

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 Sel Surya

Sel surya atau *solar cell* adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan 0,5 volt. [4]

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari. Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya menkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai, kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan.

2.1.1 Jenis-jenis Sel Surya

a. Monocrystalline

Jenis ini terbuat dari batangan kristal yang diiris-iris. Karena sel surya berasal dari satu induk batangan Kristal, maka setiap potongan memiliki karakteristik yang identik dengan lainnya, sehingga efisiensi *monocrystalline*

mampu mencapai 15-20%. Kelemahan dari sel surya tipe *monocrystalline* adalah potongan dari setiap sel suryanya berupa segi 6,8 atau bulat, sehingga apabila disusun bersama sel surya yang lainnya akan membentuk ruang kosong.

b. Polycrystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikon *polycrystalline* tidak setinggi *monocrystalline*. Efisiensinya sekitar 13 – 16% tetapi dengan potongan yang berbentuk persegi, *polycrystalline* dapat disusun lebih rapat, sehingga mengurangi ruang-ruang kosong antar sel surya.

c. Amorphous Silicon (a-Si)

Solar sel jenis ini ada pada mainan anak-anak, jam tangan, kalkulator dan perangkat elektronik yang non vital. Efisiensinya rendah sekitar 6 - 8 %.

d. Cadmium Telluride (CdTe)

Sel surya jenis ini mengandung bahan Cadmium Telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 9% - 11%

e. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe.

2.1.2 Parameter Solar Cell

Pengoperasian maksimum sel surya tergantung pada :

a. Suhu permukaan panel surya

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperature normal pada PV sel akan melemahkan tegangan. Setiap kenaikan temperatur sel surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C.

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Radiasi matahari akan sangat banyak berpengaruh pada arus (I) dan sedikit pada tegangan (V).

c. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan angin disekitar lokasi PV dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV.

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu, udara, asap, uap air udara dan kabut sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan PV.

2.2 Astronomi Matahari

Bumi berputar mengelilingi matahari dalam orbit elips dengan matahari sebagai salah satu fokus. Bidang orbit ini disebut ekliptika. Waktu yang dibutuhkan bumi untuk menyelesaikan satu orbit ini didefinisikan sebagai tahun. Bidang ekuator memotong di langit khatulistiwa dan sumbu di kutub langit. Gerak bumi mengitari matahari digambarkan dengan jelas pada ekliptika dengan kemiringan 23.458 terhadap khatulistiwa. Sudut antara garis yang menghubungkan pusat-pusat matahari dan bumi dan proyeksinya pada bidang ekuator disebut sudut deklinasi. Sudut ini adalah nol pada posisi musim semi (20/21 Maret) dan musim gugur (22/23 September). [2]

Beberapa jenis sudut dalam orientasi matahari diantaranya adalah :

- Sudut Deklinasi, merupakan sudut yang dibentuk antara bidang ekuator dengan berkas radiasi matahari yang tegak lurus pada suatu lokasi di bumi saat siang hari
- Sudut Jam, adalah sudut perpindahan posisi angular matahari terhadap bumi dari timur ke barat. Bumi berotasi terhadap matahari selama 24 jam. Dalam satu kali rotasi sebesar 360 derajat, sehingga pergerakan bumi 1 derajat terhadap matahari membutuhkan waktu 4 menit dan bumi bergerak 15 derajat terhadap matahari membutuhkan waktu 1 jam. Sudut jam (*Hour Angle*) bernilai negatif sebelum pukul 12.00 dan bernilai positif setelah pukul 12.00

- Sudut Latitude, yaitu sudut lintang suatu lokasi di bumi yang diukur secara angular dari arah utara atau selatan terhadap garis ekuator. Jika lokasi berada pada lintang utara maka bernilai positif, sedangkan jika berada pada lintang selatan bernilai negatif.

2.3 Solar Tracker

Performansi beberapa divais yang memanfaatkan cahaya matahari bergantung pada intensitas radiasi sinar matahari yang diterima. Intensitas akan maksimum ketika sudut yang dibentuk antara sinar datang dengan garis normal pada permukaan bidang adalah nol derajat. Artinya untuk memperoleh energi radiasi sinar matahari yang maksimum, divais tersebut harus tegak lurus terhadap sinar matahari.

Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaik. Daya listrik yang dihasilkan sel surya dipengaruhi oleh tingkat intensitas radiasi matahari maka semakin rendah pula arus yang dihasilkan. Agar daya listrik yang dihasilkan sel surya selalu optimal untuk variasi intensitas radiasi matahari maka perlu dilakukan pengaturan posisi dari sel surya terhadap arah cahaya matahari secara otomatis. Sistem yang digunakan untuk pengaturan tersebut dinamakan sistem penjejak matahari (*solar tracker system*).

Sistem penjejak matahari diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Sebuah penelitian menyatakan bahwa beberapa kolektor surya “menjejak” matahari dengan pergerakan tertentu untuk meminimalkan sudut datang dari berkas radiasi

matahari pada permukaan kolektor tersebut, sehingga posisi sebuah kolektor surya dalam kondisi tegak lurus terhadap berkas radiasi matahari. Sehingga dapat memaksimalkan energi radiasi matahari tersebut. [2]

Penelitian lain menyatakan bahwa untuk meningkatkan performansi saat ini terdapat beberapa tipe sistem *tracking* matahari yang bisa digunakan, yaitu tipe *single axis*, *dual axis*, baik aktif maupun pasif *tracker*. Pembuatan sistem pelacak matahari tersebut harus disesuaikan dengan persyaratan pengguna. Sebagai contoh, suatu Negara yang tidak mempunyai 4 musim dalam setahun, maka sistem pelacak matahari yang paling optimal adalah menggunakan tipe *single axis*.

2.4 MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Maximum Power Point Tracking sering disebut juga dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan daya maksimum. MPPT bukanlah sistem *tracking* mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya maksimum power yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV. Sistem MPPT bekerja dengan cara memaksa panel surya agar bekerja pada titik daya maksimumnya, sehingga daya yang mengalir ke beban adalah daya maksimal. Pada umumnya digunakan DC-DC *converter* dalam sebuah sistem MPPT untuk menggeser daya operasi dari panel surya menjadi titik daya maksimalnya.

Untuk mencari titik daya maksimum pada panel surya, yang harus dilakukan adalah mencari daya pada panel surya dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut :

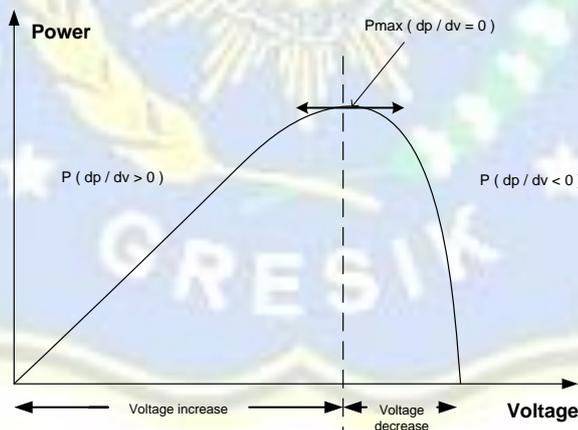
$$P_{in}^{(n)} = V_{in}^{(n)} \times I_{in}^{(n)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Setelah melakukan pengukuran, didapatkan dua parameter dan nanti akan dibandingkan dengan parameter data yang sebelumnya yaitu $P_{in}^{(n-1)}$ dan $V_{in}^{(n-1)}$. Dari hasil perbandingan tersebut didapatkan persamaan 2.2 dan persamaan 2.3

$$\Delta V = V_{in}^{(n)} - V_{in}^{(n-1)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\Delta P = P_{in}^{(n)} - P_{in}^{(n-1)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Pada persamaan 2.2 dan persamaan 2.3 yang nanti dinamakan *slope* $= \frac{\Delta P}{\Delta V}$.



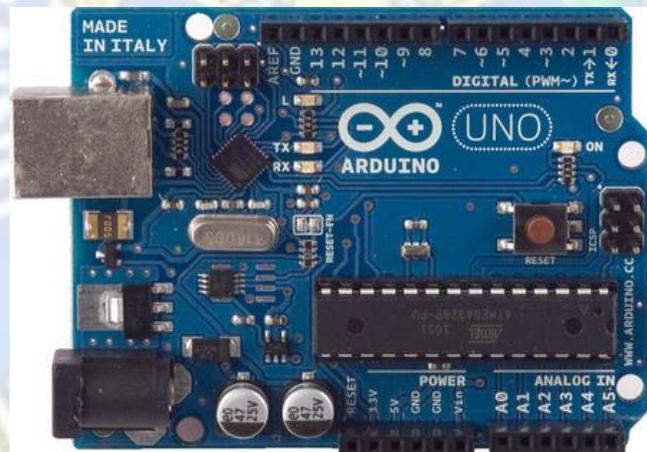
Gambar 2.1 Karakteristik P dan V pada panel surya

Pada gambar 2.1, jika tegangan kerja sel surya diganggu (*perturbed*) dan berada pada $dP/dV > 0$, hal tersebut diketahui bahwa gangguan (*perturbation*)

dilakukan untuk memindahkan tegangan kerja sel surya maju ke arah MPP. Jika $dP/dV < 0$, kemudian perubahan titik kerja mengarahkan sel surya jauh dari MPP, maka algoritma *P&O* membalik arah gangguan. Titik daya maksimum didapat ketika $dP/dV = 0$.

2.5 Arduino

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-support mikrokontroler, dapat dikoneksikan dengan computer menggunakan kabel USB.



Gambar 2.2 Board Arduino Uno

Arduino adalah merupakan sebuah board minimum system mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel[3].

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa

pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasanya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler. Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno

| | |
|--------------------------------|---|
| Mikrokontroler | ATmega 328 |
| Tegangan Pengoperasian | 5 V |
| Tegangan Input yang disarankan | 7 – 12 V |
| Batas Tegangan Input | 6 – 20 V |
| Jumlah pin I/O digital | 14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM) |
| Jumlah pin input Analog | 6 pin |
| Arus DC tiap pin I/O | 40mA |
| Arus DC untuk pin 3,3 V | 50mA |
| <i>Memori Flash</i> | 32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega 328) |
| EPROM | 1 KB (ATmega 328) |
| <i>Clock Speed</i> | 16 MHz |

2.5.1 Power

Arduino dapat diberikan power melalui koneksi USB atau power supply. Powernya diseleksi secara otomatis. Power supply dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok jack adaptor pada koneksi port input supply. Board arduino dapat dioperasikan menggunakan supply dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika supply kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan board bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada board. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt[3].

Penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut :

1. pin

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan power jack, aksesnya menggunakan pin ini.

2. 5V

Regulasi power supply digunakan untuk power mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau supply regulasi 5V lainnya.

3. 3V3

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA

4. Pin Ground

berfungsi sebagai jalur ground pada arduino

5. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB flash memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk bootloader. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

2.5.2 Input & Output

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50K Ohm.

Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB ke TTL chip serial.
2. Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.
3. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.
5. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

2.5.3 Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Ini diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board Arduino. RX dan TX LED di board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer.

2.5.4 Software Arduino

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Ini diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board Arduino. RX dan TX LED di board akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer.

2.5.5 Bahasa Pemrograman Arduino Berbasis Bahasa C

Seperti yang telah dijelaskan diatas program Arduino sendiri menggunakan bahasa C. walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (high level language) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

1. Bahasa C merupakan bahasa yang powerful dan fleksibel yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
2. Bahasa C merupakan bahasa yang portabel sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
3. Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programer berpengalaman sehingga kemungkinan besar library pemrograman telah banyak disediakan oelh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
4. Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (function) dan fungsi-

fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.

5. Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (middle level language) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.
6. Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama `main()`. Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

Oleh karena itu bahasa C merupakan bahasa prosedural yang menerapkan konsep runtutan (program dieksekusi per baris dari atas ke bawah secara berurutan), maka apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut dibawah fungsi utama, maka kita harus menuliskan bagian prototipe (prototype), hal ini dimaksudkan untuk mengenalkan terlebih dahulu kepada kompilator daftar fungsi yang akan digunakan di dalam program. Namun apabila kita menuliskan fungsi-fungsi lain tersebut diatas atau sebelum fungsi utama, maka kita tidak perlu lagi untuk menuliskan bagian prototipe diatas[3].

Selain itu juga dalam bahasa C kita akan mengenal file header, biasa ditulis dengan ekstensi `h(*.h)`, adalah file bantuan yang yang digunakan untuk menyimpan daftar-daftar fungsi yang akan digunakan dalam program. Bagi anda yang sebelumnya pernah mempelajari bahasa pascal, file header ini serupa dengan unit. Dalam bahasa C, file header standar yang untuk proses input/output adalah `<stdio.h>`.

Perlu sekali untuk diperhatikan bahwa apabila kita menggunakan file header yang telah disediakan oleh kompilator, maka kita harus menuliskannya didalam tanda '`<`' dan '`>`' (misalnya `<stdio.h>`). Namun apabila menggunakan file header yang kita buat sendiri, maka file tersebut ditulis diantara tanda " `dan` " (misalnya "`cobaheader.h`"). perbedaan antara keduanya terletak pada saat pencerian file tersebut. Apabila kita menggunakan tanda `<>`, maka file tersebut

dianggap berada pada direktori default yang telah ditentukan oleh kompilator. Sedangkan apabila kita menggunakan tanda “”, maka file header dapat kita tentukan sendiri lokasinya.

File header yang akan kita gunakan harus kita daftarkan dengan menggunakan directive `#include`. Directive `#include` ini berfungsi untuk memberi tahu kepada kompilator bahwa program yang kita buat akan menggunakan file-file yang didaftarkan. Berikut ini contoh penggunaan directive `#include`.

```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include"myheader.h"
```

Setiap kita akan menggunakan fungsi tertentu yang disimpan dalam sebuah file header, maka kita juga harus mendaftarkan file headernya dengan menggunakan directive `#include`. Sebagai contoh, kita akan menggunakan fungsi `getch()` dalam program, maka kita harus mendaftarkan file header `<conio.h>`[7].

2.6 Motor DC

Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan dalam berbagai fungsi misalnya, memutar impeller pompa, *fan* atau *blower* menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Berikut adalah bentuk luar motor DC.



Gambar 2.3 Motor DC

Motor DC seperti pada gambar 2.4 ini memiliki keuntungan utama sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya, motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

1. Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dynamo akan meningkatkan kecepatan.
2. Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaan pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang, seperti peralatan mesin dan *rolling mills*. Sebab sering terjadi masalah dengan perubahn arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya, sebab resiko percikan api pada sikatnya.

a. Mekanisme Kerja Motor DC

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / *loop*, maka kedua sisi *loop* yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan gaya pda arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / torque untuk memutar kumparan.

b. Komponen Utama Motor DC

Sebuah motor DC yang memiliki tiga komponen utama:

1. *Kutub medan.* secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan, kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melitasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.
2. *Dinamo.* bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. 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. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
3. *Commutator.* Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya

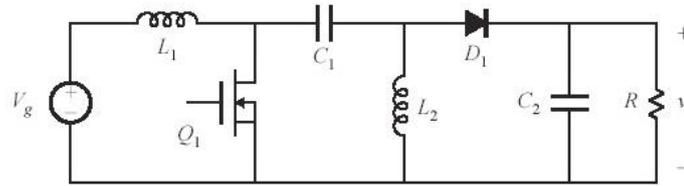
Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada ke luaran tenaga putar / torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok:

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torque –nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan (torque bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

2.7 DC Chopper Tipe Sepic Converter

DC Chopper merupakan rangkaian elektronika daya yang dapat mengubah tegangan DC (*direct current*) dari satu nilai ke nilai yang lain atau dari satu polaritas ke polaritas yang lain. Salah satu jenis dari DC Chopper yang umum digunakan saat ini adalah DC Chopper tipe Sepic (*Sepic Converter*).

Konverter topologi SEPIC merupakan pengembangan dari konverter topologi cuk konverter. Konverter topologi SEPIC dapat bekerja menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran tanpa adanya pembalikan polaritas [3]. Rangkaian konverter SEPIC dapat dilihat pada Gambar 2.6 yang terdiri dari dua induktor dan dua kapasitor dengan asumsi nilai induktansi dan kapasitansi yang besar sehingga arusnya konstan, saklar dan diode yang dianggap ideal.

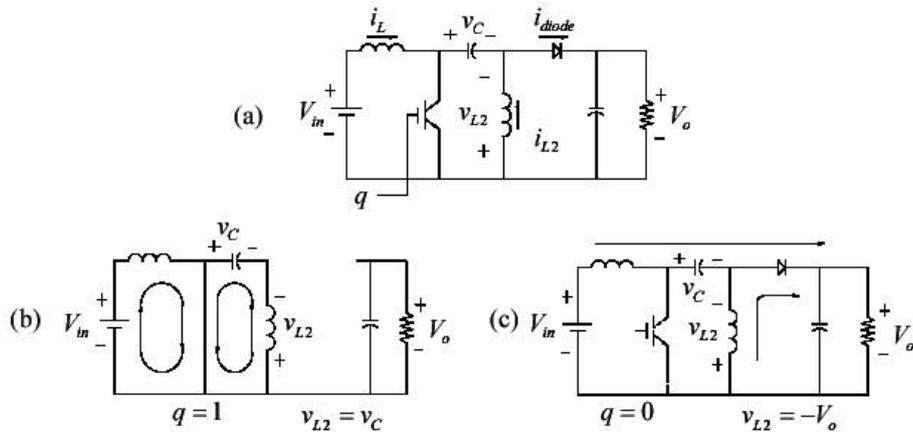


Gambar 2.4 Sepic Converter

Rangkaian daya DC Chopper tipe Sepic terdiri dari induktor, kapasitor, dioda, MOSFET sebagai komponen pensaklaran dan rangkaian kontrol untuk menghidupkan dan mematikan. DC Chopper tipe Sepic dibagi menjadi 2 kerja utama, yaitu :

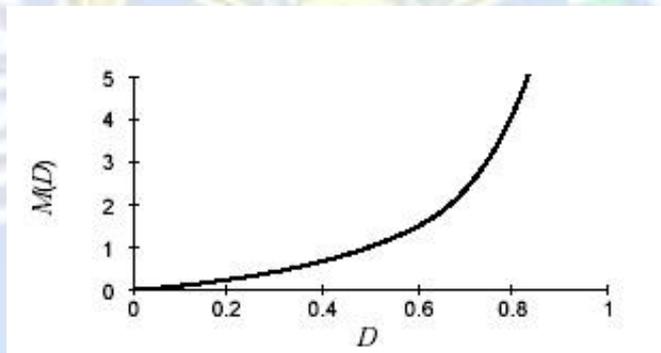
- MOSFET ON, maka MOSFET akan berlaku sebagai hubugn singkat. Disisi lain, dioda akan OFF dan positif sumber terputus dengan positif beban. Sehingga arus akan mengalir melalui negatif beban. Jika *duty cycle* diperbesar, maka arus yang melalui negatif beban lebih besar. Polaritas beban akan menjadi negatif.
- MOSFET OFF, maka MOSFET akan berlaku sebagai hubung buka. Disisi lain dioda akan ON dan positif sumber tersambung dengan positif beban. Sehingga arus akan mengalir menuju positif beban. Jika *duty cycle* diperkecil, maka arus yang melalui positif beban lebih besar. Polaritas beban akan menjadi positif.

Untuk memperjelas proses kerja dari DC Chopper tipe Sepic dapat dilihat gambar kerja dibawah ini :



Gambar 2.5 Proses Kerja DC Chopper tipe Sepic

Berikut adalah kurva perbandingan antara *duty cycle* (D) dengan fungsi ahli ($M(D)$).



Gambar 2.6 Kurva perbandingan antara *duty cycle* dengan fungsi ahli

Berdasarkan kurva di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar *duty cycle* maka semakin besar pula fungsi ahlinya, namun hubungan antara keduanya bukanlah linier, melainkan eksponensial.

Untuk membuat konverter SEPIC digunakan beberapa persamaan [7]

yaitu :

1. Menentukan Tegangan Keluaran (V_{out})

Tegangan keluaran pada Konverter SEPIC dapat ditentukan secara matematis dengan persamaan 2.4

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{D}{1-D} \right) \dots\dots(2.4)$$

Keterangan : V_{out} : Tegangan Keluaran (V)

V_{in} : Tegangan Masukan (V)

D : *Duty Cycle* (%)

Keuntungan pada Sepic adalah memiliki arus masukan dengan tingkat *ripple* rendah, tidak memakai *transformer*, penjagaan kerusakan pada rangkaian melalui kapasitor jika *switch* gagal berfungsi (*capacitive insulation*). Kekurangan yang ditemui misalnya tidak adanya isolasi antara sisi masukan dan keluaran serta tegangan keluaran memiliki *ripple* yang tinggi. Sepic sering digunakan pada aplikasi perbaikan faktor daya (*Power Factor*).

2.8 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B adalah jenis sensor tegangan yang menggunakan transformator. Meski menggunakan transformator sebagai

komponen pembentuk, sensor ini memiliki ukuran yang relatif kecil. Sensor tegangan ZMPT101B ini memiliki akurasi tinggi dan konsistensi yang sangat baik dalam pengukuran tegangan.

2.8.1 Jenis Sensor Tegangan

Sensor tegangan dapat digunakan untuk mengukur tegangan AC maupun DC, walau demikian algoritma pengukuran yang diterapkan tidaklah sama. Tegangan DC relatif bernilai konstan sehingga mudah untuk diukur, berbeda halnya dengan tegangan AC yang terus berubah sesuai bentuk gelombang sinus dan memiliki magnitude tegangan dalam wilayah positif dan negatif. Besaran tegangan efektif AC dapat diketahui apabila tegangan maksimum / puncak diketahui. Dengan menggunakan algoritma yang tepat dan persamaan matematis yang berkesesuaian, nilai maksimum dan nilai efektif tegangan AC dapat ditemukan.



Gambar 2.7 Sensor Tegangan ZMPT101B

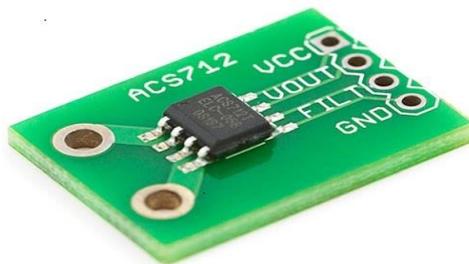
Sensor tegangan ZMPT101B seperti pada gambar 2.11 merupakan piranti yang umum digunakan pada perangkat elektronik. Secara sederhana sensor tegangan bisa didapatkan melalui perancangan rangkaian pembagi tegangan dan juga dapat didesain menggunakan transformator. Sensor tegangan dengan

menggunakan pembagi tegangan dapat digunakan pada tegangan AC maupun DC, sedangkan sensor yang menggunakan transformator hanya dapat digunakan untuk men-sensor tegangan AC.

Terlepas dari jenis sensor tegangan yang digunakan, dalam aplikasi berbasis mikroprosesor teknik pembacaan tegangan AC dan DC sangatlah berbeda. Pada umumnya tegangan DC adalah tegangan yang bentuk gelombangnya searah atau hanya berada pada satu kuadran (Kutub positif saja atau kutub negatif saja) dan juga tegangan DC memiliki sifat nilai yang relatif konstan. Dengan sifat / karakteristik tegangan seperti di atas pembacaan tegangan DC menjadi mudah untuk diterapkan. Berbeda dengan tegangan DC, tegangan AC memiliki bentuk tegangan yang tidak konstan melainkan mengikuti bentuk sinus (Memiliki gelombang puncak atas dan bawah), sehingga tegangan AC berada pada dua kuadran (Kutub positif maupun negatif). Maka dengan gelombang yang berubah-ubah membuat pembacaan tegangan AC tidak dapat langsung di proses oleh mikroprosesor melalui pin input, melainkan harus menggunakan bantuan sensor seperti sensor tegangan ZMPT101B atau sensor lainnya yang sesuai.

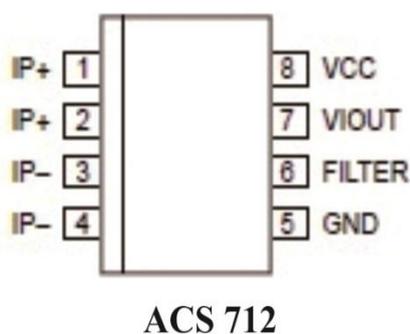
2.9 Sensor Arus ACS 712

Sensor arus ACS 712 adalah Hall effect current sensor. Hall effect callegro 712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil, dan sistem komunikasi. Pada umumnya pengaplikasian sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban lebih.



Gambar 2.8 Sensor Arus ACS 712

Sensor arus ACS 712 yang seperti pada gambar 2.12 ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang sangat tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor arus ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian pembacaan sensor arus dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS Hall IC yang ada didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh perusahaan.



Keterangan :

| Number | Name | Description |
|---------|--------|--|
| 1 and 2 | IP + | Terminals for current being sampled : fused internally |
| 3 and 4 | IP - | Terminals for current being sampled : fused internally |
| 5 | GND | Signal ground terminal |
| 6 | FILTER | Terminal for external capacitor that sets bandwidth |
| 7 | VOUT | Analog output signal |
| 8 | VCC | Device power suplay terminal |

Gambar 2.9 PIN Sensor ACS 712

Pada gambar 2.13 dapat dilihat tata letak posisi I / O dan kegunaan masing masing pin dari sensor arus ACS 712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 m Ω dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads / mengarah (Pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS 712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Sebelum dijual ke pasaran sensor ini telah dikalibrasi oleh perusahaan pembuatnya.

2.9.1 Fitur dan Keuntungan Sensor ACS 712

Berikut ini merupakan fitur dan keuntungan sensor arus ACS 712 :

1. Jalur sinyal analog low-noise.
2. Bandwidth perangkat diatur melalui PIN filter baru.
3. Langkah waktu naik keluaran 5 μ s dalam menanggapi arus masukan.
4. Bandwidth sampai dengan 80 kHz.
5. Jumlah kesalahan output 1,5% pada $T_A = 25$ °C.
6. Jejak kaki kecil, paket low-profile SOIC 8.
7. Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
8. Isolasi tegangan minimum 2.1 kVRMS dari pin 1-4 ke pin 5-8.
9. Tegangan kerja 5V DC.
10. Sensitivitas keluaran 66 - 185 mV/A.
11. Tegangan keluaran sebanding dengan arus AC atau DC.

12. Perusahaan membuat dengan akurasi yang tinggi.
13. Keluaran sangat stabil mengimbangi tegangan.
14. Histeresis magnetik hampir nol.
15. Rasiometrik keluaran dari pasokan tegangan.

2.10 Sensor cahaya LDR

Sensor cahaya LDR (Light Dependent Resistor) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari *cadmium sulfida* yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut cahaya yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar 10 Mega ohm dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi 150 ohm. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa.



Gambar 2.10 Sensor Cahaya LDR

Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu :

1. Laju recovery
2. Respon spectral

2.10.1 Laju Recovery Sensor Cahaya LDR

Bila sebuah sensor cahaya LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju recovery merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

2.10.2 Respon Spektral Sensor Cahaya LDR

Resistansi sensor cahaya LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10 Mega ohm dan dalam keadaan terang sebesar 1 Kilo ohm atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih

banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

