

BAB II

MOTOR INDUKSI

2.1 Motor Induksi 3 Fasa

2.1.1 Pengertian Motor Induksi

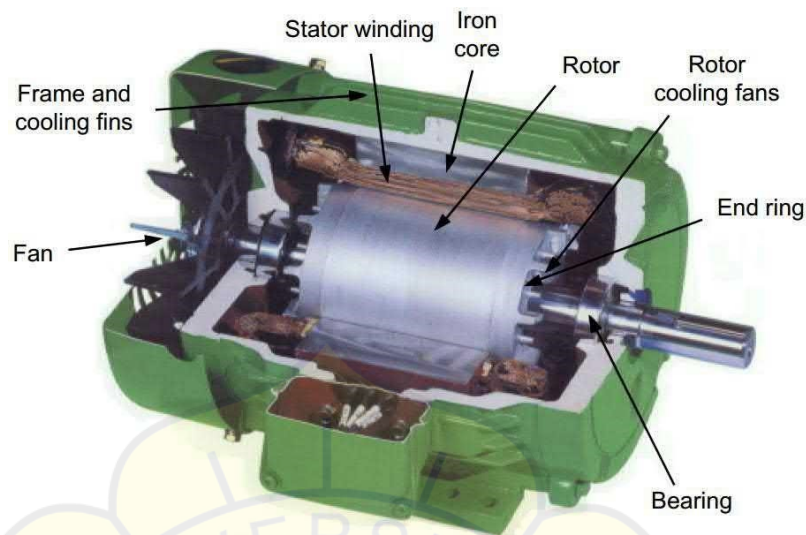
Secara umum pengertian motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (AC) yang bekerja berdasarkan arus induksi. Putaran rotor pada motor induksi tidak sama dengan putaran medan putar pada stator, hal ini mengakibatkan terjadinya selip atau terdapat perbedaan selisih putaran antara putaran rotor dan putaran medan pada stator (Sarjono, 2020).

Motor induksi sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di industri maupun rumah tangga. Jenis motor induksi yang umum digunakan adalah motor induksi 3 fasa dan 1 fasa. Motor induksi 3 fasa beroperasi pada sistem tenaga 3 fasa dan biasanya digunakan di industri dengan kapasitas besar. Sementara itu, motor induksi satu fasa beroperasi pada sistem tenaga satu fasa dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan menghasilkan medan magnet bolak-balik yang menginduksikan gaya gerak Listrik (ggl) pada kumparan (Bagia dan Parsa, 2018: 34-35).

2.1.2 Kontruksi Motor 3 Fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang hampir mirip dengan jenis motor listrik lainnya. Terdapat dua komponen utama pada motor ini, yaitu stator, yang merupakan bagian diam, dan rotor, yang berputar. Stator dan rotor dipisahkan oleh celah udara yang sempit. Selain itu, motor tiga fasa juga dilengkapi dengan kipas untuk pendinginan serta bearing. seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 (Chapman, 2005: 380).

Berikut adalah Gambar konstruksi Motor Tiga Fasa.



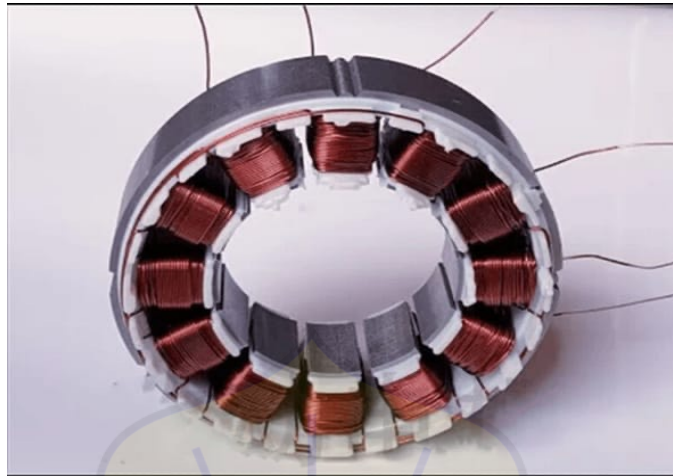
Gambar 2.1 Konstruksi Motor Tiga Fasa

(Sumber : Kim, S,-H, 2017)

1. Stator

Inti stator terbuat dari lapisan-lapisan pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang dipabrikasi. Lilitan-lilitan sama hal-nya dengan lilitan dari generator sinkron diletakkan dalam alur-alur stator yang terpisah 120 derajat listrik. Pada inti stator terdapat slot-slot berisolasi yang menjadi tempat untuk belitan kawat. Stator adalah bagian statis dari mesin listrik, termasuk motor listrik dan generator. Stator terdiri dari inti besi dan kumparan-kumparan yang dialiri arus listrik. Arus listrik yang mengalir melalui gulungan stator menciptakan medan magnet yang berputar. Kawat belitan ini terbuat dari tembaga yang berisolasi. Belitan stator digulung dengan jumlah kutub tertentu, yang berperan dalam menentukan kecepatan motor (Ali, Kasim, 2013).

Berikut adalah gambar konstruksi stator.



Gambar 2.2 Konstruksi Stator

(Sumber : Sen, P.C. 1997)

2. Rotor

Rotor adalah komponen yang berputar di dalam motor. Pada motor induksi tiga fasa, terdapat dua jenis rotor, yaitu rotor sangkar (squirrel cage rotor) dan rotor belitan (wound rotor). Slot-slot pada rotor jenis ini dibuat tidak lurus untuk memperhalus kerja motor. Material pembuat rotor jenis ini adalah tembaga atau aluminium. Penggunaan dari rotor dari jenis ini umumnya dapat dijumpai pada kipas angin atau blower pada air conditioner. Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor dan memungkinkan modifikasi karakteristik torsi-kecepatan motor. Rotor belitan memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan rotor sangkar dan memerlukan perawatan yang lebih intensif (Chapman, 2005: 380-382).

Berikut adalah gambar konstruksi rotor.



Gambar 2.3 Konstruksi Rotor
(Sumer : Sen, P.C. 1997)

3. Medan Putar

Saat sumber tiga fasa dihubungkan ke terminal motor induksi tiga fasa, arus bolak-balik sinusoidal I_R , I_S , dan I_T akan mengalir melalui belitan stator. Arus-arus ini menghasilkan gaya gerak magnet (ggm) pada kumparan, yang kemudian menciptakan fluks magnet atau medan magnet yang berputar. Medan putar ini tidak memiliki ujung yang diam pada saat tertentu, melainkan terus bergeser di sekitar stator (Mehta, 2002).

2.1.3 Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi tiga fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Arus listrik yang mengalir melalui gulungan stator (bagian yang diam pada motor) menciptakan medan magnet yang berputar. Medan gaya magnet menginduksi arus aliran dalam gulungan rotor (bagian yang berputar pada motor), yang menyebabkan rotor bergerak dan menghasilkan tenaga mekanis dan berikut persamaannya:

$N_s = 120 \times f / P$(Sumber : Sen. P.C. 1997)

Dimana:

N : Kecepatan putar stator (rpm)

f : Frekuensi arus dan tegangan stator

P : Jumlah kutub

Medan putar tersebut akan memotong konduktor rotor, menghasilkan tegangan induksi. Karena konduktor rotor terhubung secara singkat, arus akan mengalir melalui konduktor rotor. Arus rotor ini berada dalam medan magnet stator, dan sesuai dengan hukum Lorentz, hal ini menyebabkan timbulnya gaya atau torsi.

2.2 **Komponen Motor Starter Dan Kontrol**

Saat motor induksi dijalankan maka akan membutuhkan arus mula yang besar, hal ini dikarenakan frekuensi dan reaktansi yang tinggi dalam kondisi start yaitu slip seratus persen.

Motor Control Center (MCC) adalah pusat pengendalian operasi motor listrik, yang dirancang untuk mengontrol beberapa motor secara bersamaan. MCC terdiri dari berbagai komponen yang digunakan Untuk mengoperasikan motor dengan berbagai jenis starter, seperti starter DOL (Direct On Line), forward-reverse, SDS (Star Delta Starter), dan lain sebagainya. Alat kontrol di MCC difungsikan untuk mengatur dan mengontrol pengoperasian motor induksi. (Apriani, Yossi, 2019).

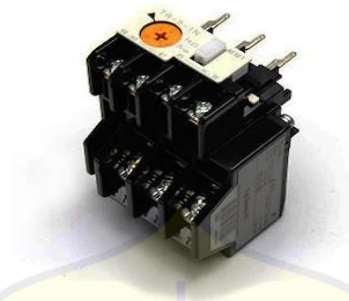
Jika terjadi gangguan pada instalasi, rangkaian komponen pengaman akan terlebih dahulu memutus aliran listrik untuk mencegah kerusakan. Berikut adalah beberapa komponen pengaman yang paling umum ditemukan dalam sebuah instalasi.

1. *Thermal Overload Relay (TOR)*

Thermal Overload Relay adalah alat pengaman rangkaian dari arus lebih yang diakibatkan beban yang terlalu bebas dengan memutus rangkaian Ketika arus telah

melebihi setting, beban ini biasanya diakibatkan oleh pembebanan motor yang melebihi kemampuan motor listrik (Samrasyid 2020).

Berikut ini adalah gambar Thermal Overload Relay.



Gambar 2.4 *Thermal Overload Relay*

(Sumber: Sen, P.C. 1997)

2. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah alat pengaman untuk melindungi dari arus lebih dan hubung singkat. MCB memiliki dua komponen utama, yaitu Thermis yang berfungsi melindungi dari beban lebih, dan relay elektromagnetik yang melindungi dari arus pendek. MCB bekerja dengan sistem pengamanan berbasis panas/termal. (Susanta Gatut, 2007).

Berikut ini adalah gambar Miniatur Circuit Breaker.



Gambar 2.5 *Miniatur Circuit Breaker*

(Sumber : Schneider Electric, 2019)

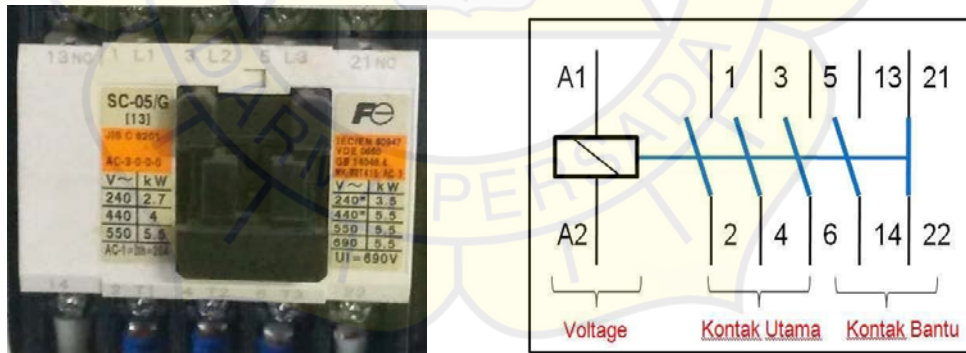
MCB dan TOR (*Thermal Overload Relay*) merupakan komponen dengan peran pengamanan serta pembatas aliran arus listrik dalam sebuah instalasi listrik. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus Listrik (short circuit atau korsleting).

Berikut komponen yang digunakan adalah :

2.2.1 Kontaktor

Kontaktor berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik. Prinsip kerja kontaktor adalah induksi elektromagnetik, dimana kontaktor memanfaatkan electromagnet yang dihasilkan dari kumparan (coil) yang dialiri arus listrik. Arus listrik yang mengalir melalui kontaktor akan membangkitkan elektomagnet, elektro magnet yang dibangkitkan menghasilkan medan magnet. Saat arus listrik yang masuk kekontaktor berhenti, medan magnet akan hilang dan kontaktor akan Kembali ke keadaan semula.

Berikut ini adalah gambar dari kontaktor.



Gambar 2.6 Kontaktor dan Simbol Kontaktor

(Sumber: Schneider Electric, 2019)

Bagian-bagian pada sebuah kontaktor terdiri dari komponen sebagai berikut:

1. Kontak Utama

Kontak utama atau biasa dikenal dengan nama RST ini terdiri dari komponen simbol angka yaitu L1, L2, L3 dan sebagainya, dan berfungsi sebagai saklar untuk menghubungkan listrik 3 fasa (R, S, dan T).

2. Kontak Output Utama atau U V W

Kontak output utama atau U V W biasanya bertuliskan simbol U1,U2,U3 dan sebagainya.

3. Kumpan Magnet (*Coil*)

Koil A1 dan A2 pada kontaktor digunakan untuk menggerakkan atau mengubah kondisi kontak semula NO menjadi NC atau sebaliknya yang dihubungkan dengan sumber 220 Volt yang dikendalikan melalui push button star atau stop.

4. Kontak Bantu NO (*Normally Open*)

Kontak bantu NO adalah kontak yang berada dalam kondisi terbuka pada keadaan awal atau belum diaktifkan, kontak bantu NO akan tertutup saat diberi energi. Biasanya terdapat simbol 13,14,15, dan seterusnya.

5. Kontak Bantu NC (*Normally Close*)

Kontak NC adalah kontak pada kontaktor yang akan terbuka Ketika kontak bantu *normally open* (NO) tertutup. Kontak bantu NC dapat dihubungkan dengan lampu indikator untuk menandakan bahwa system sudah aktif, tetapi belum dijalankan. Untuk *Normally Close* (NC) biasanya disimbolkan dengan angka 21, 22, dan seterusnya.

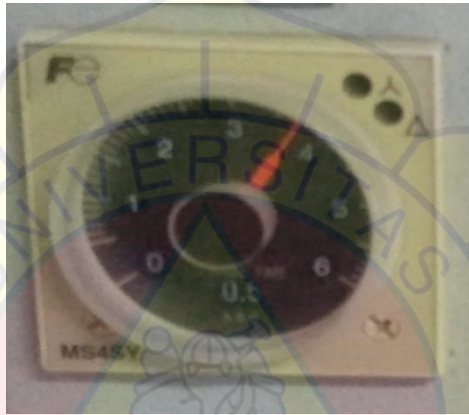
2.2.2 *Timer On Delay*

Timer on delay adalah perangkat yang berfungsi untuk menunda batas waktu, dan sering digunakan dalam instalasi motor listrik, khususnya pada instalasi yang memerlukan pengaturan otomatis. Peralatan kontrol ini dapat digabungkan dengan

perangkat kontrol lainnya, seperti *Magnetic Contactor* (MC), Thermal Overload Relay, dan sebagainya.

Fungsi utama timer ini adalah untuk mengatur waktu hidup atau mati kontaktor. Timer ini dapat dibedakan berdasarkan cara kerjanya, yaitu timer yang bekerja dengan induksi magnet dan yang menggunakan rangkaian elektronik.

Berikut adalah gambar *Timer On Delay*.

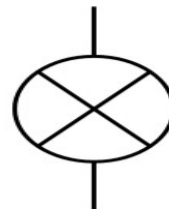


Gambar 2.7 *Timer On Delay*
(Sumber: Schneider Electric, 2019)

2.2.3 Lampu Indikator

Lampu indikator yang menandakan jika menyala maka terdapat sebuah aliran Listrik masuk pada panel tersebut.

Berikut adalah gambar lampu indikator.



Gambar 2.8 Lampu Indikator dan Simbol lampu indikator

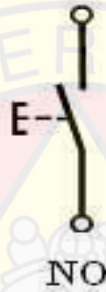
(Sumber: Schneider Electric, 2019)

2.2.4 Push Button

Push button atau tombol tekan adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengaktifkan, mematikan, atau menghubungkan suatu sistem atau rangkaian listrik. Terdapat tiga jenis push button dengan fungsi yang berbeda, yaitu:

1. *Push Button NO (Normally Open)*

Push Button normally open (NO) adalah jenis tombol tekan yang kontakannya terbuka dalam keadaan normal, sehingga tidak mengalirkan listrik. Ketika tombol ditekan kontak akan tertutup sehingga arus dapat mengalir. dibawah ini simbol untuk *push button NO*.



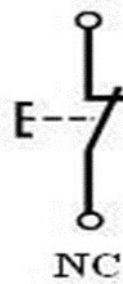
Gambar 2.9 Simbol *push button NO (Normally Open)*

(Sumer : Sen, P.C. 1997)

2. *Push Button NC (Normally Close)*

adalah tombol tekan dengan kontak yang tertutup atau mengalirkan aliran listrik dalam keadaan normal.

Dibawah ini simbol untuk *push button NC*.

Gambar 2.10 Simbol *Push Button* NC

(Sumer : Sen, P.C. 1997)

3. *Push Button* Perpaduan NO dan NC

Push Button Perpaduan NO dan NC merupakan perpaduan dari *normally open* (NO) dan *normally close* (NC) disebut tombol tekan sesaat NC/NO. Tombol ini mengendalikan dua sirkuit, yaitu : mengalirkan listrik saat tidak ditekan (NC), memutuskan aliran Listrik saat ditekan (NO).

Berikut adalah saklar tekan NO/NC.

Gambar 2.11 *Push Button* Perpaduan NO & NC

(Sumer : Sen, P.C. 1997)

2.3 Soft Starting

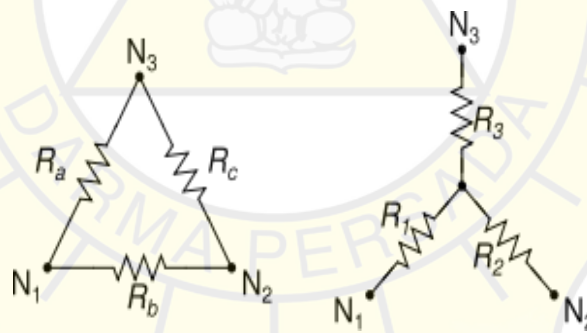
Soft starting atau *soft starter* adalah metode untuk menyalakan motor Listrik secara bertahap dan terkendali. *Soft starter* bekerja dengan cara mengurangi tegangan motor induksi, lalu menaikkan tegangan secara bertahap sampai tegangan penuh.

Soft starter digunakan untuk mengatur atau memperhalus proses start pada motor listrik. Pada awalnya, motor diberi tegangan rendah sehingga arus dan torsi yang dihasilkan juga rendah. Pada tahap ini, motor bergerak perlahan tanpa menimbulkan kejutan. Kemudian, tegangan akan ditingkatkan secara bertahap hingga mencapai tegangan nominal, dan motor akan berputar dengan kecepatan (rpm) normal.

2.4 Rangkaian Bintang Delta

Rangkaian bintang-delta adalah suatu sistem yang sering digunakan untuk memulai motor, khususnya pada motor induksi tiga fasa. Sistem ini juga dikenal dengan nama Rangkaian bintang-Delta karena menyerupai bintang segitiga.

Berikut ini adalah gambar rangkaian Bintang dan Delta.



Gambar 2.12 Rangkain Bintang Delta

(Sumber : Sen, P.C. 1997)

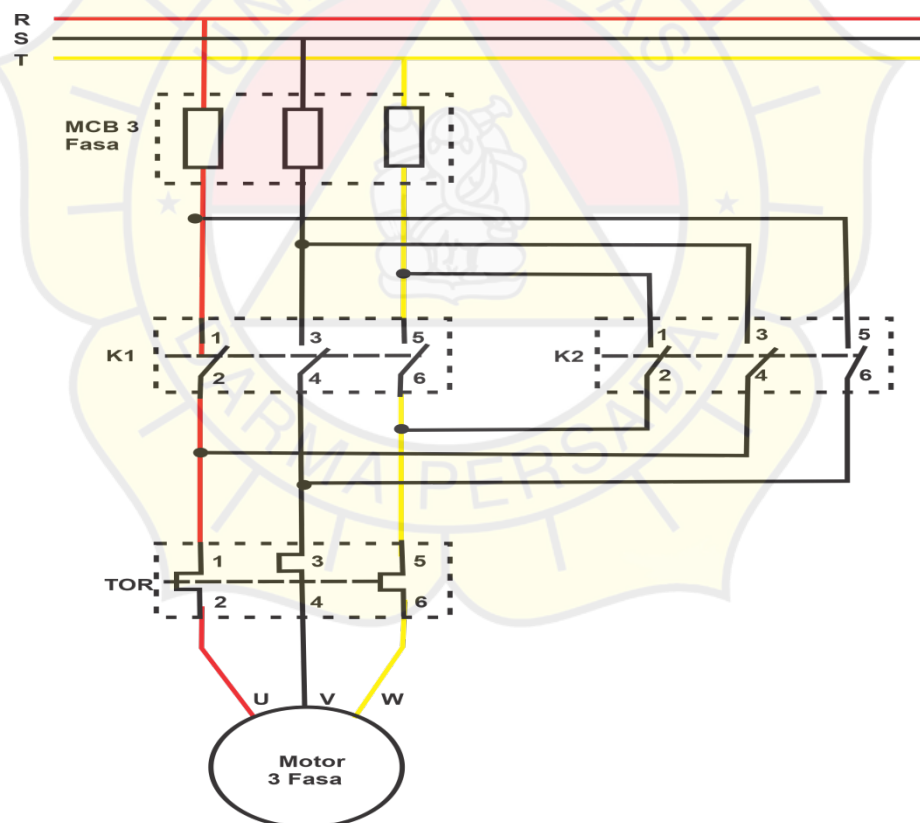
Pada sistem star-delta, terdapat metode yang digunakan pada motor induksi tiga fasa untuk meminimalkan tegangan yang masuk ke dalam kumparan motor. Salah satu motor induksi yang dapat digunakan dalam pengaturan star-delta memiliki 6 terminal dan tidak dapat digunakan secara bersamaan. Sistem star (Y) digunakan saat motor

mulai bekerja, dan ketika motor mencapai sekitar 80% kecepatan maksimal, hubungan star dapat diubah menjadi hubungan delta (Δ) (sen, P.C. 1997).

2.5 Rangkaian *Forward Reverse*

Rangkaian *forward-reverse* atau rangkaian bolak-balik 3 fasa merupakan salah satu sistem yang sering digunakan pada proses produksi di beberapa industri. Sistem ini banyak digunakan karena berfungsi sebagai penggerak sebuah alat produksi. *Forward-reverse* merupakan pengontrolan pada putaran motor listrik tiga fasa, Dimana motor akan bergerak maju dan bergerak lagi kearah sebaliknya (Jhonson Siburian, Jumari, dan Aldi Simanggongsong 2021).

Berikut ini adalah Gambar wiring dari rangkaian *Forward-Reverse*.



Gambar 2.13 Rangkaian *Forward-Reverse*

(Sumer : Sen, P.C. 1997)

Jadi ketika kontaktor 1 ditekan maka motor induksi akan berputar searah jarum jam, dan ketika kontaktor 2 ditekan motor induksi akan berputar berlawanan arah jarum jam. Ketika salah satu kontaktor sedang bekerja maka kontaktor lainnya tidak akan bekerja, penguncian ini disebut dengan interlock.

