

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Robot

Sejarah robot berawal pada abad pertengahan di Timur Tengah, seorang insinyur jenius bernama Al Jazari yang membuat jam gajah yang dapat bekerja secara otomatis, dan merupakan jam pertama di dunia. Beliau juga membuat robot humanoid pertama yang dapat bermain musik. Karyanya terabadikan dalam salah satu bukunya: Al Jazari, *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*: Kitab fima'rifat al-hiiyal al-handasiyya. Banyak penelitian dari Al Jazari yang membuat berbagai mesin otomatis yang dikemudian hari dikenal sebagai robot.

Kata robot berasal dari bahasa *Czech*, *robot* yang berarti pekerja, mulai menjadi populer ketika seorang penulis berbangsa *Czech* (Ceko), Karl Capek, membuat pertunjukan dari lakon komedi yang ditulisnya pada tahun 1921 yang berjudul *RUR (Rossum's Universal Robot)*. (Pitowarno, 2006: 1)

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun program yang telah didefinisikan terlebih dahulu. Istilah robot berasal dari bahasa Cheko "robot" yang berarti pekerja atau kuli yang tidak mengenal lelah atau bosan.

Pengertian robot banyak diartikan secara berbeda-beda yang mana setiap sumber yang berbeda memiliki arti yang berbeda pula. Berikut pengertian robot yang berasal dari beberapa sumber: - Kamus *Webster* "*Robot is An automatic device that performs function ordinarily ascribed to human beings*". - Kamus *Oxford* "*Robot is A machine capable of carrying out a complex series of actions automatically, especially one programmed by a computer*". Berdasarkan beberapa definisi diatas, menunjukkan bahwa robot tidak dapat diartikan secara mutlak, tergantung dari sudut pandang dan fungsional terhadap robot yang dibuat.

2.2 Sel Surya

Sel surya (*photovoltaic*) adalah *device* yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa

disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya (*photovoltaic*) terjadi akibat lepasnya elektron yang disebabkan adanya cahaya yang mengenai logam. Logam-logam yang tergolong golongan 1 pada sistem periodik unsur-unsur seperti Lithium, Natrium, Kalium, dan Cesium sangat mudah melepaskan elektron valensinya. Selain karena reaksi redoks, elektron valensi logam-logam tersebut juga mudah lepas oleh adanya cahaya yang mengenai permukaan logam tersebut. Di antara logam-logam di atas Cesium adalah logam yang paling mudah melepaskan elektronnya, sehingga lazim digunakan sebagai *foto detector*.

Tegangan yang dihasilkan oleh sensor photovoltaik adalah sebanding dengan frekuensi gelombang cahaya (sesuai konstanta Planck $E = h \cdot f$). Semakin ke arah warna cahaya biru, makin tinggi tegangan yang dihasilkan. Tingginya intensitas listrik akan berpengaruh terhadap arus listrik. Bila foto voltaik diberi beban maka arus listrik dapat dihasilkan adalah tergantung dari intensitas cahaya yang mengenai permukaan semikonduktor

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu Solar Sel komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliamper per cm^2 . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 Solar Sel, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.

2.3 Semikonduktor dan Sel surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik diantara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1894. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV ($1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$).

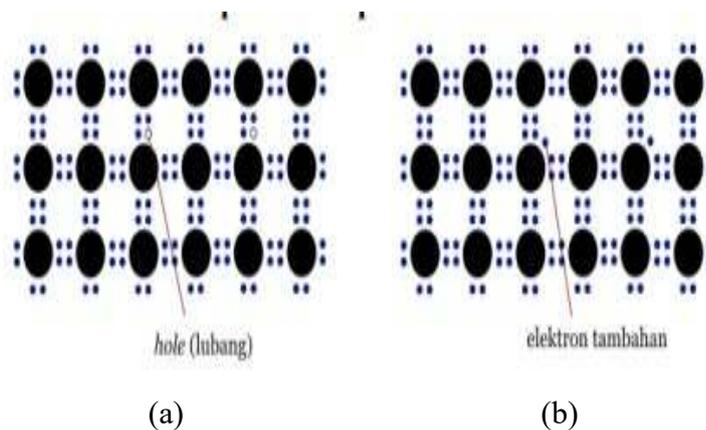


Gambar 2.1 Solar Cell (*electrical technology*, 2012)

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek *photovoltaic* mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang.

2.4 Proses Konversi Sel surya

Ketika suatu Kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silicon yang mengakibatkan munculnya electron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silicon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silicon ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya electron valensi boron dibandingkan dengan silicon mengakibatkan munculnya hole yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p.



Gambar 2.2 a) Solar sel Semikonduktor Tipe-P

b) Solar sel Semikonduktor Tipe-N

(Ady Iswanto, 2008)

Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p. Adapun dalam proses kerjanya sel surya tidak akan mengkonversi semua cahaya masuk, tegangan masuk hanya sekitar 20 % yang dikonversi selebihnya dipantulkan kembali keudara. Adapun rumus dari efesiensi adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{P}{IRF \times Ac} \dots \dots \dots (2.1)$$

n = Efisiensi (%)

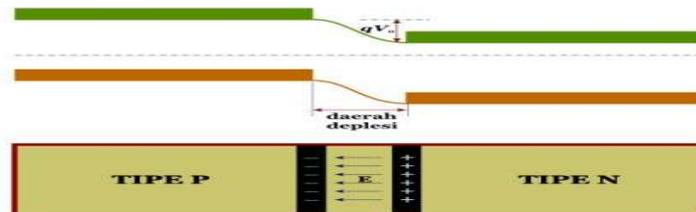
P = Daya (Watt)

IRF = *incident radiation flux* ($\frac{Watt}{m^2}$)

Ac = *Area of collector* (m²)

2.4.1 Sambungan P-N

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi hole dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi electron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negative pada batas tipe-p.

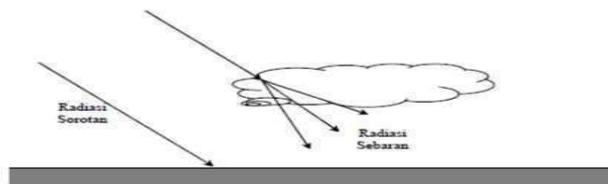


Gambar 2.3 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi.
(Ady Iswanto, 2008)

Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus drift. Arus drift yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut (Ady Iswanto : 2008). Sebagaimana yang kita ketahui bersama, electron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. kehadiran medan listrik pada electron dapat mengakibatkan electron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar cell sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar electron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut

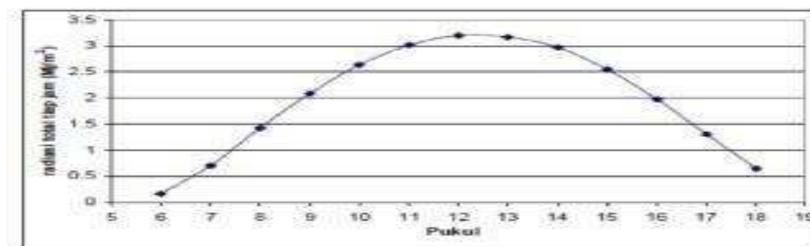
2.4.2 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



Gambar 2.4 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran (Yuwono, 2005)

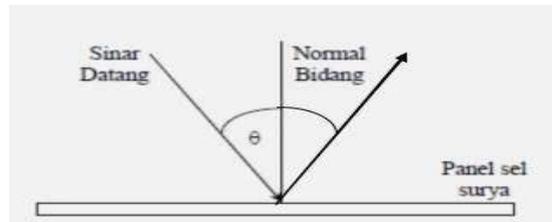
Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.5. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.



Gambar 2.5 Grafik besar radiasi harian matahari (Yuwono, 2005)

2.4.3 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.



Gambar 2.6 Arah sinar datang membentuk sudut terhadap norma bidang panel sel surya
(Yuwono, 2005)

Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut θ seperti gambar 2.6 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$.

Pada dasarnya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel surya tidak konstan karena tergantung dengan intensitas cahaya. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 05.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-12.00WIB, dan turun pada saat matahari mulai terbenam pukul 18.00WIB.

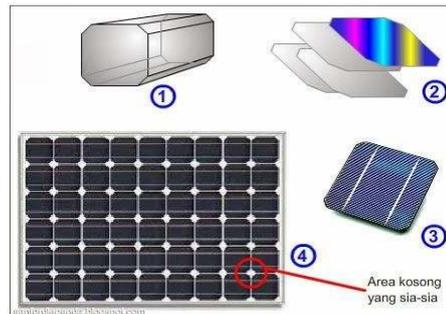
2.5 Jenis Panel Surya

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

2.5.1 *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis, sehingga akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sel surya ini adalah jenis yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, efisiensinya sekitar 15% - 20%.

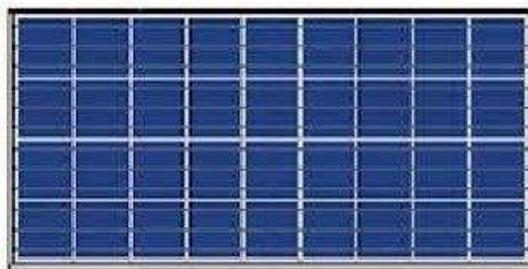
Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk *solar modul* (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.



Gambar 2.7 Sel Surya *Monocrystalline* (Ady Iswanto, 2008)

2.5.2 *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya *monocrystalline*, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%.



Gambar 2.8 Sel Surya *Polycrystalline* (Ady Iswanto, 2008)

Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat

dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *monocrystalline*. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.

2.5.3 *Thin Film*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).



Gambar 2.9 Sel Surya *Thin Film* (Ady Iswanto, 2008)

2.6 Sensor

2.6.1 Sensor Garis

Sensor garis berfungsi untuk mendeteksi warna dari permukaan yang berada di bawah robot penjejak garis dengan maksud agar sensor garis ini dapat menghasilkan logika posisi dari robot. Logika posisi yang dihasilkan oleh sensor garis ini kemudian akan dijadikan input ke mikrokontroler pada robot. Pada sensor garis, komponen yang digunakan adalah photodiode sebagai penerima cahaya, dan LED sebagai pemancar cahaya.

2.6.1.1 Photodioda



Gambar 2.10 Photodioda (Teknikelektronika.com, 2018)

Photodioda atau diode cahaya adalah dioda yang dapat bekerja seperti layaknya diode biasa namun membutuhkan suatu berkas cahaya yang mengenai salah satu penampang/ lapisan penyusunnya. Dalam kehidupan sehari-hari, photodiode sering digunakan sebagai komponen penyusun sensor optik selain phototransistor dan/atau *light dependent resistor* (LDR). Dalam dunia robotika, photodiode banyak digunakan untuk membuat sensor pendeteksi garis pada robot pengikut garis (*line follower robot*), untuk membuat sensor pendeteksi cahaya (*light follower robot*), atau untuk komponen sensor pendeteksi kecepatan putar motor pada *rotary encoder*.

Prinsip kerja dari photodioda ini yaitu apabila energi cahaya menghujani persambungan *pn*, ia juga dapat mengeluarkan elektron – elektron valensi. Dengan perkataan lain, jumlah cahaya yang menghujani persambungan dapat mengendalikan arus balik di dalam dioda. Photodioda adalah satu alat yang dibuat untuk berfungsi paling baik berdasarkan kepekaannya terhadap cahaya. Pada dioda ini, sebuah jendela memungkinkan cahaya untuk masuk melalui pembungkus dan mengenai persambungan. Cahaya yang datang menghasilkan elektron bebas dan *hole* di kedua sisi, dimana elektron akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan *hole* yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Makin kuat cahayanya, makin banyak jumlah electron dan *hole* yang dihasilkan dan makin besar arus baliknya.

2.6.1.2 *Light Emitting Diode (LED)*

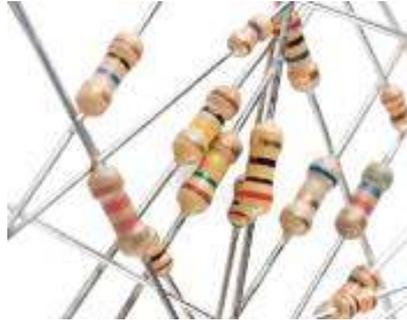


Gambar 2.11 *Light Emitting Diode (LED)*
(teknikelektronika.com, 2018)

LED adalah salah satu jenis dioda dengan fungsi khusus. LED digunakan sebagai lampu indicator pada beberapa aplikasi elektronika. LED memiliki konsumsi tegangan rendah, usia pemakaian panjang dan kecepatan penyaklaran cepat. LED hamper sama dengan dioda biasa. Bedanya, jika pada dioda biasa energi dikeluarkan dalam bentuk panas (disipasi daya) maka pada LED, energinya dikeluarkan dalam bentuk pancaran cahaya.

Pada dioda berprategangan maju, elektron bebas melintasi persambungan dan jatuh ke dalam lubang (*hole*). Pada saat elektron ini jatuh dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah, ia memancarkan energi. Pada dioda – dioda biasa, energi ini keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode*) energi memancar sebagai cahaya. LED telah menggantikan lampu – lampu pijar dalam beberapa pemakaian karena tegangannya yang rendah, umurnya yang panjang, dan switch mati-hidupnya yang cepat. Dioda – dioda biasa dibuat dari silikon, yaitu bahan buram yang menghalangi pengeluaran cahaya LED berbeda. Dengan menggunakan unsur – unsur seperti gallium, arsen, dan fosfor, pabrik dapat menghasilkan LED yang memancarkan cahaya merah, hijau, kuning, biru, jingga, atau infra merah (tak tampak). LED yang menghasilkan pemancaran di daerah cahaya tampak amat berguna dalam instrumentasi, dan sebagainya.

2.6.1.3 Resistor



Gambar 2.12 Resistor (teknikelektronika.com, 2018)

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian elektronika. Maksudnya adalah bahwa sebuah resistor dengan nilai resistansi tertentu berfungsi untuk membatasi arus listrik yang akan dialirkan ke suatu (beberapa) komponen elektronika lain sehingga komponen tersebut dapat bekerja sesuai karakteristik masing – masing.

Bahan pembuat resistor adalah komposisi karbon. Dalam SI (standard internasional), satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm, dilambangkan dengan simbol Ω (Omega). Satuan ini diambil dari nama penemunya, yaitu Simon Georg Ohm. Resistor yang ada di pasaran memiliki beberapa ukuran yang mana ukuran itu tergantung nilai daya resistor tersebut. Semakin besar ukuran fisik suatu resistor akan menunjukkan semakin besar ukuran kemungkinan terjadinya disipasi daya resistor tersebut. Ukuran daya resistor yang umum ada di pasaran adalah $\frac{1}{4}$ watt, $\frac{1}{2}$ watt, 1 watt, 2 watt, 5 watt, 10 watt, dan 20 watt. Kita dapat menggunakannya sesuai kebutuhan (Taufiq Dwi Septian Suyadhi, 2012). Terdapat jenis – jenis resistor, yaitu resistor tetap dan resistor variabel.

1. Resistor Tetap (*Fixed Resistor*)
 - a. Resistor Komposisi Karbon (*Carbon Composition Resistor*)

Jenis Resistor komposisi karbon dibuat dari campuran karbon atau grafit dengan bahan isolasi yang berfungsi untuk membungkusnya. Jenis Resistor komposisi karbon merupakan resistor jenis rendah yang memiliki

induktansi yang rendah sehingga sangat ideal dipergunakan dalam frekuensi tinggi tetapi umumnya resistor jenis ini cukup mengganggu karena menimbulkan noise dan kurang stabil ketika panas. Jenis Resistor komposisi karbon merupakan jenis resistor yang tergolong murah dipasaran dan umumnya dipergunakan dalam suatu rangkaian listrik.

b. Resistor Film

Jenis Resistor film dibedakan berdasarkan bahan pembuatannya yaitu resistor film metal, resistor film karbon, resistor film oxide. Jenis resistor film umumnya dibuat dengan memasukkan logam murni, seperti nikel atau sebuah film oxide seperti tin-oxide yang dimasukkan kedalam keramik batang.

- Resistor Film Karbon

Film tipis karbon yang diendapkan atau dibungkus isolator yang dipotong berbentuk spiral. Nilai resistansinya tergantung pada proporsi antara karbon dan isolator. Pada prinsipnya semakin besar campuran bahan karbonnya yang terdapat pada resistor maka semakin kecil nilai resistansi yang didapatkan. Nilai resistansi resistor film karbon yang umumnya terdapat di pasaran berkisar diantara 1Ω hingga $10M\Omega$ dengan nilai daya berkisar $1/6W$ sampai $5W$.

- Resistor Film Metal

Jenis Resistor jenis film metal memiliki kestabilan suhu yang lebih baik dibanding film karbon, tidak mudah noise serta memiliki frekuensi yang lebih baik atau diaplikasikan dalam frekuensi radio. Metal Film Resistor adalah jenis Resistor yang dilapisi dengan Film logam yang tipis ke Subtrat Keramik dan dipotong berbentuk spiral. Nilai Resistansinya dipengaruhi oleh panjang, lebar dan ketebalan spiral logam. Resistor film oxide merupakan yang terbaik dalam mengalirkan arus gelombang dengan suhu yang lebih tinggi dibanding resistor film metal.

c. Resistor Kawat (*Wirewound Resistor*)

Satu lagi tipe jenis resistor tetap yaitu resistor kawat, resistor ini dibuat dengan cara melilitkan kawat kedalam keramik lalu membungkusnya dengan bahan isolator. Bentuk fisik dari resistor ini cukup bervariasi dan memiliki ukuran yang relatif besar. Karena jenis resistor kawat umumnya

memiliki besaran resistansi yang tergolong tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi, resistor ini hanya digunakan pada rangkaian power. Resistor kawat umumnya ditulis dengan awalan "WH" atau "W" contohnya (WH10 Ω) dan tersedia dalam kemasan WH aluminium ($\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$ & $\pm 10\%$ toleransi) atau W yang ditutupi enamel (seperti kaca) memiliki ($\pm 1\%$, $\pm 2\%$ & $\pm 5\%$ toleransi) dengan daya dari 1W to 300W atau lebih.

2. Resistor Variabel

Jenis Resistor variabel atau disebut resistor tidak tetap merupakan jenis resistor yang nilai resistansinya tau tahananya dapat berubah dan diatur sesuai denganyang diinginkan. Pada dasarnya variabel resistor terbagi menjadi Potensiometer, Rheostat dan Trimpot.

a. Potensiometer

Potensiometer merupakan jenis variable resistor yang paling sering digunakan. Potensiometer merupakan jenis Variable Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah tuas yang terdapat pada potensiometer. Nilai resistansi Potensiometer biasanya tertulis di badan Potensiometer dalam bentuk kode angka. Pada umumnya, perubahan resistansi pada potensiometer terbagi menjadi 2, yakni linier dan logaritmik. Yang dimaksud dengan perubahan secara linier adalah perubahan nilai resistansinya berbanding lurus dengan arah putaran pengaturannya. Sedangkan, yang dimaksud dengan perubahan secara logaritmik adalah perubahan nilai resistansinya yang didasarkan pada perhitungan logaritmik. Untuk membedakan potensiometer linier dan logaritmik cukup melihat kode huruf yang mana huruf A menandakan potensiometer linier sedangkan huruf B menandakan potensiometer logaritmik.

b. Rheostat

Rheostat merupakan jenis jenis variabel resistor yang dapat beroperasi pada tegangan dan arus yang tinggi. *Rheostat* terbuat dari lilitan kawat resistif dan pengaturan nilai resistansi dilakukan dengan penyapu yang bergerak pada bagian atas toroid.

c. Preset Resistor (Trimpot)

Preset Resistor atau sering juga disebut dengan Trimpot (*Trimmer Potensiometer*) adalah jenis variable resistor yang berfungsi seperti Potensiometer tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil dan tidak memiliki Tuas. Untuk mengatur nilai resistansinya, dibutuhkan alat bantu seperti Obeng kecil untuk dapat memutar porosnya. Sifat dan fisik trimpot sebenarnya sama dengan potensiometer yang membedakan ukuran trimpot jauh lebih kecil. Perubahan nilai resistansinya juga dibagi menjadi 2, yakni linier dan logaritmik yang mana huruf A trimpot linier dan huruf B trimpot logaritmik.

d. Thermistor (Thermal Resistor)

Thermistor adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat berubah karena dipengaruhi oleh suhu (*temperature*). Thermistor merupakan Singkatan dari “*thermal resistor*”. Terdapat dua jenis *thermistor* yaitu *thermistor* NTC (*Negative Temperature Coefficient*) dan *thermistor* PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

e. LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat berubah karena dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya.

2.6.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mengukur tegangan AC atau DC. Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Bentuk modul sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut :



Gambar 2.13 Sensor Tegangan (Henry Bench, 2015)

Fitur-fitur dan kelebihan:

- 1) Variasi Tegangan masukan: DC 0 - 25 V
- 2) Deteksi tegangan dengan jangkauan: DC 0.02445 V - 25 V
- 3) Tegangan resolusi analog: 0,00489 V
- 4) Tegangan DC masukan antarmuka: terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND
- 5) *Output Interface*: "+" Koneksi 5 / 3.3V, "-" terhubung GND, "s" terhubung *Arduino* pin A0
- 6) DC antarmuka masukan: red terminal positif dengan VCC, negatif dengan GND.

2.7 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen elektronika yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor juga dikenal sebagai "kondensator", namun kebiasaan dan kondisi serta artikulasi bahasa setiap negara tergantung pada masyarakat yang lebih sering menyebutkannya. Pada masa kini, kondensator sering disebut kapasitor (capacitor) ataupun sebaliknya yang pada ilmu elektronika disingkat dengan huruf (C). Kondensator diidentikkan mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. (Frans Romario dan Stevano Augusta, 2012).



Gambar 2.14 Kapasitor (Nichicon, 2002)

Nilai kapasitor dinyatakan dalam Farad, satuan ini diambil dari nama Michael Farady. Farad adalah satuan yang besar, maka nilai kapasitor biasanya dinyatakan dalam mikروفarad, nanofarad, dan pikofarad. Satu mikروفarad sama dengan seperseribu farad, satu nanofarad sama dengan seperseribu mikروفarad, satu pikofarad sama dengan seperseribu nanofarad.

2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer *mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output spesifik berdasarkan input yang diterima dan program yang dikerjakan. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler sebagai alat yang mengerjakan perintah-perintah yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem komputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang *programmer*. Hampir semua input mikrokontroler hanya dapat memproses sinyal input digital dengan tegangan yang sama dengan tegangan logika dari sumber. Tegangan positif sumber umumnya adalah 5 volt. Padahal dalam dunia nyata terdapat banyak sinyal analog atau sinyal dengan tegangan level.

2.8.1 Arduino Mega

Arduino adalah *platform* pembuatan *prototype* elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan

perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, *desainer*, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama Arduino adalah sebuah nama maskulin yang berarti teman yang kuat. *Platform* arduino terdiri dari arduino *board*, *shield*, bahasa pemrograman arduino, dan arduino *development environment*. Arduino *board* biasanya memiliki sebuah *chip* dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. *Shield* adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas arduino *board* untuk menambah kemampuan dari arduino *board*.

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada arduino *board*. Bahasa pemrograman arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++. Arduino *Development Environment* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan meng*compile* program untuk arduino. Arduino *7 Development Environment* juga digunakan untuk meng*upload* program yang sudah di-*compile* ke memori program arduino *board*.

Arduino Mega 2560 adalah *board* Arduino yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega2560.



Gambar 2.15 Arduino Mega 2560 (teknikelektronika.com, 2018)

Board ini memiliki 54 digital *input/output* (15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 buah analog input, 4 UARTs (universal *asynchronous receiver/transmitter*), osilator Kristal 16MHz, koneksi USB, *jack power socket* ICSP (*In-Circuit System Programming*),

dan tombol reset. Spesifikasi *board* arduino mega 2560 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7 – 12V
Tegangan Input (limit)	6 – 20V
Pin Digital I/O	54 (15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai
Pin Analog Input	16 (A0 s.d A15)
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB digunakan untuk
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Semua pin digital yang terdapat pada arduino mega 2560 dapat digunakan baik sebagai input maupun output dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Tegangan output setiap pin adalah 5 Volt. Arus maksimum yang dapat diberikan dan diterima sebesar 40 mA. Pada pin digital ini jug terdapat internal *pull up* resistor sebesar 20-50 KOhm. Beberapa pin memiliki fungsi khusus seperti berikut.

Arduino Mega 2560 memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan computer, *board* arduino lain, dan mikrokontroler lainnya. ATmega 2560 memiliki 4 buah UART untuk komunikasi serial TTL. Pin 0 dan 1 terhubung langsung dengan IC ATmega16U2 USB to TTL Serial chip. IC tersebut merupakan IC konverter USB ke serial. TTL LED RX dan TX pada *board* akan menyala saat ada data yang dikirim melalui ATmega16U2 dan koneksi ke komputer melalui USB. Berikut ini port serial yang ada

pada arduino mega 2560, yaitu:

1. Port Serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX); Port Serial 1: pin 19 (RX) dan pin 18 (TX); Port Serial 2: pin 17 (RX) dan pin 16 (TX); Port Serial 3: pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). Pin RX digunakan untuk menerima data serial TTL dan Pin TX untuk mengirim data serial TTL.
2. External Interrupts: pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2).
3. PWM: pin 2 s.d pin 13 dan pin 44 s.d pin 46. Pin – pin tersebut dapat digunakan sebagai output PWM 8 bit.
4. SPI: pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Digunakan untuk komunikasi SPI.
5. LED: pin 13. Terdapat LED yang terhubung dengan Pin 13
6. TWI: pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Pin – pin tersebut dapat digunakan untuk komunikasi TWI. ATmega 2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Software arduino memiliki *wire library* dan *SPI library* untuk mempermudah penggunaan fitur komunikasi TWI dan SPI.
7. Arduino Mega 2560 juga memiliki 16 buah input analog (ADC), yaitu pin A0 s.d A15. Setiap input memiliki resolusi sebesar 10 bit.

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD atau *Liquid Crystal Display* sekarang semakin banyak digunakan, dari yang berukuran kecil, seperti LCD pada sebuah MP3 *player*, sampai yang berukuran besar seperti monitor PC atau televisi. Warna yang dapat ditampilkan bisa bermacam-macam, dari yang 1 warna (*monokrom*) sampai yang 65.000 warna. LCD sangat berbeda dengan *display 7 segmen* atau *display dot matriks*. Untuk menyalakan LCD diperlukan sinyal khusus (gelombang AC). Oleh karena itu, diperlukan sebuah IC *driver* yang khusus juga.

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*) terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Crystal*

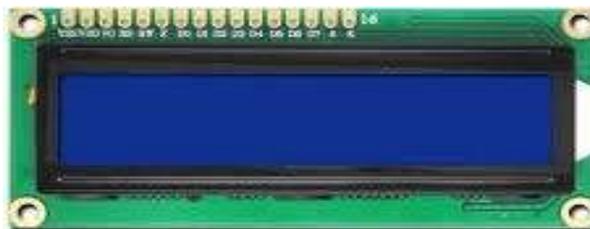
Display). Mikrokontroler pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan *register*.

Memori yang digunakan mikrokontroler *internal* LCD adalah :

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD (*Liquid Crystal Display*) diantaranya adalah :

1. *Register* perintah yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. *Register* data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.



Gambar 2.16 LCD (*Liquid Crystal Display*)

(Khoirul Iman, 2016)

Umumnya, sebuah LCD karakter akan mempunyai 14 pin untuk mengendalikannya. Pin - pin terdiri atas 2 pin catu daya (V_{cc} dan V_{ss}), 1 pin untuk mengatur *contrast* LCD (V_{ee}), 3 pin kendali (RS, R/W dan E), 8 pin data (DB0 - DB7). Pada LCD yang mempunyai *back light*, disediakan 2 pin untuk memberikan tegangan ke dioda *back light* (disimbolkan dengan A dan K).

Tabel 2.2 Pin-pin LCD (*Liquid Crystal Display*) dan fungsinya.

No	Nama	Fungsi	Keterangan
1	V_{ss}	Catu daya (0 V atau GND)	
2	V_{cc}	Catu daya +5 V	
3	V_{ee}	Tegangan LCD	
4	RS	<i>Register Select</i> , untuk mengirim perintah (<i>Input</i>)	“0” memilih <i>register</i> perintah “1” <i>register</i> data
5	R/W	<i>Read/Write</i> , Pin untuk pengendali baca atau tulis (<i>Input</i>)	“0” ditulis “1” baca, dalam banyak aplikasi tidak ada proses pembacaan data dari LCD , sehingga R/W bisa langsung dihubungkan ke GND
6	E	<i>Enable</i> , untuk mengaktifkan LCD untuk memulai operasi baca tulis	Pulsa : Rendah-Tinggi Rendah

No	Nama	Fungsi	Keterangan
7	DB0 - DB7	<i>Bus data (Input/Output)</i>	Pada operasi 4 bit hanya DB4 – DB7 yang digunakan, yang lain dihubungkan ke GND. DB7 dapat digunakan sebagai bit status sibuk (<i>busy flag</i>)

2.10 Modul I2C (*Inter Integrated Circuit*)

Inter Integrated Circuit atau yang lebih dikenal dengan sebutan I2C adalah merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua buah saluran yang didesain khusus untuk pengontrolan IC tersebut. Secara garis besar sistem I2C itu sendiri tersusun atas dua saluran utama yaitu, saluran SCL (*serial clock*) dan SDA (*serial data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan sistem pengontrolnya.

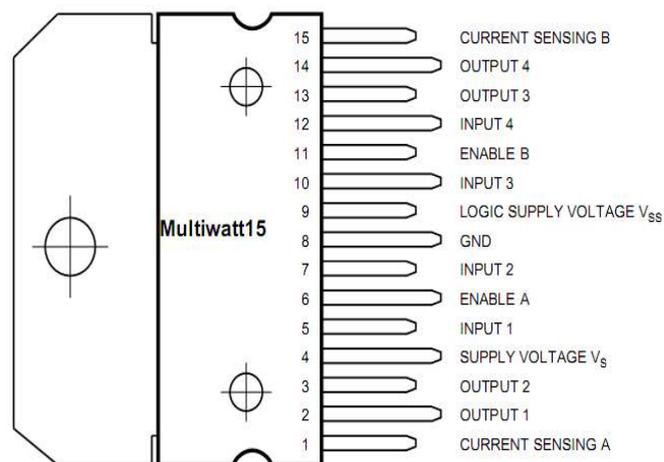


Gambar 2.17 LCD Modul I2C (Khoirul Iman, 2016)

Perangkat yang dihubungkan dengan I2C ini dapat difungsikan sebagai *master* atau *slave*. *Master* adalah perangkat yang memulai *transfer* pada data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. Sedangkan *slave* adalah perangkat yang telah diberikan alamat oleh *master*. Berikut ini merupakan beberapa kondisi ketika melakukan proses *transfer* data pada I2C bus, yaitu *transfer* data hanya dapat dilakukan ketika bus tidak dalam keadaan sibuk, lalu selama proses *transfer* data keadaan pada pin SDA haruslah stabil selama pin SCL dalam keadaan tinggi.

2.11 Driver Motor DC IC L298N

Motor DC tidak dapat dikendalikan dengan menggunakan Raspberry Pi maupun Mikrokontroler, karena kebutuhan arus listrik yang sangat besar pada Motor DC sedangkan arus keluaran pada Raspberry Pi sangatlah kecil. *Driver* motor merupakan salah satu pilihan alternatif yang harus digunakan untuk mengendalikan motor DC pada robot beroda. Ada beberapa *driver* motor yang sering digunakan pada aplikasi robotika, yaitu menggunakan *H-Bridge* transistor, *H-Bridge* MOSFET dan lain sebagainya. Dalam tugas akhir ini yang digunakan untuk untuk pengendali 2 motor DC adalah IC L298N sebuah *chip H-Bridge* yang mempunyai 2 buah rangkaian *H-Bridge* didalamnya, sehingga bisa mengendalikan 2 buah motor DC. Berikut Gambar yang menunjukkan kaki-kaki pada driver motor L298N.



Gambar 2.18 Konfigurasi L298N (teknikelektronika.com, 2018)

2.12 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor yang menggunakan tegangan DC (tegangan yang searah) bagi sumber-sumber energi. Dengan memberikan tegangan yang berbeda di kedua terminal, motor akan berputar dalam satu arah, dan apabila polaritas tegangan dibalik maka arah putaran motor berbalik juga. Adapun motor DC terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

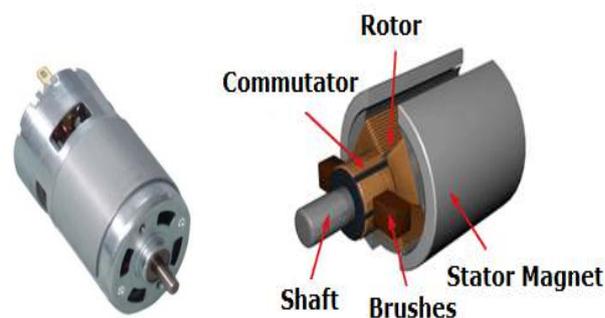
1. Stator

Stator merupakan bagian yang tetap atau stationer. Stator menghasilkan medan magnet, baik yang dihasilkan dari sebuah kumparan (magnet elektro) atau magnet permanen.

2. Rotor

Rotor yaitu bagian yang berputar. Rotor dalam bentuk *coil* (kumparan) dimana terdapat sebuah arus listrik.

Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Generator DC alat yang mengubah energi mekaik menjadi energi listrik DC. Generator DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC. Pada Gambar 2.19 motor DC kumparan magnet disebut stator (bagian yang diam) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam medan magnet maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah arah pada setiap setegah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak balik



Gambar 2.19 Motor DC (teknikelektronika.com, 2018)

Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar sebagai berikut.

1. Kutub medan Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi ruang terbuka diantara kutub-kutub dari utara ke selatan.

Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet.

2. *Current* Elektromagnet atau Dinamo. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi.
3. *Commutator* Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC, Kegunaannya adalah untuk transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- 1) Tegangan dinamo, meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan pada motor DC.
- 2) Arus medan, menurunkan arus medan akan meningkatkan Kecepatan pada motor DC.

Prinsip kerja dari motor DC, yaitu penampang yang mengalirkan arus, berada di antara 2 kutub magnet (N dan S), dimana diantara kedua kutub tersebut terdapat *fluks* magnet (medan magnet). Pada penampang A, arus mengalir menuju ke dalam, sehingga *fluks* magnet pada penampang akan terlihat menuju penampang A. Begitu juga dengan penampang B dimana arus mengalir menuju keluar penampang B. Arah pada *fluks* magnet utama (N dan S) dan arah *fluks* magnet pada penampang (A dan B) mengakibatkan timbulnya bagian kosong (*fluks* magnet penampang dan utama saling menghilangkan) dan bagian yang diperkuat (*fluks* magnet penampang dan utama saling menguatkan). Sehingga, timbul gaya dorong (panah putih) dari bagian *fluks* yang kuat menuju bagian yang kosong. Karena penampang A dan B berada pada satu sumbu sehingga gaya tersebut menyebabkan sebuah putaran pada poros motor.