

## BAB II

### KAJIAN TEORI & KERANGKA BERPIKIR

#### 2.1 Analisis

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) arti dari kata analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan sebagainya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-musabab, duduk perkaranya, dan sebagainya).<sup>1</sup> Menurut Komarudin, analisis adalah kegiatan berpikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen-komponen sehingga dapat mengenal tanda-tanda komponen, hubungannya satu sama lain dan fungsi masing-masing dalam suatu keseluruhan yang terpadu.<sup>2</sup> Dapat disimpulkan bahwa analisis adalah suatu kegiatan berpikir dalam menyelidiki dan menguraikan suatu peristiwa secara keseluruhan menjadi komponen-komponen sehingga dapat diketahui keadaan sebenarnya, mengenal tanda-tanda komponen, hubungan satu sama lain, dan fungsi masing-masing yang terpadu.

#### 2.2 Daya

Pengertian daya pada mekanika menjadi dasar penurunan daya pada listrik dinamik. Pada mekanika, yang dimaksud dengan daya adalah kecepatan melakukan usaha. Adapun, pada listrik dinamik, daya listrik adalah jumlah

---

<sup>1</sup> Tim Penyusun, *Kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa* (Jakarta: Balai Pustaka, 1996), h.779.

<sup>2</sup> Komaruddin, *Ensiklopedia Manajemen* (Jakarta: Bumi Aksara, 1994), h.31.

energi listrik yang digunakan tiap detik. Besar daya listrik dirumuskan sebagai berikut.

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Karena  $W = V.I.t$ , maka persamaan daya listrik dapat ditulis sebagai berikut.

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2)$$

Adapun, menurut Hukum Ohm  $V = I \cdot R$  sehingga persamaan daya juga dapat ditulis sebagai berikut.<sup>3</sup>

$$P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

P = daya listrik satuannya watt (W)

V = tegangan listrik satuannya volt (V)

I = kuat arus listrik satuannya ampere (A)

R = hambatan listrik satuannya ohm ( $\Omega$ )

---

<sup>3</sup> Linsley, Trevor, 2004, *Instalasi Listrik Tingkat Lanjut*. Jakarta, Penerbit Erlangga, h.117.

### 2.2.1. Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut :

$$\text{Untuk satu fasa } P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Untuk tiga fasa } P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(5)$$

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

### 2.2.2. Daya Reaktif

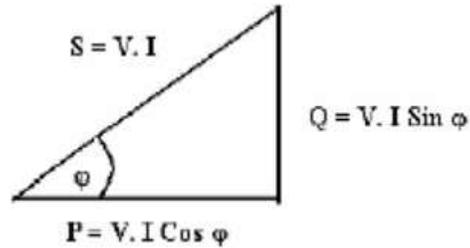
Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

$$\text{Untuk satu fasa } Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Untuk Tiga fasa } Q = 3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(7)$$

### 2.2.3. Daya Semu

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA



**Gambar 2.1 Penjumlahan trigonometri daya aktif, reaktif dan semu**

Sumber : blog referensi <sup>4</sup>

### 2.2.4. Faktor Daya

Faktor daya (Cos ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya semu (VA) yang digunakan dalam listrik arus bolak balik (AC) atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \phi$  . <sup>5</sup>

#### 1. Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

---

<sup>4</sup> electrical17.wordpress.com

<sup>5</sup> Neidle, Michael. 1991. *Teknologi Instalasi Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, h. 83

1. Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif

2. Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut  $\phi$

2. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif

2. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut  $\phi$

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} = \frac{kW}{kVA} = \frac{V.I.\cos\phi}{V.I} = \cos\phi \dots\dots\dots(8)$$

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

$$\tan \phi = \frac{\text{Daya Reaktif (Q)}}{\text{Daya Aktif (P)}} = \frac{kVAR}{kW} \dots\dots\dots(9)$$

Karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berubah sesuai dengan faktor daya), dapat juga di tulis sebagai berikut:

$$\text{Daya Reaktif (Q)} = \text{Daya Aktif (P)} \times \tan \phi \dots\dots\dots(10)$$

### 2.3 Energi

Energi listrik dapat berubah menjadi bentuk energi lain. Untuk mengubah energi listrik menjadi energi lain diperlukan alat listrik. Setrika merupakan alat listrik yang memiliki hambatan, jika digunakan memerlukan tegangan, arus listrik, dan waktu penggunaan. Hambatan, tegangan, kuat arus, dan waktu itulah yang mempengaruhi besar energi listrik

Dengan demikian, besar energi listrik dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

$W$  = besar energi listrik (joule)

$V$  = besar tegangan listrik (volt)

$I$  = besar kuat arus listrik (ampere)

$t$  = selang waktu (sekon)

Berdasarkan rumus di atas dapat dikatakan bahwa besar energi listrik bergantung oleh tegangan listrik, kuat arus listrik, dan waktu listrik mengalir.

Energi listrik akan makin besar, jika tegangan dan kuat arus makin besar serta selang waktu makin lama. Karena menurut Hukum Ohm  $V = I \cdot R$ , maka persamaan tersebut dapat diturunkan menjadi persamaan berikut.<sup>6</sup>

$$W = I^2 R t = \frac{V^2}{R} t \dots\dots\dots(12)$$

## 2.4 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar misalnya : *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Biasanya motor listrik digunakan sesuai kebutuhannya dengan melihat spesifikasi tenaga (satuan Pk atau dk) dan torsi yang dihasilkan serta daya listrik yang digunakan. Semakin besar tenaga dan torsi yang dihasilkan semakin besar pula daya listrik yang dipakai. Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama.

---

<sup>6</sup> Wariyono, Sukis. 2008. *Mari Belajar Ilmu Alam Sekitar*. Jakarta: Penerbit Grasindo, h. 169

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/*torque* untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

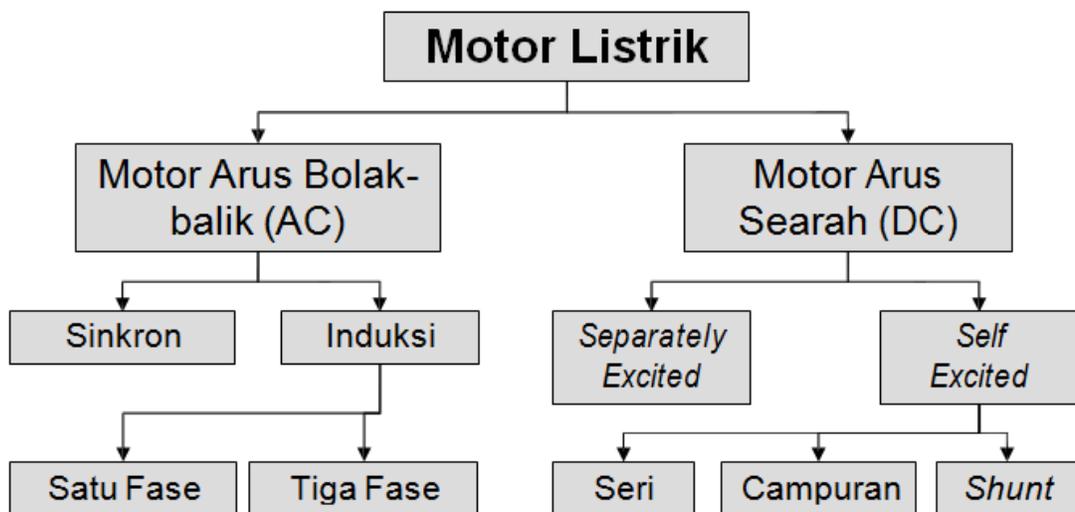
Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/*torque* sesuai dengan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan dalam tiga kelompok (BEE India, 2004):

1. Beban torsi konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
2. Beban dengan variabel torsi adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel

*torque* adalah pompa sentrifugal dan *fan* (*torque* bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).

3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

Motor listrik dibagi menjadi 2 macam berdasarkan sumber arusnya yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC. Motor listrik AC digerakkan dengan menggunakan sumber arus bolak-balik, sedangkan motor listrik DC menggunakan arus searah. Berikut diagram jenis motor listrik berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi.



Gambar 2. Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

Penentuan motor penggerak yang digunakan, dapat dilihat atas faktor penentu performa sebuah motor. Adapun faktor tersebut adalah daya,

torsi, dan kecepatan.<sup>7</sup> Daya, torsi dan kecepatan adalah karakteristik dasar dari sebuah motor yang secara bersama-sama menentukan kemampuan motor dalam melakukan pekerjaan tertentu. Pada prinsipnya setiap jenis motor listrik dapat digunakan dalam perancangan mesin otomatis yang dimungkinkan pengontrolan secara elektronik terhadap kecepatan dan dayanya, sesuai dengan yang dikehendaki.

Setiap motor memiliki dua bagian mendasar :

- a. bagian yang tetap atau stasioner disebut stator, stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (*electromagnet*) ataupun magnet permanen.
- b. bagian yang berputar disebut rotor (*armature*). Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

Arus mengalir ke koil melalui sikat-sikat yang selalu berhubungan dengan komutator, yang ditekan oleh pegas. Aliran arus pada koil akan menghasilkan medan magnet dari magnet stator, sehingga menyebabkan koil berputar ke arah yang di tunjukkan panah. Sehingga koil akan berputar secara konstan dan akan menghasilkan daya. Pada motor umumnya memiliki banyak segmen dan koil dalam jumlah yang banyak pula. Hal ini akan menghasilkan putaran-putaran yang lebih halus dan torsi yang lebih besar. Disamping itu juga, jumlah kutub magnet juga

---

<sup>7</sup> d Sharon, dkk. 2003. *Robot dan otomasi industri*. Jakarta : Gramedia h. 109

terdapat lebih dari dua dan biasanya serupa *electromagnet*, bukan magnet permanen.

### **2.4.1. Motor AC**

#### **a. Pengertian**

Gede (2013) mengemukakan bahwa Motor AC adalah adalah motor listrik yang digerakkan oleh arus bolak-balik (*Alternating Current*). Jadi perbedaan utama motor AC dan motor DC adalah sumber arusnya. Motor AC dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu motor sinkron dan motor induksi/motor asinkron.

Motor sinkron didefinisikan sebagai motor yang memiliki *output* kecepatan putaran motornya yang sinkron/sebanding (tanpa slip) dengan frekuensi listrik yang masuk ke statornya.

Sedangkan motor induksi didefinisikan sebagai motor yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya. 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.

#### **b. Konstruksi Motor AC**

Seperti motor-motor jenis lainnya, menurut Gede (2013) motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting sebagai berikut:

a. Stator yaitu bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.

b. Celah (*air gap*) yaitu celah udara antara stator dan rotor. *Air gap* ini merupakan tempat berpindahnya energi dari startor ke rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga meyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin.

c. Rotor, yaitu bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Menurut Gede (2013)

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

a. Rotor sangkar (*squirrel cage*) adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang alumunium / tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.

b. Rotor kumparan (*wound rotor*) adalah kumparan yang dihubungkan bintang dibagian dalam dan ujung yang lain dihubungkan dengan slipring ke tahanan luar. Kumparan sendiri dapat dikembangkan menjadi pengaturan kecepatan putaran motor. Pada kerja normal *slipring* hubung singkat secara otomatis, sehingga rotor bekerja seperti rotor sangkar.

c. Klasifikasi Motor AC

Motor AC dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor asinkron atau biasa juga disebut motor induksi dan motor sinkron.

a. Motor asinkron/induksi

Motor induksi didefinisikan sebagai motor yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya. 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. (Gede, 2013).

1). Prinsip Kerja

Nugraha (2011) mengemukakan bahwa motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari

kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi dan 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. 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.

Menurut Azhary (2011) jika dijelaskan secara sistematis maka prinsip kerja motor induksi itu sebagai berikut:

a). Pada keadaan beban nol ketiga fasa stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa yang setimbang menghasilkan arus pada tiap belitan fasa.

b). Arus pada tiap fasa menghasilkan fluksi bolak-balik yang berubah-ubah.

c). Amplitudo fluksi yang dihasilkan berubah secara sinusoidal dan arahnya tegak lurus terhadap belitan fasa.

d). Akibat fluksi yang berputar timbul ggl pada stator motor yang besarnya adalah  $e_1 = -N \frac{d\Phi}{dt}$  ( Volt ) atau  $4,44FN_1 \Phi$  ( Volt ).

e). Penjumlahan ketiga fluksi bolak-balik tersebut disebut medan putar yang berputar dengan kecepatan sinkron  $n_s$ , besarnya nilai  $n_s$  ditentukan oleh jumlah kutub  $p$  dan frekuensi stator  $f$  yang dirumuskan dengan  $N_s = 120 F / P$  ( rpm ).

f). Fluksi yang berputar tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi

(ggl) sebesar  $E_2$  yang besarnya  $4,44FN_2 \Phi$  ( Volt ) dimana :

$E_2$  = Tegangan induksi pada rotor saat rotor dalam keadaan diam  
(Volt)

$N_2$  = Jumlah lilitan kumparan rotor

$\Phi_m$  = Fluksi maksimum (Wb)

g). Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl tersebut akan menghasilkan arus  $I_2$ .

h). Adanya arus  $I_2$  di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya  $F$  pada rotor.

i). Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya  $F$  cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah medan putar stator.

j). Perputaran rotor akan semakin meningkat hingga mendekati kecepatan sinkron. Perbedaan kecepatan medan stator ( $n_s$ ) dan kecepatan rotor ( $n_r$ ) disebut slip ( $s$ ) dan dinyatakan dengan

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

k). Pada saat rotor dalam keadaan berputar, besarnya tegangan yang terinduksi pada kumparan rotor akan bervariasi tergantung besarnya slip. Tegangan induksi ini dinyatakan dengan  $E_{2s}$  yang besarnya  $E_{2s}$

$$= 4,44FN^2 \Phi_m \text{ ( Volt )}$$

Dimana:

$E_{2s}$  = tegangan induksi pada rotor dalam keadaan berputar (Volt)

$f_2 = s.f$  = frekuensi rotor (frekuensi tegangan induksi pada rotor dalam keadaan berputar)

1). Bila  $n_s = n_r$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan rotor, karenanya tidak dihasilkan kopel. Kopel ditimbulkan jika  $n_r < n_s$ .

## 2. Pengaplikasian Motor Induksi

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 3-fasa dan motor induksi 1-fasa. Motor induksi 3-fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3-fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri, sedangkan motor induksi 1-fasa dioperasikan pada sistem tenaga 1-fasa yang banyak digunakan terutama pada penggunaan untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya. Keuntungan penggunaan motor induksi:

1. Konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila rotor dengan motor sangkar.
2. Harganya relatif murah dan keandalannya tinggi.
3. Effisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil.
4. Biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Kerugian penggunaan motor induksi:

1. Kecepatan tidak mudah dikontrol.
2. Power faktor rendah pada beban ringan. ‘
3. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal.

b. Motor Sinkron

Gede (2013) mengemukakan bahwa *Synchronous Motor* atau motor sinkron atau motor serempak didefinisikan sebagai motor yang memiliki output kecepatan putaran motornya yg sinkron/sebanding (tanpa slip) dengan frekuensi listrik yg masuk ke statornya. Karakteristik dari motor ini adalah putarannya konstan meskipun beban motor berubah-ubah.

Motor akan melepaskan kondisi sinkronnya apabila beban yang ditanggung terlalu besar (*Torsi Pull-out*). Kurangan motor sinkron adalah ketidakmampuannya melakukan start awal. Hal ini dikarenakan motor sinkron tidak memiliki torsi start awal.

Oleh karena itu, motor sinkron memerlukan beberapa alat bantu untuk membantu proses start awal sehingga masuk didalam kondisi sinkron. Berbeda dengan motor induksi dimana rotor memiliki slip terhadap stator. Kecepatan rotor terlambat dari perputaran fluks stator supaya arus induksi terjadi pada rotor. Jika induksi rotor motor tersebut

itu bertujuan untuk mencapai kecepatan sinkron, maka tidak ada garis gaya yang memotong melalui rotor, sehingga tidak ada arus yang akan diinduksikan ke rotor dan tidak ada torsi yang akan ditimbulkan. Setelah kecepatan motor sinkron mendekati/mencapai kecepatan sinkron, barulah kemudian eksitasi dimasukkan.

Selain digunakan sebagai motor penggerak, motor sinkron sering pula dipergunakan sebagai perbaikan faktor daya; yaitu dengan jalan memberi penguatan lebih pada motor tersebut.

1). Konstruksi motor sinkron Motor sinkron terdiri dari dua bagian penting yaitu:

a) Rotor, yaitu bagian dari motor sinkron yang berputar. Perbedaan utama antara motor sinkron dan motor induksi adalah bahwa rotor motor sinkron berjalan pada kecepatan putar yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini menyebabkan medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor pada motor sinkron memiliki magnet permanen atau arus DC *excited*, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila di hadapkan pada medan magnet lainnya. Tipe rotor pada motor sinkron terbagi menjadi 2, yaitu *salient pole* (menonjol) dan *non-salient pole* (tidak menonjol). (Gede, 2013).

b. Stator, yaitu bagian dari motor sinkron yang diam. Stator pada motor sinkron menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan

frekuensi listrik yang dimasuk ke stator. Medan magnet di stator ini berputar pada kecepatan sinkron yang besarnya sebesar  $N_s = 120F/P$

Dimana:  $N_s$ = Kecepatan sinkron ,  $F$ = Frekuensi,  $P$ = Jumlah kutub

## 2. Prinsip Kerja Motor Sinkron

Bila *field winding* dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa maka akan mengalir arus tiga fasa pada kumparan. Arus tiga fasa pada *field winding* ini menghasilkan medan putar homogen ( $B_s$ ). motor sinkron mendapat eksitasi dari sumber DC eksternal yang dihubungkan ke rangkaian rotor melalui slip ring dan sikat.

Arus DC pada rotor ini menghasilkan medan magnet rotor ( $B_r$ ) yang tetap. Kutub medan rotor mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron). Torsi yang dihasilkan motor sinkron merupakan fungsi sudut torsi ( $\delta$ ). Semakin besar sudut antara kedua medan magnet, maka torsi yang dihasilkan akan semakin besar seperti persamaan berikut :

$$T = k.B_r.B_s \sin \delta$$

Pada beban nol, sumbu kutub medan putar berimpit dengan sumbu kumparan medan ( $\delta = 0$ ). Setiap penambahan beban membuat medan motor “tertinggal” dari medan stator, berbentuk sudut kopel ( $\delta$ ); untuk kemudian berputar dengan kecepatan yang sama lagi. Beban

maksimum tercapai ketika  $\delta = 90$ . Penambahan beban lebih lanjut mengakibatkan hilangnya kekuatan torsi dan motor disebut kehilangan sinkronisasi. Oleh karena pada motor sinkron terdapat dua sumber pembangkit fluks yaitu arus bolak-balik (AC) pada stator dan arus searah (DC) pada rotor.

Ketika arus medan pada rotor cukup untuk membangkitkan fluks (ggm) yang diperlukan motor, maka stator tidak perlu memberikan arus magnetisasi atau daya reaktif dan motor bekerja pada faktor daya = 1,0. Ketika arus medan pada rotor kurang (penguat bekurang), maka baru stator akan menarik arus magnetisasi dari jala-jala, sehingga motor bekerja pada faktor daya terbelakang (*lagging*).

Sebaliknya bila arus pada medan rotor berlebih (penguat berlebih), kelebihan fluks (ggm) ini harus diimbangi, dan stator akan menarik arus yang bersifat kapasitif dari jala-jala, dan karenanya motor bekerja pada faktor daya mendahului (*leading*). Dengan demikian, faktor daya motor sinkron dapat diatur dengan mengubah-ubah harga arus medan (IF). (Gede, 2013).

### 3. Pengaplikasian Motor Sinkron

Motor Sinkron biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan juga industri seperti pada generator, conveyor, mesin penggilingan, mesin penghancur, kompresor, kompa-kompa sentrifugal.

Keuntungan penggunaan motor sinkron:

1. Daya motor sinkron lebih baik sehingga efisiensi energi sangat besar.
2. Putaran tidak berkurang meskipun beban bertambah.
3. Bila terjadi *overload*, motor akan langsung berhenti sehingga akan lebih aman.
4. Dapat memperbaiki faktor daya.
5. Dapat beroperasi pada penyetelan arus penguat medan.

Kerugian penggunaan motor sinkron:

1. Motor sinkron lebih mahal dari motor induksi.
2. Tidak mampu menstart sendiri.
3. Tidak praktis bila digunakan sebagai pemutar.

#### **2.4.2. Motor DC**

Hanief (2013) mengemukakan bahwa Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar

pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula.

Sebuah motor DC terdiri dari komponen statis atau disebut stator dan komponen yang berputar pada sumbunya yang disebut rotor. Berdasarkan tipe mesinnya, baik stator maupun rotor mengandung konduktor untuk mengalirkan arus listrik yang berbentuk lilitan. Biasanya stator dan rotor dibuat dari besi untuk meperkuat medan magnet.

#### 1. Pengertian

Menurut Fahmizal (2012) Motor DC adalah piranti elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak rotasi. Pada motor DC terdapat jangkar dengan satu atau lebih kumparan terpisah. Tiap kumparan berujung pada cincin belah (komutator). Dengan adanya insulator antara komutator, cincin belah dapat berperan sebagai saklar kutub ganda (*double pole, double throw switch*).

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip gaya Lorentz, yang menyatakan ketika sebuah konduktor beraliran arus diletakkan dalam medan magnet, maka sebuah gaya (yang dikenal dengan gaya Lorentz) akan tercipta secara ortogonal diantara arah medan magnet dan arah aliran arus.

## 2. Konstruksi Motor DC

Menurut Marwan (2007) Belitan motor ini terdiri dari: <sup>8</sup>

1. Belitan jangkar
2. Belitan kutub bantu
3. Belitan Eksitasi/Belitan Medan

Sjatry (2013) Mengemukakan bahwa ada tiga komponen penting dalam motor DC yaitu:

### a. Kutub Medan

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan bearing pada ruang di antara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan, yaitu kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan di antara kutub – kutub dari utara menuju selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks, terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya luar sebagai penyedia struktur medan.

---

<sup>8</sup> Marwan. 2007. *Praktikum Mesin Listrik*. Makassar: Fakultas Teknik Politeknik Negeri Ujung Pandang

#### b. Rotor

Bila arus masuk menuju kumparan jangkar, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub – kutub, sampai kutub utara dan kutub selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arus berbalik untuk merubah kutub – kutub utara dan selatan rotor.

#### c. Komutator

Komponen ini terdapat pada motor DC dan berfungsi untuk membalikkan arah arus listrik dalam kumparan jangkar. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan jangkar dan saluran daya.

### 3. Prinsip Kerja Motor DC

Menurut Sjatry (2013) Sebuah motor DC magnet permanen biasanya tersusun atas magnet permanen, kumparan jangkar, dan sikat (brush). Medan magnet yang besarnya konstan dihasilkan oleh magnet permanen, sedangkan komutator dan sikat berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari sumber di luar motor ke dalam kumparan jangkar. Letak sikat di sepanjang sumbu netral dari komutator, yaitu sumbu dimana medan listrik

yang dihasilkan bernilai nol. Hal ini dimaksudkan agar pada proses perpindahan dari sikat ke komutator tidak terjadi percikan api.

#### 4. Klasifikasi Motor DC

##### a. Motor DC Shunt/Parallel

Kumparan medan sama seperti pada penguat terpisah, tetapi kumparan medan terhubung secara paralel dengan rangkaian rotor. Satu sumber yang sama digunakan untuk menyuplai kumparan medan dan rotor. Oleh karena itu, total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus jangkar. Kecepatan motor DC jenis ini pada prakteknya konstan, tidak tergantung pada beban (hingga torsi tertentu setelah kecepatannya berkurang). Oleh karena itu, motor DC jenis ini cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin. (Sjatry, 2013).

Menurut Hanief (2013) Karakter kecepatan motor DC tipe shunt adalah :

1. Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga *torque* tertentu setelah kecepatannya berkurang) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin.

2. Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

b. Motor Seri

Kumparan medan dihubungkan secara seri dengan kumparan jangkar. Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus jangkar. Pada saat kondisi awal, arus starting pada motor DC jenis ini akan sangat besar. Untuk itu, pada saat menjalankan motor harus disertai beban sebab apabila tanpa beban motor akan mempercepat tanpa terkendali. Kumparan medan terbuat dari sejumlah kecil kumparan dengan penampang kawat yang besar. Tipe demikian dirancang untuk mengalirkan arus besar dan terhubung seri/deret dengan kumparan rotor. Motor DC jenis ini cocok untuk penggunaan yang memerlukan torsi penyalan awal yang tinggi, seperti derek dan alat pengangkat *hoist*. (Sjatry, 2013).

Menurut Hanief (2013) Karakter kecepatan motor DC tipe seri adalah :

1. Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM.
2. Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

c. Motor DC kompon/kombinasi

Konfigurasi motor DC tipe ini menggunakan gabungan dari kumparan seri dan shunt/paralel. Pada motor DC jenis ini, kumparan medan dihubungkan secara paralel dan seri dengan kumparan jangkar. Dengan demikian, motor DC jenis ini akan memiliki torsi penyalan awal yang baik dan kecepatan yang stabil. Semakin tinggi persentase penggabungan, yaitu persentase kumparan medan yang dihubungkan secara seri, maka semakin tinggi pula torsi penyalan awal yang dapat ditangani. (Sjatry, 2013).

Menurut Hanief (2013) karakter dari motor DC tipe kompon/gabungan ini adalah, makin tinggi persentase penggabungan (yakni persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula *torque* penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.

5. Pengaplikasian Motor DC

Motor DC bisa digunakan di bidang robotika, misalnya sebagai roda *line tracer*, sebagai aktuator lengan robot. Di bidang persenjataan misalnya aktuator meriam otomatis, dan lain sebagainya.

### 2.4.3. Efisiensi Motor Listrik

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap masukan daya totalnya.”

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia. Motor baru lebih efisien.
2. Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis. Sebagai contoh, motor kandang tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin-geser
5. Suhu. Motor yang didinginkan oleh *fan* dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *screen protected drip-proof* (SPDP)
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi  $f$
7. Beban

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor.

Untuk alasan ini maka dalam mengkaji kinerja motor akan bermanfaat bila menentukan beban dan efisiensinya. Pada hampir kebanyakan negara, merupakan persyaratan bagi pihak pembuat untuk menuliskan efisiensi beban penuh pada pelat label motor. Namun demikian, bila motor beroperasi untuk waktu yang cukup lama, kadang-kadang tidak mungkin untuk mengetahui efisiensi tersebut sebab pelat label motor kadangkala sudah hilang atau sudah dicat.

Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya.

Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor.

Lembar fakta dari tabel memberikan nilai efisiensi motor untuk motor standar yang dapat digunakan jika pabrik pembuatnya tidak menyediakan data ini. Nilai efisiensi disediakan untuk:

1. Motor dengan efisiensi standar 900, 1200, 1800 dan 3600 rpm
2. Motor yang berukuran antara 10 hingga 300 HP
3. Dua jenis motor: motor anti menetes terbuka/ open drip-proof (ODP) dan motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total/ enclosed fan-cooled motor (TEFC)
4. Tingkat beban 25%, 50%, 75% dan 100%.

Lembar fakta juga menjelaskan tiga kategori metode yang lebih canggih untuk mengkaji efisiensi motor: peralatan khusus, metode perangkat lunak, dan metode analisis.

Dengan kata lain, survei terhadap motor dapat dilakukan untuk menentukan beban, yang juga memberi indikasi kinerja motor. Hal ini diterangkan dalam bagian berikut

#### **2.4.4. Beban motor**

Mengkaji beban motor

Karena sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan

meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh.

Bagaimana mengkaji beban motor

Persamaan berikut digunakan untuk menentukan beban:

$$\text{Beban} = \frac{P_i \times \eta}{\text{HP} \times 0,7457} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana,

$\eta$  = Efisiensi operasi motor dalam %

HP = Nameplate untuk Hp

Beban = Daya yang keluar sebagai % laju daya

$P_i$  = Daya tiga fasa dalam kW

Survei beban motor dilakukan untuk mengukur beban operasi berbagai motor di seluruh pabrik. Hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi motor yang terlalu kecil. (mengakibatkan motor terbakar) atau terlalu besar (mengakibatkan ketidak efisienan). US DOE merekomendasikan untuk melakukan survei beban motor yang beroperasi lebih dari 1000 jam per tahun.

Terdapat tiga metode untuk menentukan beban motor bagi motor yang beroperasi secara individu:

1. Pengukuran daya masuk. Metode ini menghitung beban sebagai perbandingan antara daya masuk (diukur dengan alat analisis daya) dan nilai daya pada pembebanan 100%.
2. Pengukurann jalur arus. Beban ditentukan dengan membandingkan amper terukur (diukur dengan alat analisis daya) dengan laju amper. Metode ini digunakan bila faktor daya tidak diketahui dan hanya nilai amper yang tersedia. Juga direkomendasikan untuk menggunakan metode ini bila persen pembebanan kurang dari 50%
3. Metode Slip. Beban ditentukan dengan membandingkan slip yang terukur bila motor beroperasi dengan slip untuk motor dengan beban penuh. Ketelitian metode ini terbatas namun dapat dilakukan dengan hanya penggunaan tachometer (tidak diperlukan alat analisis daya).<sup>9</sup>

#### **2.4.5 Pengasutan Pada Motor Induksi Tiga fasa**

Pengasutan pada Motor Induksi Tiga Fasa Pada motor induksi tiga fasa rotor yang banyak digunakan adalah rotor sangkar. Pada rotor sangkar terdapat alur-alur yang berpenampang bundar. Dalam alur-alur ini terdapat batang-batang kawat yang ujung-ujungnya saling dihubung singkat dengan cincin tembaga dan ditempatkan pada tepi muka dan tepi belakang dari besi rotor. Karena batang-

---

<sup>9</sup> Kusuma, Yuriadi. 2010 *Audit Energi*. Bandung : Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercu Buana

batang kawat dalam alur-alur rotor dihubungkan singkat maka tahanannya kecil sekali, dengan tahanan kecil maka pemakaian arus pada awal perputaran besar sekali.

Sesuai dengan penjelasan diatas maka motor induksi pada saat awal perputaran akan membutuhkan arus yang besar. Besarnya bahkan sampai 4 sampai 5 kali, bahkan ada yang sampai 7 kali dari besarnya arus stator pada waktu berputar normal dan beban penuh. Pemakaian arus start yang besar sekali antara 4 sampai 5 kali pada permulaan berjalan akan membutuhkan daya yang besar, hal ini menimbulkan kerugian pada industri yang memakai motor induksi tersebut. Untuk mengatasi pemakaian arus start yang besar maka dalam pengoperasian motor induksi tiga fasa menggunakan system pengasutan. Adapun macam-macam pengasutan ada dua yaitu *system direct on line* ( DOL ) dan sistem mereduser tegangan.

1. Sistem DOL ( *Direct On Line* ) Menjalankan motor dengan cara ini adalah menghubungkan motor langsung ke tegangan penuh. Tetapi cara ini kurang menguntungkan, karena adanya arus starting yang tinggi. Arus starting yang tinggi menyebabkan drop tegangan pada jaringan sehingga mengganggu sistem yang lain. Oleh karena itu sistem ini hanya digunakan untuk motor induksi rotor sangkar tiga fasa yang mempunyai daya kecil.
2. Mereduser ( memperkecil ) tegangan yang masuk ke motor. Cara ini dikenal dalam beberapa bentuk starting yaitu ;

- a. Starting menggunakan *Primary Resistance* yaitu pengasutan dengan memasang tahanan pada rangkaian primer ( stator ). Stater ini digunakan untuk menjalankan motor rotor sangkar tiga fasa dengan cara memperkecil tegangan masuk ke motor pada waktu start. Dengan waktu yang telah ditetapkan untuk lamanya starting, kemudian tahanan dapat dilepaskan kembali. Pada saat ini motor mengambil tegangan penuh dari jala-jala.
  
- b. Starting dengan menggunakan ototraformer yaitu pengasutan dengan cara memasang ototrafo yang ditempatkan pada rangkaian utama atau rangkaian primer ( stator ). Starting ini digunakan untuk menjalankan motor rotor sangkar tiga fasa dengan cara memperkecil tegangan masuk ke motor melalui ototrafo.
  
- c. Starting *Secondary Resistance*, pengasutan dengan memasang tahanan pada rangkaian sekunder ( rotor ). Cara pengasutan ini khusus hanya digunakan untuk motor rotor lilit ( motor slipring ).
  
- d. Starting bintang segitiga, starting ini berfungsi untuk mengatur hubungan stator motor pada waktu start ( bintang ) dan beberapa detik kemudian diatur menjadi hubungan segitiga ( motor running ). Pada saat motor dihubung bintang arus akan turun kira-kira  $\frac{1}{3}$  kali besarnya arus jika motor dijalankan ( start ) sebagai DOL. Kemudian motor dipercepat sampai pada putaran mencapai 80 % dari kecepatan sinkron untuk

perpindahan bintang ke segitiga. Pada waktu itu besarnya arus motor sama dengan besarnya arus running segitiga.<sup>10</sup>

#### **2.4.6. Pengereman Motor AC**

Sebuah motor akan berhenti bergerak bila diputus hubungan dari suplai daya. Waktu yang dibutuhkan oleh motor tersebut untuk benar-benar berhenti tergantung pada kelembaban motor, beban dan friksi motor itu sendiri. Apa bila kita berkeinginan mengontrol rate/tingkat gerak motor waktu bergerak pelan atau berhenti, maka memerlukan tindakan pengereman. Metode pengereman diterapkan berdasarkan pada aplikasi, daya yang ada, kebutuhan akan rangkaian, biaya dan hasil yang diharapkan. Terdapat berbagai cara agar pengereman motor bisa dilakukan termasuk cara-cara berikut:

- (1) Dengan memakai perangkat friksi mekanik untuk memberhentikan dan menahan beban,
- (2) Dengan memberi arus gerak rotasi motor,
- (3) Dengan menggunakan DC terhadap lilitan motor pada saat suplay ac diputus hubungan,
- (4) Mengandalkan energi yang dihasilkan motor pada saat motor tersebut digerakkan beban.

---

<sup>10</sup> Siswoyo. 2008. *Teknik Listrik Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Empat macam metoda pengereman yang banyak dipakai adalah sebagai berikut:

1. Mekanik : Sesuai dengan namanya, pengereman mekanik adalah cara memberhentikan motor listrik dengan memberlakukan gesekan atau friksi motor.
2. Dinamik : Pengereman dinamik adalah sebuah metoda pengereman untuk motor induksi AC dengan cara menerapkan sebuah sumber DC pada lilitan stator dari sebuah motor setelah suplai diputus hubungkan. Pengereman dinamik terkadang disebut juga sebagai pengereman elektronik.
3. Regeneratif : Pengereman jenis regeneratif motor AC adalah sebuah sistem pengoperasian dimana motor induksi digerakkan oleh beban diatas kecepatan sinkron. Pada saat motor digerakkan pada kecepatan sinkron tersebut, motor bertindak seperti sebuah generator induksi dan membentuk daya torsi pengereman. Energi yang dibentuk motor dialirkan kembali menuju saluran suplay.
4. Plug : Plug breaking merupakan pengereman motor dengan cara membalikkan arah motor sehingga motor dapat menghasilkan daya torsi penyeimbang dan membentuk daya perlambatan.<sup>11</sup>

## **2.5 Lift**

Lift merupakan kelompok mesin yang bekerja secara periodik untuk mengangkut muatan pada jalur tertentu.<sup>12</sup> Sedangkan pengertian lift adalah

---

<sup>11</sup>[http://www.academia.edu/7398791/Crane\\_dan\\_Elevator\\_Lift\\_BAB\\_XI\\_CRANE\\_DAN\\_ELEVATOR\\_LIFT](http://www.academia.edu/7398791/Crane_dan_Elevator_Lift_BAB_XI_CRANE_DAN_ELEVATOR_LIFT)  
12 N. Rudenko. 1996. *Mesin Pengangkat*. Jakarta: Penerbit Erlangga, h.11.

alat yang ditujukan khusus untuk mengangkat barang atau penumpang secara vertikal di dalam sangkar yang bergerak pada rel penuntun tetap.

Lift diklasifikasikan menjadi beberapa bagian : <sup>13</sup>

1. Lift Penumpang : merupakan lift yang sifatnya berfungsi dan sangat khusus untuk manusia.
2. Lift Barang : lift ini sangat khusus fungsinya untuk barang.
3. Lift Hidrolik : digunakan oleh pasukan pemadam kebakaran dan kapasitas daya angkutnya pun sangat terbatas.

#### **2.5.1. Berdasarkan jenis penggeraknya**

Lift dibedakan menjadi lift dengan sistem penggerak hidrolik dan lift sistem penggerak motor listrik.

1. **Sistem penggerak hidrolik** bekerja dengan mengangkat kereta penumpang dengan menggunakan silinder piston. Silinder tersebut dihubungkan dengan sistem pompa oli atau cairan lainnya yang bersifat *incompressible*.
2. **Sistem penggerak motor listrik** bekerja dengan mengangkat kereta dengan menggunakan tali baja atau *wire rope* yang dihubungkan pada puli

---

13 Kusuma, Yuriadi. 2005 *Sistem Mekanikal Gedung*. Bandung : Pusat Pengembangan Bahan Ajar

yang berada di motor listrik dan juga yang berada diatas kereta penumpang.<sup>14</sup>

### 2.5.2. Konsep dasar dari sistem penggerak dengan motor listrik

Dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

**1. Tarikan langsung (*drum type*) :** Cara operasi lift ini dengan menggulung tali baja pada tabung gulung. Pemakaian jenis lift ini pada lift penumpang tidak terlalu populer seperti pada lift traksi jenis motor *pully*, hal ini disebabkan adanya beberapa keterbatasan dalam pemakaian.

**2. Tarikan gesek (*traction drive*) :** dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *Geared Traction Machines* : digerakkan oleh motor listrik AC atau DC. Mesin pengarah menggunakan roda gigi cacing untuk mengontrol pergerakan sangkar mekanis lift dengan menggulung tali baja lebih dari satu alur pengarah yang terpasang pada *gearbox* dan digerakkan oleh motor dengan kecepatan tinggi. Sesuai dengan namanya, disain motor listrik ini menggerakkan sebuah *gear type reduction* unit yang memutar *hoisting sheave*. Walaupun lebih lambat dibanding *gearless elevator*, *gear reduction* memberikan keunggulan yaitu memerlukan motor dengan tenaga yang lebih kecil untuk memutar *sheave*. Lift ini bergerak dengan kecepatan 350 sampai 500 kaki per menit (1.75 sampai 2.5 meter per detik) dan mengangkat beban sampai 30.000 pound (13.600 kg). Rem yang dikendalikan dengan listrik

---

<sup>14</sup> Kusuma, Yuriadi. 2010 *Sistem Mekanikal Gedung modul 6*. Bandung : Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercu Buana

antara motor dan *reduction* unit menghentikan lift, dengan menahan sangkar lift di lantai yang dikehendaki.

*Gearless Traction Machines* : kecepatan rendah (*Low RPM*), torsi tinggi didukung oleh motor listrik AC atau DC. Dalam kasus ini, alur pengarah secara langsung menempel pada ujung motor. Lift semacam ini bergerak dengan kecepatan lebih dari 500 kaki per menit (2,54 meter per detik). Pada *Gearless Traction Machine*, kawat baja pilin atau *hoisting rope* dihubungkan dengan bagian atas sangkar lift dan dililitkan pada *drive sheave* di dalam alur khusus. Ujung yang satu lagi dari tiap kabel dihubungkan dengan sebuah *counterweight* yang turun naik di jalur angkat *guide rail*-nya sendiri. Gabungan berat sangkar lift dan *counterweight* menekan kabel ke dalam *drive sheave grooves*, dengan demikian memberikan daya tarik yang diperlukan pada saat *sheave* berputar. Teknologi *gearless* ini memungkinkan adanya gedung tertinggi di dunia saat ini. Mesin *gearless* memiliki motor kecepatan rendah dan puli katrol penggerak dihubungkan langsung ke poros motor.<sup>15</sup>

### **2.5.3. Komponen Utama Lift**

Terdiri dari dua bagian : ruang mesin (*machine room*) dan ruang luncur (*hoistway*)

#### **1. Komponen ruang mesin**

---

<sup>15</sup> <http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/494/jbptunikompp-gdl-agusnandar-24682-3-babii.pdf>

**a. Panel-panel Kontrol :**

1. Panel distribusi (*Distribution Panel*) adalah panel penerima daya listrik dari panel sumber listrik utama dalam bangunan dan diteruskan panel lift.



Gambar 2.3 Panel Sub Distribusi

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Panel Kontrol adalah terdiri dari satu atau beberapa panel yang berisi PCB dan komputer berfungsi untuk mengatur jalannya lift.

3. *Interphone* biasanya terletak pada panel kontrol lift atau pada lokasi yang mudah dicapai yang berfungsi untuk mengadakan komunikasi (dalam keadaan tertentu) antara MR, lift dan ruang katrol.

**b. Motor Traksi (*Traction Motor*) :**

1. Motor Traksi (*Traction Motor*) merupakan motor yang menggerakkan lift ke arah naik maupun turun. Ada yang dihubungkan langsung dengan roda gigi ataupun tanpa roda gigi. Untuk lift dengan roda gigi biasanya disatukan

dengan as yang dapat dipergunakan untuk penyelamatan penumpang dalam keadaan darurat.



Gambar 2.4 Motor Traksi

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Rem merupakan tabung rem (*Break Drum*) biasanya terletak antara motor traksi dan kotak roda gigi (*gear box*) berfungsi untuk mengerem lift secara mekanikal, pada keadaan normal pengereman pertama biasanya dilakukan secara elektris pada motor.

3. Pulli Tarik (*Driving Sheave*) terletak pada kotak roda gigi atau pada motor langsung, melalui gesekan tali baja (*wire rope*) merupakan penggerak langsung kereta lift.

**c. Governor dan selector :**

1. *Governor* merupakan alat pengaman kecepatan lebih (*over speed*) yang berhubungan langsung dengan alat pengaman pada kereta dengan kawat baja (*wire rope*) yang berfungsi pada arah gerak sangkar kebawah.



Gambar 2.5 Governor

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. Pita pemilih lantai (*Floor Selector*) biasanya untuk lift lama peralatan ini biasanya berdiri sendiri akan tetapi untuk lift jenis baru biasanya dipergunakan *encoder* yang disatukan dengan *governor* atau langsung ke as motor traksi. Fungsinya untuk mendeteksi posisi kereta dalam ruang luncur (*shaft*).

**d. Perlengkapan lainnya:**

1. Lampu penerangan.
2. Ventilasi terdiri dari satu atau lebih *exhaust fan* dan *grill*.

3. Peralatan Pengaman ditempat perkakas khusus untuk pembukaan rem pada motor traksi. Biasanya diletakkan didinding yang mudah dicapai.

Untuk lift dengan sistem kontrol komputer biasanya dilengkapi dengan alat pengatur udara (*air conditioning*).

## **2. Ruang Luncur (*Shaft, Hoistway*) :**

Ruang luncur adalah lubang lintasan dimana kereta tersebut bergerak naik dan turun. Lubang harus merupakan lubang tertutup dan tidak ada hubungan langsung ke ruang diluarnya (kecuali untuk lubang 2 buah lift yang berdampingan).

### **a. Ruang luncur (*Shaft, Hoistway*)**

Merupakan Lubang lintasan kereta lift yang bebas hambatan antara pit sampai pada bagian lantai bawah ruang mesin lift.

### **b. Rel (*Guide Rail*)**

Adalah profil baja khusus pemandu jalannya kereta (*car*) dan bobot pengimbang (*counter weight*), ukuran rel untuk kereta biasanya lebih besar dari pada rel untuk bandul pengimbang. Terpasang tegak lurus dari bawah sampai keatas. Adapun fungsi rel ada empat yaitu :

1. Sebagai pemandu jalannya kereta dan bobot imbang (*counter weight*) lurus vertikal.

2. Sebagai penahan agar kereta tidak miring saat pemuatan dan akibat beban tidak merata.
3. Sebagai sarana tempat memasang saklar, pengungkit (*Cam*) dan puli penegang.
4. Sebagai penahan saat kereta dihentikan oleh pesawat pengaman (*safety device/gear*)

#### **c. Sakelar batas lintas (*Limit Switch*)**

Ada dua jenis sakelar batas lintas untuk pembalik arah (*direction switch*) dan *final switch*, biasanya terpasang pada rel kereta, dipasang dibagian atas dan bagian bawah rel berfungsi untuk menjaga agar kereta tidak menabrak pit atau lantai kamar mesin.

#### **d. Pelat Bendera (*Floor vane*)**

Dipasang pada rel kereta yang fungsinya untuk mengatur pemberhentian kereta pada lantai yang dikehendaki dan mengatur pembukaan pintu pendaratan (*landing door*). Untuk jenis tertentu *landing vane* ini ditiadakan dan diganti dengan pulsa *detector (encoder)* di kamar mesin.

#### **e Pintu pendaratan (*Hall Door*)**

Terdiri dari beberapa bagian, antara lain : *door hanger*, *door sill* dan *door panel*. Berfungsi untuk menutup ruang luncur dari luar. Pada *hall door* ini

dipasang alat pengaman sehingga apabila salah satu pintu terbuka lift tidak dapat dijalankan.

### **3. Kereta (*Car*) :**

Kereta (*Car*) adalah kotak dimana penumpang naik dan dibawa naik atau turun. Kereta ini dihubungkan langsung dengan bobot imbang (*Couter Weight*) dengan tali baja lewat puli penggerak di ruang mesin.

#### **a. Rangka kereta**

Rangka Kereta terdiri dari:

1. *Cross head channel* atau disebut "*car sling*", yaitu rangka sebagai tempat tali baja tarik diikat dengan pegas dan baul soket dan dudukan sepatu luncur (*sliding guides*) atau roda pemandu (*roller guides*).
2. *Bottom channel*, rangka bawah tempat benturan *buffer* (disebut *safety plank*).
3. Dua buah tiang tegak kiri dan kanan (*up-right channels* atau *stiels*). Keempat bagian tersebut membentuk segi empat kokoh dengan plat baja penguat pada sudut-sudutnya.

#### **b. Pintu Kereta (*Car Door*)**

Terdiri dari beberapa bagian, antara lain: *door hanger*, *door sill*, *door panel* dan *mechanisme* yang mengatur buka tutup pintu. Berfungsi untuk menutup

kereta dari luar. Pada pintu kereta (*car door*) ini dipasang alat pengaman secara seri sehingga apabila pintu terbuka lift tidak dapat dijalankan.

**c. COP (*Car Operating Panel*)**

Ada satu atau lebih COP. Biasanya terletak pada sisi depan kereta (pada *front return panel*) pada panel tersebut terdapat tombol tombol lantai dan tombol pengatur buka-tutup pintu.

**d. *Interphone***

Biasanya terletak pada COP (atau pada lokasi yang mudah dicapai) yang berfungsi untuk mengadakan komunikasi (dalam keadaan tertentu ) antara kereta, kamar mesin (*Machine Room*) dan ruang kontrol gedung.

**e. *Alarm Buzzer***

Terletak pada COP (OPB). Berfungsi untuk memberi tanda bila lift berbeban penuh atau tanda-tanda lain.

**f. *Switching Box* (biasanya menjadi satu dengan COP)**

Biasanya terletak dibawah COP secara tertutup (yang dapat dibuka hanya dengan kunci khusus) didalamnya terletak tombol-tombol pengatur.

**g. *Floor indicator***

Adalah nomor penunjuk lantai dan arah jalannya kereta. Biasanya terletak di sisi atas pintu kereta (*transom*) atau pada COP.

**h. Lampu darurat (*Emergency lighting*)**

Biasanya terletak diatas atap kereta, fungsinya untuk menerangi kereta dalam keadaan darurat (listrik mati) dengan sumber dari baterai.

**i. Sakelar pintu darurat (*Emergency exit switch*)**

Terletak pada pintu darurat diatas kereta. Fungsinya untuk memastikan agar kereta tidak berjalan apabila pintu darurat dibuka untuk proses penyelamatan.

**j. Sakelar tali baja (*Rope switch*)**

Terletak diatas kereta pada bagian pengikat tali baja. Fungsinya untuk mematikan lift apabila ada salah satu *rope* yang kendor atau putus.

**k. *Safety Link***

Adalah mekanisme penggerak alat pengaman (*safety device*) diatas kereta yang dihubungkan dengan *governor* dikamar mesin. Berfungsi untuk menahan kereta *over speed* kebawah (dalam keadaan darurat).

**l. *Selector switch* (untuk lift jenis lama)**

Adalah mekanisme penggerak alat pengaman (*safety device*) diatas kereta yang dihubungkan dengan *selector elevator*. Berfungsi untuk memberhentikan kereta apabila *selector tape* mengalami kerusakan (dalam keadaan darurat).



Gambar 2.6 Kereta Lift

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4. Lekuk dasar (*Pit*)

Ruangan dibagian bawah dari ruang luncur yang fungsinya memberikan kesempatan kereta untuk menghabiskan tenaga kinetik yang diredam oleh *buffer* pada saat lift mengalami jatuh ke *pit*.

1. Peredam (*Buffer*) terletak di dua tempat, satu set untuk kereta dan satu set untuk beban pengimbang. Berfungsi untuk meredam tenaga kinetik kereta dan bobot imbang pada saat jatuh.
2. *Governor Tensioner* merupakan puli berbandul sebagai penegang *rope governor*, terletak di *pit*.

3. Stop kontak terletak didinding *pit* bagian depan sebagai sumber daya listrik sebagai penerangan *pit* pada saat melaksanakan perawatan atau perbaikan.

4. Sakelar lekuk dasar (*pit switch*) terletak didinding *pit* bagian depan sebagai merupakan sakelar pengaman bagi pekerja yang berada di *pit*

#### **5. Lobi lift (*Lift Hall*):**

1. Lobi lift (*Lift Hall*) adalah ruang bebas yang terletak didepan pintu *hall* lift.

2. Tombol Lantai (*Hall button*) adalah Tombol pemanggil kereta, di *hall*.

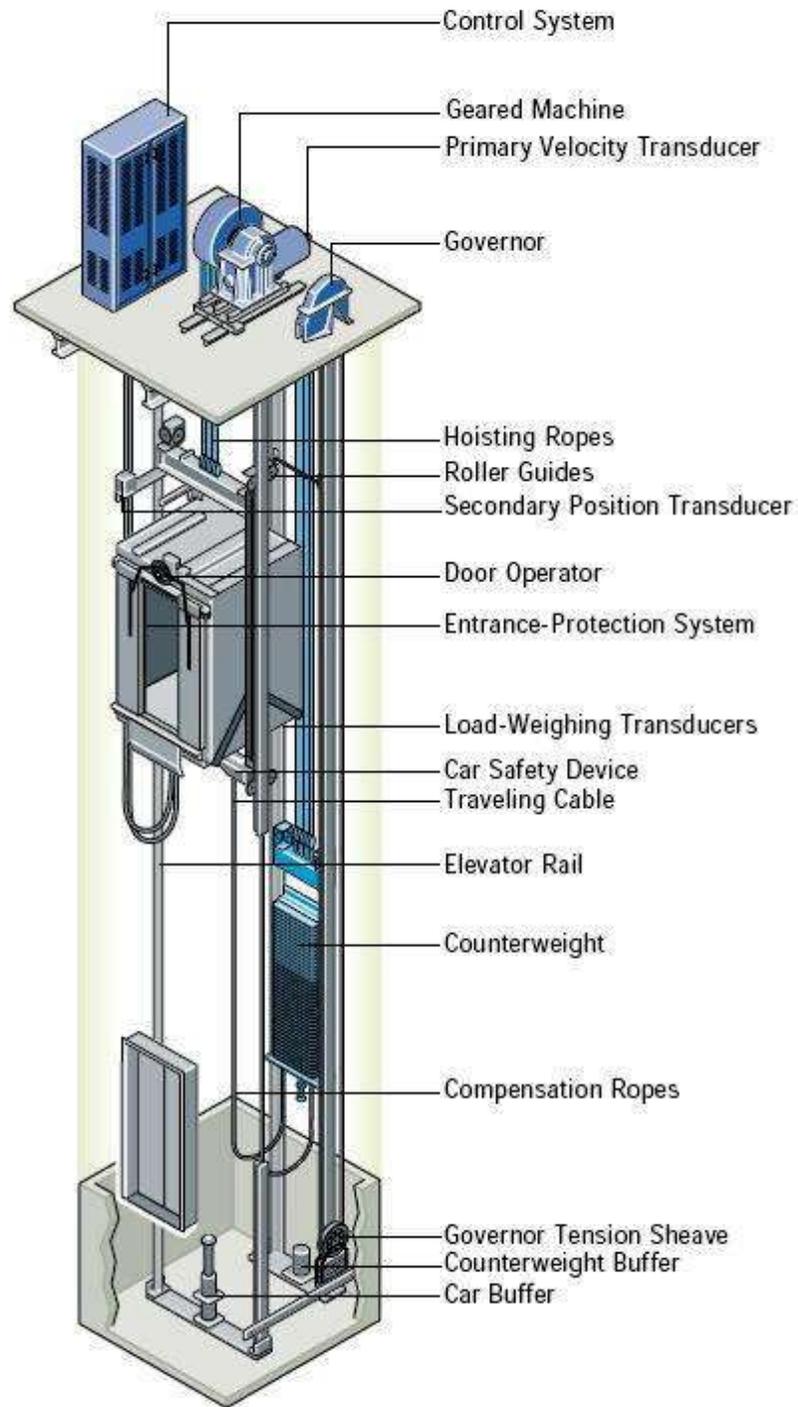
3. Sakelar Parkir (*Parking switch*) biasanya terletak di *lobby* utama didekat tombol lantai (*hall button*), berfungsi mematikan dan menjalankan lift.

4. Sakelar Kebakaran (*Fireman Switch*) biasanya terletak di *lobby* utama disisi atas *hall button*, berfungsi untuk mengaktifkan fungsi *fireman control* atau *fireman operation*.

5. Petunjuk Posisi Kereta (*Hall indicator*) biasanya terletak di transom masing-masing lift. Berfungsi untuk mengetahui posisi masing- masing kereta.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Suparman, Aplikasi Motor Listrik Pada Elevator



Gambar 2.7 Komponen Utama Elevator

Sumber : [www.electrical.knowhow.com](http://www.electrical.knowhow.com)

## 2.6 Kerangka Berpikir

Lift merupakan salah satu alat transportasi bangunan gedung yang sangat penting. Dengan adanya lift di bangunan gedung bertingkat membuat pekerjaan jadi lebih mudah, efektif, dan efisien bagi manusia. Karena manusia dapat naik/turun lantai sebuah gedung tinggi dalam beberapa detik maupun menit saja. Kini manusia tak perlu kerepotan untuk memindahkan barang berat hingga mencapai lantai ke dua puluh sekalipun pada suatu gedung, hanya dibutuhkan beberapa detik saja menggunakan lift. Inilah salah satu dari sekian banyak teknologi yang bermanfaat dan membantu pekerjaan manusia.

Lift bisa bekerja naik turun di karenakan ada yang menggerakkan yaitu motor listrik. Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Biasanya motor listrik digunakan sesuai kebutuhannya dengan melihat spesifikasi tenaga dan torsi yang dihasilkan serta daya listrik yang digunakan. Untuk menentukan motor penggerak yang digunakan, dapat dilihat atas faktor penentu performa sebuah motor. Adapun faktor tersebut salah satunya adalah daya.

Dikarenakan daya yang dikeluarkan motor listrik merupakan salah satu yang menentukan performa dari motor tersebut. Untuk itu sangat penting diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai bagaimana daya yang dikeluarkan motor listrik pada lift saat diberikan kondisi beban penumpang yang berbeda. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan analisa pengaruh perubahan beban penumpang terhadap daya yang dikeluarkan motor listrik penggerak lift di Gedung IDB II RD. Dewi Sartika melalui alat ukur Power Quality Analyzer, sehingga dengan melakukan pengukuran tersebut dapat mengevaluasi berapa banyak daya yang dikeluarkan motor listrik saat diberi kondisi berat penumpang yang berbeda-beda.