



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Matahari

Energi matahari telah banyak digunakan di berbagai tempat, jika pemanfaatan energi matahari dilakukan secara tepat, maka energi matahari dapat memberikan potensi energi yang sangat besar dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang sangat lama. Energi matahari merupakan sumber daya yang berlimpah dan bebas akan polusi. Dapat digunakan secara langsung dan tidak langsung seperti dimanfaatkan sebagai pemanas udara atau air dengan menggunakan solar kolektor dan dapat dijadikan energi listrik dengan bantuan sel fotovoltaik (panel surya). Keunggulan dari energi matahari yaitu salah satu energi alternatif terbarukan, tersedia dimana-mana (mudah didapatkan), diperoleh secara gratis, bebas polusi udara, bebas limbah, dan lain sebagainya⁴.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

⁴ G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," pp. 37–46, 2012.



Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Energi surya menjadi energi listrik dapat dilakukan dua cara, yaitu secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya dan secara langsung menggunakan fotovoltaik.

Kelebihan pembangkit listrik tenaga surya:

- 1) Sumber energi yang tidak akan habis
- 2) Perawatan yang relatif rendah
- 3) Bebas polusi atau ramah lingkungan
- 4) Dapat digunakan dalam jangka waktu lama

Kekurangan pembangkit listrik tenaga surya:

1. Pembangunan awal pembangkit yang relatif mahal
2. Listrik yang dihasilkan pembangkit tidak konstan
3. Membutuhkan lahan yang besar

2.3 Pemusatan Energi Surya



Gambar 2. 2 Pemusatan Energi Surya

Pembangkit listrik tenaga surya dengan cara pemusatan energi surya memanfaatkan media tambahan berupa cermin atau lensa dan pelacak yang difungsikan sebagai pemusat energi matahari pada satu titik. Energi matahari



berupa panas yang terfokuskan dimanfaatkan sebagai penggerak dari sebuah generator. Fluida yang terkena panas dapat dimanfaatkan sebagai penggerak generator (turbin uap) atau dapat dimanfaatkan sebagai penyimpan energi panas.

Pembangkit listrik dengan metode pemusatan energi surya dapat dilakukan dengan beberapa sistem atau cara, yaitu dengan cara menggunakan lensa reflektor fransel, sistem cermin parabola dan juga dengan sistem menara surya. Dengan menggunakan beberapa cara pemustan energi surya maka akan menghasilkan lebih banyak energi listrik yang dihasilkan karena energi surya yang didapat bisa di fokuskan pada sel surya.

2.4 *Solar Cell*



Gambar 2. 2 *Solar Cell*

Solar cell atau panel surya merupakan media penghasil energi listrik secara langsung dengan mengkonversikan energi surya menjadi energi listrik tanpa bantuan media lain. Panel surya menggunakan prinsip dasar efek fotovoltaiik sehingga panel surya juga disebut disebut dengan sel fotovoltaiik. Sel fotovoltaiik artinya yaitu cahaya listrik.

Panel surya atau *solar cell* merupakan media yang terbuat dari bahan semikonduktor yang difungsikan sebagai pengubah dari surya (cahaya) yang



disinarkan matahari membawa energi foton dan dikonversikan menjadi energi listrik dengan prinsip efek fotolistrik. Semikonduktor pada panel surya berada pada bagian inti panel surya, semikonduktor berfungsi sebagai penyerap radiasi (cahaya) yang disinarkan matahari. Inti panel surya (semikonduktor) terdiri dari 2 yaitu semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n gabungan dari semikonduktor ini disebut *p-n junction*⁵.

2.4.1 Jenis-jenis Solar Cell

a. Mono-crystalline (Si)

Panel surya jenis *mono-crystalline* terbuat dari bahan silikon kristal tunggal yang diperoleh dari silikon yang dileburkan dalam bentuk bujur. *Mono-crystalline* memanfaatkan silikon yang sangat murni tanpa campuran sehingga lebih efisien dari *poly-crystalline*. Nilai efisiensi sekitar 20-24% yang disebabkan oleh ruang pergerakan elektron pada panel ini lebih luas dari pada panel *poly-crystalline*.

b. Polycrystalline/Multi-crystalline (Si)

Panel surya *Polycrystalline* terbuat dari silikon yang dileburkan dalam suatu tungku keramik, dibuat dengan banyak kristal dan bahan campuran lainnya, dilakukan pendinginan secara perlahan untuk mendapatkan bahan campuran pada silikon yang akan tercipta diatas lapisan silikon. Sel ini memiliki efektivitas 18%, tetapi harga panel ini lebih murah.

c. Amorphous

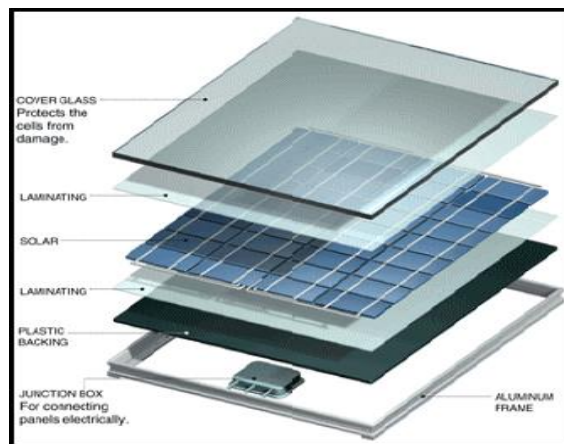
Panel surya *amorphous* merupakan jenis panel surya yang tersusun berlapis yang berbentuk film tipis. Nilai efisiensi pada panel ini berkisar 4-6%. Biasa digunakan pada kalkulator dan mainan anak-anak.

⁵ A. M. Bagher, M. M. A. Vahid, and M. Mohsen, "Types of Solar Cells and Application," *Am. J. Opt. Photonics*, vol. 3, no. 5, p. 94, 2015, doi: 10.11648/j.ajop.20150305.17.



- d. *Gallium Arsenide* (GaAs) Panel surya *Gallium Arsenide* merupakan panel surya film tipis kristal tunggal yang terbuat dari GaAs, dan merupakan panel surya yang paling baik pada temeperatur tinggi dengan nilai efisien sekitar 28%⁶.

2.4.2 Struktur Solar Cell



Gambar 2. 3 Struktur *Solar Cell*

Solar cell disusun oleh beberapa komponen, diantaranya sebagai berikut:

1. *Cover Glass*

Berfungsi sebagai penutup seperti penutup plastik bening, yang terbuat dari kaca, akrilik atau bahan bening lainnya. Penutup ini digunakan untuk pelindung dari panel surya/sel surya dengan material seperti debu, air atau material lainnya.

2. Perekat Transparan

Perekat transparan disebut juga *laminating* merupakan logam oksida yang difungsikan sebagai kumpulan elektron pada perangkat optoelektron. *Laminating* berada di antara penutup pelindung dan lapisan *antireflective*.

⁶A. M. Bagher, M. M. A. Vahid, and M. Mohsen, "Types of Solar Cells and Application," *Am. J. Opt. Photonics*, vol. 3, no. 5, p. 94, 2015, doi: 10.11648/j.ajop.20150305.17.



3. Lapisan *Antireflective* (Pelapis AR)

Lapisan *antireflective* merupakan lapisan optik yang berfungsi sebagai pengurang gerak refleksi pada sel surya. Lapisan *antireflective* akan mengarahkan cahaya dari matahari untuk masuk ke dalam panel surya. Jika tidak terdapat lapisan *antireflective* maka cahaya yang mengenai permukaan panel surya sebagian besar akan terpantul dan tidak dapat diambil oleh panel surya.

4. *N-Type Semiconductor*

N-type semikonduktor tersusun dari senyawa silikon murni (*Si*) yang dapat diubah-ubah sifat konduktivitasnya. Biasanya semikonduktor tipe-n ini terdiri dari silikon murni (*Si*) dan dicampurkan dengan senyawa lain yang memiliki satu elektron valensi lebih banyak daripada senyawa silikon murni (*Si*). Senyawa tersebut bisa dengan senyawa fosfor atau senyawa arsenik. Pemberian elektron valensi sehingga mengubah kemurnian dari semikonduktor tipe-n ini disebut dengan doping. Karena hanya empat elektron yang diwajibkan untuk terikat dengan empat atom silikon (*Si*) yang berdekatan, elektron valensi kelima tersedia untuk konduksi.

5. *P-Type Semiconductor*

Pada semikonduktor tipe-p ini tersusun dari senyawa silikon yang terdoping dengan senyawa yang memiliki tiga elektron valensi, seperti senyawa boron. Ketika senyawa silikon terdoping dengan senyawa yang memiliki tiga elektron valensi, maka hanya tiga elektron valensi yang dapat mengisi kekosongan dari senyawa elektron sehingga masih terdapat lubang (*hole*). Lubang atau kekosongan elektron inilah yang akan menanti sumbangan elektron yang akan datang.

6. *Back Contact*

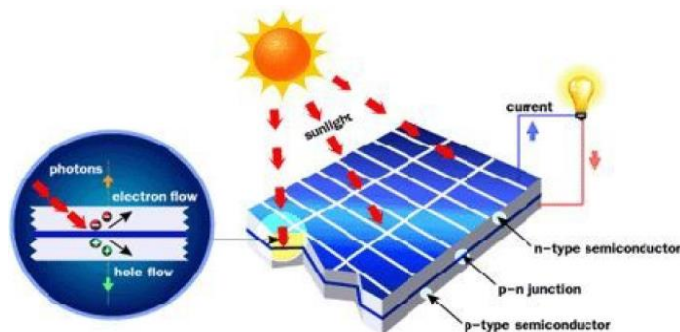
Back contact diartikan sebagai kontak belakang yang terbuat dari logam, berfungsi sebagai penutup bagian belakang sel surya dan digunakan sebagai konduktor (penghantar listrik).



7. Rangka Luar

Rangka luar pada panel surya ini terbuat dari bahan substrat plastic atau aluminium yang memiliki kekuatan dan mampu menahan berat pada panel surya⁷.

2.4.3 Prinsip Kerja Solar Cell



Gambar 2. 4 Prinsip Kerja *Solar Cell*

Panel surya memiliki prinsip kerja yang disebut dengan *p-n junction*, yaitu hubungan antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor tersusun dari atom-atom yang saling terikat dan elektron merupakan penyusun. Pada semikonduktor tipe-n merupakan daerah yang bermuatan negatif atau daerah yang kelebihan elektron sedangkan pada semikonduktor tipe-p merupakan kebalikan dari daerah semikonduktor tipe-n dimana terjadi kekurangan elektron dan merupakan daerah yang bermuatan positif (*hole*) pada penyusun atomnya. Fungsi dari hubungan *p-n junction* yaitu sebagai pembentuk medan listrik sehingga pada daerah yang bermuatan negatif (kelebihan elektron) dan bermuatan positif (*hole*) jika terkontak maka akan menghasilkan energi listrik. Pada saat semikonduktor tipe-n dan semikonduktor tipe-p terkontak maka kelebihan elektron pada semikonduktor tipe-n akan bergerak ke arah semikonduktor tipe-p sehingga terbentuklah muatan positif (*hole*) pada daerah semikonduktor tipe-n, sedangkan

⁷ M. A. Syarief, "Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Dengan Panel Surya," 2019. .



pada semikonduktor tipe-p akan terbentuk muatan negatif karena menerima banyak elektron dari semikonduktor tipe-n. Kondisi ini akan menghasilkan medan magnet, disebabkan oleh adanya cahaya matahari yang menyinari daerah p-n *junction* sehingga elektron akan terdorong bergerak menuju kontak negatif, sedangkan daerah bermuatan positif (*hole*) akan menunggu elektron yang akan datang hal ini yang menyebabkan menghasilkan energi listrik⁸.

2.5 Kapasitas Panel Surya

Panel surya dapat menghasilkan energi listrik yang maksimum ketika temperatur panel surya tidak lebih dari temperatur normalnya (pada 25°C), jika terjadi kenaikan temperatur melebihi dari temperatur normal maka akan terjadi pelemahan tegangan (*voltage*). Dengan kenaikan temperatur panel surya sebesar 1 °C (dari 25 °C) maka akan mengurangi tegangan yang dihasilkan sekitar 0.4 % pada total tegangan yang akan dihasilkan, Selain temperatur yang mempengaruhi hasil listrik yang akan dihasilkan panel surya terdapat juga efek dari perubahan intensitas cahaya matahari, dimana ketika energi matahari yang menyinari panel surya atau intensitas cahaya matahari melemah maka besar tegangan dan arus listrik yang dapat dihasilkan akan terjadi penurunan. Penurunan tegangan listrik yang dihasilkan lebih kecil daripada penurunan arus yang akan dihasilkan.

Tegangan panel surya yang dapat dihasilkan tergantung dengan material penyusun semikonduktor dari panel surya tersebut. Jika menggunakan material silikon akan menghasilkan tegangan berkisar 0,5 volt per sel surya. Panel surya merupakan penggabungan atau kumpulan sel-sel surya yang terhubung secara seri dan paralel⁹. Kapasitas daya listrik yang dihasilkan panel surya dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

⁸ M. A. De Paoli and C. Longo, "Dye-Sensitized Solar Cell: A Successful Combination of Materials," *Brazilian Chem. Soc.*, vol. 14, 2003.

⁹ Sunaryo and J. Setiono, "Analisa Daya Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya Ukuran 216 Cm x 121 Cm Berdasarkan Intensitas Cahaya," pp. 29–37, 2014.



$$P = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2.1)$$

atau

$$P = V_{mp} \times I_{mp} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

P = daya panel surya (watt)

V_{oc} = tegangan rangkaian terbuka (volt)

I_{sc} = arus hubung singkat (amper)

FF = Fill Faktor

V_{mp} = tegangan pada daya maksimum (volt)

I_{mp} = arus pada daya maksimum (amper)

Fill faktor merupakan ukuran kualitas panel surya, berkisar antara 0,7-0,85. Panel surya akan beroperasi dengan baik jika nilai FF pada suatu panel bernilai tinggi¹⁰. Untuk menghasilkan sebuah listrik dengan tegangan, arus dan daya yang dibutuhkan, maka harus diperhatikan pemasangan aturan cara pemasangan atau pengkombinasian antara panel-panel surya tersebut, dengan beberapa aturan sebagai berikut :

- Jika membutuhkan tegangan keluaran yang lebih besar daripada tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, maka pemasangan panel-panel surya dapat dihubungkan secara seri.
- Jika membutuhkan arus keluaran yang lebih besar daripada arus keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, maka pemasangan panel-panel surya dapat dihubungkan secara paralel.

¹⁰ Z. Iqtimal and I. Devi, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Motor," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2018.



- Jika membutuhkan tegangan dan arus keluaran yang lebih besar daripada tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, maka pemasangan panel-panel surya dapat dihubungkan secara seri dan paralel¹¹

2.6 Energi Listrik

Energi listrik merupakan energi yang diperlukan oleh peralatan listrik untuk melakukan pengoperasian dapat berupa sebagai menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan, dan juga digunakan sebagai penggerak kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi listrik dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti minyak, air, angin, batu bara, panas bumi, matahari, gelombang laut, uap nuklir dan lain sebagainya. Energi listrik dapat dihasilkan dengan besaran dari volt sampai ribuan hingga jutaan volt tergantung sumber yang digunakan¹².

2.7 Beban Listrik

Beban listrik merupakan suatu alat yang membutuhkan energi atau daya listrik untuk melakukan operasi. Beban listrik yang biasa digunakan pada kehidupan sehari-hari contohnya adalah lampu, setrika listrik, pompa air, television, mesin cuci dan lain sebagainya.

2.8 Tegangan Listrik

Beda potensial listrik dari satu titik ke titik lain pada rangkaian listrik disebut dengan tegangan listrik. Satuan yang digunakan pada tegangan listrik adalah volt. Tegangan listrik merupakan besaran listrik yang mengukur perbedaan potensial pada medan listrik yang menghantarkan aliran listrik pada sebuah konduktor (penghantar listrik). Tegangan listrik dapat dibedakan menjadi beberapa bagian berdasarkan perbedaan potensial yang dihasilkan, yaitu tegangan listrik ekstra rendah, rendah, tinggi atau ekstra tinggi. Tegangan listrik dapat

¹¹ E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," vol. 4, no. 1, pp. 16–30, 2019.

¹² A. W. Culp and D. Sitompul, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga, 2010.



diartikan sebagai penyebab suatu muatan listrik negatif bergerak atau tertarik dari tegangan rendah menuju ke tegangan yang lebih tinggi, sehingga aliran atau arus listrik pada sebuah konduktor mengalir dari tegangan tinggi menuju tegangan rendah¹³.

2.9 Arus Listrik

Arus listrik merupakan muatan listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik setiap satuan waktu. Berdasarkan definisinya maka satuan untuk arus listrik adalah *Coulomb/detik* (C/s). Besaran pokok dalam satuan internasional terdiri dari 7 salah satunya adalah arus listrik, berdasarkan satuan internasional satuan arus listrik adalah ampe¹⁴.

2.10 Daya Listrik

Daya listrik ialah keseluruhan usaha atau energi listrik dalam suatu sirkuit atau rangkaian listrik. Dalam satuan internasional daya listrik memiliki satuan watt yaitu jumlah usaha atau energi tiap satuan waktu. Daya listrik dihasilkan karena adanya sumber energi listrik berupa tegangan yang terhubung dengan suatu beban listrik sehingga beban tersebut akan bekerja jika terdapat daya listrik. Daya listrik pada suatu rangkaian atau sirkuit secara umum dapat mengguankan persamaan sebagai berikut¹⁵:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

P = daya listrik (watt)

I = arus listrik (amper)

V = tegangan listrik (volt)

¹³ D. L. B. Taruno, "Pengantar Listrik," Yogyakarta.

¹⁴ Tubagusjaka Surya, "Analisa Perhitungan Tegangan dan Arus pada Penggunaan Motor DC yang Disupply oleh Pembangkit Listrik

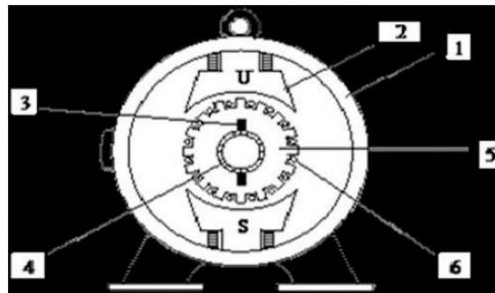
¹⁵ A. W. Culp and D. Sitompul, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga, 2010.



2.11 Motor DC

Motor DC atau motor arus searah membutuhkan penyuplai listrik arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak (mekanik). Pada motor listrik secara umum terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu stator dan rotor. Stator ialah bagian motor yang tidak berputar, kumparan medan merupakan stator pada motor DC. Rotor ialah bagian motor yang berputar, kumparan jangkar merupakan rotor pada motor DC. Ketika rotor berputar atau terjadi perputaran pada kumparan jangkar maka akan tercipta tegangan induksi (GGL) dan setiap setengah putaran akan terjadi perubahan arah putaran.

2.11.1 Konstruksi Motor DC



Gambar 2.6 Bagian-bagian Motor DC

1. Badan Mesin

Bagian ini difungsikan sebagai tempat terjadinya pengaliran fluks magnet yang ditimbulkan oleh kutub-kutub magnet. Badan mesin harus berbahan yang kuat karena badan mesin juga difungsikan sebagai tempat meletakkan bagian-bagian mesin lainnya yang mengelilingi bagian dalam mesin. Biasanya badan mesin terbuat dari besi tuang atau plat campuran baja.

2. Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet

Pada bagian ini terjadi pengaliran arus listrik sehingga terjadi proses elektromagnetik. Pada inti kutub magnet dan belitan penguat



magnet ini terjadi aliran fluks magnet dari kutub utara melewati celah udara yang melalui bagian dalam badan mesin.

3. Sikat-sikat

Sikat pada motor berfungsi sebagai tempat terjadinya komutasi dan juga difungsikan sebagai penghubung mengalirnya arus listrik pada kumparan jangkar secara bebas.

4. Komutator

Bagian komutator berfungsi untuk menyearahkan gerakan mekanik dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

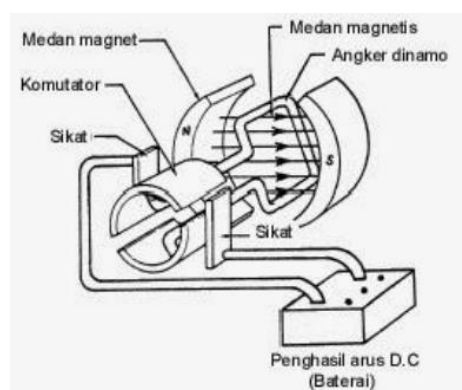
5. Jangkar

Jangkar terbuat dari material ferromagnetik agar kumparan jangkar berada pada daerah yang memiliki induksi magnetik yang besar sehingga akan menghasilkan ggl induksi yang bertambah besar pula.

6. Belitan jangkar

Belitan jangkar difungsikan sebagai tempat terciptanya gerakan putar pada motor. Belitan jangkar juga disebut sebagai kumparan jangkar yang merupakan bagian rotor pada motor¹⁶.

2.7.2 Prinsip Kerja Motor DC



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Motor DC

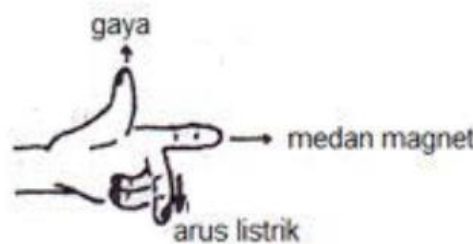
¹⁶ F. Savira and Y. Suharsono, "Motor Arus Searah (DC)," Surabaya, 2016



Rotor motor diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (armature) yang berbentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya.

Komutator merupakan bagian dari rotor, sehingga akan ikut berputar. Sedangkan stator motor tersusun atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan komutator disebut dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan rotor.

Sumber tegangan DC berasal dari sumber listrik DC dapat berupa baterai atau panel surya langsung. Masing-masing kutub dari sumber listrik DC terhubung dengan sikat karbon, sehingga tercipta arus listrik DC dengan arah arus dari kutub positif ke negatif melewati sikat karbon, satu bagian komutator, kawat jangker (armature) kembali ke komutator, sikat karbon dan ke kutub negatif sumber listrik.



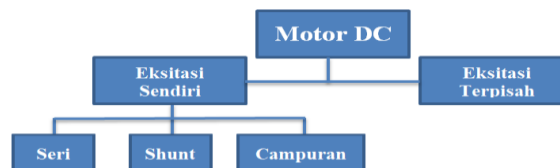
Gambar 2.8 Kaidah tangan kiri (*Fleming*)

Pada prinsip kerja motor listrik terjadi fenomena induksi elektromagnetik atau biasa dikenal dengan kaidah tangan kiri *Fleming*, dimana jari tengah menunjukkan arah arus listrik (I), jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet (B) sedangkan ibu jari menunjukkan gaya dorong yang terjadi akibat adanya induksi elektromagnetik. Pada gambar 2.9 menunjukkan arah medan magnet menghadap ke sisi kanan, arah arus listrik di sisi kiri angker akan masuk dan gaya dorong yang terjadi mengarah ke bawah, untuk sisi kanan angker dinamo gaya



dorong yang terjadi mengarah ke sisi atas, sehingga perputaran anker dinamo berlawanan dengan arah jarum jam, proses ini akan berlangsung secara terus menerus selama masih ada arus listrik yang mengalir¹⁷.

2.11.2 Jenis-jenis Motor DC



Gambar 2.9 Jenis-jenis Motor DC

1. Motor DC Penguat Terpisah

Motor DC dengan penguat terpisah maksudnya ialah arus yang mengalir pada penguat magnet dan arus yang mengalir pada bagian rotor motor berasal dari sumber yang terpisah. Sehingga arus yang mengalir pada bagian rotor (jangkar) dan arus yang mengalir pada bagian penguat magnet tidak saling terhubung secara kelistrikannya.

2. Motor DC Penguat Sendiri

Motor DC penguat sendiri ialah jenis motor yang arus yang mengalir pada penguat magnetnya bersumber dari arus motor itu sendiri. Terdapat 3 (tiga) jenis motor DC dengan penguat sendiri berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar yaitu sebagai berikut :

a. Motor *Shunt*

Motor *shunt* ialah motor yang sistem pengkabelan motor dengan kumparan armaturnya dilakukan secara paralel (*shunt*). Pada motor *shunt*, gulungan atau belitan pada dinamo terhubung secara paralel

¹⁷ F. Savira and Y. Suharsono, "Motor Arus Searah (DC)," Surabaya, 2016



(*shunt*) dengan belitan medan. Sehingga arus total pada motor ini ialah penjumlahan antara arus pada dinamo dan arus pada bagian medan. Karakteristik berdasarkan kecepatan motor DC dengan jenis *shunt* adalah sebagai berikut:

- Kecepatan motor konstan tidak dipengaruhi oleh beban yang terpasang, sehingga motor jenis ini merupakan motor yang tepat jika digunakan secara komersial dengan pemasangan beban awal yang rendah contohnya seperti peralatan mesin.
- Kecepatan motor mampu dikendalikan dengan melakukan pemasangan tahanan atau hambatan secara seri pada dinamo
- sehingga kecepatan akan berkurang, jika ingin menambahkan kecepatan motor maka dilakukan pemasangan tahanan atau hambatan pada arus medan. Motor jenis *shunt* masih menghasilkan arus yang kecil pada saat awal melakukan suatu putaran berbeda dengan motor jenis seri. Hal ini yang menyebabkan motor jenis *shunt* memiliki torsi awalan yang lemah. Sumber listrik berupa voltase jika masuk pada suatu motor listrik, maka nilai resistansi yang tinggi pada motor *shunt* akan mempertahankan arus yang mengalir lambat (lemah).

b. Motor Seri

Motor seri ialah motor yang sistem pengkabelan motor dengan kumparan armaturnya dilakukan secara seri. Motor jenis ini kecepatannya kurang stabil, karena ketika torsi yang dihasilkan tinggi maka akan menurunkan kecepatan motor yang dihasilkan, dan ketika torsi melemah maka kecepatan motor akan meningkat. Tetapi motor ini jika tidak terhubung dengan beban maka motor akan menghasilkan kecepatan yang sangat tinggi. Sehingga motor jenis ini biasanya



dimanfaatkan pada peralatan yang membutuhkan kecepatan tinggi seperti pada elevator, *electric traction* dan juga dapat dimanfaatkan pada mesin jahit. Pada motor seri, gulungan atau belitan pada dinamo terhubung secara seri dengan belitan medan. Sehingga arus dinamo sama dengan arus medan. Karakteristik berdasarkan kecepatan motor DC dengan jenis seri adalah sebagai berikut :

- Kecepatan tidak melebihi 5000 rpm.
- Motor seri harus selalu dihubungkan dengan suatu beban, jika motor tidak ada beban maka motor akan berkecepatan sangat tinggi atau motor berputar dengan kecepatan tidak terkendali. Kumputan armatur terkabel seri dengan kumputan medan sehingga motor seri membutuhkan arus yang sama antara arus yang mengalir pada kumputan medan dan arus yang mengalir pada kumputan armaturnya. Pada motor jenis ini sistem kerjanya sangat mudah, sumber listrik akan mengalir pada salah satu ujung dari kumputan medan yang terseri dengan kumputan armature ke kumputan armature yang terhubung dengan *brush*.

c. Motor Kompon (Campuran)

Motor jenis ini ialah motor gabungan antara motor *shunt* dan motor seri. Pada motor campuran belitan atau gulungan medan dihubungkan secara seri dan paralel dengan gulungan dinamo (A). Oleh Karen itu, motor kompon menghasilkan penyalaan awal dengan kecepatan yang stabil dan *torque* yang bagus. Tingginya persentase penggabungan gulungan medan yang terhubung secara seri maka menyebabkan semakin tinggi *torque* penyalaan awal yang akan dihasilkan oleh motor tersebut.



Pada motor jenis ini terdapat 2 (dua) gulungan medan, satu dihubungkan secara seri dengan gulungan angker (dinamo) dan satu gulungan medan lainnya dihubungkan secara paralel dengan gulungan angker (dinamo).

Apabila jenis motor seri ditambahkan penguat *shunt*, maka motor tersebut disebut sebagai motor kompon *shunt* panjang. Apabila jenis motor *shunt* ditambahkan penguatseri, maka motor tersebut disebut sebagai motor kompon *shunt* pendek¹⁸

¹⁸ S. Syamsuar, R. Wibawaningrum, and H. Makarim, "Cara Kerja dan Penggunaan Motor Direct Current (DC) pada Kapal Selam," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011