



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis.<sup>1</sup> Sebuah motor listrik berfungsi untuk mengubah daya listrik menjadi daya mekanik. Pada prinsip pengoperasiannya, motor arus searah sangat identik dengan generator arus searah. Kenyataannya mesin yang bekerja sebagai generator arus searah akan dapat bekerja sebagai motor arus searah. Oleh sebab itu, sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah.

Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam dan bagian yang berputar. Pada bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat.

Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan menghasilkan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan suatu gaya sehingga akan menimbulkan momen puntir atau torsi.

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan lain lain. Motor listrik digunakan juga dirumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab

---

<sup>1</sup> Yon Rijono, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, (Yogyakarta :ANDI, 1997) Halaman 163



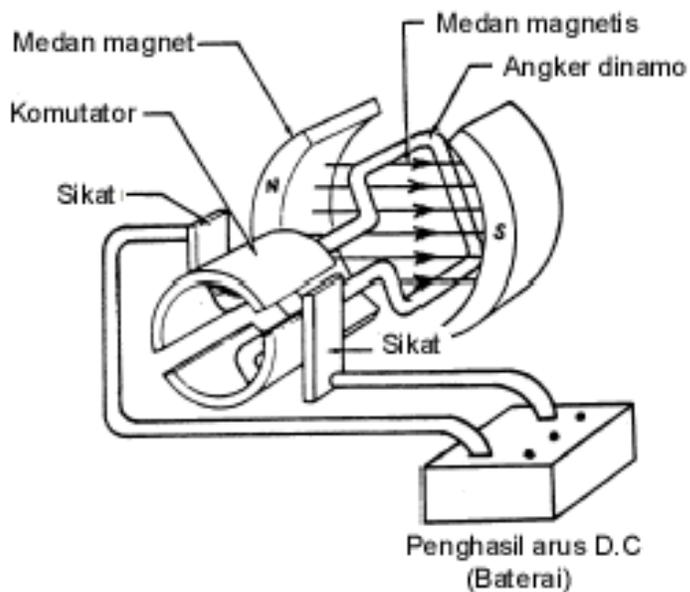
diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor DC terdapat dalam berbagai ukuran dan kekuatan, masing-masing didisain untuk keperluan yang berbeda-beda namun secara umum memiliki berfungsi dasar yang sama yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Sebuah motor DC sederhana dibangun dengan menempatkan kawat yang dialiri arus di dalam medan magnet kawat yang membentuk loop ditempatkan sedemikian rupa diantara dua buah magnet permanen. Bila arus mengalir pada kawat, arus akan menghasilkan medan magnet sendiri yang arahnya berubah-ubah terhadap arah medan magnet permanen sehingga menimbulkan putaran.

<sup>2</sup>Keuntungan pemakaian motor dc terletak di dalam berbagai karakteristik penampilan yang diberikan oleh banyaknya kemungkinan dari peneralan shunt, seri dan Kompon. Bebrapa karakteristik tersebut telah disinggung secara singkat pada bagian ini. Masih banyak lagi kemungkinan yang ada jika ditambahkan lagi seperangkat sikat sehingga diperoleh tegangan lain dari komutator. Jadi keluasan dari pemakaian dari system mesin dc dan mudahnya dipasangkan system pengaturannya, baik secara manual maupun otomatis, merupakan sifat-sifatnya yang menonjol. Karakteistik-karakteristik tersebut akan dibahas pada bab ini mengenai keadaan ejeknya dan kerja dinamikanya.

---

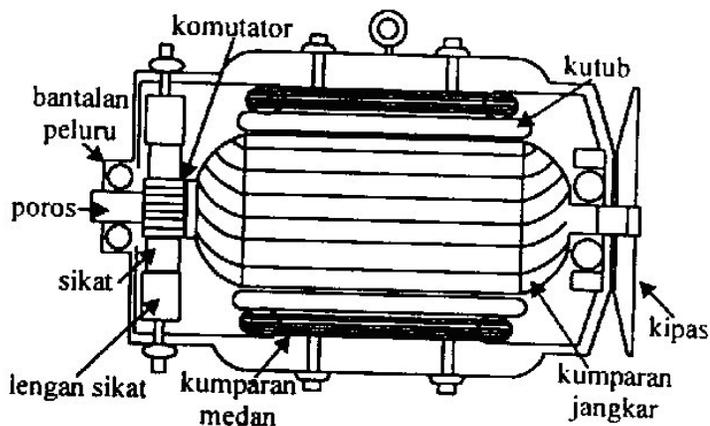
<sup>2</sup> Fitzgerald, A.E. and Team, "Mesin-mesin Listrik"., (Jakarta, Erlangga, 1997) halaman 221



Gambar 2.1 Motor Arus Searah Sederhana

## 2.2 Konstruksi Motor Arus Searah

Gambar di bawah ini merupakan konstruksi motor arus searah.



Gambar 2.2 Konstruksi motor arus searah



Keterangan dari gambar di atas adalah:

### 2.2.1 Badan motor (rangka)

Rangka (*frame* atau *yoke*) mesin arus searah seperti juga mesin-mesin listrik lainnya secara umum memiliki dua fungsi, yaitu:

- Merupakan sarana pendukung mekanik untuk mesin secara keseluruhan;
- Untuk membawa fluks magnetik yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.

Untuk mesin kecil, pertimbangan harga lebih dominan dari pada beratnya, biasanya rangkanya terbuat dari besi tuang (*cast iron*), tetapi untuk mesin-mesin besar umumnya terbuat dari baja tuang (*cast steel*) atau lembaran baja (*rolled steel*). Rangka ini pada bagian dalam dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi inti, selain itu rangka ini juga harus memiliki permeabilitas yang tinggi, disamping kuat secara mekanik. Biasanya pada motor terdapat papan nama (*name plate*) yang bertuliskan spesifikasi umum atau data-data teknik dari mesin, juga terdapat kotak ujung yang merupakan tempat-tempat ujung-ujung belitan penguat medan dan lilitan jangkar.

### 2.2.2 Kutub

Kutub medan terdiri atas inti kutub dan sepatu kutub. Sepatu kutub yang berdekatan dengan celah udara dibuat lebih besar dari badan inti. Adapun fungsi dari sepatu kutub adalah :

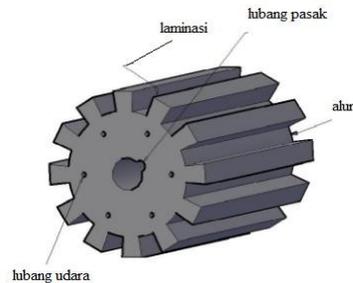
- Sebagai pendukung secara mekanis untuk kumparan medan;
- Menghasilkan distribusi fluksi yang lebih baik yang tersebar di seluruh jangkar dengan menggunakan permukaan yang melengkung.

### 2.2.3 Inti jangkar

Inti jangkar yang umum digunakan dalam motor arus searah adalah berbentuk silinder yang diberi alur-alur pada permukaannya untuk tempat melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya GGL induksi. Inti jangkar yang terbuat dari bahan *ferromagnetik*, dengan maksud agar komponen-komponen (lilitan jangkar) terletak



dalam daerah yang induksi magnetnya besar, supaya ggl induksi dapat bertambah besar. Seperti halnya inti kutub magnet maka jangkar dibuat dari bahan berlapis- lapis tipis untuk mengurangi panas yang terbentuk karena adanya arus linier ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Inti jangkar yang berlapis-lapis

Bahan yang digunakan untuk jangkar ini sejenis campuran baja silikon. Pada umumnya alur tidak hanya diisi satu kumparan yang tersusun secara berlapis.

#### **2.2.4 Kumparan jangkar**

Kumparan jangkar pada motor arus searah merupakan tempat dibangkitkannya ggl induksi. Pada motor DC penguatan kompon panjang kumparan medannya diserikan terhadap kumparan jangkar, sedangkan pada motor DC penguatan kompon pendek kumparan medan serinya diparalel terhadap kumparan jangkar.

#### **2.2.5 Kumparan medan**

Kumparan medan adalah susunan konduktor yang dibelitkan pada inti kutub. Rangkaian medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi utama dibentuk dari kumparan pada setiap kutub. Pada aplikasinya rangkaian medan dapat dihubungkan dengan kumparan jangkar baik seri maupun paralel dan juga dihubungkan tersendiri langsung kepada sumber tegangan sesuai dengan jenis penguatan pada motor.



### 2.2.6 Komutator

Untuk memperoleh tegangan searah diperlukan alat penyearah yang disebut komutator dan sikat. Komutator terdiri dari sejumlah segmen tembaga yang berbentuk lempengan-lempengan yang dirakit ke dalam silinder yang terpasang pada poros. Dimana tiap-tiap lempengan atau segmen-segmen komutator terisolasi dengan baik antara satu sama lainnya.

### 2.2.7 Sikat-Sikat

Sikat-sikat ini (gambar 2.4) berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus ke kumparan jangkar. Dimana permukaan sikat ditekan ke permukaan segmen komutator untuk menyalurkan arus listrik. Besarnya tekanan pegas dapat diatur sesuai dengan keinginan.



Gambar 2.4 Sikat-Sikat

Disamping itu sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Karbon yang ada diusahakan memiliki konduktivitas yang tinggi untuk mengurangi rugi-rugi listrik. Agar gesekan antar komutator-komutator dan sikat tidak mengakibatkan ausnya komutator. Maka sikat harus lebih lunak dari pada komutator.

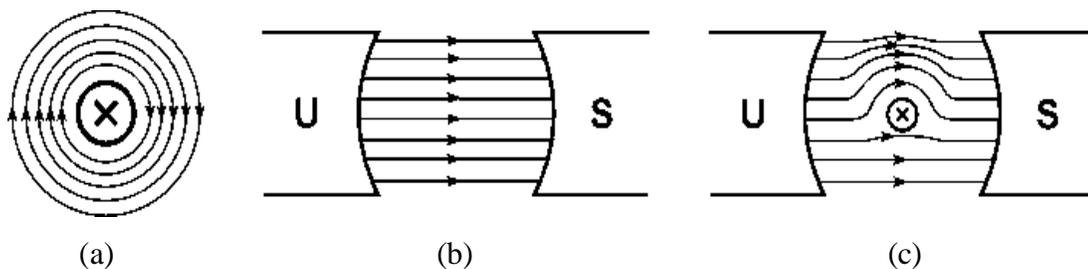


### 2.2.8 Celah udara

Celah udara merupakan ruang atau celah antara permukaan jangkar dengan permukaan sepatu kutub yang menyebabkan jangkar tidak bergesekan dengan sepatu kutub. Fungsi dari celah udara adalah sebagai tempat mengalirnya fluksi yang dihasilkan oleh kutub-kutub medan.

### 2.3 Prinsip Kerja Motor Arus Searah<sup>3</sup>

Sebuah konduktor yang dialiri arus mempunyai medan magnet disekelilingnya. Pada saat konduktor yang dialiri arus listrik yang ditempatkan pada suatu medan magnet maka konduktor akan mengalami gaya mekanik, seperti diperlihatkan pada gambar:



Gambar 2.5 pengaruh penempatan konduktor berarus dalam medan magnet .

Gambar 2.5 (a) menggambarkan sebuah konduktor yang dialiri arus listrik menghasilkan medan magnet disekelilingnya. Arah medan magnet yang dihasilkan oleh konduktor dapat diperoleh dengan menggunakan kaidah tangan kanan. Kuat medan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada konduktor.

Sedangkan gambar 2.5 (b) menunjukkan sebuah medan magnet yang arah medan magnetnya adalah dari kutub utara menuju kutub selatan. Pada saat konduktor dengan arah arus menjauhi pembaca ditempatkan didalam medan magnet seragam,

<sup>3</sup> Yon rijono, op.cit, halaman 162

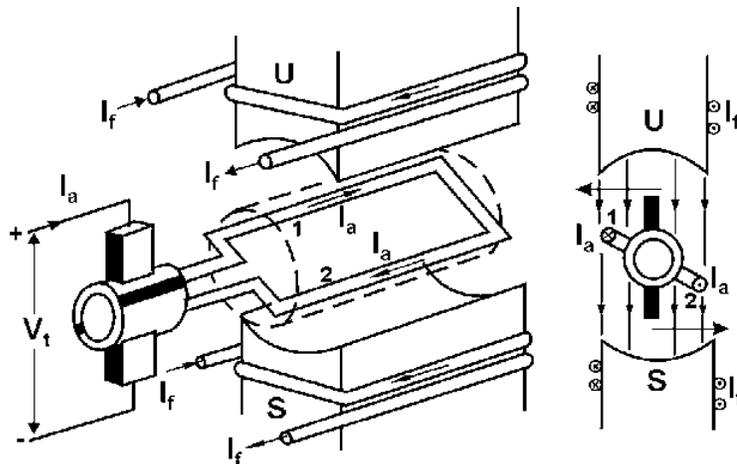


maka medan gabungannya akan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 (c) daerah di atas konduktor, medan yang ditimbulkan konduktor adalah dari kiri ke kanan, atau pada arah yang sama dengan medan utama. Hasilnya adalah memperkuat medan atau menambah kerapatan fluksi di atas konduktor dan melemahkan medan atau mengurangi kerapatan fluksi di bawah konduktor.

Dalam keadaan ini, fluksi di daerah di atas konduktor yang kerapatannya bertambah akan mengusahakan gaya ke bawah kepada konduktor, untuk mengurangi kerapatannya. Hal ini menyebabkan konduktor mengalami gaya berupa dorongan ke arah bawah. Begitu juga halnya jika arah arus dalam konduktor dibalik. Kerapatan fluksi yang berada di bawah konduktor akan bertambah sedangkan kerapatan fluksi di atas konduktor berkurang. Sehingga konduktor akan mendapatkan gaya tolak ke arah atas.

Konduktor yang mengalirkan arus dalam medan magnet cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan.

Prinsip kerja sebuah motor arus searah dapat dijelaskan dengan gambar berikut ini.



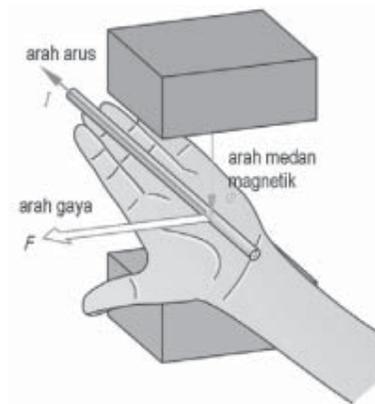
Gambar 2.6 Prinsip perputaran motor DC

Pada saat kumparan medan dihubungkan dengan sumber tegangan, mengalir



arus medan  $I_f$  pada kumparan medan karena rangkaian tertutup sehingga menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan. Selanjutnya ketika kumparan jangkar dihubungkan kesumber tegangan, pada kumparan jangkar mengalir arus jangkar  $I_a$ . Arus yang mengalir pada konduktor-konduktor kumparan jangkar menimbulkan fluksi magnet yang melingkar. Fluksi jangkar ini memotong fluksi dari kutub medan, sehingga menyebabkan perubahan kerapatan fluksi dari medan utama. Hal ini menyebabkan jangkar mengalami gaya sehingga menimbulkan torsi.

Gaya yang dihasilkan pada setiap konduktor dari sebuah jangkar, merupakan akibat aksi gabungan medan utama dan medan disekeliling konduktor. Gaya yang dihasilkan berbanding lurus dengan besar fluksi medan utama dan kuat medan di sekeliling konduktor. Medan di sekeliling masing-masing konduktor jangkar tergantung pada besarnya arus jangkar yang mengalir pada konduktor tersebut. Arah gaya ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.



Gambar 2.7 Aturan Tangan Kiri Penentuan Arah Gerak Kawat Berarus<sup>4</sup>

Besarnya gaya  $F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin\theta$ , karena arus jangkar ( $I$ ) tegak lurus dengan arah induksi magnetik ( $B$ ) maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan magnet adalah :

<sup>4</sup> Yon rijono, op.cit, halaman 163



$$F = B \cdot I \cdot l \text{ Newton} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

F = Gaya lorenz (Newton)

I = Arus yang mengalir pada konduktor jangkar (Ampere)

B = Kerapatan fluksi (Weber/m<sup>2</sup>)

l = Panjang konduktor jangkar (m)

Sedangkan torsi yang dihasilkan motor dapat ditentukan dengan:

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.2)$$

Bila torsi yang dihasilkan motor lebih besar dari pada torsi beban maka motor akan berputar. Besarnya torsi beban dapat dituliskan dengan:

$$T = K \cdot \emptyset \cdot I_a \dots\dots\dots (2.3)$$

$$K = \frac{P \cdot Z}{2\pi a} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

T = torsi (N-m)

K = konstanta (bergantung pada ukuran fisik motor)

$\emptyset$  = fluksi setiap kutub

I<sub>a</sub> = arus jangkar (A)

P = jumlah kutub

z = jumlah konduktor a = cabang paralel



## 2.4 GGL Lawan Pada Motor Arus Searah

Ketika jangkar motor berputar konduktornya juga berputar dan memotong fluksi utama. Sesuai dengan hukum faraday, akibat gerakan konduktor di dalam suatu medan magnetik maka pada konduktor tersebut akan timbul GGL induksi yang diinduksikan pada konduktor tersebut dimana arahnya berlawanan dengan tegangan yang diberikan pada motor. Karena arahnya melawan, maka hal tersebut disebut GGL lawan.

Besarnya tegangan yang diinduksikan tersebut sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_b = \frac{P}{a} \frac{Z}{60} n \cdot \Phi \text{ (volt)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Persamaan tegangan secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$E_b = K' \cdot n \cdot \Phi \dots\dots\dots (2.6)$$

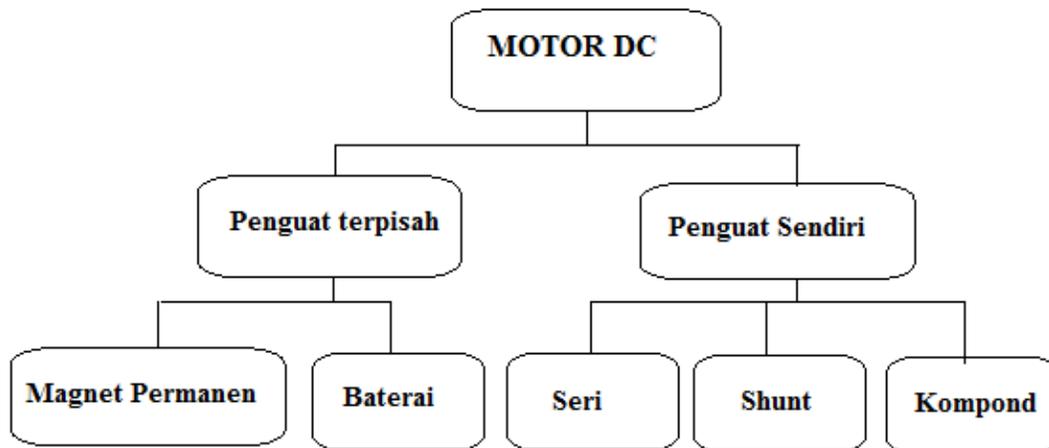
Dimana:

$$K' = \text{Konstata} = \frac{P \cdot Z}{a \cdot 60} \dots\dots\dots (2.7)$$

## 2.5 Macam-Macam Motor Arus Searah<sup>5</sup>

Jenis-jenis motor arus searah dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatannya, yaitu hubungan rangkaian kumparan medan dengan kumparan jangkar. Sehingga motor arus searah dibedakan menjadi :

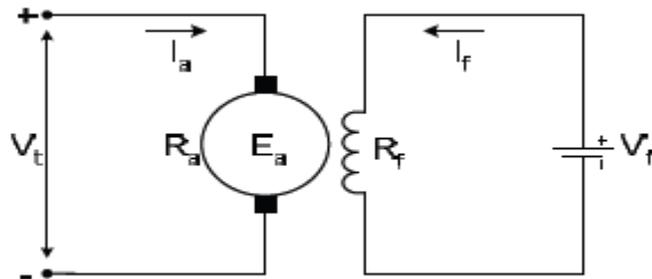
<sup>5</sup> Berahim, Hamzah, "Pengantar Teknik Tenaga Listrik"., (Yogyakarta, Andi Offset, ,1991) halaman 47



Gambar 2.8 Jenis Motor Arus Searah

### 2.5.1 Motor Arus Searah Penguatan Terpisah

Motor arus searah penguatan terpisah adalah motor arus searah yang sumber tegangan penguatannya berasal dari luar motor. Di mana kumparan medan disuplai dari sumber tegangan DC tersendiri. Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan bebas dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.8 Rangkaian ekivalen Motor arus searah penguatan bebas

Persaman umum motor arus searah penguatan bebas



$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots (2.8)^6$$

$$V_f = I_f + R_f \dots\dots\dots (2.9)^6$$

Dimana:

$V_t$  = tegangan terminal jangkar motor arus searah (volt)

$I_a$  = arus jangkar (Amp)

$R_a$  = tahanan jangkar (ohm)

$I_f$  = arus medan penguatan bebas (amp)

$R_f$  = tahanan medan penguatan bebas (ohm)

$V_f$  = tegangan terminal medan penguatan bebas (volt)

$E_a$  = gaya gerak listrik motor arus searah (volt)

Umumnya jatuh tegangan pada sikat relatif kecil sehingga besarnya dapat diabaikan. Untuk rumus selanjutnya  $V_{sikat}$  inidiabaikan.

### 2.5.2 Motor Arus Searah Penguatan Sendiri

Motor Arus Searah Motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua magnet. Secara umum dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Motor arus searah penguatan sendiri dibagi atas tiga yaitu:

<sup>6</sup> Berahim, Hamzah, op.cit. halaman 48



### 2.5.2.1 Motor Arus Searah Penguatan Shunt<sup>7</sup>

Pada motor yang dipteral shunt dan motor yang dipteral secara terpisah fluks medan hamper tetap besarnya. Akibatnya, penambahan momen-kakas harus disertai dengan penambahan arus armature yang sangat hamper sebanding besarnya dan karenanya dengan sedikit penurunan pada tgl lawan agar penambahan arus tersebut dapat melalui tahanan armature yang kecil. Seperti motor induksi sangkar tupai, motor shunt sesungguhnya merupakan suatu motor berkecepatan tetap yang mempunyai sekitar 5 persen penurunan kecepatan dari keadaan tanpa beban ke beban penuh. Suatu conntoh karakteristik kecepatan beban beban ditunjukkan berupa kurva garis penuh. Momen-kakas saat dihidupkan dan momen-kakas maksimum dibatasi oleh arus armature yang dapat berkomutasi dengan baik.

Keuntungan yang menonjol dari motor shunt adalah kemudahannya dalam mengatur kecepatannya. Dengan sebuah *rheostat* pada rangkaian medanshuntnya, arus medan dan fluks tiap kutub dapat diubah-ubah menurut kemauan kita, dan perubahan fluks menyebabkan perubahan sebaliknya darikecepatan untuk menjaga tgl lawan kira-kira sama dengan tegangan ujung yang diberikan. Suatu rentang kecepatan maksimum sekitar 4 sampai dengan 5 terhadap 1 dapat diperoleh dengan cara tersebut, dengan pembatasan juga juga pada keadaan komutasinya. Dengan mengubah-uabh tegan armature yang diberikan, dapat diperoleh rentang kecepatan yang sangat lebar.

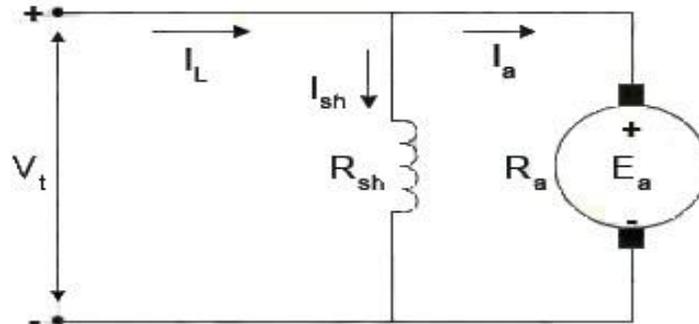
Motor dc jenis shunt pada motor shunt, kumparan medan shunt dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil sehingga mempunyai tahanan yang tinggi. Motor shunt mempunyai rangkaian jangkar dan medan yang dihubungkan parallel yang memberikan kekuatan medan dan kecepatan motor yang sangat konstan. Kecepatan motor dapat dikontrol di atas kecepatan dasar. Kecepatan motor akan menjadi berbanding terbalik dengan arus medan. Ini berarti motor shunt berputar cepat dengan arus medan rendah dan berputar lambat pada saat arus medan ditambah. Motor shunt

<sup>7</sup> Fitzgerald, A.E. and Team, op.cit., halaman 220



dapat melaju pada kecepatan tinggi jika arus kumparan medan hilang

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan shunt



Gambar 2.9 Motor arus searah penguatan shunt<sup>8</sup>

Persamaan umum motor arus searah penguatan shunt

$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots (2.10)^9$$

$$V_{sh} = V_t = I_{sh} \cdot R_{sh} \dots\dots\dots (2.11)^9$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots (2.12)^9$$

Dimana :

$I_{sh}$  = arus kumparan medan shunt (ohm)

$V_{sh}$  = tegangan terminal medan motor arus searah (volt)

$R_{sh}$  = tahanan medan shunt (ohm)

$I_L$  = arus beban (amp)

### 2.5.2.2 Motor Arus Searah Penguatan Seri<sup>10</sup>

Pada motor dc, penambahan beban akan disertai dengan penambahan arus armature dan agm dan fluks medan stator (asal besarnya tidak jenuh sama sekali). Karena fluks bertambah besar menurut beban, maka kecepatannya harus berkurang untuk menjaga kesetimbangan antara tegangan yang diberikan dan tgl lawan;

<sup>8</sup> Yon rijono, op.cit, halaman 168

<sup>9</sup> Berahim, Hamzah, op.cit. halaman 50

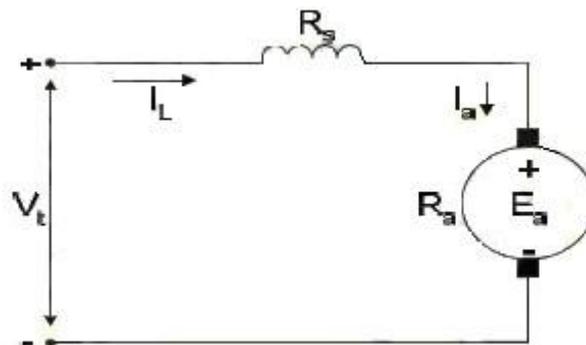
<sup>10</sup> Fitzgerald, A.E. and Team, op.cit, halaman 220



selanjutnya, penambahan arus armature yang disebabkan oleh penambahan momen-kakas lebih kecil dari pada yang terdapat pada motor shunt karena penambahan fluks. Karenanya motor seri merupakan suatu motor dengan kecepatan berubah-ubah yang ditandai dengan suatu karakteristik kecepatan beban yang melengkung ke bawah seperti tampak pada gambar 2.10. Pada pemakaian yang memerlukan beban lewat momen-kakas yang berat, karakteristik tersebut sungguh menguntungkan karena beban lewat daya yang bersangkutan dijaga pada harga yang lebih sesuai oleh penurunan kecepatan yang bersangkutan. Karakteristik awal kerja yang baik juga diperoleh dari penambahan fluks menurut penambahan arus armature.

Motor dc jenis seri terdiri dari medan seri dibuat dari sedikit lilitan kawat besar yang dihubungkan seri dengan jangkar. Jenis motor dc ini mempunyai karakteristik torsi start dan kecepatan variable yang tinggi. Ini berarti bahwa motor dapat start atau menggerakkan beban yang sangat berat, tetapi kecepatan akan bertambah kalau beban turun. Motor dc seri dapat membangkitkan torsi starting yang besar karena arus yang sama yang melewati jangkar juga melewati medan. Jadi, jika jangkar memerlukan arus lebih banyak, arus ini juga melewati medan, menambah kekuatan medan. Oleh karena itu, motor seri berputar cepat dengan beban ringan dan berputar lambat saat beban ditambahkan.

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan seri



Gambar 2.10 Motor arus searah penguatan seri

Persamaan umum motor arus searah penguatan seri:



$$V_t = E_a + I_a(R_a + R_s) \dots\dots\dots (2.13)^{11}$$

$$I_a = \left[ \frac{V_t - E_a}{R_a - R_s} \right] \dots\dots\dots 2.14)^{11}$$

$$I_a = I_L = I_f \dots\dots\dots (2.15)^{11}$$

Dimana:

$I_a$  = arus kumparan medan seri (amp)

$I_L$  = arus medan seri (Amp)

### 2.5.2.3 Motor Arus Searah Penguatan Kompon

Motor dc Jenis *Compound* ini menggunakan lilitan seri dan lilitan shunt, yang umumnya digabung sehingga medan-medannya bertambah secara komulatif. Hubungan dua lilitan ini menghasilkan karakteristik pada motor medan shunt dan motor medan seri. Kecepatan motor tersebut bervariasi lebih sedikit dibandingkan motor shunt, tetapi tidak sebanyak motor seri. Motor dc jenis compound juga mempunyai torsi starting yang agak besar – jauh lebih besar daripada motor jenis shunt, tapi lebih kecil dibandingkan jenis seri. Keistimewaan gabungan ini membuat motor compound memberikan variasi penggunaan yang luas.

<sup>12</sup>Pada motor majemuk (*compound*) medan seri dapat dihubungkan baik secara *kumulatif*, sehingga agm-nya ditambahkan pada agm yang berasal dari medan shunt-nya, atau secara *diferensial*, sehingga berlawanan. Hubungan diferensial sangat jarang digunakan. Seperti diperlihatkan oleh kurva bergaris putus-putus pada gambar 2. 10, suatu motor majemuk yang dihubungkan secara komulatif mempunyai karakteristik kecepatan beban yang terletak di tengah-tengah antara motor shunt dan motor seri, dan turunya kecepatan menurut beban tergantung pada jumlah relative dari amper-belitan pada medan shunt dan medan seri. Motor tersebut tidak mempunyai kerugian berupa kecepatan beban ringan yang sangat tinggi yang terdapat pada motor seri, tetapi sampai pada tingkatan tertentu masih mempunyai keuntungan

<sup>11</sup> Berahim, Hamzah, op.cit. halaman 53

<sup>12</sup> Fitzgerald, A.E. and Team, op.cit, halaman 220

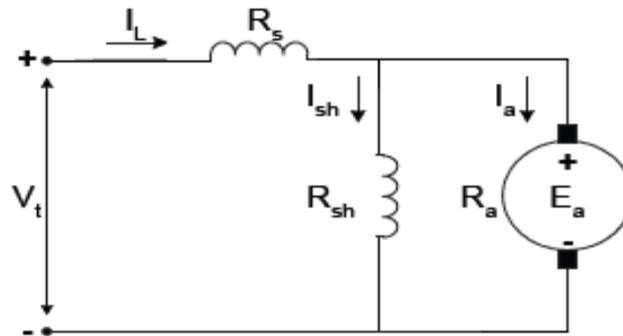


peneralan seri.

Motor arus searah penguatan kompon terbagi atas dua, yaitu:

### 2.5.2.3.1 Motor Arus Searah Penguatan Kompon Pendek

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan Kompon pendek



Gambar 2.11 Motor arus searah penguatan Kompon pendek

Persamaan umum motor arus searah penguatan Kompon pendek:

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots (2.16)^{13}$$

$$V_t = E_a + I_a \cdot R_a + I_L \cdot R_s \dots\dots\dots (2.17)^{13}$$

$$P_{in} = V_t \cdot I_L \dots\dots\dots (2.18)^{13}$$

Dimana:

$I_L \cdot R_s$  = tegangan jatuh pada kumparan seri

$(I_L)^2 \cdot R_s$  = rugi daya pada kumparan seri

$I_a \cdot R_a$  = tegangan jatuh pada kumparan armatur

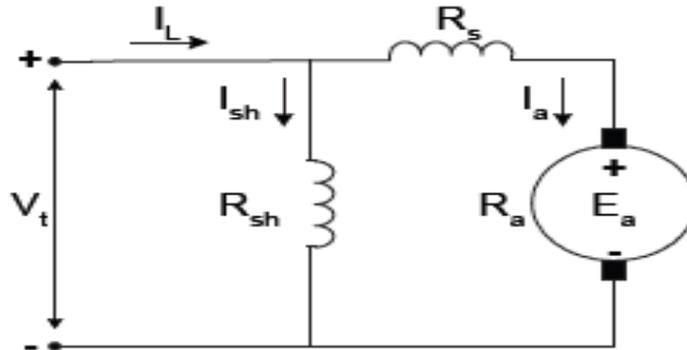
$(I_a)^2 \cdot R_a$  = rugi daya armature

<sup>13</sup> Berahim, Hamzah, op.cit. halaman 54



### 2.5.2.3.2 Motor Arus Searah Penguatan Kompon Panjang

Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan Kompon panjang



Gambar 2.12 Motor arus searah penguatan terpisah

Persamaan umum motor arus searah penguatan Kompon panjang:

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots (2.19)^{14}$$

$$V_t = E_a + I_a \cdot (R_a + R_s) \dots\dots\dots (2.20)^{14}$$

$$P_{in} = V_t \cdot I_L \dots\dots\dots (2.21)^{14}$$

$$V_t = V_{sh} \dots\dots\dots (2.22)^{14}$$

Dimana:

$I_L \cdot R_{sr}$  = tegangan jatuh pada kumparan seri

$(I_a)^2 \cdot R_{sr}$  = rugi daya pada kumparan seri

$(I_a)^2 \cdot R_{sh}$  = rugi daya pada kumparan shunt

$(I_a)^2 \cdot R_a$  = rugi daya armature

## 2.6 Pembuatan Pemodelan Simulasi Dengan Matlab Simulink

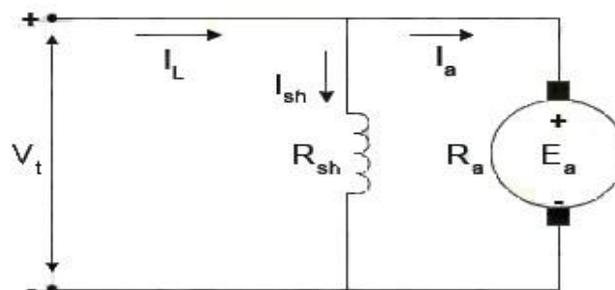
Matlab adalah interaktif program untuk komputasi numerik dan visualisasi data, program ini digunakan oleh control enginer untuk mendesain dan menganalisis. Didalam Matlab terdapat banyak Toolbox. Pada eksperimen ini Control System Toolbox akan banyak digunakan. Seluruh data didalam Matlab disimpan dalam

<sup>14</sup> Berahim, Hamzah, op.cit. halaman 57

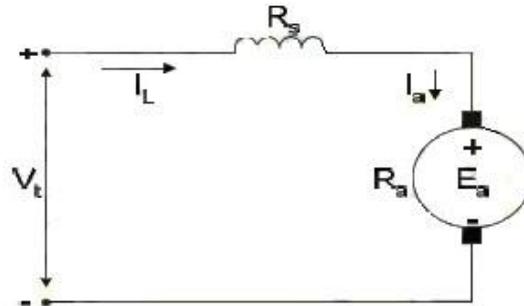


bentuk vector atau matriks. Untuk membentuk Matriks data digunakan tanda [ ] sedangkan pemisah baris dari matriks digunakan tanda ; dan untuk pemisah elemen antar kolom digunakan spasi. Simulink adalah graphical extension Matlab untuk memodelkan dan mensimulasikan sebuah *system*. Dalam Simulink, sistem digambarkan sebagai sebuah block diagram, diantaranya *transfer function*, summing junction, didalamnya terdapat pula virtual input dan output device seperti function generator dan oscilloscope. Sedangkan pada simulink, data/informasi dari berbagai block dikirim ke block lainnya dihubungkan dengan garis. Simulasi dapat dilakukan dengan berbagai alat bantu atau perangkat lunak, salah satu perangkat lunak yang lengkap dan mempunyai fasilitas berbagai pendukung perhitungan matematis, modeling, stateflow dan toolbox adalah matlab simulink, yaitu yang digunakan matlab 2013a Langkah - langkah modeling dengan menggunakan matlab simulink adalah sebagai berikut :

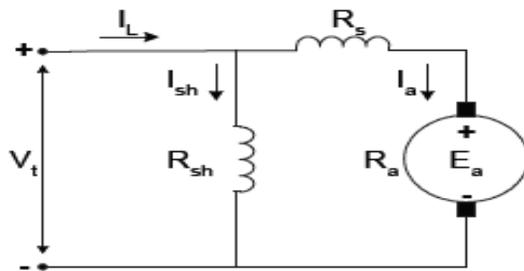
Buat rangkain pada matlab simulink sesuai dengan rangkaian ekivalen motor dc. Untuk motor Dc Shunt belitan  $R_f$  pada matlab simulink pada gambar 3.9 dibuat  $R_{sh}$  dan diparalelkan dengan  $R_a$ . Untuk motor dc Seri belitan  $R_f$  pada matlab simulink dibuat  $R_s$  dan diserikan dengan  $R_a$ . Untuk motor dc kompon belitan  $R_f$  diserikan dengan  $R_a$  dan  $R_f$  diparalelkan  $R_a$ .



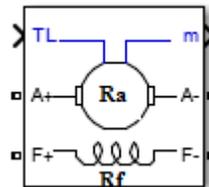
Gambar 2.13 Rangkaian Ekivalen Motor Dc Shunt



Gambar 2.14 Rangkaian Ekivalen Motor Dc Seri



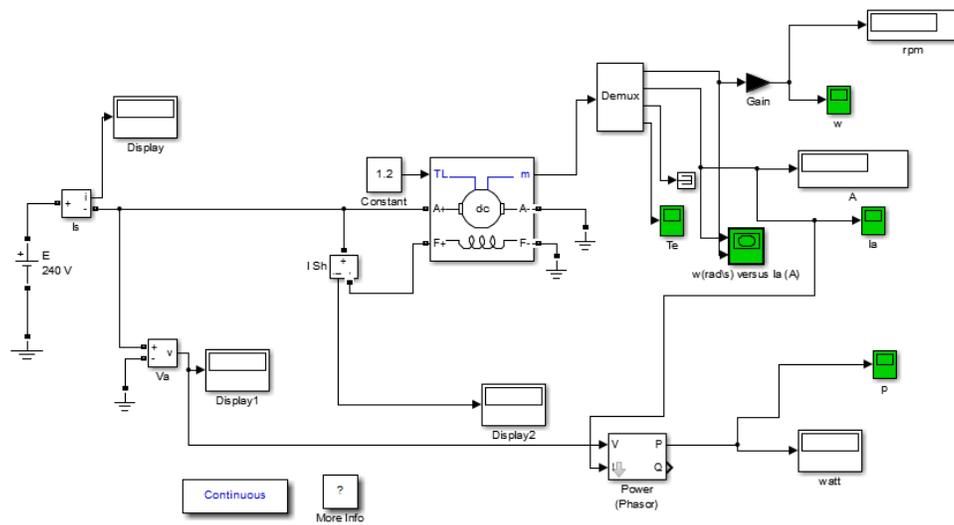
Gambar 2.15 Rangkaian Ekivalen Motor Dc Kompon



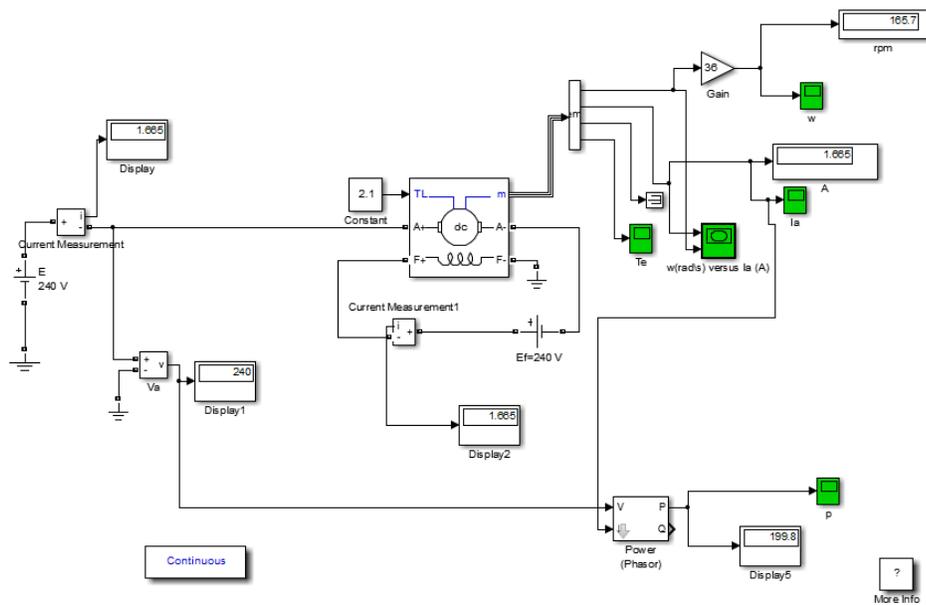
Gambar 2.16 Motor dc pada matlab simulink

Paket perangkat lunak matlab dijalankan, dibuka jendela simulink dengan mengetik pada jendela komando. Tampil jendela modeling simulink, dipilih proyek baru. Dipilih menu toolbox yang sesuai yakni *toolbox simpowersystem*. Dipilih model motor tiga phasa rotor sangkar, kemudian sumber tegangan tiga phasa, blok standart pengukuran parameter motor, alat ukur keluaran dipilih display dan oscilloscope dan file penampung data keluaran yang nanti akan digunakan untuk proses pembuatan grafik.

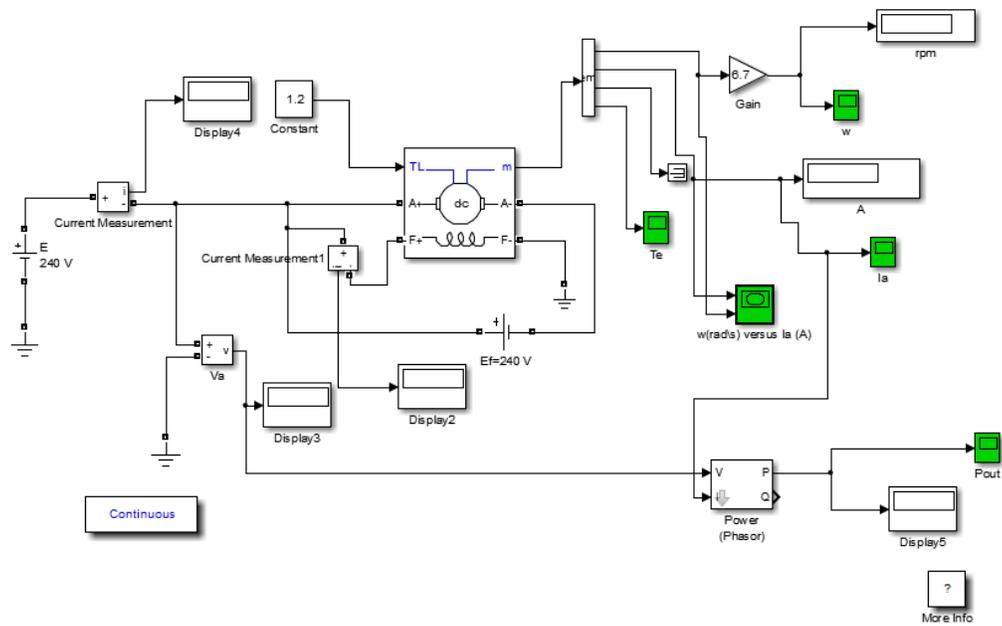
Pemodelan dan simulasi dibuat pada jendela model simulink sebagai gambar berikut dibawah ini dengan langkah-langkah sesuai dengan blok modelnya :



Gambar 2.17 Pemodelan Rangkaian simulasi Motor DC Shunt.



Gambar 2.18 Pemodelan Rangkaian simulasi Motor DC Seri.



Gambar 2.19 Pemodelan Rangkaian simulasi Motor DC Kompon.