



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Time Delay Relay

Time Delay Relay (TDR) adalah suatu piranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak saklar sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu banyak digunakan dalam instalasi motor terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (Magnetic Contactor), Thermal Over Load Relay, dan lain-lain.. Tujuan dari pemasangan timer itu sendiri adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor dalam delay waktu tertentu.

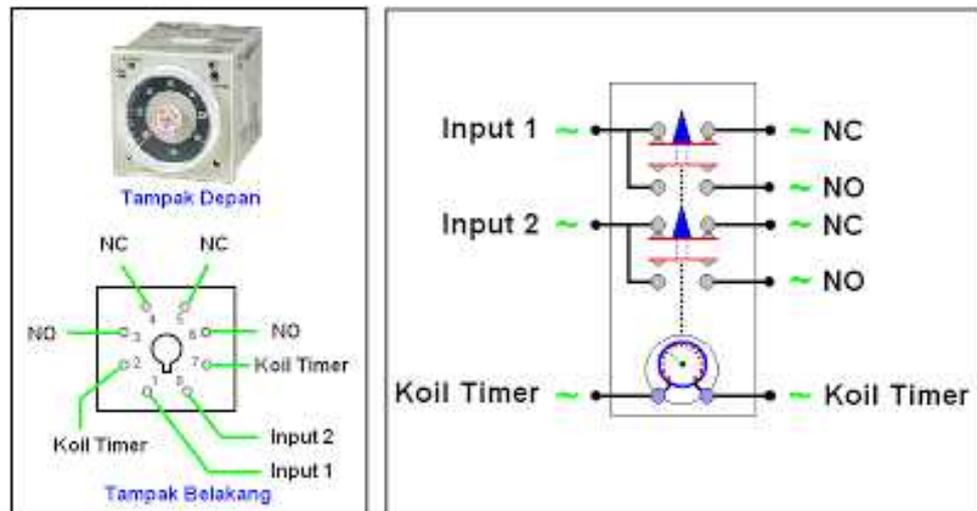


Gambar 2.1 Timer analog

Kontak NO dan NC pada Timer (*Time Delay Relay*) akan bekerja ketika timer diberi ketetapan waktunya, ketetapan waktu ini dapat kita tentukan pada potensiometer yang terdapat pada timer itu sendiri. Misalnya ketika kita telah menetapkan 10 detik, maka kontak NO dan NC akan bekerja 10 detik setelah kita menghubungkan timer dengan sumber arus listrik.



Perhatikan gambar timer di bawah ini :



Gambar 2.2 kontak NC dan NO pada Timer

### 2.1.1 Jenis – jenis timer

#### 1. On Delay

On Delay adalah suatu Timer yang dihubungkan secara langsung ke kontaktor yang akan berfungsi menunda waktu ON jika kontaktor bekerja (ON).

#### 2. Off Delay

Off Delay adalah suatu Timer yang dihubungkan secara langsung ke kontaktor yang akan berfungsi menunda waktu OFF jika kontaktor bekerja (ON).

### 2.1.2 Prinsip Kerja Timer

Bagian input timer biasanya dinyatakan sebagai kumparan (Coil) dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC. Kumparan pada timer akan bekerja selama mendapat sumber arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis timer akan mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO.



Pada saat timer diberi tenaga atau mendapatkan supply tegangan, maka timer akan mulai menghitung, ketika jumlah hitungan actual / visual sama dengan setting pada timer ( jarum merah ), maka kontak output timer akan bekerja / beroperasi. Kontak timer berupa normally close (NC) dan normally open (NO).

Secara umum, ada beberapa item indikator pada bagian timer yang perlu diketahui yaitu :

1. Power : Berfungsi sebagai indikator bahwa supply tegangan sudah masuk
2. Out : Berfungsi sebagai indikator bahwa output timer kerja ( waktu actual = Set )
3. A : Mode timer ( on delay mode )
4. 0-12 : Scala timer ( bisa dirubah )
5. Sec : Satuan timer dalam second / detik. ( bisa dirubah dalam satuan jam/hari )
6. Jarum merah : Berfungsi sebagai indikator set, dirubah dengan cara diputar.
7. Ratings
8. Tegangan kerja : misal 100-240 Vac / 100-125 Vdc
9. Kapasitas beban : misal 5 A 250 Vac.
10. Konsumsi daya : misal 1.6 Watt ( relay on ).<sup>1</sup>

Dalam sistem kontrol industri, ada beberapa tipe timer, diantaranya :

1. Timer analog

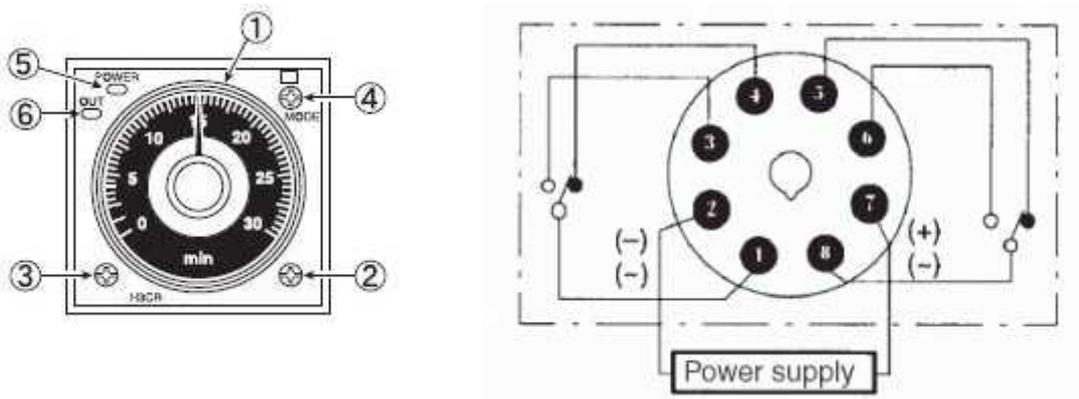
Timer analog adalah timer elektronik yang bekerja dengan menggunakan power utama sumber tenaga listrik, setelah mendapat tegangan supply, ditandai dengan lampu power menyala (merah/hijau) baru dia akan mulai bekerja

<sup>1</sup> Aroel\_tsm, *Cara Kerja Timer Kelistrikan*, diakses dari <http://kamuslistrik.blogspot.com/2012/12/cara-kerja-timer-di-kelistrikan.html>, pada tanggal 4 april 2015 pukul 15.20



menghitung waktu. Selama masa penghitungan waktu, maka akan ada lampu indicator yang berkedip (flicker), itu menandakan bahwa timer sedang bekerja. Apabila jumlah hitungan waktu yang diinginkan sudah tercapai, maka led yang tadinya flicker akan berubah menjadi menyala secara terus menerus. apabila lampu sudah menyala secara terus menerus maka sistem kontak relay yang ada di dalam timer akan berubah, yang tadinya semula kontak tersebut NO akan berubah menjadi NC dan sebaliknya kontak yang semula NC akan berubah menjadi NO. Cara kerja ini seperti cara kerja relay lainnya, baik itu over load, kontaktor atau komponen-komponen kontrol lain yang mempunyai kontak bantu. Untuk melakukan setting pada timer analog, bisa dengan memutar trimmer kanan untuk settingan satuan besaran waktu (contoh : sec, min, hrs, dll.). trimmer kiri untuk settingan satuan waktu (contoh; 0.1, 0.2, 1, 2, 3, dll.)

Salah satu timer yang paling banyak dipergunakan adalah timer tipe H3CR-A dan bagian bagiannya seperti berikut :



Gambar 2.3 Bagian timer tipe H3CR-A<sup>2</sup>

<sup>2</sup> MD Tabanio, Timer Relay Kontrol, diakses dari <http://md-36.blogspot.com/2013/11/timer-relay-kontrol.html>, pada tanggal 10 april 2015 pukul 21.34



Keterangan gambar 2.3 Bagian timer tipe H3CR-A :

1. display Setting Waktu
2. Unit/ satuan waktu (sec, min, h)
3. Range waktu
4. Mode Operasi timer (on delay, off delay, dst)
5. Power/ Indicator

## 2. Timer digital



Gambar 2.4 Timer Digital<sup>3</sup>

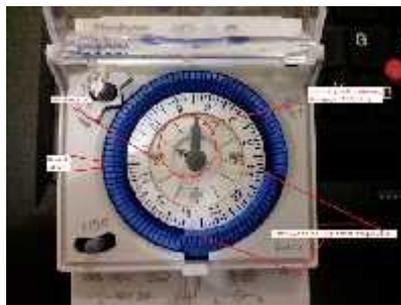
Timer digital adalah timer elektronik yang bekerja dengan menggunakan power utama tenaga listrik, jadi timer ini adalah pengembangan dari jenis timer analog, cara kerjanya pun sama; setelah dia mendapat sumber listrik, ditandai dengan lampu power menyala (merah/hijau) baru dia akan mulai bekerja menghitung waktu. Selama masa penghitungan waktu, maka akan ada lampu indicator yang berkedip (flicker), itu menandakan bahwa timer sedang bekerja. Apabila jumlah hitungan waktu yang diinginkan sudah tercapai, maka led yang tadinya flicker akan berubah menjadi menyala secara terus menerus. Kemudian apabila lampu sudah menyala secara terus menerus maka sistem kontak relay yang

<sup>3</sup> Ibid; halaman 8



ada di dalam timer akan berubah, yang semula NO akan berubah menjadi NC begitupun sebaliknya, yang semula kontak NC akan berubah menjadi NO,

### 3. Timer mekanik



Gambar 2.5 Bentuk fisik timer mekanik<sup>4</sup>

Timer mekanik adalah timer yang bekerja dengan menggunakan power awal tenaga listrik, sedangkan untuk selanjutnya dia akan menggunakan tenaga power batere yang tersimpan dalam timer tersebut. untuk menggerakkan gigi-gigi mekanis. jadi timer jenis ini dapat bekerja di saat tidak mendapat supply tenaga listrik (*energized*).

Timer ini dilengkapi dengan 3 jenis switch selector, yaitu :

- a. lambang jam; artinya kontrol menggunakan settingan timer
- b. lambang 0; artinya kontrol tidak terkoneksi dengan timer (kontak yang dipakai sebelum perubahan)
- c. lambang 1: artinya kebalikan dari 0. yaitu terkoneksi dengan timer (kontak yang dipakai setelah perubahan)

Apabila lampu sudah menyala secara terus menerus maka sitem kontak relay yang ada di dalam timer akan berubah, Cara kerja ini seperti cara kerja timer mekanik ini juga sama dengan jenis timer yang lain atau komponen-komponen kontrol lain yang mempunyai kontak bantu, yaitu apabila hitungan waktu tercapai,

<sup>4</sup> Ibid; halaman 8

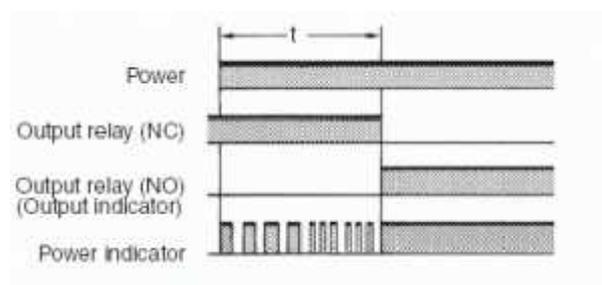


maka yang semula kontaknya NO akan berubah menjadi NC dan sebaliknya, kontak yang semula NC akan berubah menjadi NO.

untuk timer analog (1) dan timer digital (2) sistem powernya sama, tetapi mempunyai perbedaan dengan timer mekanik (3), letak perbedaannya adalah sebagai berikut:

1. timer analog dan digital, dia akan berfungsi apabila selama mendapatkan power listrik, sedangkan timer mekanik bisa berjalan walau tidak mendapatkan supply listrik
2. timer analog dan digital, apabila sempat tidak mendapatkan energized, kemudian energized lagi, maka timer tersebut akan melakukan penghitungan waktu ulang, sedangkan timer mekanik akan tetap meneruskan penghitungan waktu.
3. settingan waktu timer analog dan digital bisa lebih detil, bahkan bisa dari nol koma (0,) sampai seterusnya, tetapi pada timer mekanik hanya untuk kelipatan 15 menit saja.

- Mode operasi timer on delay diantaranya adalah sebagai berikut :  
On Delay



Gambar 2.6 diagram digital power on delay<sup>5</sup>

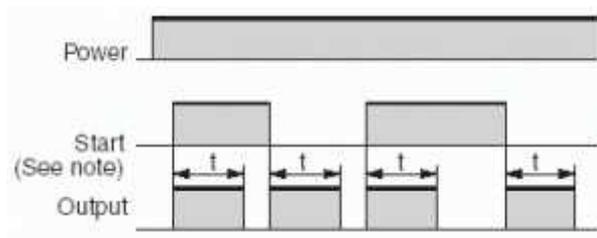
<sup>5</sup> Ibid; halaman 8



### Power On Delay

Saat timer mendapat tegangan power supply, maka proses penghitungan waktu dimulai. Dan setelah mencapai waktu yang ditentukan maka output akan bekerja.

### Signal On Delay



Gambar 2.7 diagram digital sinyal on delay<sup>6</sup>

Saat timer mendapat tegangan supply power, timer hanya standby. Begitu terminal start bekerja maka proses penghitungan waktu dimulai. Dan setelah mencapai waktu yang ditentukan maka output akan beroperasi.

## 2.2 Kedip Tegangan (*voltage sags*).

Suatu sistem tenaga listrik harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar sistem tersebut mampu menyediakan sumber energi listrik yang dibutuhkan secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (*voltage sags*). Kedip tegangan ini dapat disebabkan oleh Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar. Pada pengasutan motor arus starting yang dihasilkan

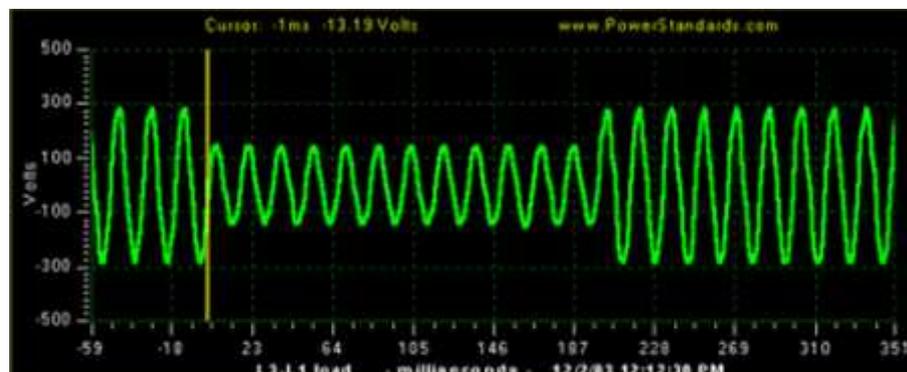
<sup>6</sup> Ibid; halaman 8



dapat mencapai 5-10 kali nilai nominalnya, sehingga perlu diterapkan metode starting motor untuk mereduksi arus yang besar ini.

Kedip tegangan dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu : pertama, adanya gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik itu sendiri; kedua, adanya perubahan beban secara mendadak (seperti : switching beban). Penurunan tegangan pada sistem ini akan dapat menyebabkan gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan.

Menurut standar IEEE 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, definisi *sag/kedip* adalah penurunan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 *cycles* (0,01detik) sampai 1 menit. Dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 *pu* pada harga rms besaran tegangan atau arus. Hal ini menyebabkan lepasnya (*trip*) peralatan-peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan. Gambar 2.8 menunjukkan gangguan *sag/kedip* tegangan.



Gambar 2.8 Contoh Kedip Tegangan

### 2.3 Penyebab Kedip Tegangan

Kedip tegangan berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi *under voltage* lebih dari 1 menit dan dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*). Kedip tegangan dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, diantaranya :



1. Secara umum disebabkan oleh gangguan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
2. Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar.
3. Sesuatu yang terjadi pada saluran penyaluran daya, seperti kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan, sambaran petir (*lightning strike*) dan benda jatuh yang menyebabkan gangguan ke tanah.
4. Perubahan beban yang berlebihan/di luar batas kemampuan sistem daya
5. Perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (*motor starting*) juga dapat menyebabkan kedip tegangan.

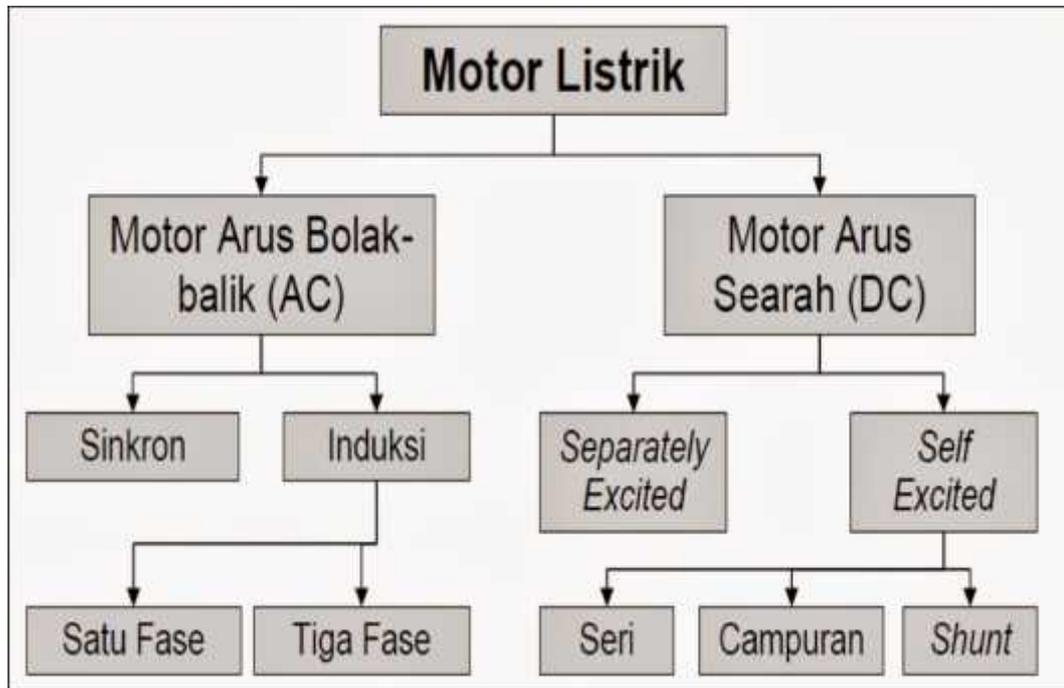
**Tabel 2.1** Sensitivitas peralatan terhadap *temporary low-voltage*

Daerah <i>drop</i> tegangan	Tegangan minimum yang diperbolehkan (% <i>rating</i> peralatan)
Terminal motor yang diasut	80 %
Terminal motor lain yang memerlukan re-akselerasi	71 %
Kontaktor AC <i>trip</i> (menurut standar)	85 %
Kontaktor DC <i>trip</i> (menurut standar)	80 %
Kontaktor <i>hold-in</i>	60 – 70 %
Piranti kontrol <i>solid-state</i>	90 %
Tipikal peralatan elektronik	80 %
Ballast lampu Metal halide atau HP sodium	90 %

Sumber : PacifiCorp, *Engineering Handbook*



## 2.4 Jenis - jenis motor listrik :



Gambar 2.9 Jenis motor listrik

### 2.4.1 Motor sinkron

Motor sinkron, adalah motor AC bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor.

Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

### 2.4.2 Motor induksi

Motor induksi, merupakan motor listrik AC yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet antara rotor dan stator. Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama sebagai berikut :



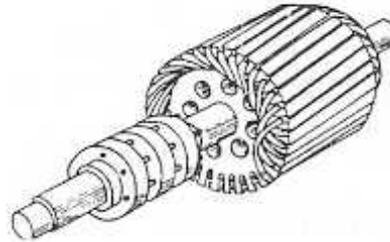
a. Motor induksi satu fase. Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.

b. Motor induksi tiga fase. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

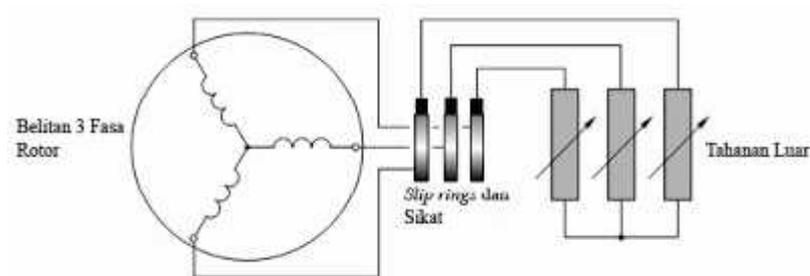
## **2.5 Motor Induksi 3 Fasa Berdasarkan Bentuk Rotornya**

### **1. Rotor belitan**

Jenis motor induksi ini mempunyai belitan kumparan 3 fasa sama seperti kumparan statornya serta kumparan stator dan rotornya mempunyai jumlah kutub yang sama. Belitan 3 fasa pada motor jenis ini biasanya terhubung Y dan ujung 3 kawat belitan rotor tersebut dihubungkan pada slipring yang terdapat pada poros rotor. Belitan-belitan rotor ini kemudian dihubungkan ke slipring melalui sikat (brush) yang menempel pada slipring dengan sebuah perpanjangan kawat untuk tahanan luar. Slipring dan sikat merupakan penghubung belitan rotor ke tahanan luar (fungsi tahanan luar yaitu membatasi arus awal yang besar). Tahanan luar ini kemudian perlahan dikurangi hingga nol sebagaimana kecepatan motor yang bertambah telah mencapai kecepatan penuh. Setelah mencapai kecepatan penuhnya, 3 buah sikat akan terhubung singkat (tanpa tahanan luar). Motor induksi jenis ini mempunyai arus awal yang rendah dan torsi awal yang tinggi.



Gambar 2.10 Bentuk Rotor Belitan



Gambar 2.11 Skematik Diagram Motor Induksi Rotor Belitan

Rotor dari motor rotor lilitan atau motor cincin slip dililit dengan lilitan berisolasi yang serupa dengan lilitan stator. Lilitan tiga fasa ini dihubungkan secara Y dengan ujung terbuka dari setiap lilitan fasa yang dihubungkan ke cincin slip. Tahanan variable luar hubungan Y dihubungkan ke rangkaian rotor melalui cincin slip.<sup>7</sup>

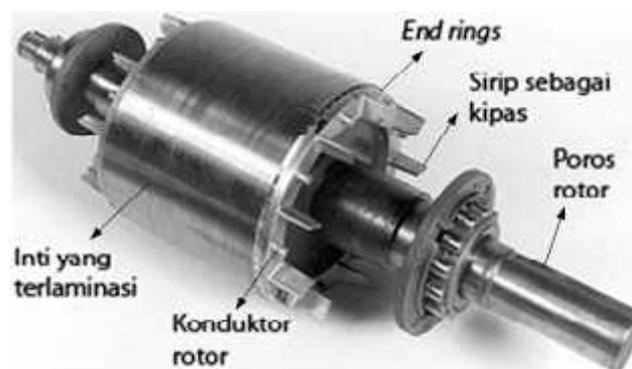
## 2. Rotor sangkar

Jenis motor induksi ini terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi dan batang konduktor yang mengitarinya, tumpukan besi yang dilaminasi tersebut disatukan untuk membentuk inti rotor. Aluminium (sebagai batang konduktor) dimasukan ke dalam slot dari inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti rotor. Rotor yang terdiri dari

<sup>7</sup> Lister, *Mesin dan rangkaian listrik edisi keenam*



sederetan batang-batang konduktor yang terletak pada alur-alur sekitar permukaan rotor, ujung-ujungnya dihubung singkat dengan menggunakan cincin hubung singkat (shorting ring) atau disebut juga dengan end ring. Motor induksi jenis ini tidak terdapat komutator sehingga tidak memercikan bunga api. Motor induksi jenis ini mempunyai arus awal tinggi, torsi awal rendah dan Kapasitas Overload tinggi.<sup>8</sup>



Gambar 2.12 Bentuk Rotor Sangkar

## 2.6 Motor Induksi Jenis Slipring

Motor rotor lilit atau motor cincin geser (slip-ring), seperti namanya rotor motor dililit dengan lilitan kawat berisolasi yang serupa dengan lilitan stator. Lilitan rotor dihubungkan bintang (Y) dan ujung lilitan dihubungkan dengan resistansi luar melalui cincin-slip yang terpasang pada poros rotor. Pengontrol dengan variasi resistansi dalam sirkit rotor adalah untuk mengatur kecepatan dan percepatan motor.

Motor slipring atau sering disebut motor rotor lilit termasuk motor induksi 3 fasa dengan rotor belitan dan dilengkapi dengan slipring yang dihubungkan dengan sikat arang ke terminal. Motor slipring dirancang untuk daya yang besar.

<sup>8</sup> Zainal Abidin, *motor induksi 3 fasa*, diakses dari <http://bungaelin19.blogspot.com/2013/02/motor-induksi-3-fasa.html>, pada tanggal 17 april pukul 22.03



Resistansi luar dimasukkan dalam sirkit rotor ketika motor di-start. Penambahan resistansi pada sirkit rotor selama periode start menghasilkan torsi start tinggi. Jika motor melakukan percepatan, resistansi luar berangsur-angsur berkurang. Dengan cara ini torsi motor dikendalikan sehingga selama periode start tersedia nilai torsi maksimum. Cincin slip di short-kan ketika motor mencapai kecepatan penuh.

Starter motor slip-ring terdiri dari kontaktor utama (main contactor) yang menghubungkan sirkit primer (belitan stator) dengan line dan atau lebih kontaktor percepatan bertahap (step contactor) untuk memindahkan resistansi luar dari sirkit rotor secara berangsur-angsur.



a. Tampak Luar

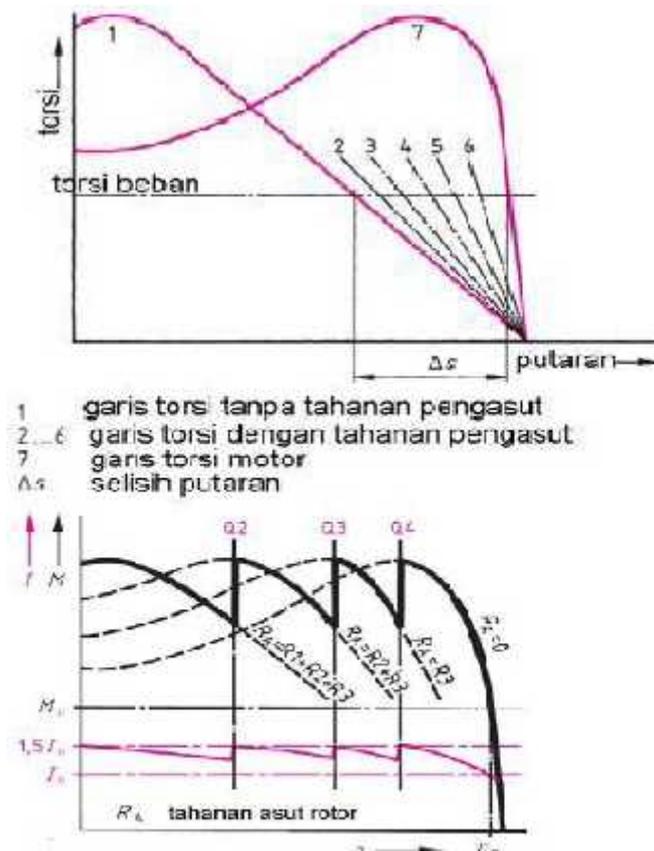


b. Tampak Dalam

Gambar 2.13 Motor Induksi

## 2.7 Karakteristik Motor Induksi Slipring

Resistansi luar dimasukkan dalam sirkit rotor ketika motor di-start, penambahan resistansi pada sirkit rotor selama periode start menghasilkan torsi start tinggi. Jika motor melakukan percepatan, resistansi luar berangsur-angsur dikurangi. Dengan cara ini torsi motor dikendalikan sehingga selama periode start tersedia torsi maksimum. Cincin slip-ring dihubungkan-pendekkan ketika motor mencapai kecepatan penuh. Contoh karakteristik motor slipring dengan empat tahapan :



Gambar 2.14 Karakteristik Motor Slipring

Momen motor rotor lilit dengan empat tahapan. Tahap pertama yang saat Q1 kondisi ON dan Q2+Q3+Q4 posisi OFF maka rangkaian tahanan rotor besarnya maksimum, besarnya arus starting 1,5 In sampai beberapa saat ke tahap kedua. Tahap kedua Q2 kondisi ON Dan Q3+Q4 posisi OFF, arus starting 1,5 In menuju In sampai tahap ketiga. Tahap ketiga Q3 kondisi ON dan Q4 posisi OFF, arus starting kembali ke posisi 1,5 In dan terakhir posisi tahap keempat saat Q4 ON semua resistor dihubungsingkatkan, dan motor slipring bekerja pada kondisi nominal.

Resistansi rotor luar dibuat bertahap dengan empat tahapan. Saat tahap-1 nilai resistor maksimum kurva torsi terhadap slip, berikutnya tahap 2, 3, dan tahap



4. Antara tahap 1 sampai dengan tahap 4 selisih slip sebesar  $s$ . Dengan demikian pengaturan resistor rotor juga berfungsi mengatur putaran rotor dari putaran rendah saat tahap-1 menuju putaran nominal pada tahap-4.

## 2.8 Metode Pengasutan Motor

### 2.8.1 Metode *Direct on Line* (DOL)

*Starting* motor induksi dapat dihubungkan secara langsung (DOL). Ketika motor dengan kapasitas yang sangat besar di-*start* dengan *direct-on-line*, tegangan sistem akan terganggu (terjadi *voltage dip* pada jaringan suplai) karena adanya arus *starting* yang besar. Gangguan tegangan ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronis yang lain yang terhubung dengan sumber.

### 2.8.2 Metode *Autotransformer*

Salah satu cara untuk mengurangi tegangan terminal ke motor adalah dengan cara menurunkannya dengan menggunakan trafo. Kemudian, ketika motor telah mencapai percepatan yang mendekati kecepatan maksimum, tegangan yang telah diturunkan akan dikembalikan lagi ke normal. Kondisi *starting* motor bergantung pada posisi *tapping* pada belitan trafo. Biasanya terdapat tiga atau lebih pilihan *tapping* yang disediakan sebagai alternatif kondisi *starting*, seperti : 40 %, 60 %, atau 75 % tegangan saluran.

### 2.8.3 Metode *Star-Delta*

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut : pada posisi *start*, belitan terhubung bintang/*star*, sedangkan pada posisi *running* belitan terhubung delta. Tegangan yang melewati masing-masing fase belitan pada posisi *start* bintang adalah 58 % atau  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dari tegangan hubungan delta, dengan konsekuensi arus yang mengalir berkurang saat *starting*.

### 2.8.4 Metode Resistansi luar

Dapat dikatakan bahwa untuk membatasi arus *starting*, resistor menambah impedansi pada rangkaian AC yang sebanding dengan nilai induktansi

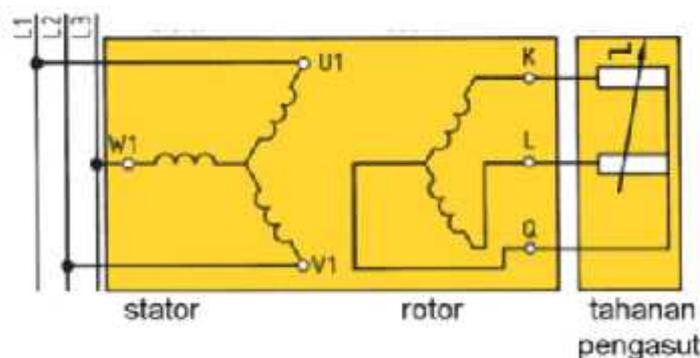


dan frekuensi yang digunakan. Jatuh tegangan pada saluran mungkin bisa lebih kecil karena pengasutan dengan resistor mempunyai faktor daya yang lebih baik.<sup>9</sup>

## 2.9 Pengasutan pada motor slipring

Motor slipring pada terminal box memiliki sembilan terminal, enam terminal terhubung dengan tiga belitan stator masing-masing ujungnya ( $U1-U2$ ,  $V1-V2$  dan  $W1-W2$ ), tiga terminal ( $K-L-M$ ) terhubung ke belitan rotor melalui slipring. Ada tiga cincing yang disebut slipring yang terhubung dengan sikat arang. Sikat arang ini secara berkala harus diganti karena akan memendek / aus.

Pengasutan rotor lilit belitan rotor yang ujungnya terminal  $K-L-M$  dihubungkan dengan resistor luar yang besarnya bisa diatur. Dengan mengatur resistor luar berarti mengatur besarnya resistor total yang merupakan jumlah resistansi rotor dan resistansi luar ( $R_{rotor} + R_{luar}$ ), sehingga arus rotor  $I_2$  dapat diatur. Ketika resistor berharga maksimum, arus rotor yang mengalir minimum, sekaligus memperbaiki faktor kerja motor. Kelebihan pengasutan rotor lilit yaitu diperoleh torsi starting yang tinggi, dengan arus starting yang tetap terkendali.



Gambar 2.15 Tahanan asut Rotor

<sup>9</sup> Babychokim, pengasutan motor listrik, diakses dari <https://babychokim.wordpress.com/2014/05/17/pengasutan-motor-listrik/>, pada tanggal 15 april 2015 pukul 19.55



## 2.10 Drop Tegangan Saat Pengasutan Motor

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 5 – 10 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting*/pengasutan yang cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan kedip tegangan sesaat. Akibat yang timbul karena terjadinya kedip tegangan antara lain :

1. Torsi transien *shaft* pada motor, yang dapat menyebabkan *hang* yang berlebihan pada sistem mekanik.
2. *Drop* tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
3. Dis-fungsi dari kinerja peralatan-peralatan lain, seperti : rele, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpanan data), dan terjadinya *flicker* pada penerangan yang dapat mengganggu.

Pada saat operasi normal, lilitan rotor dapat dihubungkan secara langsung pada sikat-sikatnya. Lilitan rotor dirancang mempunyai tahanan yang rendah, sehingga efisiensi operasi tinggi dan slip beban penuh rendah. Disamping digunakan bagi keperluan awal kerja yang sangat jelek, motor induksi rotor terlilit dapat digunakan untuk penggerak yang kecepatannya dapat diatur.<sup>10</sup>

Jika kita bandingkan antara rotor sangkar tupai dan rotor lilit maka ada perbedaan sebagai berikut :

1. Karakteristik motor induksi rotor sangkar sudah fixed, sedangkan pada motor induksi dengan rotor lilit masih dimungkinkan adanya variasi karakteristik dengan cara menambahkan rangkaian luar melalui slipring.

<sup>10</sup> Ir.Djoko achyanto, M. Sc.EE, *Mesin-mesin Listrik edisi keempat*.



2. Jumlah kutub pada rotor sangkar tupai menyesuaikan terhadap jumlah kutub pada lilitan statornya, sedangkan jumlah kutub pada rotor lilit sudah tertentu.

Keuntungan dari motor induksi dengan rotor lilit adalah bahwa motor ini dapat ditambah dengan tahanan luar. Hal ini sangat menguntungkan untuk starting motor pada beban yang berat dan sekaligus sebagai pengatur putaran motor. Motor rotor lilit mempunyai lilitan stator dan lilitan rotor. Lilitan rotor (jangkar) dan lilitan stator mempunyai jumlah kutub sama. Lilitan stator sama seperti pada lilitan stator motor rotor sangkar. Lilitan rotor dapat disambung bintang maupun segitiga, tetapi biasanya dalam hubungan bintang.<sup>11</sup>

Sebelum motor distart, semua tahanan dalam posisi maksimum selama menjalankan hingga terjadi putaran yang dikehendaki. Tahanan RL sedikit demi sedikit dikurangi dan akhirnya pengaturan sampai pada keadaan akhir. Pada keadaan ini, rotor telah dihubungsingkat. Tahanan itu sendiri kemudian tidak lagi mempunyai peranan. Oleh karena itu, setelah pengatur berada pada keadaan akhir, supaya cincin-cincin dan sikat-sikat tidak cepat aus, sikat itu diangkat setelah rotor dihubungsingkat.

Rotor luar dibuat dari bahan yang mempunyai tahanan besar, induktansi kecil. Contohnya aluminium, kuningan, perunggu. Sedangkan pada rotor dalam dibuat dari bahan yang mempunyai tahanan kecil, induktansi besar. Contohnya tembaga.

Cara lain untuk mendapatkan tahanan yang berbeda adalah dengan membuat diameter yang berbeda. Rotor luar dengan kawat yang berdiameter kecil sedangkan untuk rotor dalam dibuat dengan kawat berdiameter besar.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Drs. Sumanto, M.A, *Motor listrik arus bolak balik*. Yogyakarta:Andi offset.

<sup>12</sup> Drs. Sumanto, M.A, *Motor listrik arus bolak balik*. Yogyakarta:Andi offset.



Motor sinkron terdiri dari :

- Stator (bagian yang diam) : terdiri dari belitan-belitan stator. Pada belitan stator tersebut diberi aliran listrik, untuk menghasilkan fluks magnet stator (medan putar).
- Rotor (bagian yang berputar) : terdiri dari belitan-belitan penguat, inti magnet dan slipring / sikat. Sikat ini berfungsi untuk memasukkan listrik DC pada belitan penguat sehingga timbul kutub magnet pada rotor.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Drs. Sumanto, M.A, *Motor listrik arus bolak balik*. Yogyakarta: Andi offset.