

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solar Cell

Solar cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic. Yang dimaksud dengan efek photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, sel surya atau solar cell sering disebut juga dengan sel photovoltaic (PV). Efek photovoltaic ini ditemukan oleh *Hendri Becquerel* pada tahun 1839.



Gambar 2.1 Solar Cell

(<http://google.com/sel-surya>,2019)

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir, sama seperti dioda photo (photodiode), sel surya atau solar cell juga memiliki kaki positif dan kaki negative yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik.

Pada dasarnya sel surya merupakan diode photo yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas sel surya tersebut menjadikan perangkat sel

surya ini lebih sensitive terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari diode photo pada umumnya. Contohnya sumber sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silicon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5 volt dan arus setinggi 0,1 A saat terkena (ekspos) cahaya matahari. Saat ini telah banyak yang mengaplikasikan perangkat sel surya ini ke berbagai macam penggunaan. Contohnya seperti alat yang kami buat kali ini.

2.1.1 Sejarah Solar Cell (Panel Surya)

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi solar cell. Percobaannya dilakukan dengan menyirami 2 *elektrode* dengan berbagai macam cahaya. *Elektrode* tersebut di balut dengan bahan yang sensitive cahaya, yaitu AgCl dan AgBr dan dilakukan pada kotak hitam yang di kelilingi dengan campuran asam. Dalam percobaannya ternyata tenaga listrik meningkat mana kala intensitas cahayanya meningkat. Selanjutnya penelitian dari becquerel dilanjutkan oleh peneliti – peneliti lain. Tahun 1873 seorang insinyur dari Inggris Willoughby Smith menemukan selenium sebagai satu elemen photo conductivity. Kemudian tahun 1876, William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwa selenium menghasilkan arus listrik apabila disinari dengan cahaya matahari. Hasil penemuan mereka menyatakan bahwa selenium dapat mengubah tenaga matahari secara langsung menjadi listrik tanpa ada bagian bergerak atau panas. Sehingga disimpulkan bahwa solar cell sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik.

Tahun 1894 Charles Fritts membuat solar cell pertama yang sesungguhnya yaitu bahan semi conductor dibalut dengan lapisan tipis emas. Tingkat efisiensi yang di capai baru 1% sehingga belum juga dapat dipakai sebagai sumber energi, namun kemudian di pakai sebagai sensor cahaya. Tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya mengenai *photoelectric effect*. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket – paket atau “quanta of energy” yang sekarang ini lazim disebut “photon”. Teorinya ini sangat sederhana

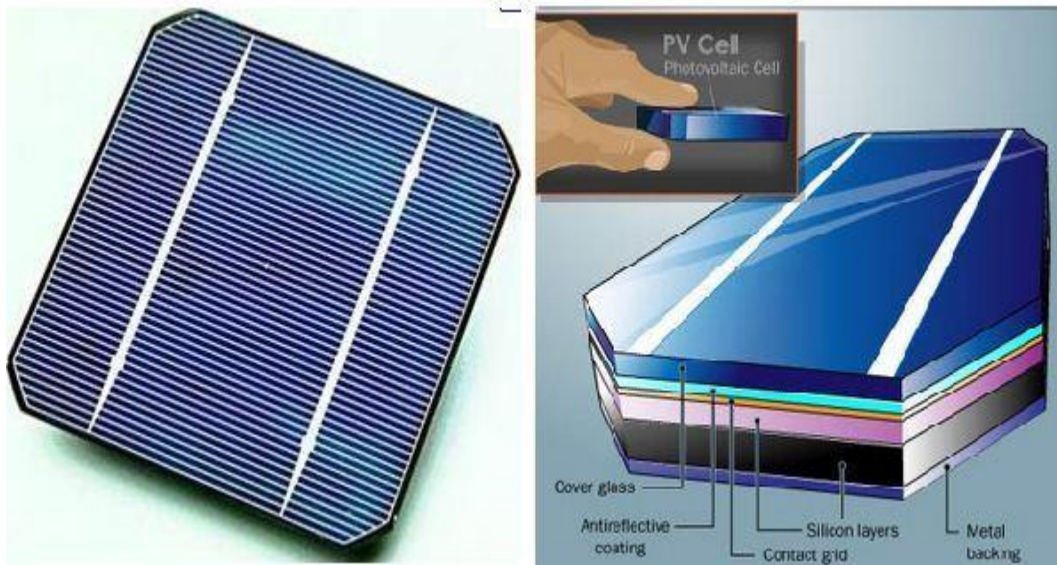
tapi sangat revolusioner. Hingga tahun 1980-an efisiensi dari hasil penelitian sumberdaya listrik.

Tahun 1985 University of South Wales Australia memecahkan rekor efisiensi solar cell mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari. Tahun 2007 University of Delaware berhasil menemukan solar cell technology yang efisiensinya mencapai 42,8% hal ini merupakan rekor terbaru untuk “thin film photovoltaic solar cell.” Perkembangan dalam riset solar cell telah mendorong komersialisasi dan produksi solar cell untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

(<http://tenagamatahari.wordpress.com/beranda/sejarah-solar-cell,2017>).

2.1.2 Struktur Solar Cell

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat dengan struktur atau bagian bagian penyusun sel yang berbeda pula (jenis jenis teknologi surya akan dibahas ditulisan “sel surya : jenis jenis teknologi”). Dalam tulisan ini akan dibahas struktur sel surya yang berada dipasaran saat ini yaitu berbasis material silicon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silicon) dan kedua (thin film/lapisan tipis).



Gambar 2.2 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.

(<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya,2019>)

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

1. Substart/metal backing

Substart adalah material yang menopang seluruh material sel surya. Material substart juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti alumunium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organic, substart juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti idium tin oxide (ITO) dan fluorine doped tin oxide (FTO).

2. Material Semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya dari yang biasanya mempunyai tebal sampai berapa ratus micrometer untuk sel surya

generasi pertama (silicon), dan satu sampai 3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang membuat berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silicon, yang umum diaplikasikan diindustrial elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS, dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak Metal/Metal Grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan Antireflektif

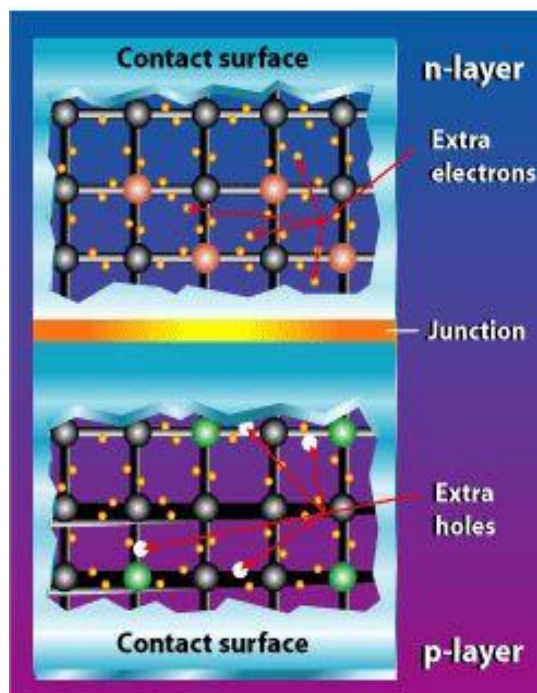
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi/Cover Glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.1.3 Prinsip Kerja Solar Cell

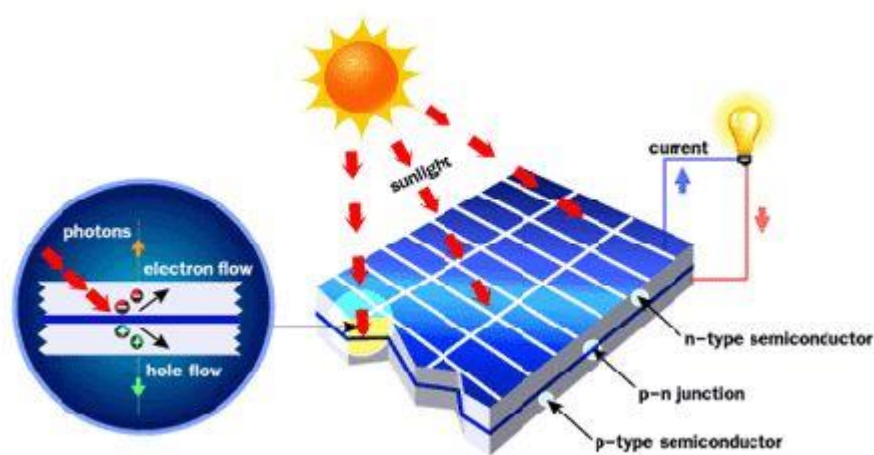
Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.3 Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron).

(<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>,2019)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.



Gambar 2.4 Sekam Panel Surya.

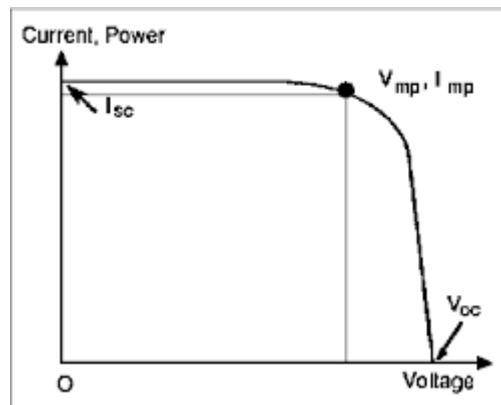
(<http://solarsuryaindonesia.com/tenaga-surya,2019>)

Panel surya pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan solar cell secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan solar cell adalah memanfaatkan efek photovoltaic yakni suatu efek yang dapat merubah langsung cahaya matahari menjadi energy listrik (Ady Iswanto,2008).

2.1.4 Performansi Solar Cell Panel

Total pengeluaran listrik (wattage) dari solar cell panel adalah sebanding dengan voltage atau tegangan operasi dikalikan dengan arus operasi saat ini. Solar cell panel dapat menghasilkan arus dari voltage yang berbeda beda. Hal ini berbeda dengan baterai, yang menghasilkan arus dari voltage yang relative konstan.

Karakteristik dari solar cell panel dapat dilihat dari kurva formasi, disebut I-V curve. I-V curve menunjukkan hubungan antara arus dan voltage. Seperti yang dijelaskan di gambar 2.5. Gambar dibawah menunjukkan tipikal kurva I-V. Voltage (V) adalah sumbu horizontal. Arus (I) adalah sumbu vertical. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam *standard test conditions* (STC) 1000 watt per meter persegi radiasi (atau disebut satu matahari puncak/ one peak sun hour) dan 25 derajat celcius / 77 derajat Fahrenheit suhu *solar cell panel*. Sebagai informasi STC mewakili kondisi optional dalam lingkungan laboratorium.



Gambar 2.5 I-V curve

(<http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/solar-cells-panel-guide>, 2019)

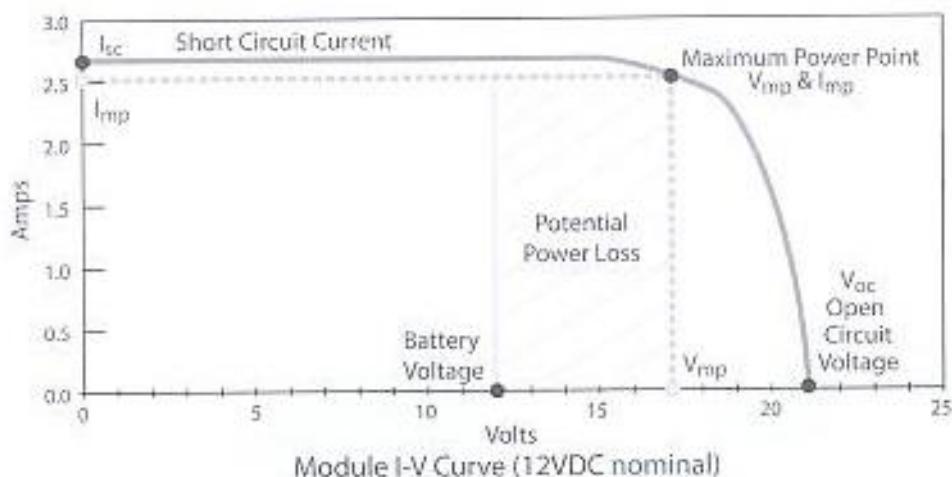
Curva I-V terdiri dari tiga hal yang penting:

1. Maximum powerpoint (V_{mp} dan I_{mp})
2. Open circuit Voltage (V_{oc})
3. Short circuit current (I_{sc})

2.1.4.1 Maximum Power Point (V_{mp} dan I_{mp})

Pada kurva I-V maximum Power Point V_p dan I_{mp} , adalah titik operasi, dimana maximum pengeluaran atau output yang dihasilkan oleh solar cell panel saat kondisi operasional. Dengan kata lain, V_{mp} dan I_{mp} dapat diukur pada saat solar cell panel diberi beban 25 derajat celcius dan radiasi 1000 watt per meter persegi. Pada kurva diatas voltage 17 volt adalah V_{mp} , dan I_{mp} adalah 2,5 Amper. Jumlah watt pada batas maximum dengan mengalikan V_{mp} dan I_{mp} , maximum jumlah watt pada STC 43 watt.

Output berkurang sebagaimana voltage menurun. Arus dan daya output dari kebanyakan modul solar cell panel menurun sebagaimana tegangan atau voltage meningkat melebihi maximum power point.



Gambar 2.6 Module I-V curve (12Vdc).

(<http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/solar-cells-panel-guide,2019>)

2.1.4.2 Open Circuit Voltage (V_{oc})

Open Circuit Voltage (V_{oc}), adalah kapasitas tegangan maximum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus (current). Pada kurva I-V, V_{oc} adalah 21 volt. Daya pada saat V_{oc} adalah 0 watt. V_{oc} solar cell panel dapat diukur

dilapangan dalam berbagai macam keadaan saat membeli modul, sangat direkomendasikan untuk menguji voltase untuk mengetahui apakah cocok dengan spesifikasi pabrik. Voc dapat diukur pada pagi hari dan sore hari.

2.1.4.3 Short Circuit Current (Isc)

Short circuit current (Isc) adalah maximum output arus dari solar cell panel yang dapat dikeluarkan (output) dibawah kondisi yang tidak ada resistansi atau short circuit. Pada kurva I-V diatas menunjukkan perkiraan arus 2,65 Amper daya pada Isc adalah 0 watt.

Short circuit current dapan diukur hanya pada saat membuat koneksi langsung terminal positif dan negative dari modul solar cell panel.

2.1.5 Label Spesifikasi Solar Cell Panel

Semua nilai pada kurva I-V digunakan untuk menciptakan label yang spesifikasi untuk setiap modul solar cell panel. Semua ditera dibawah standard kondisi tes. Label spesifikasi dapat ditemukan dibagian belakang dari solar cell panel.

- Rated Maximum Power(Pm) : 100W
- Tolerance : +/-3%
- Cell Efficiency : 16.93%
- Voltage at Pmax(Vmp) : 18.0V
- Current at Pmax(Imp) : 5.56A
- Open-Circuit Voltage(Voc) : 21.6V
- Short-Circuit Current(Isc) : 6.42A
- Maximum Syste Voltage : 1000V DC
- Maximum Series Fuse Rating : 10A
- Operating Temperature : -40'C to +85'C
- Application Class : Class A
- Cell Technology : Poly-Si
- Weight : 7.5Kg
- Dimension(mm) : 1020x670x35mm

2.1.6 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Solar Cell Panel

empat hal utama yang mempengaruhi kerja atau performansi dari modul solar cell panel:

1. Resistansi beban.
2. Intensitas cahaya matahari.
3. Suhu/temperature solar cell panel.
4. Bayangan atau shading.

2.1.6.1 Resistansi Beban

Tegangan baterai adalah tegangan operasi dari solar cell panel. Apabila baterai dihubungkan langsung dengan solar cell panel. Sebagai contoh, umumnya baterai 12 volt, voltase tegangan baterai biasanya antara 11,5 volt sampai 15 volt. Untuk dapat mengisi baterai, solar cell panel harus beroperasi pada voltase yang lebih tinggi daripada voltase baterai. Efisiensi paling tinggi adalah saat solar cell panel beroperasi dekat pada maximum power point. Pada contoh diatas, tegangan baterai harus mendekati tegangan V_{mp} . Apabila tegangan baterai menurun dibawah V_{mp} , ataupun meningkat diatas V_{mp} , maka efisiensi akan berkurang.

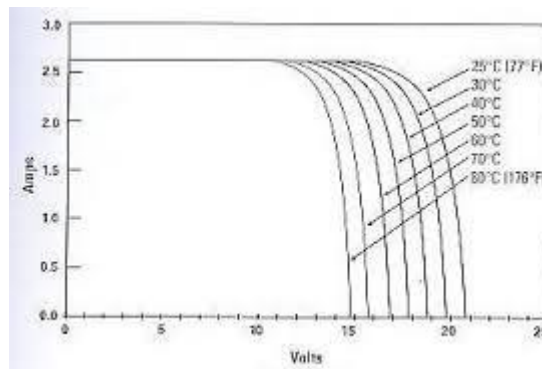
2.1.6.2 Intensitas Cahaya Matahari

Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proporsional akan menghasilkan arus yang besar seperti gambar 2.8, tingkatan cahaya matahari menurun, bentuk dari kurva I-V menunjukkan hal yang sama, tetapi bergeser kebawah yang mengindikasikan menurunnya arus dan daya. Voltase tidak berubah oleh bermacam macam intensitas cahaya matahari.

2.1.6.3 Suhu Solar Cell

Sebagaimana suhu solar cell meningkat diatas standar suhu normal 25 derajat celsius, efisiensi solar cell panel dan tegangan akan berkurang. Gambar 2.8 mengilustrasikan bahwa, sebagaimana suhu sel meningkat diatas 25 derajat celsius (suhu solar cell panel, bukan suhu udara) bentuk kurva I-V tetap sama, tetapi bergeser kekiri sesuai dengan kenaikan suhu solar cell panel, suhu solar cell

panel akan menghasilkan tegangan dan daya yang lebih kecil. Pada dalam kasus ini adalah hambatan listrik untuk aliran electron. Untuk itu aliran udara disekeliling solar cell panel sangat penting untuk menghilangkan panas yang menyebabkan suhu solar cell yang tinggi.



Gambar 2.7 I-V terhadap suhu.

(<http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/solar-cells-panel-guide>,2019)

2.1.6.4 Shading/Teduh/Bayangan

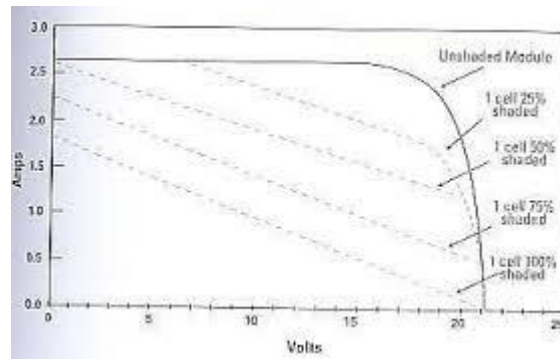
Solar cell panel terdiri dari beberapa silicon yang diserikan untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu silicon menghasilkan 0,46 volt untuk membentuk solar cell panel 12 volt, dibutuhkan 32 silicon diserikan, hasilnya adalah $14,72 = 0,46 \times 32$.

Shading adalah dimana salah satu atau lebih sel silicon dari solar cell panel tertutup dari sinar matahari. Shading akan mengurangi pengeluaran daya dari solar cell panel. Beberapa jenis solar cell panel sangat terpengaruh oleh shading dibandingkan yang lain. Tabel 2.1 menunjukkan efek yang sangat ekstrim pengaruh shading pada satu sel dari modul panel surya *single crystalline* yang tidak memiliki *internalbypass diodes*. Untuk mengatasi hal tersebut solar cell panel dipasang *bypass diode*. *Bypass diode* harus mengalir ke satu arah, mencegah arus ke silicon yang kena bayangan.

Table 2.1 efek shading pada satu solar cell

Presentase dari bayangan pada satu sel	Presentase dari loss solar panel modul
0%	0%
25%	55%
50%	50%
75%	66%
100%	75%
3 sel terkena bayangan	93%

*data diambil dari buku *photovoltaic design and installation manual*.

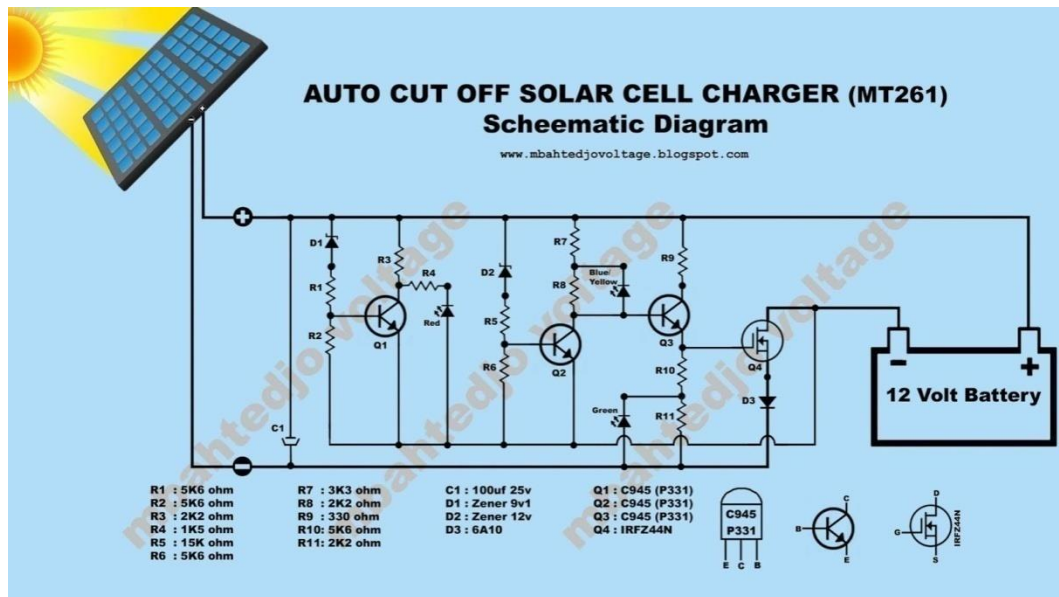


Gambar 2.8 I-V Curve terhadap shading.

(<http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/solar-cells-panel-guide>,2019)

2.2 Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.



Gambar 2.9 Rangkaian Charge Controller.

(<http://mbahtedjovoltage.blogspot.com/2019/04/how-to-make-battery-charger-with-auto.html#comment-form,2019>)

Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging dan overvoltage.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge, dan overloading.
3. Monitoring temperature baterai.

Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah

1. Voltage 12 volt DC / 24 volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Amphere, 10 Amphere, dsb.
3. Full charge dan low voltage cut.

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung denganbaterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

2.2.1 Teknologi Solar Charge Controller

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (Pulse Wide Modulation)



Gambar 2.10 Pulse Wide Modulation (PWM)

<https://www.cytron.io/p-solar-charger-controller-10a-12v-24v>

PWM (Pulse Wide Modulation), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form.

2. MPPT (Maximun Power Point Tracker)

MPPT (Maximun Power Point Tracker), yang lebih efisien konversi DC to DC (Direct Current). MPPT dapat mengambil maximum daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

Kelebihan MPPT dalam ilustrasi ini: Panel surya / solar cell ukuran 120 Watt, memiliki karakteristik Maximun Power Voltage 17.1 Volt, dan Maximun Power Current 7.02 Ampere. Dengan solar charge controller selain MPPT dan tegangan baterai 12.4 Volt, berarti daya yang dihasilkan adalah $12.4 \text{ Volt} \times 7.02 \text{ Ampere} = 87.05 \text{ Watt}$. Dengan MPPT, maka Ampere yang bisa diberikan adalah $120\text{W} : 12.4 \text{ V} = 9.68 \text{ Ampere}$.

Teknologi yang sudah jarang digunakan, tetapi sangat murah, adalah Tipe 1 atau 2 Stage Control, dengan relay ataupun transistor. Fungsi

relay adalah meng-short ataupun men-disconnect baterai dari panel surya / solar cell.

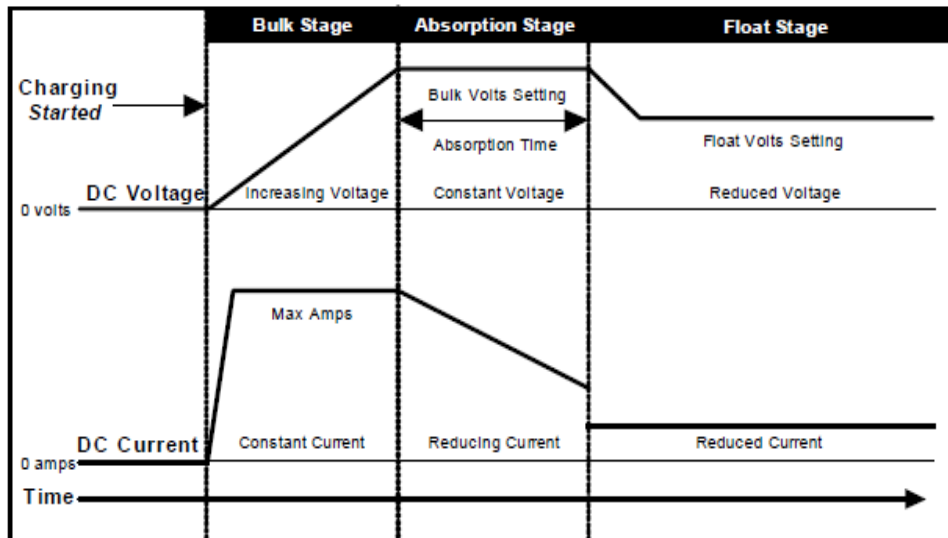
2.2.2 Cara Kerja Charge Controller

Solar charge controller, adalah komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar charge controller berfungsi untuk:

- Charging mode fungsinya mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong)
- Operation mode fungsinya penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong).

Charging Mode Solar Charge Controller. Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charging:

- Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk - antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
- Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
- Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.



Gambar 2.11 Cara Kerja Charge Controller.

<https://www.cytron.io/p-solar-charger-controller-10a-12v-24v>

2.2.3 Cara Menentukan dan Memilih Kapasitas Charge Controller

Ukuran untuk controller pengisian aki ditentukan dalam satuan Amper. Untuk menentukan berapa amper alat pengontrolan pengecasan aki yang harus digunakan adalah pekerjaan yang sangat sederhana sekali.

Kita ambil contoh:

Beban = 187,5 watt, jadi perlukan dua panel @100w=200watt

Ukuran controller pengecasan aki:

Voltase aki = 12v

Ukuran alat pengontrolan = $200/12 = 16,7$ A

Dengan pertimbangan factor efisiensi, kita perlu tambahkan cadangan 25% , dengan demikian perhitungan menjadi:

$16,7 \times 1,25 = 20,82$ A

Jadi pengatur pengisian aki yang harus dipakai adalah charge controller yang ukurannya tidak dibawah 21A.

Disamping itu perlu juga diperhatikan voltase maksimum yang bias ditoleransi oleh controller. Kalau panel 100 watt yang kita contohkan diatas

mempunya $V_{oc} = 20v$, total V_{oc} untuk 2 x 100watt juga 20v. jadi alat pengaturan pengisian aki yang kita pilih adalah controller yang bertegangan maksimum 20v.

2.3 Accumulator

Accumulator atau sering disebut Accu, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan Accu untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Accu mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

Allesandro Volta, seorang ilmuwan fisika mengetahui, gaya gerak listrik (ggl) dapat dibangkitkan dua logam yang berbeda dan dipisahkan larutan elektrolit. Volta mendapatkan pasangan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat membangkitkan ggl yang lebih besar dibandingkan pasangan logam lainnya (kelak disebut elemen volta). Hal ini menjadi prinsip dasar bagi pembuatan dan penggunaan elemen sekunder. Elemen sekunder harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik melaluinya (secara umum dikenal dengan istilah disetrum).

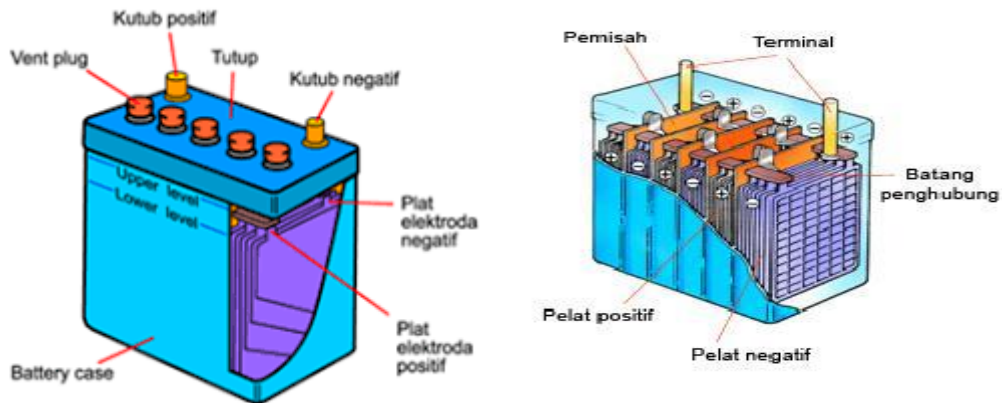
Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan Accu. Dalam sebuah Accu berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimiareversibel yaitu di dalam Accu saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (discharging), sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (charging).

Jenis Accu yang umum digunakan adalah Accumulator timbal. Secara fisik Accu ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H_2SO_4). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana Accu yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida (PbO_2) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

2.3.1 Macam dan Cara Kerja Accumulator

Accumulator yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu Accumulator basah dan Accumulator kering. Accumulator basah media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. Accumulator jenis ini masih perlu diberi air Accumulator yang dikenal dengan sebutan Accumulator Zuur. Sedangkan Accumulator kering merupakan jenis Accumulator yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. Accumulator ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah.

Dalam Accumulator terdapat elemen dan sel untuk penyimpan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau Separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, munculah arus listrik. Accumulator memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila Accumulator hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada Accumulator terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air Accumulator untuk masing-masing sel. Bila permukaan air Accumulator di bawah level minimum akan merusak fungsi sel Accumulator. Jika air Accumulator melebihi level maksimum, mengakibatkan air Accumulator menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.



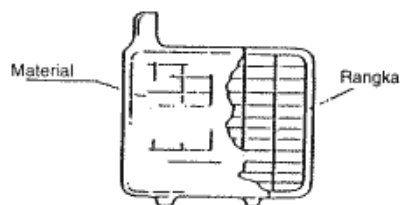
Gambar 2.12 Sel Akumulator

(<https://id.wikipedia.org/wiki/Akumulator>)

2.3.2 Konstruksi Accumulator

1. Plat positif dan negatif

Plat positif dan plat negatif merupakan komponen utama suatu Accu. Kualitas plat sangat menentukan kualitas suatu Accu, plat-plat tersebut terdiri dari rangka yang terbuat dari paduan timbal antimon yang di isi dengan suatu bahan aktif. Bahan aktif pada plat positif adalah timbal peroksida yang berwarna coklat, sedang pada plat negatif adalah spons - timbal yang berwarna abu abu (Daryanto, 2006).

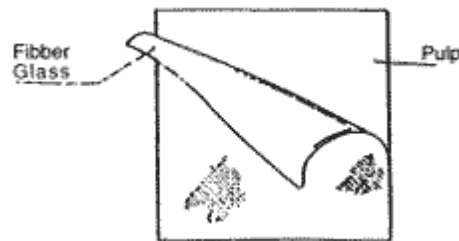


Gambar 2.13 Plat Sel Accumulator

(Daryanto,2006)

2. Separator dan lapisan serat gelas

Antara plat positif dan plat negatif disisipkan lembaran separator yang terbuat dari serat Cellulosa yang diperkuat dengan resin. Lembaran lapisan serat gelas dipakai untuk melindungi bahan aktif dari plat positif, karena timbal peroksida mempunyai daya kohesi yang lebih rendah dan mudah rontok jika dibandingkan dengan bahan aktif dari plat negatif. Jadi fungsi lapisan serat gelas disini adalah untuk memperpanjang umur plat positif agar dapat mengimbangi plat negatif, selain itu lapisan serat gelas juga berfungsi melindungi separator (Daryanto, 2006).



Gambar 2.14 Lapisan Serat Gelas

(Daryanto, 2006)

3. Elektrolit

Cairan elektrolit yang dipakai untuk mengisi Accu adalah larutan encer asam sulfat yang tidak berwarna dan tidak berbau. Elektrolit ini cukup kuat untuk merusak pakaian. Untuk cairan pengisi Accu dipakai elektrolit dengan berat jenis 1.260 pada 20°C.

4. Penghubung antara sel dan terminal

Accu 12 volt mempunyai 6 sel, sedang Accu 6 volt mempunyai 3 sel. Sel merupakan unit dasar suatu Accu dengan tegangan sebesar 2 volt. Penghubung sel (Conector) menghubungkan sel sel secara seri. Penghubung sel ini terbuat dari paduan timbal antimon. Ada dua cara

penghubung sel - sel tersebut. Yang pertama melalui atas dinding penyekat dan yang kedua melalui (menembus) dinding penyekat. Terminal terdapat pada kedua sel ujung (pinggir), satu bertanda positif (+) dan yang lain negatif (-). Melalui kedua terminal ini listrik dialirkan penghubung antara sel dan terminal.

5. Sumbar

Sumbat dipasang pada lubang untuk mengisi elektrolit pada tutup Accu, biasanya terbuat dari plastik. Sumbat pada Accu motor tidak mempunyai lubang udara. Gas yang terbentuk dalam Accu disalurkan melalui slangplastik/karet. Uap asam akan tertahan pada ruang kecil pada tutup Accu, kemudian asamnya dikembalikan kedalam sel.

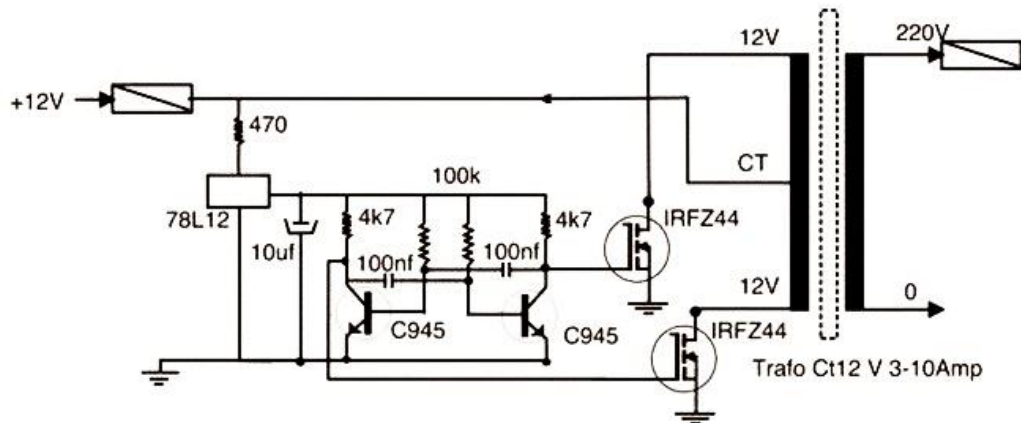
6. Perekat bak dan tutup

Ada dua cara untuk menutup Accu, yang pertama menggunakan bahan perekat lem, dan yang kedua dengan bantuan panas (Heat Sealing). Pertama untuk bak Polystyrene sedang yang kedua untuk bak Polipropylene.

2.4 Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya *Power Inverter*, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi,

Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220VF.



Gambar 2.15 Rangkaian inverter.

(<https://teknikelektronika.com/pengertian-resistor-jenis-jenis-resistor/2019>)

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt.

2.5 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang memiliki berbagai macam fungsi seperti sebagai penguat, pengendali, penyearah, osilator, modulator dan lain sebagainya. Transistor merupakan salah satu komponen semikonduktor yang paling banyak ditemukan dalam rangkaian-rangkaian elektronika. Boleh dikatakan bahwa hampir semua perangkat elektronik menggunakan Transistor untuk berbagai kebutuhan dalam rangkaianannya. Perangkat-perangkat elektronik yang dimaksud tersebut seperti Televisi, Komputer, Ponsel, Audio Amplifier, Audio Player, Video Player, konsol Game, Power Supply dan lain-lainnya.

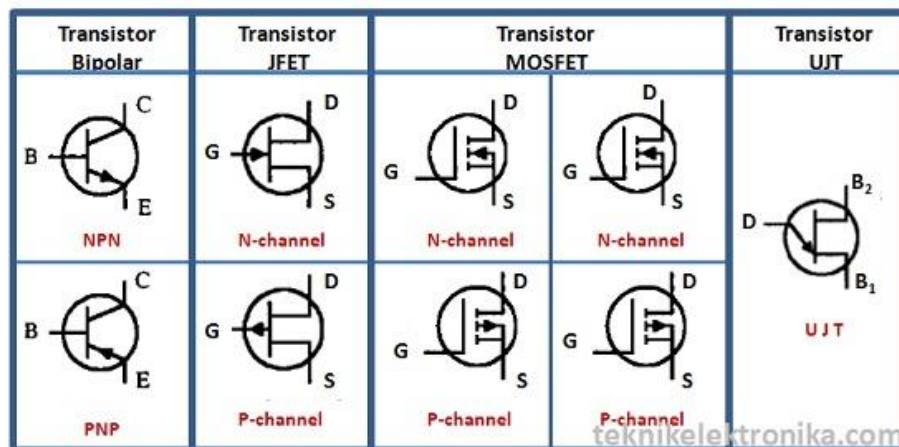
Transistor pertama kali ditemukan oleh tiga orang fisikawan yang berasal Amerika Serikat pada akhir tahun 1947 adalah Transistor jenis Bipolar. Mereka adalah John Bardeen, Walter Brattain, dan William Shockley. Dengan penemuan tersebut, perangkat-perangkat elektronik yang pada saat itu berukuran besar dapat dirancang dalam kemasan yang lebih kecil dan portabel (dapat dibawa kemana-mana). Ketiga fisikawan tersebut mendapatkan Hadiah Nobel Fisika pada tahun 1956 atas penemuan Transistor ini. Namun sebelum ketiga fisikawan Amerika Serikat tersebut menemukan Transistor Bipolar, seorang fisikawan Jerman yang bernama Julius Edgar Lilienfeld sudah mempatenkan Transistor jenis Field Effect Transistor di Kanada pada tahun 1925 tetapi Julius Edgar Lilienfeld tidak pernah mempublikasikan hasil penelitiannya baik dalam bentuk tulisan maupun perangkat prototype-nya. Pada tahun 1932, seorang inventor Jerman yang bernama Oskar Heil juga mendaftarkan paten yang hampir sama di Eropa.

Seiring dengan perkembangannya, Transistor pada saat ini telah dirancang telah berbagai jenis desain dengan fitur aliran arus dan pengendali yang unik. Ada jenis Transistor yang berada dalam kondisi OFF hingga terminal Basis diberikan arus listrik untuk dapat berubah menjadi ON sedangkan ada jenis lain yang berada dalam kondisi ON hingga harus diberikan arus listrik pada terminal Basis untuk merubahnya menjadi kondisi OFF. Ada juga Transistor yang membutuhkan arus kecil dan tegangan kecil untuk mengaktifkannya namun ada yang hanya memerlukan tegangan untuk mengoperasikannya. Ada lagi Transistor yang

memerlukan tegangan positif untuk memicu pengendalinya di terminal Basis sedangkan ada Transistor yang memerlukan tegangan negatif sebagai pemicunya.

2.5.1 Jenis-Jenis Transistor

Secara umum, Transistor dapat digolongkan menjadi dua keluarga besar yaitu Transistor Bipolar dan Transistor Efek Medan (Field Effect Transistor). Perbedaan yang paling utama diantara dua pengelompokan tersebut adalah terletak pada bias Input (atau Output) yang digunakannya. Transistor Bipolar memerlukan arus (current) untuk mengendalikan terminal lainnya sedangkan Field Effect Transistor (FET) hanya menggunakan tegangan saja (tidak memerlukan arus). Pada pengoperasiannya, Transistor Bipolar memerlukan muatan pembawa (carrier) hole dan electron sedangkan FET hanya memerlukan salah satunya.



Gambar 2.16 Jenis-Jenis Transistor

(<https://teknikelektronika.com/wp-content/uploads/2017/07/Pengertian-Transistor-dan-Jenis-jenis-Transistor.jpg?x53840>)

Jenis-jenis transistor adalah sebagai berikut:

1. Transistor Bipolar (BJT)

Transistor Bipolar adalah Transistor yang struktur dan prinsip kerjanya memerlukan perpindahan muatan pembawanya yaitu electron di kutub negatif untuk mengisi kekurangan electron atau hole di kutub positif. Bipolar berasal dari kata “bi” yang artinya adalah “dua” dan kata “polar” yang artinya adalah “kutub”. Transistor Bipolar juga sering disebut juga dengan singkatan BJT yang kepanjangannya adalah Bipolar Junction Transistor.

Transistor Bipolar terdiri dari dua jenis yaitu Transistor NPN dan Transistor PNP. Tiga Terminal Transistor ini diantaranya adalah terminal Basis, Kolektor dan Emitor.

- Transistor NPN adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan positif pada terminal Basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari Kolektor ke Emitor.
- Transistor PNP adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan negatif pada terminal Basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari Emitor ke Kolektor.

2. Transistor Efek Medan (Field Effect Transistor)

Transistor Efek Medan atau Field Effect Transistor yang disingkat menjadi FET ini adalah jenis Transistor yang menggunakan listrik untuk mengendalikan konduktivitasnya. Yang dimaksud dengan Medan listrik disini adalah Tegangan listrik yang diberikan pada terminal Gate (G) untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan pada terminal Drain (D) ke terminal Source (S). Transistor Efek Medan (FET) ini sering juga disebut sebagai Transistor Unipolar karena pengoperasiannya hanya tergantung pada salah satu muatan pembawa saja, apakah muatan pembawa tersebut merupakan Electron maupun Hole.

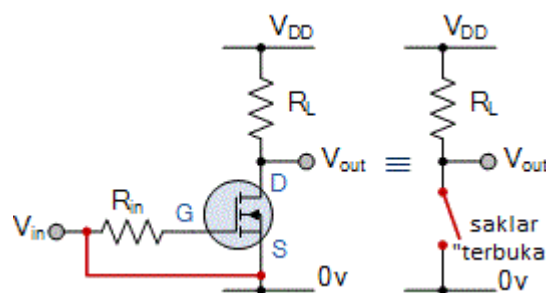
Jenis-jenis Transistor Efek Medan (Field Effect Transistor). Transistor jenis FET ini terdiri dari tiga jenis yaitu Junction Field Effect Transistor (JFET), Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET) dan Uni Junction Transistor (UJT).

- JFET (Junction Field Effect Transistor) adalah Transistor Efek Medan yang menggunakan persimpangan (junction) p-n bias terbalik sebagai isolator antara Gerbang (Gate) dan Kanal nya. JFET terdiri dari dua jenis yaitu JFET Kanal P (p-channel) dan JFET Kanal N (n-channel). JFET terdiri dari tiga kaki terminal yang masing-masing terminal tersebut diberi nama Gate (G), Drain (D) dan Source (S).

- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) adalah Transistor Efek Medan yang menggunakan Isolator (biasanya menggunakan Silicon Dioksida atau SiO₂) diantara Gerbang (Gate) dan Kanal nya. MOSFET ini juga terdiri dua jenis konfigurasi yaitu MOSFET Depletion dan MOSFET Enhancement yang masing-masing jenis MOSFET ini juga terbagi menjadi MOSFET Kanal-P (P-channel) dan MOSFET Kanal-N (N-channel). MOSFET terdiri dari tiga kaki terminal yaitu Gate (G), Drain (D) dan Source (S).
- UJT (Uni Junction Transistor) adalah jenis Transistor yang digolongkan sebagai Field Effect Transistor (FET) karena pengoperasiannya juga menggunakan medan listrik atau tegangan sebagai pengendalinya. Berbeda dengan jenis FET lainnya, UJT memiliki dua terminal Basis (B1 dan B2) dan 1 terminal Emitor. UJT digunakan khusus sebagai pengendali (switch) dan tidak dapat dipergunakan sebagai penguat seperti jenis transistor lainnya.

2.5.1.1 Rangkaian Mosfet Sebagai Switch

MOSFET sebagai Saklar elektronik sangat bagus untuk mengendalikan beban dan rangkaian digital CMOS saat mereka beroperasi di antara daerah cut-off dan saturasi mereka.



Gambar 2.17 Rangkaian Mosfet

(<http://www.tukangsapu.net/2018/10/mosfet-sebagai-saklar-dan-relay/>)

Kami melihat sebelumnya, bahwa kanal-N, mode Enhancement MOSFET (E-MOSFET) beroperasi menggunakan voltase input positif dan memiliki resistansi input yang sangat tinggi (hampir tak terbatas) sehingga memungkinkan

untuk berinteraksi dengan hampir semua gerbang logika atau penggerak yang mampu menghasilkan output positif.

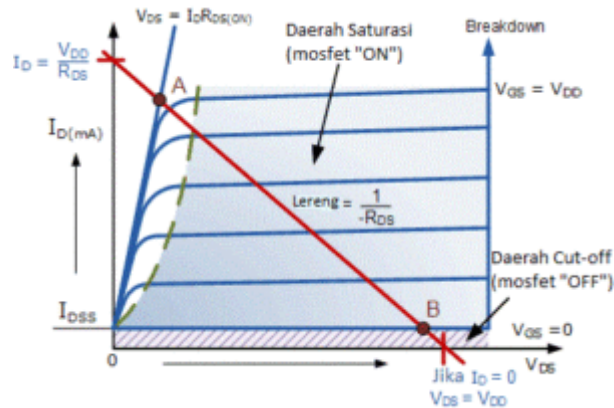
Kita juga melihat bahwa karena resistansi Input (Gerbang) yang sangat tinggi ini kita bisa sejajarkan dengan berbagai MOSFET yang berbeda sampai kita mencapai kapasitas penanganan arus yang kita butuhkan.

Sementara menghubungkan bersama-sama berbagai MOSFET secara paralel dapat memungkinkan kita untuk beralih arus tinggi atau beban tegangan tinggi, sehingga menjadi mahal dan tidak praktis di kedua komponen dan ruang papan sirkuit. Untuk mengatasi masalah ini Power Field Effect Transistor atau Daya FET di mana dikembangkan.

Kita sekarang tahu bahwa ada dua perbedaan utama antara transistor efek medan, mode penipisan hanya untuk mode JFET dan mode peningkatan dan mode D-MOSFET. Dalam tutorial ini kita akan melihat menggunakan mode E-MOSFET sebagai Saklar karena transistor ini membutuhkan voltase gerbang positif untuk menghidupkan "ON" dan voltase nol untuk menghidupkan "OFF" sehingga mudah dikenali sebagai saklar dan juga mudah untuk dihubungkan dengan gerbang logika

Pengoperasian E-MOSFET, paling baik dijelaskan dengan menggunakan kurva karakteristik I-V yang ditunjukkan di bawah ini. Bila tegangan input , (V_{IN}) ke gerbang transistor adalah nol, MOSFET melakukan hampir tidak ada arus dan tegangan output (V_{OUT}) sama dengan tegangan supply V_{DD} . Jadi MOSFET "OFF" beroperasi di dalam wilayah "cut-off" -nya.

2.5.1.2 Kurva Karakteristik Mosfet



Gambar 2.18 Kurva Karakteristik Mosfet

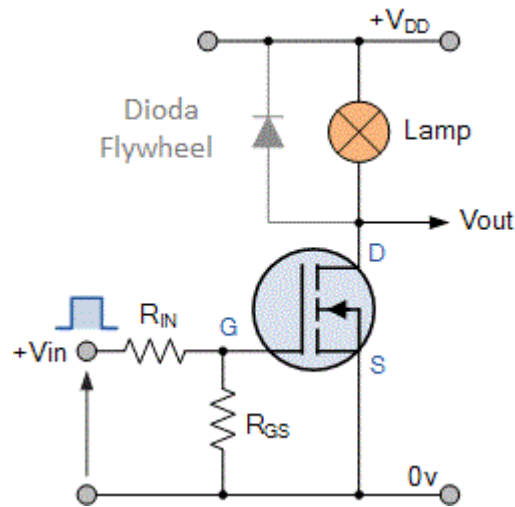
(<http://www.tukangsapu.net/2018/10/mosfet-sebagai-saklar-dan-relay/>)

Tegangan minimum gerbang keadaan-ON yang diperlukan untuk memastikan bahwa MOSFET tetap “ON” saat membawa arus drain yang dipilih dapat ditentukan dari kurva transfer V-I di atas. Bila VIN TINGGI atau sama dengan VDD, titik-Q MOSFET bergerak ke titik A di sepanjang garis beban.

Arus drain ID meningkat sampai nilai maksimumnya karena pengurangan resistansi kanal. ID menjadi nilai konstan yang bebas dari VDD, dan bergantung hanya pada VGS. Oleh karena itu, transistor berperilaku seperti sakelar tertutup namun kanal resistansi-ON tidak mengurangi sepenuhnya ke nol karena RDS(on) nilainya, namun menjadi sangat kecil.

Demikian juga, ketika VIN RENDAH atau dikurangi menjadi nol, titik-Q MOSFET bergerak dari titik A ke titik B sepanjang garis beban. Resistansi kanal sangat tinggi sehingga transistor berfungsi seperti rangkaian terbuka dan arus tidak mengalir melalui kanal. Jadi, jika tegangan gerbang MOSFET matikan antara dua nilai, TINGGI dan RENDAH MOSFET akan berperilaku sebagai saklar “single-pole single-throw” (SPST) dan tindakan ini didefinisikan sebagai daerah cutoff dan daerah saturasi.

2.5.1.3 Contoh Mosfet Sebagai Saklar



Gambar 2.19 Contoh Mosfet Sebagai Saklar

(<http://www.tukangsapu.net/2018/10/mosfet-sebagai-saklar-dan-relay/>)

Dalam rangkaian ini, mode E-MOSFET kanal-N digunakan untuk saklar lampu sederhana “ON” dan “OFF” (bisa juga berupa LED). Tegangan input gerbang VGS dibawa ke tingkat tegangan positif yang sesuai untuk menghidupkan perangkat dan oleh karena itu beban lampu baik “ON”, ($V_{GS} = +ve$) atau pada tingkat tegangan nol yang mengubah perangkat “OFF”, ($V_{GS} = 0V$).

Jika beban resistif lampu diganti dengan beban induktif seperti coil, solenoid atau relay, sebuah “dioda flywheel” diperlukan bersamaan dengan beban untuk melindungi MOSFET dari gema belakang yang dihasilkan sendiri.

Di atas menunjukkan rangkaian yang sangat sederhana untuk mengganti beban resistif seperti lampu atau LED. Tetapi bila menggunakan daya MOSFET untuk saklar baik beban induktif atau kapasitif, beberapa bentuk proteksi diperlukan untuk mencegah perangkat MOSFET rusak. Penggerak beban induktif memiliki efek berlawanan dari penggerak muatan kapasitif.

Sebagai contoh, sebuah kapasitor tanpa muatan listrik adalah hubung singkat, menghasilkan “ arus masuk” arus yang tinggi dan saat kita melepaskan voltase dari beban induktif, kita memiliki tegangan balik yang besar saat medan

magnet runtuh, sehingga terjadi diinduksi ggl-kembali dalam gulungan induktor. Kemudian kita dapat meringkas karakteristik switching dari kedua kanal N dan kanal-P MOSFET dalam tabel berikut.

Tabel 2.2 Tipe Tipe Mosfet.

Tipe Mosfet	VGS (+ve)	VGS (0V)	VGS (-ve)
E-MOSFET Kanal-N	ON	OFF	OFF
D-MOSFET Kanal-N	ON	ON	OFF
E-MOSFET Kanal-P	OFF	OFF	ON
D-MOSFET Kanal-P	OFF	ON	ON

Perhatikan bahwa tidak seperti MOSFET kanal-N yang terminal gerbangnya harus dibuat lebih positif (menarik elektron) daripada sumber yang memungkinkan arus mengalir melalui kanal, konduksi melalui MOSFET kanal-P disebabkan oleh aliran lubang. Itu adalah terminal gerbang dari MOSFET kanal-P harus dibuat lebih negatif dari pada sumbernya dan hanya akan berhenti melakukan (cut-off) sampai gerbang lebih positif dari pada sumbernya.

Jadi untuk jenis perangkat daya untuk E-MOSFET beroperasi sebagai perangkat switching/peralihan analog, perlu beralih antara “Wilayah Cut-off” di mana: $V_{GS} = 0V$ (atau $V_{GS} = -ve$) dan “Wilayah Saturasi” di mana: $V_{GS(on)} = ve$. Daya yang dihamburkan pada MOSFET (P_D) bergantung pada arus yang mengalir melalui kanal ID pada saturasi dan juga “ON-restintansi” pada kanal yang diberikan sebagai $R_{DS(on)}$.

2.6 Daya listrik

Daya listrik atau dalam bahasa inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energy yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik

tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energy dalam sebuah rangkaian listrik. Kita mengambil contoh lampu pijar dan strika, lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan strika mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan persatuan waktu atau lebih singkatnya adalah jumlah energy listrik yang digunakan tiap detik.

Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini :

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P = Daya Listrik Dengan Suatu Watt (W)

V = Tegangan Listrik Dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik Dengan Satuan Ampere (A)

2.6.1 Cara Menghitung Lama Pemakaian Aki

Seperti yang kita tahu bahwa energy listrik yang tersimpan dalam sebuah aki bisa diisi ulang atau dicas apabila sudah habis. Yang jadi pertanyaan, sebenarnya berapa lama waktu aki dapat dipakai untuk mensuplai listrik sebuah beban? Berikut cara menghitung lama waktu pemakaian aki lengkap beserta rumusnya.

Rumus Dasar Yang Digunakan :

$$P = V \times I$$

$$V = P/I$$

$$I = P/V$$

Keterangan :

- I = Kuat Arus (Ampere)

- $P = \text{Daya (Watt)}$
- $V = \text{Tegangan (Volt)}$

Contoh :

- Beban 120 Watt
- Aki Yang Digunakan 12V/100Ah

Perhitungan :

$$I = 120\text{W}/12\text{V} = 10 \text{ Ampere}$$

$$\text{Waktu pemakaian} = 100\text{Ah}/10\text{A} = 10 \text{ jam} - \text{Dieffisiensi Aki } 30 \% (3 \text{ jam})$$

$$= 10 \text{ jam} - 3 \text{ jam}$$

$$= 7 \text{ jam}$$

Kesimpulan :

Jadi sebuah aki 12 V/100 Ah jika digunakan untuk mensuplai energi listrik dalam sebuah beban dengan daya 120 Watt mampu bertahan selama 7 Jam Dengan begitu lama waktu pemakaian atau daya tahan aki tergantung dari besarnya Ampere aki dan berapa Watt beban.