 4. Pandangan penampang alur inti



(a)

(b)

(c)

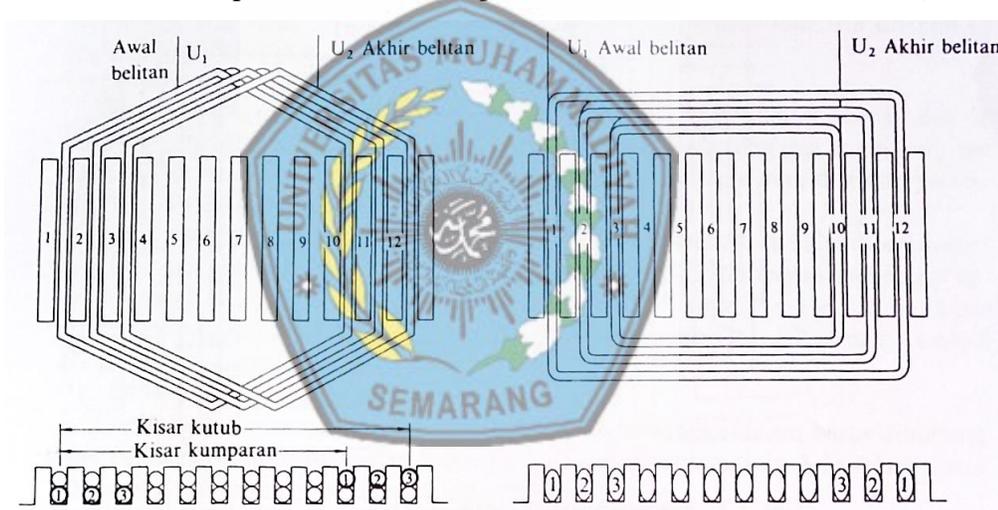
Gambar 5. Bentuk belitan kumparan

- (a) Kumparan jerat (spiral)/ gelung
- (b) Kumparan memusat (*Concentric*)
- (c) Kumparan gelombang

Kumparan stator motor tiga fasa pada umumnya memakai belitan gelung lapisan dubel atau belitan rantai lapisan tunggal (Soelaiman, 1984:12).

a. Belitan Gelung Dua Lapisan

Seperti diperlihatkan pada gambar 6. (a) dalam cara ini, satu bagian lurus dari kumparan berbentuk intan diatur di bawah dalam alur (disebut kumparan bawah) sedangkan bagian lurus lainnya diatur di atas dalam alur lain (disebut kumparan atas) dengan kumparan-kumparan demikian bertindih satu sama lain. Gambar 6 (a). Memperlihatkan contoh belitan gelung dua lapisan. Dalam gambar tersebut, kumparan U_1 menjadi kumparan bawah di dalam alur nomer 1 dan kumparan atas dalam alur nomer 10. Dengan demikian diperlukan jumlah kumparan yang sama dengan jumlah alur dan isolasi diperlukan antara kumparan atas dan kumparan bawah (Soelaiman, 1984: 14).



(a) Belitan gelung lapisan dubel

(b) Belitan rantai lapisan tunggal

Gambar 6. Jenis belitan

2.2.1 Menentukan langkah gulungan stator motor induksi Tiga Fasa

Sebelum melakukan rewinding pada stator yang perlu diketahui adalah kondisi stator antara lain :

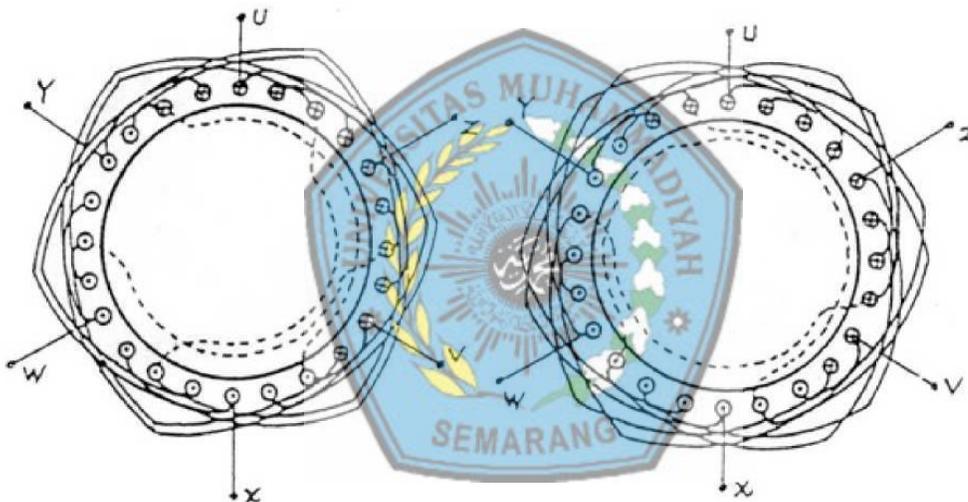
- a. Jumlah alur Stator (S)
- b. Model Gulungan (Half winding / Full winding)
- c. Jumlah kutub yang diinginkan (P)
- d. Langkah kumparan dengan rumus :

$$Y_s = \frac{S}{P}$$

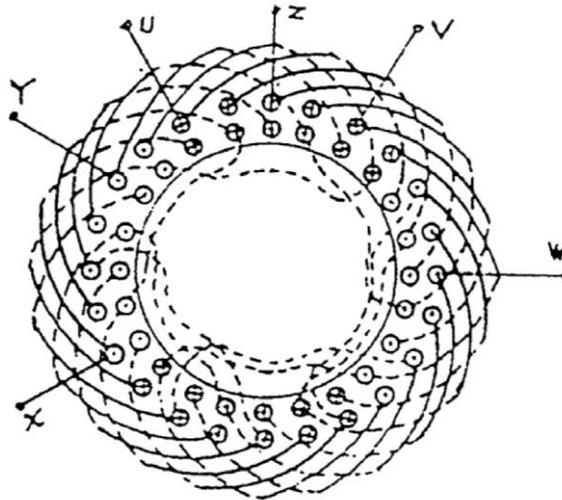
S = Umlah alur stator (*slot*)

P = Jumlah kutub (*Pole*)

- e. Jumlah lilitan dengan rumus: $\Sigma Coil = \Sigma alur \times Model$
- f. Jumlah group dengan rumus: $\Sigma group = \Sigma kutub \times fasa \times Model$
- g. Jumlah lilit per group dengan rumus: $\Sigma coil / \Sigma group$
- h. Derajad listrik dengan rumus : $\beta = \frac{180.P}{S}$
- i. Menentukan Langkah fasa dengan rumus: $Y_f = \frac{120}{\beta}$



Gambar 7. Model langkah belitan half winding



Gambar 8. Model langkah belitan full winding

2.2.2 Sambungan Ujung-ujung Kumputan Motor Tiga Fasa

Kumputan stator motor induksi tiga fasa terdapat dua macam sistem sambungan antara ujung-ujung kelompok kumputan fasa yang satu dengan ujung-ujung kelompok kumputan fasa yang lain yang biasanya ujung-ujung sambungan tersebut diletakan pada kotak terminal sambungan.

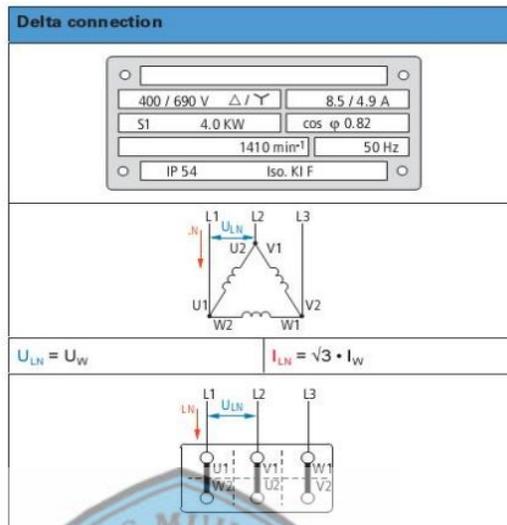
Jika motor induksi tiga fasa dihubungkan ke sumber tegangan, data pada pelat nama motor harus disesuaikan dengan sumber tegangan dan frekuensinya (Margiono, 2015: 59). Sambungan diimplementasikan melalui enam terminal pada kotak terminal motor dalam dua macam sambungan bintang (Star) dan sambungan segitiga (Delta).

1. Sambungan Segitiga (*Delta*)

Sambungan segitiga atau *delta* adalah sambungan yang ujung awal kumputan fasa yang satu disambung seri dengan ujung akhir kumputan fasa yang lain, sehingga akan membentuk lop tertutup yang menyerupai segitiga seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.

- a. Ujung akhir kumputan fasa I (X) dihubungkan dengan ujung awal kumputan II (V).
- b. Ujung akhir kumputan fasa II (Y) dihubungkan dengan ujung akhir kumputan fasa III (W).

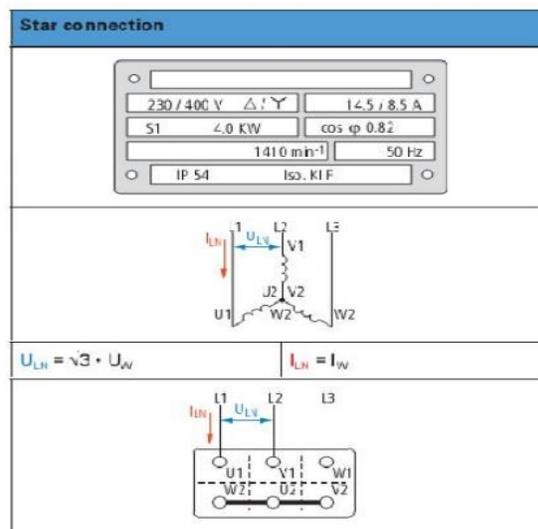
- c. Ujung akhir kumparan fasa III (Z) dihubungkan dengan ujung awal kumparan fasa I (U).



Gambar 9. Sambungan segitiga

2. Sambungan Bintang (*Star*)

Sambungan bintang atau *Star* adalah sambungan ujung-ujung akhir dari kumparan stator motor induksi tiga fasa yang dikeluarkan pada kotak terminal sambungan dihubungkan menjadi satu (ujung X, Y dan Z dikopel), seperti yang ditunjukkan pada gambar



Gambar 10. Sambungan bintang



2.2.3 Bahan-bahan Untuk Menggulung Ulang Kumputaran Motor Induksi

1. Prespan

Prespan digunakan untuk melapisi alur-alur stator sebelum diisi kawat kumparan, hal ini dimaksudkan untuk emnghindari terjadinya hubung singkat antara kawat kumparan dengan bodi stator motor jika terdapat lapisan kawat email yang lecet. Prespan yang ada dipasaran terdapat dua jenis yaitu ada yang terbuat dari kertas dan ada yang terbuat dari plastik mika dengan berbagai ukuran ketebalannya, tapi yang lebih baik adalah prespan yang terbuat dari plastik Ika karena tahan terhadap panas yang tinggi.



Gambar 11. Prespan

2. Kawat Email

Kawat email adalah kawat yang terbuat dari tembaga yang dilapisi dengan isolasi vernis (sirlak), kawat ini digunakan untuk membuat gulungan (kumparan) yang akan dimasukkan ke dalam alur-alur stator motor induksi. Di pasaran kawat email tersedia dengan berbagai merk dan ukuran diameternya. Dari Inggris ada merk SIMS, Essex dan Atco, dari Jerman ada merk BICC, Iberfil dan Helenic, dari Taiwan ada merk Daytona, dari Indonesia ada merk supreme produksi PT. Sucaco dan lain-lain.

Berdasarkan bahan pelapisnya kawat email terbagi menjadi beberapa jenis antara lain yaitu :

- a. PVF, dijumpai pada produk PT. Sucaco dengan merk supreme, digunakan untuk peralatan listrik frekuensi tinggi dan memiliki daya tahan panas hingga 105 °C.
- b. PEW, dijumpai pada produk PT. Sucaco dengan merk supreme dan produk Taiwan dengan merk daytona, digunakan untuk peralatan listrik rumah tangga, seperti kipas angin, pompa air dan lain-lain,
- c. serta memiliki daya tahan panas hingga 130 °C.

- d. EIW, dijumpai pada produk PT. Sucaco dengan merk supreme, produk Inggris dengan merk Atco, produk Jerman dengan merk BICC, Iberfil dan lain-lain, serta memiliki daya tahan panas hingga 180 °C. Digunakan untuk membuat kumparan motor dan generator industri menengah yang menerapkan pada class temperature E dan F.
- e. PEI, dijumpai pada produk Inggris dengan merk SIMS dan Essex, memiliki daya tahan panas hingga 220 °C.
- f. Kawat telanjang dilapis Polyeteline film, dijumpai pada produk mesin listrik bermutu tinggi dengan class temperature H yang digunakan pada kereta api, kapal laut dan pesawat terbang. Memiliki daya tahan panas di atas 220 °C.

Tabel 1. Kemampuan kawat email dialiri arus (Margiono, 2015: 82)

HP/ PK	Diameter Kawat Email (mm)	HP / PK	Diameter Kawat Email (mm)
0.25	0,45	5,50	1,55
0.50	0,55	6	1,60
0.75	0,60	6,50	1,70
1	0,70	7	1,80
1.50	0,85	8	1,90
2	0,90	9	2,00
2.50	0,95	10	2,10
3	0,10	15	2,75
3.50	1,25	16	2,80
4	1,35	17	2,85
4.50	1,40	18	2,90
5	1,50	20	3,00



Gambar 12. Kawat Email

2.2.4 Langkah Menggulung Ulang Kumparan Motor Induksi

1. Membongkar/ melepas kumparan stator

Sebelum motor induksi dibongkar hal penting yang harus dilakukan adalah mencatat data motor. Semua data yang telah dicatat tersebut untuk mempermudah pelaksanaan menggulung ulang kumparan stator tanpa banyak kehilangan waktu. Data yang paling penting tersebut antara lain adalah:

- a. Data pada nameplate motor
- b. Jumlah Alur
- c. Jumlah kumparan
- d. Tipe hubungan / sambungan
- e. Jumlah lilitan kumparan
- f. Ukuran dan jenis kawat kumparan
- g. Lebar kumparan
- h. Jenis isolasi

Sedangkan hal-hal yang tidak boleh dilakukan dalam melepaskan kumparan stator antara lain adalah:

- a. Jangan menggunakan api saat membongkar kumparan dari inti stator atau membakarnya, hal ini akan mengakibatkan hubung singkat pada laminasi inti stator. Jika terpaksa harus dengan cara membakar, pemanasan tidak boleh lebih dari 360° C.
- b. Jangan menggerinda atau mengikir inti besi stator, hal ini akan mengakibatkan hubung singkat pada laminasi inti stator.

- c. Jangan memperbesar airgap (celah udara) dari inti besi stator, hal ini akan menyebabkan arus magnetisasi bertambah besar dan berakibat memperbesar kerugian daya.
- d. Jangan mem-sandblast inti besi stator.

Hal-hal tersebut diatas akan menyebabkan efisiensi dari motor induksi menurun setelah digulung ulang. Sebaiknya untuk melepas kumparan dari alur- alur statornya, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mengangkat/Memindahkan motor listrik dari posisi semula ke meja kerja, jika motor listrik berkapasitas kecil cukup diangkat dengan tangan tetapi jika motor listrik berkapasitas besar untuk mengangkat/memindahkannya harus menggunakan crane.
- b. Membongkar atau melepaskan rotor dari rumah stator.
- c. Melepaskan tali ikatan pada masing-masing kepala kumparan.
- d. Memotong kepala kumparan pada salah satu sisi atau keduanya dengan menggunakan tang potong, pahat, gergaji atau air chisel.
- e. Menyisakan masing-masing kelompok kumparan utama dan kumparan bantu sebagai contoh atau untuk diukur diameternya dengan menggunakan mikrometer.
- f. Melepas semua pasak dari dalam alur stator dengan menggunakan pendorong dari bambu/kayu dan palu atau dengan menggunakan gergaji tangan.
- g. Mengeluarkan seluruh kawat kumparan dari alur-alur stator dengan cara menariknya menggunakan tang kombinasi atau tang lancip atau yang sejenisnya.
- h. Sesudah semua kawat selesai dikeluarkan, selanjutnya bersihkan semua alur dari bekas potongan kawat atau kotoran lainnya.
- i. Amati semua alur dan inti motor secara seksama, kalau ada yang rusak atau renggang lakukan perbaikan. Karena apabila alur atau inti motor rusak, maka motor tidak akan beroperasi secara baik, misalnya kerugian pada inti menjadi naik atau saat motor beroperasi terdengar suara berdengung.

2. Melapisi alur dengan prespan

Sebelum melilitkan kumparan pada alur stator motor, alur terlebih dahulu harus diberi kertas atau plastik penyekat (prespan) yang berfungsi sebagai isolasi antara kawat dengan permukaan alur. Adapun langkah- langkahnya sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan bahan-bahan untuk isolasi alur-alur stator seperti yang telah ditetapkan.
- b. Ukur panjang alur dan dalamnya alur, sebelum kertas dipotong untuk panjangnya tambahkan ± 1 cm dengan tujuan untuk dilipat pada kedua ujung stator, sehingga saat kawat ditekuk tidak mengenai inti stator.
- c. Mengerjakan isolasi-isolasi yang akan digunakan sesuai dengan ukuran dan jumlah alur-alur stator.
- d. Membersihkan seluruh alur stator dari kotoran dengan menggunakan sikat kawat halus atau kertas pasir
- e. Membersihkan kembali dan yakinkan kebersihan alur stator dengan mencucinya menggunakan bensin atau thinner.
- f. Memasukkan/melapisi alur-alur stator dengan isolasi prespan yang telah dipersiapkan secara rapih dengan posisi yang benar

3. Membuat Mal dan Menggulung Kumparan

Untuk membuat kumparan sebuah motor induksi dapat dilakukan dengan cara langsung dan menggunakan mal

- a. Melilit kumparan secara langsung

Keuntungan proses melilit secara langsung adalah tidak ada sambungan diantara kumparan

- b. Melilit kumparan menggunakan mal

Untuk melilit kumparan dengan menggunakan mal dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Ukur panjang dan lebar kumparan yang akan dililit.
- Mempersiapkan mal sesuai dengan ukuran kumparan-kumparan.
- Melakukan penggulungan kumparan-kumparan dengan jumlah lilitan dan diameter kawat sesuai aslinya atau sesuai dengan hasil perhitungan.
- Setelah selesai, ikat kumparan dengan menggunakan tali, kemudian lepaskan dari malnya untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam alur motor.

4. Memasang Kumparan pada Alur Stator

Setelah kumparan jadi, tahap selanjutnya adalah memasang kumparan-kumparan

tersebut ke dalam alur stator. Proses ini harus dilakukan secara hati-hati jangan sampai isolasi kawat terkelupas/tergores yang bisa mengakibatkan terjadinya hubung singkat antar kumparan atau kumparan ke inti stator. Untuk mempermudah masuknya belitan ke dalam alur stator digunakan stik terbuat dari Ika atau kayu atau bambu yang diruncingkan pada salah satu ujungnya.

Adapun langkah-langkah memasukkan belitan ke dalam alur alur motor dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Menyiapkan semua peranti/perlengkapan yang diperlukan untuk memasang/ memasukkan kumparan ke dalam alur-alur stator.
- b. Memasukkan kumparan-kumparan ke dalam alur-alur stator mulailah dari kumparan yang paling kecil.
- c. Melipat dan memasukan ujung-ujung isolasi alur stator ke dalam alur stator dengan menggunakan stik pendorong dari isoglas atau bambu, untuk setiap sisi-sisi kumparan yang telah masuk ke dalam alur stator.
- d. Mengencangkan posisi kumparan dengan pasak di atas dan melipat ujung-ujung isolasi alur, agar kumparan tersebut keluar dari dalam.
- e. Merapikan kepala kumparan dengan sedikit menekan/ memukulnya dengan palu plastik/karet, dalam rangka untuk memudahkan proses masuknya belitan lain, maka setiap belitan yang telah berhasil masuk ke dalam alur stator ditata/dirapikan terlebih dahulu.
- f. Memperkuat setiap sambungan kelompok kumparan dengan cara menyolder.
- g. Menutup/melindungi setiap sambungan kumparan dengan selongsong kabel, yang telah dipasang sebelum melakukan penyolderan.
- h. Melapisi untuk setiap penyilangan kepala kumparan dengan kertas prespan untuk mencegah terjadinya hubung singkat antar fasa dan antar kelompok kumparan.
- i. Melapisi untuk setiap penyilangan kepala kumparan dengan kertas prespan untuk mencegah terjadinya hubung singkat antar fasa dan antar kelompok kumparan.
- j. Merapikan kembali kepala-kepala kumparan dengan cara mengikatnya dengan tali rami agar tidak terjadi pergerakan dan kontak mekanis antara stator dengan kumparan juga berfungsi untuk mempermudah pengaturan kepala belitan agar tidak mengganggu proses masuknya rotor ke dalam stator.

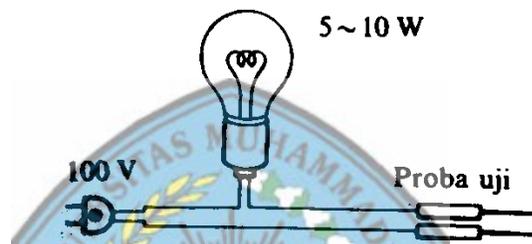
k. Memasang/menyambung ujung-ujung ketiga kumparan pada kotak terminal.

2.2.5 Pemeriksaan dari Pemasukan Kumparan yang telah selesai

Setelah melakukan semua langkah-langkah menggulung ulang kumparan maka hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah kumparan yang telah di masukan tersebut.

a. Uji Kontinuitas

Buatlah uji kontinuitas dengan lampu uji atau alat penguji, dan bila rangkaian tersebut terputus maka perlu diperbaiki kembali. Untuk lebih jelasnya rangkaian dapat dilihat pada gambar 13



Gambar 13. Lampu uji

b. Uji Hambatan Isolasi

Uji hambatan isolasi menunjukkan pengukuran hambatan isolator itu, untuk mendapatkan arus bocor mengalir dalam isolator seperti isolasi kumparan dan asolasi alur. Untuk mengukur hambatan isolasi dipakai alat yaitu magger. Karena kumparan motor belum di-varnis, pengukuran dilakukan pada tegangan serendah mungkin, jangan sekali-kali memakai tegangan lebih dari 500 volt dalam pengujian ini.

Pengukuran dilakukan dengan terminal positif di hubungkan ke kumparan stator dan terminal negatif ke badan stator. Hambatan yang bisa di terima yaitu minimal $1M\Omega$.

c. Uji Dielektrik

Rangkaian elektrik dari suatu motor termasuk kumparan dapat mengalami tegangan tinggi yang abnormal dalam interval tertentu. Dalam hal ini, hambatan isolasi yang tinggipun tak selalu dapat menahan tegangan abnormal. Karena itu, uji kuat dielektrik harus dilakukan pada tegangan tinggi.

Biasanya, uji kuat dielektrik harus dilakukan pada seluruh rangkaian elektrik motor,

termasuk kawat penghubung ke sumber daya, rakitan terminal dan sebagainya. Setelah motor dirakit, dengan motor dipanaskan sampai kira-kira pada batas kenaikan suhu. Akan tetapi bila kumparan baru diganti, uji kuat dielektrik dari kumparan dapat dilakukan ketika kumparan masih hangat, segera setelah dilakukan pengukuran hambatan isolasi dan kemudian motor dapat dirakit tanpa kuatir ada kerusakan (Soelaiman, 1984: 53).

Dalam uji kuat dielektrik, bagian yang bersangkutan dari motor harus tahan terhadap tegangan tinggi yang ditentukan, dari 50 Hz atau 60 Hz, kira-kira mendekati gelombang sinus dipasang selama satu menit dengan alat uji kuat dielektrik. Tegangan yang ditentukan adalah sebagai berikut:

Antara kumparan stator (termasuk pengasut dihubungkan ke kumparan stator) dengan inti, dan antara kumparan stator dengan bumi.

Untuk motor tiga fasa: $2E + 1000 V$

Keterangan: E : tegangan nominal

Tegangan uji kuat dielektrik di atas dipasang apabila kumparan baru diganti. Apabila kumparan sebagian diperbaiki, atau apabila isolasi kumparan telah diadakan perlakuan, atau dikeringkan kembali, karena kuat dielektrik tidak rusak, biasanya uji kuat dielektrik dilakukan. Dan hanya hambatan isolasi saja yang diukur. Apabila diperlukan untuk dilakukan uji kuat dielektrik demi pengamanan, maka tegangan sekitar 30% kurang dari tegangan di atas (Soelaiman, 1984: 54).

2.3 Motor Induksi Tiga Fasa Dua Kecepatan

Motor induksi tiga fasa yang akan di buat merupakan gabungan dari dua motor yaitu motor induksi tiga fasa dan motor dahlander dimana konstruksi statornya yang di gabungkan. Motor dahlander adalah motor dengan dua kecepatan, untuk merubah kecepatan motor jenis ini didasarkan pada rumus:

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

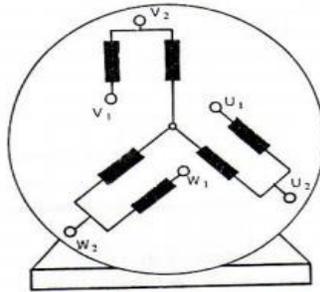
Dimana:

n = kecepatan putaran motor (rpm)

f = frekuensi sumber listrik (Hz)

p = jumlah kutub

Jadi berdasarkan rumus tersebut diatas, untuk merubah kecepatan putaran motor dilakukan dengan merubah jumlah kutubnya, hal ini dilakukan dengan memasang sebuah lilitan tetap dengan merubah-rubah sambungannya.



Gambar 14. Motor Dahlander dengan 1 Kumparan dihubung Y

Sesuai dengan rumus tersebut di atas motor induksi dengan kecepatan 2800-3000 Rpm dan 1400-1500 Rpm jika menggunakan sumber listrik dengan frekuensi 50 Hz jumlah kutubnya adalah 4 buah, hal ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$n = (60 \times f) / p$$

$$3000 = (60 \times 50) / p$$

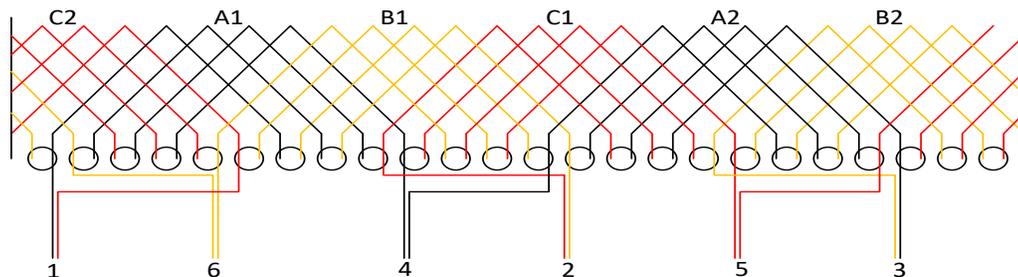
$$P = 3000/3000 = 1 \text{ pasang kutub atau 2 kutub}$$

$$n = (60 \times f) / p$$

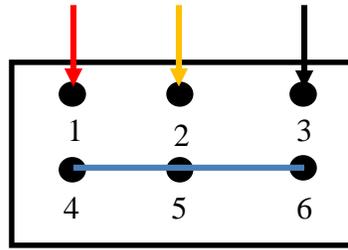
$$1500 = (60 \times 50) / p$$

$$P = 3000/1500 = 2 \text{ pasang kutub atau 4 kutub}$$

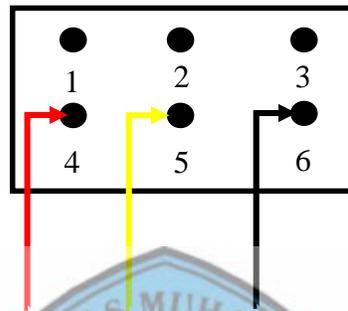
Bentuk bentangan kumparan motor induksi yang mempunyai 4 kutub dengan kecepatan 2800-3000 rpm dan, 1400-1500 rpm dapat di tunjukan seperti gambar berikut ini.



Gambar 15. Bentangan dahlander 2 dan 4 kutub



Gambar 16. Sambungan terminal motor kecepatan tinggi (3000 rpm)



Gambar 17. Sambungan terminal motor kecepatan rendah (1500 rpm)

2.4 Pengujian Motor

2.4.1 Pengukuran Arus

Arus listrik akan mengalir jika terjadi rangkaian tertutup dan terjadi perbedaan tegangan antara dua ujung penghantar. Perbedaan tegangan ini dinyatakan dengan E . Besarnya arus yang mengalir tergantung dari nilai tahanan/beban dan perbedaan tegangan. Besarnya arus dapat diukur dengan alat ukur arus yaitu ampermeter dan tang amper. Ampermeter harus dihubungkan seri terhadap beban, sehingga arus yang mengalir pada beban sama dengan arus yang mengalir pada alat ukur. Agar tegangan jatuh tidak berpengaruh terhadap arus yang mengalir, maka tahanan dalam amper meter sangat kecil.

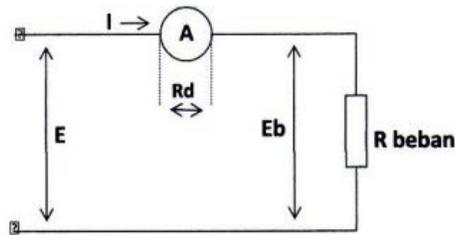
Apabila tahanan dalam (R_d) alat ukur kecil dan dalam ampermeter mengalir arus I , maka tegangan jatuh (drop tegangan) pada alat ukur tersebut adalah:

$$E_d = I \times R_d$$

$$E_b = E - E_d$$

Apabila R_d besar maka tegangan jatuh E_d akan semakin besar sehingga tegangan beban E_b menjadi berkurang. Di samping itu dengan R_d yang besar maka panas yang

ditimbulkan akan meningkat.



Gambar 18. Pemasangan ampermeter

2.4.2 Pengukuran Tegangan

Pengujian tegangan pada motor induksi dapat dilakukan dengan voltmeter. Pada dasarnya voltmeter dan ampermeter itu sama, sebab untuk simpangan penunjuknya berdasarkan arus yang mengalir pada pesawatnya. Perbedaanya terletak pada cara penyambunganya di mana voltmeter dihubungkan paralel sedangkan ampermeter dihubungkan seri terhadap beban.



Gambar 19. Pemasangan voltmeter

Voltmeter harus mempunyai tahanan dalam yang besar agar tidak menarik arus yang besar. Hal ini karena dapat menyebabkan turunya tegangan sumber dan menyebabkan kerugian tegangan tambahan pada penghantar. Pada kenyataanya voltmeter tidak mempunyai tahanan dalam yang cukup besar sehingga untuk memenuhi fungsinya sebagai voltmeter yang baik ditambahkan satu tahanan yang disebut tahanan seri.