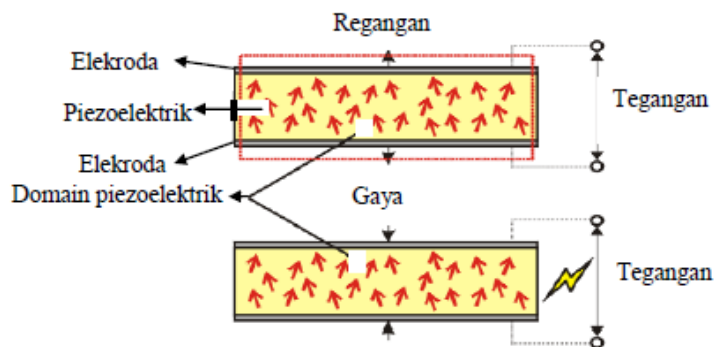


BAB II

KOMPONEN – KOMPONEN *HYBRID* PIEZOELEKTRIK dan SOLAR CELL

2.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah suatu alat yang memiliki sifat unik. Penerapan stress pada kristal piezoelektrik dapat menimbulkan aliran listrik dikarenakan terjadi polarisasi muatannya..



Gambar 2.1 Piezoelektrik dalam menghasilkan energi listrik. ^[1]

Pada piezoelektrik, properti elektrik menjadi sesuatu yang sangat penting. Posisi muatan tidak pada titik tengah kristal. Arah dari tengah ke muatan positif (+) dinamakan arah pengutuban. piezoelektrik mempunyai karakteristik suhu, yang sring disebut dengan *Currie*. ^[1]

Material piezoelektrik yang digunakan adalah quartz kristal (SiO_2). Material ini sangat melimpah yaitu dalam bentuk pasir dengan struktur non-kristal. Quart kristal terdiri dari atom – atom silicon dan oksigen yang harus tersusun rapi.

Jenis – jenis piezoelektrik :

1. Kristal Quartz (SiO_2), Galium, Galium Orthoposphate (GaPO_4).
2. Keramik Barium Titanate (BaTiO_3).
3. Polimer Poly Vinilidene Diflouride (PVDF).

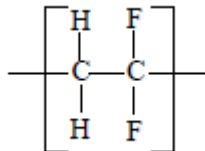
2.1.1 Aplikasi Bahan Piezoelektrik

Piezoelektrik dapat digunakan dalam banyak bidang, terutama untuk sensor dan penghasil energi listrik. Sebagai contoh dari bahan piezoelektrik PVDF untuk pengukuran beban benturan, dalam pengukuran beban dinamis dari bagian telapak kaki saat penapakan kaki di tanah, *elastic band sensor* sensor ini untuk pengukuran

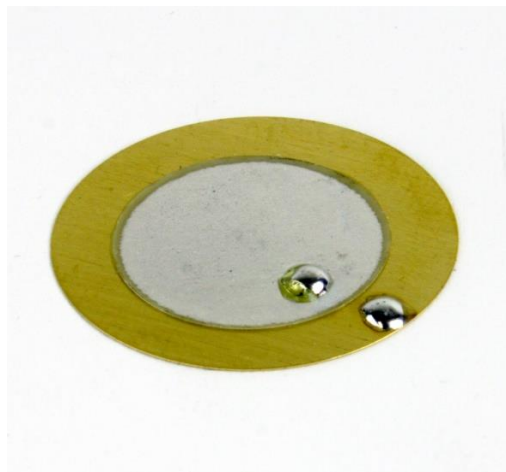
beban yang besar, sensor band elastis adalah untuk pengukuran kekuatan tarikan anggota badan.

2.1.2 PVDF (Poly Vinilidene Flouride)

Polymer piezoelektrik terdominasi oleh polymer foreelektrik dari keluarga PVDF.



Gambar 2.2 Struktur PVDF



Gambar 2.3 Piezoelektrik

2.1.3 Klarifikasi Piezoelektrik

2.1.3.1 Piezoelektrik inorganik

Piezoelektrik terbagi menjadi kristal dan keramik piezoelektrik, umumnya kristal piezoelektrik adalah piezoelektrik tunggal. Piezoelektrik mengacu pada polikristalin piezoelektrik. Keramik piezoelektrik mengacu pada bahan baku dengan campuran bahan yang diperlukan, cetakan, sintering suhu tinggi, dengan proses sintering serbuk padat bukannya harus mendapatkan butiran halus tanpa aturan yang negatif. Keramik piezoelektrik sebenarnya adalah keramik feroelektrik. Dalam butir keramik cahaya-diinduksi ada feroelektrik, feroelektrik dari arah polarisasi

cahaya- diinduksi dan spontan arah tegak lurus 90 terdiri, ini disebabkan listrik cahaya – cahaya-diinduksi yoas dalam polarisasi buatan, arah polarisasi spontan dalam medan listrik dalam pengaturan penuh medan listrik dan menjaga yang tersisa ditarik, sehingga sifat kekuatan polarisasi makro piezoelektrik.

Kristal piezoelektrik umumnya tunggal, mengacu pada kisi kristal piezoelektrik teratur dengan daerah yang panjang sesuai dengan ruang dalam pertumbuhan kristal. Seperti kristal galium asam litium, asam lithium, asam titanium dan besi lithium niobate transistor yang dipelajari.

Pada pengaplikasian, aplikasi tinggi dan stabil dan stabil tidak ideal. Kristal kuarsa piezoelektrik jenis piezoelektrik lemah, konstanta dielektrik angat rendah, ada dengan membatasi jenis pembatasan, tetapi ukuran stabil, faktor kualitas tinggi, mekanik yang tinggi kontrol frekuensi standar untuk vibrator, selektivitas tinggi dari frekuensi tinggi dan suhu tinggi.^[2]

2.1.3.2 Piezoelektrik organik

Partial piezoelektrik polymer poly vinil fluoride (PVDF) merupakan salah satu bagian dari piezoelektrik organik material. Material ini termasuk dalam material yang mempunyai fleksibilitas baik, densitas rendah, impedansi rendah, potensial elektrik tinggi dan stabil. Perkembanganya sangat cepat dimana sekarang pengukuran ultrasonik akustik dan sensor tekanan sudah dapat digunakan. Kekurangannya adalah konstanta piezoelektrik tegangan rendah sebagai tranduser aktif peluncuran yang sangat dibatasi.^[2]

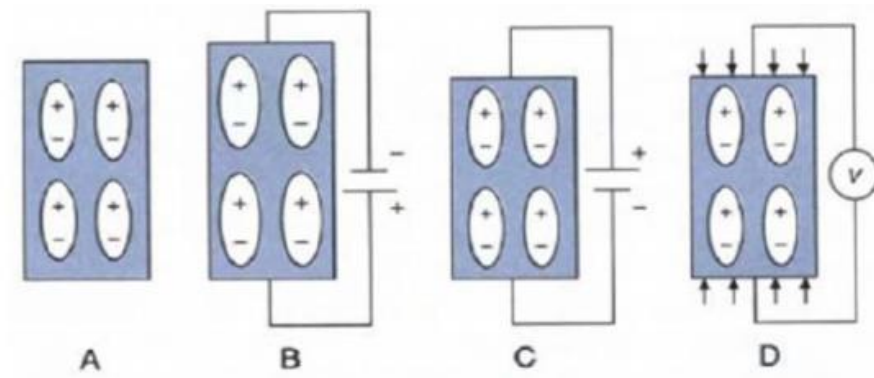
2.1.3.3 Piezoelektrik gabungan

Piezoelektrik ini adalah polimer organik dengan bahan dasar serpihan tertanam, aspen, atau bubuk, terdiri dari bahan piezoelektrik. Sejauh ini memiliki akustik bawah air, akustik, ultrasonik, dan obat - obatan. Jika tidak hanya membuat tranduser akustik, respon tekanan hidrostatis yang tinggi, dan resistansi yang tidak mudah rusak dan tersedia dengan kedalaman yang berbeda.^[2]

2.1.4 Efek Piezoelektrik

Efek piezoelektrik terjadi medan listrik ketika material piezoelektrik diberi tekanan mekanik. Pada saat medan listrik melewati material, molekul yang terpolarisasi akan menyesuaikan dengan medan listrik, dihasilkan dipole yang terinduksi dengan struktur kristal materi. Penyesuaian molekul akan mengakibatkan

materi berubah dimensi. Fenomena tersebut dinamakan *electrostriction* (efek piezoelektrik).^[2]

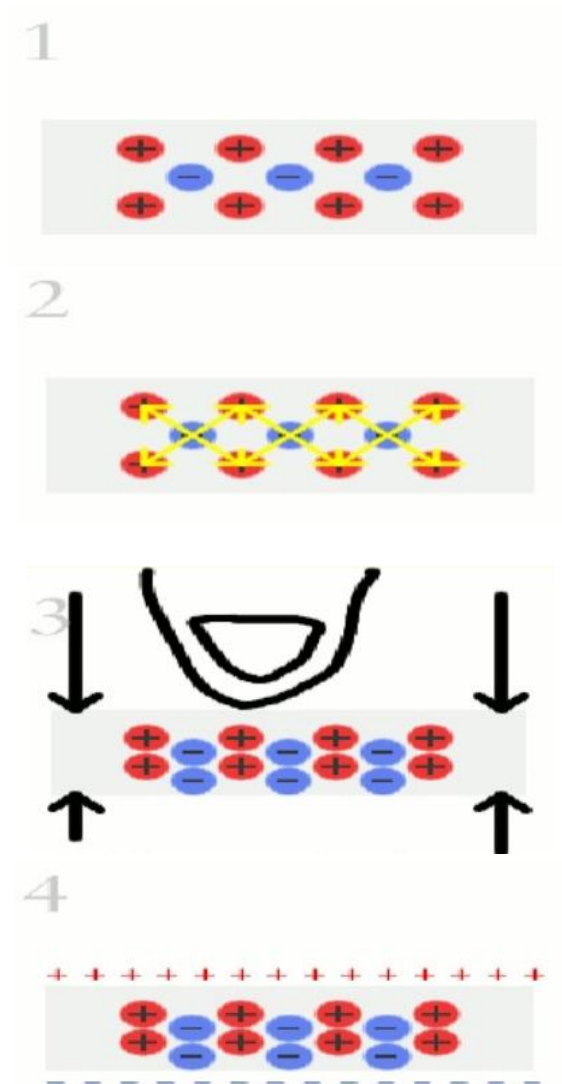


Gambar 2.4. Efek piezoelektrik

- (A) Sebelum diberi tekanan
- (B) Ketika diberi tekanan, bahan memanjang
- (C) Diberi tekanan berlawanan, bahan memendek
- (D) Ketika diberi tekanan, induksi polarisasi dan tegangan luar terjadi

2.1.5 Mekanisme Piezoelektrik

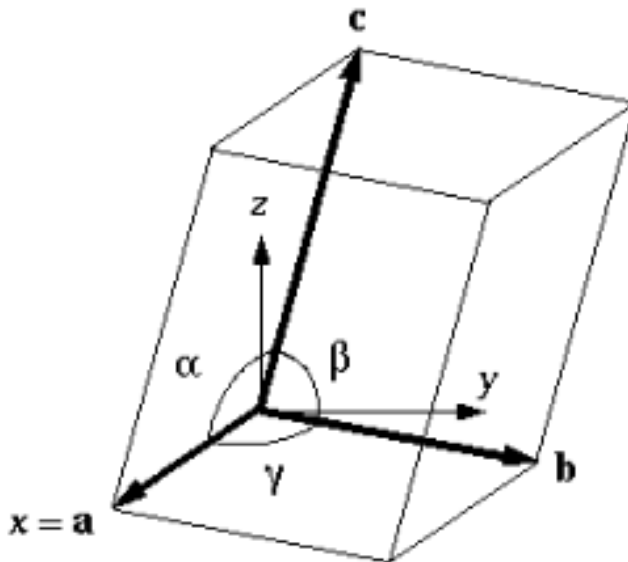
Berikut ini adalah animasi sederhana yang menunjukkan terjadinya piezoelektrik.



Gambar 2.5 Mekanisme Piezoelektrik

2.1.6 Struktur kristal

Struktur kristal dibangun oleh sel satuan (*Unit Cell*) yang merupakan sekumpulan atom yang tersusun secara khusus dan secara periodik berulang dalam tiga dimensi dalam suatu kisi kristal (*crystal lattice*). Suatu kristal yang terdiri dari jutaan atom dapat dinyatakan dengan ukuran, bentuk, dan susunan sel satuan yang berulang. ^[3]

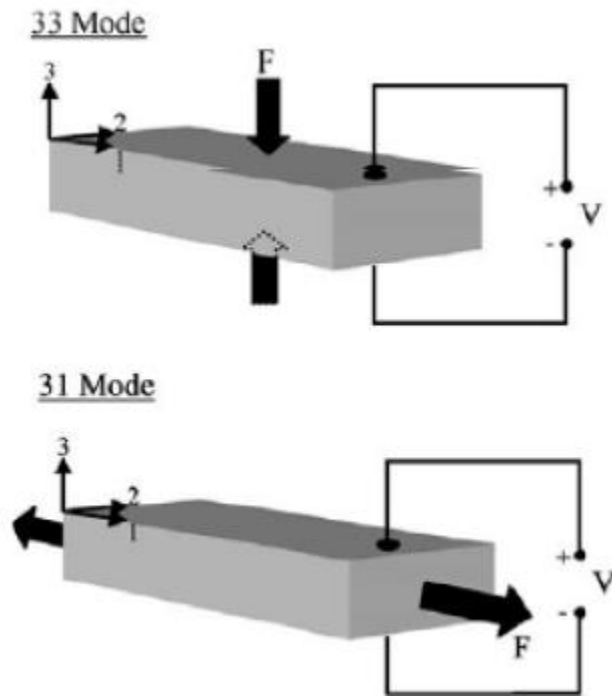


Gambar 2.6 Struktur Kristal Menunjukkan Sudut hkl

Kisi kristal merupakan jarak antar atom pada kristal atau juga sering disebut dengan konstanta kisi. Suatu konstanta kisi kristal yang terbentuk dalam bentuk tiga dimensi diberi simbol a, b, dan c. Ketiga konstanta tersebut diberi simbol α , β , dan γ . Misalnya, yang berbentuk kubik, kisi nya sama dalam ketiga arah ($a = b = c$), sudut ketiganya sama besar yaitu 90° ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$).

2.1.7 Mode Coupling

Pada piezoelektrik terdapat 2 mode coupling, yaitu



Gambar 2.7 Mode Coupling

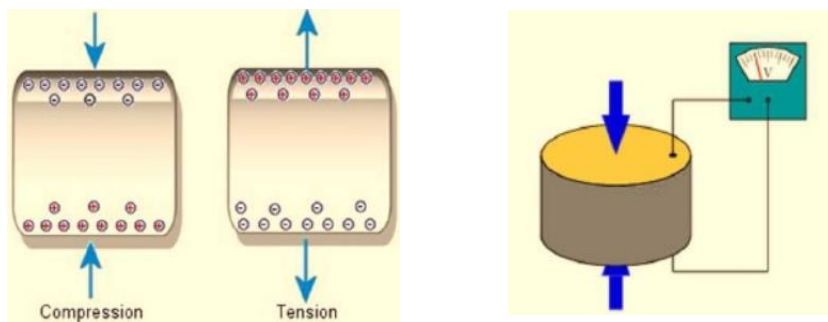
Mode coupling adalah proses terjadinya deformasi pada piezoelektrik dengan gaya tertentu.

2.1.8 Aplikasi Piezoelektrik

Banyak situasi yang mengharuskan kita untuk melakukan suatu hal yang baru seperti konversi energi mekanik menjadi sinyal elektrik. Hal ini dapat kita lakukan dengan suatu alat yaitu transduser piezoelektrik. Transduser merupakan suatu alat sederhana yang akan mengubah energi menjadi energi lain (contoh mengubah suara, cahaya, tekanan mekanik menjadi energi listrik).

Dalam peralatan ultrasound, piezoelektrik transduser akan mengkonversi energi listrik menjadi getaran mekanik, karena terlalu cepat getaran tersebut akan menimbulkan suara. Pada microphone piezoelektrik transduser akan mengkonversi energi bunyi menjadi energi listrik. Pada fenomena ini kristal piezoelektrik akan dapat membantu. Cukup meletakkan bagian penggetar microphone kepada kristal dan kristal akan bergerak maju – mundur menghasilkan sinyal elektrik.

Aplikasi piezoelektrik selama ini dianggap menggunakan efek piezoelektrik adalah sumber energi bertegangan tinggi, sensor, dan motor piezoelektrik. Kedepannya tersebut untuk perangkat elektronik akan lebih bervariasi karena disebabkan oleh manusia untuk memperkecil alat aplikatif agar lebih efisien.



Gambar 2.8 Mekanisme Compression dan Tension

Efek reverse piezoelektrik dimanfaatkan untuk menjaga agar waktu tetap berjalan secara presisi. Suatu energi listrik yang berasal dari baterai akan dimanfaatkan oleh kristal untuk berosilasi ribuan kali dalam satu detik.

Piezoelektrik sangat banyak digunakan, terutama dalam pemantik api untuk kompor gas. Pada saat menekan tombol maka akan berbunyi “klik” dan percikan api akan muncul. Perlakuan menekan tombol untuk memancing kristal piezoelektrik, menciptakan tegangan dan membuat percikan api pada saluran gas.^[4]

2.1.9 Pembuatan Bahan Piezoelektrik

Material piezoelektrik diproduksi dengan komposisi $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ (PZT)-base material yang mengandung unsur timbal (Pb) dan berbahaya terhadap lingkungan. Karena itu perlu penelitian terhadap material keramik piezoelektrik bebas timbal dengan alternatif material pengganti $(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3$ yang ramah lingkungan mulai dikembangkan. Material keramik bebas timbal $[\text{Bi}_{0.5}(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)_{0.5}]\text{TiO}_3$ (BNKT) dibuat dengan teknik konvensional, raw material penyusun berupa serbuk oksida dan berkarbonat dengan variasi komposisi $x = 0.16 ; 0.17 ; 0.20$.

Campuran serbuk pada masing – masing komposisi dikompaksi melalui metode dry pressing, kemudian disintreing dengan variasi temperature 1000°C , 1050°C , dan 1100°C dengan lama waktu penahanan selama 2 jam. Perubahan variabel komposisi x sangat mempengaruhi ukuran kristal dimana nilai komposisi paduan x akan meningkatkan jarak interplanar d , dan akan berpengaruh pada nilai konstanta dielektrik.^[5]

2.1.10 Kelemahan dan kekurangan Piezoelektrik

Kelemahannya adalah piezoelektrik bukan alat elektrik yang bagus. Ada sedikit kebocoran di piezoelektrik. Karena fenomena ini ada kontanta waktu penyimpanan tegangan pada piezoelektrik setelah diberi tekanan. Konstanta ini tergantung pada kapasitas elemen dan resistansi kebocoran. Piezoelektrik juga memiliki kelebihan dibandingkan mekanisme sensing lain. Pertama adalah piezoelektrik dapat membangkitkan tegangan sendiri. Karena itu piezo elektrik tidak memerlukan daya dari luar untuk operasionalnya. Efek piezoelektrik memiliki hukum penyekalan yang menarik sehingga bermanfaat pada pirantui kecil. Kekurangan piezoelektrik adalah sensitifitasnya hanya bagus untuk sinyanya yang berubah – ubah terhadap waktu.^[5]

2.3 Sollar Cell

2.3.1 Pengertian Sollar Cell

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sollar Cell adalah contoh pembangkit yang memanfaatkan energi surya dengan sinar matahari sebagai penghasil listrik. alat utama untuk menangkap, perubah dan penghasil listrik adalah *photovoltaic* atau modul/panel Surya Cell. Dengan alat tersebut sinar matahari dirubah menjadi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif didalam cell modul tersebut karena perbedaan elektron. Hasil dari aliran-aliran elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung dimanfaatkan untuk mengisi battery/aki.

Posisi pemasangan panel surya yang ideal adalah menghadap langsung ke sinar matahari. Panel surya memiliki proteksi *overheating* yang baik, panel surya dapat mengkonversi kurang dari 20% dari cahaya menjadi listrik.

2.3.2 Prinsip Kerja

Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan (*Renewable Energy*). Matahari (surya) adalah salah satu sumber energi yang berada di dalam sistem galaksi, dimana sebuah energi yang dihasilkan tanpa batas. Yang dimaksud energi surya yaitu energi yang diperoleh secara langsung dari cahaya matahari.

Sebelum masuk kedalam pembahasan sistem, akan dijelaskan komponen yang ada di sistem ini sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sollar cell adalah komponen yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik, besar komponen sollar cell 10 – 15 cm persegi. Sollar cell adalah komponen vital yang terbuat dari bahan semi konduktor.

Daya yang dihasilkan oleh satu sollar cell berkapasitas kecil maka diperlukan penggabungan beberapa sollar cell menjadi satu komponen yang disebut module. Pada pengaplikasian sollar cell, tenaga listrik yang dihasilkan satu module masih terbilang kecil (rata – rata tenaga listrik yang dihasilkan maksimum 130 W) jadi untuk mendapatkan hasil yang besar beberapa module digabungkan sehingga terbentuklah yang disebut *array*.

2.3.3 Komponen Sollar Cell

Dalam proses pengkonversian panas matahari menjadi energi listrik perlu komponen – komponen khusus, yaitu :

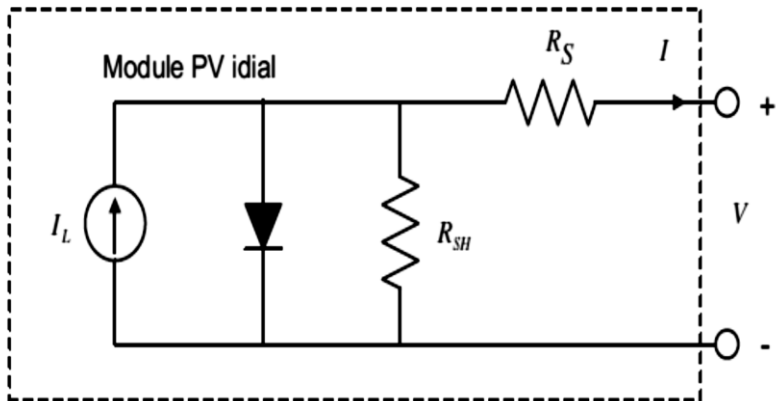
1. *Module Sollar cell*
2. *Charger controller*
3. Baterai
4. Inverter (jika beban menggunakan tegangan AC)
5. Beban

Pada panel surya menghasilkan energi listrik dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. *Charger controller* digunakan untuk mengatur pengisian baterai sehingga menjamin panel dan baterai bekerja secara optimal. Baterai adalah perangkat untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya sebelum di manfaatkan oleh beban. Tanpa baterai energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. *Inverter* adalah alat yang mengkonversikan tegangan DC menjadi tegangan AC. Perlu untuk diingat bahwa panel surya dan baterai menggunakan arus DC. Sedangkan beban merujuk pada alat apapun yang memerlukan daya listrik, dan merupakan jumlah konsumsi listrik dari semua peralatan listrik yang dihubungkan dengan sistem.

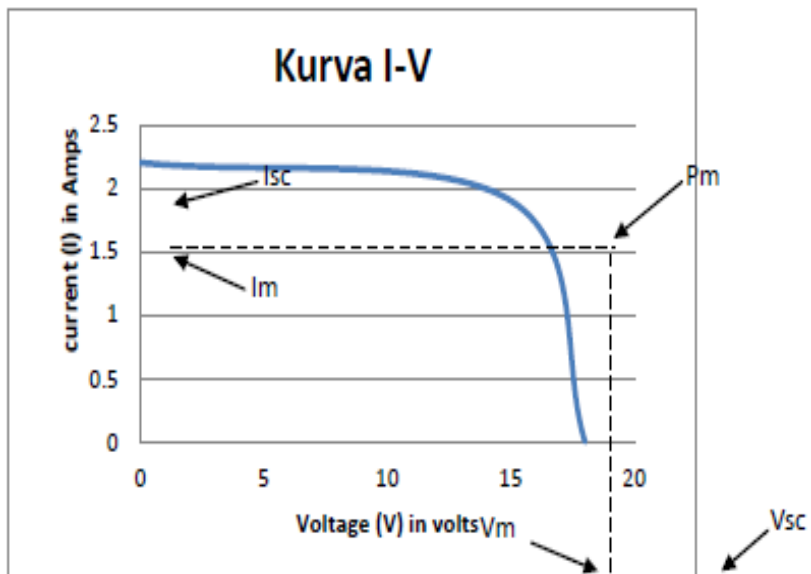
2.3.4 Karakteristik Sollar cell

Sel Surya terbuat dari bahan semi konduktor silikon yang berfungsi sebagai isolator pada saat temperatur rendah dan sebagai konduktor jika ada energi dan panas. Silikon sel surya merupakan sebuah dioda yang terbentuk dari 3 lapisan silikon atas tipe N (*silicon doping of "phosphorous*), dan lapisan silikon bawah tipe P atau benturan atom pada lapisan penghubung (*junction = 1.2 – 1.5 micro*) yang menyebabkan terjadinya aliran listrik.

Sel surya untuk menghasilkan energi listrik (perubahan energi sinar matahari menjad *photon*) bukan tergantung pada besarnya luas di bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0.5 volt-max 600 mV pada 2 amp, dimana kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = \text{ " 1 sun "}$ akan menghasilkan arus listrik sebesar 30 mA/cm^2 per sel surya. Pada grafik 2.1 *Curve* dibawah merupakan gambaran keadaan sebuah sel surya beroperasi secara normal. Sebuah sel surya akan menghasilkan energi maksimal apabila nilai volt = nol, I_{sc} berbanding langsung dengan tersediannya sinar matahari. V_{oc} adalah volt maksimum pada nilai arus nol, V_{oc} naik secara logaritma seiring peningkatan sinar matahari, karakter ini yang memungkinkan sel surya untuk mengisi aki.



Gambar 2.9 Rangkaian Persamaan Panel surya



Gambar 2.10 Grafik Kurva I-V

Keterangan

Isc = Short-circuit current

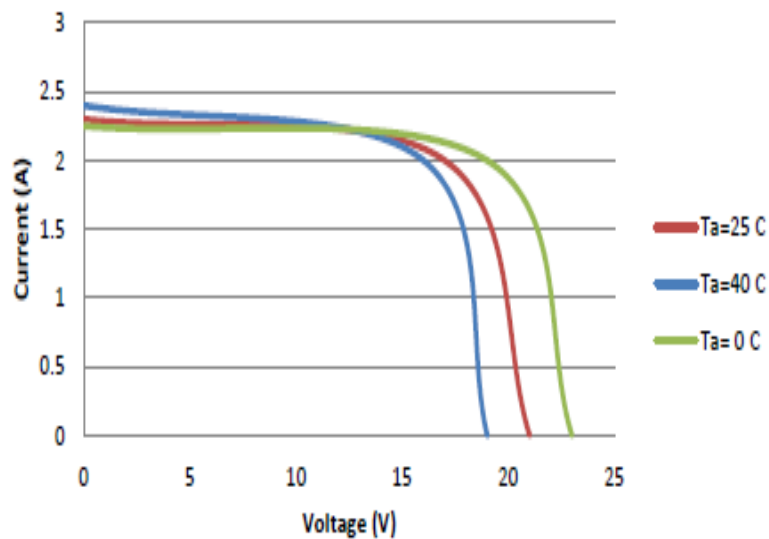
Vsc = Open-circuit voltage

Vm = Voltage maximum power

Im = Current Maximum power

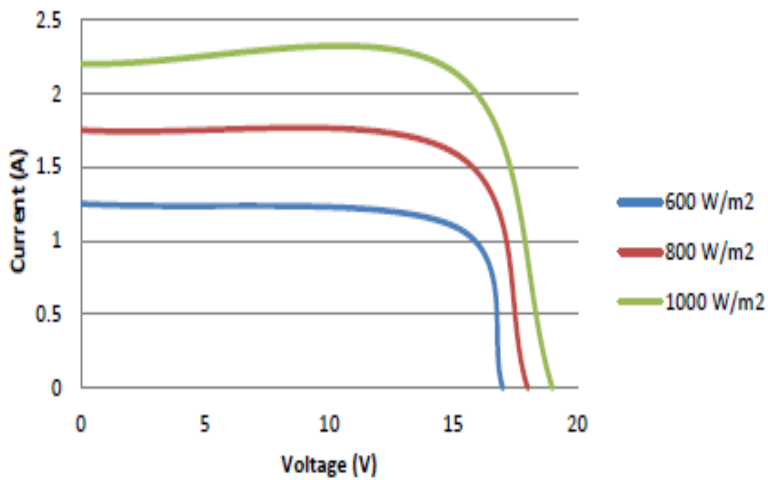
Pm = Power maximum-output dari PV array (watt)

Sel surya dapat bekerja maksimal apabila suhu tetap normal (25°), pada kenaikan temperature lebih yang tinggi dari suhu normal pada PV sel dapat melemahkan voltage. Setiap kenaikan temperature sel surya 1° (dari 25°) akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan 8 atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperature sel per 10° C. Gambar 2.1 merupakan grafik pengaruh temperature pada solar sell dalam $^{\circ}$ C.



Gambar 2.11 Grafik Arus terhadap temperature

Efek radiasi panas dari solar matahari di bumi dan berbagai macam lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insulator solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada volt.



Gambar 2.12 Grafik Arus terhadap tegangan

Pada kecepatan tiupan angin disekita lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca – kaca PV array. Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV. Orientasi dari rangkaian PV ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel dapat menghasilkan energi maximum, selain orientasi, sudut orientasi (tit angle) dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi maximum. Sebagai guideline : untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka panel sebaiknya di orientasikan ke selatan, orientasi timur – barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel – panel, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

2.3.5 Jenis – jenis Panel Surya

2.3.5.1 Polikristal (*Poly-crystalline*)

Panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polikristal harus memerlukan permukaan yang luas untuk menghasilkan daya listrik yang besar. Panel ini kurang efektif dibandingkan dengan sel *Polycrystalline*. Efektifitas 18% tetapi biaya lebih murah.



Gambar 2.13 *Sollar Cell* tipe *Poly-crystalline*

2.3.5.2. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Panel ini dibuat dari bahan silikon yang di bentuk batangan dan di iris. Panel monokristal merupakan panel yang efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik yang luas. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat – tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai 24%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik di tempat yang cahya matahari nya kurang, efisiensi nya akan turun drastis dalam cuaca berawan^[6].



Gambar 2.14 *Sollar Cell* tipe *Mono-crystalline*

2.3.5.3. Thin Film Photovoltaic

Merupakan Pnel surya dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dari pada *poly-crystal & mono-crystal*. Inovasi terbaru adalah thin film triple junction PV (tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari jenis panel surya yang lain dengan daya yang setara.



Gambar 2.15 Sollar Cell Thin Film Photovoltaic

2.4 Parameter

Parameter utama yang mengkarakterisasi panel photovoltaic adalah :

1. Arus Sirkuit Pendek atau *Short Circuit Current* (ISC) : arus maksimum yang disediakan oleh panel waktu konektor mengalami sirkuit pendek.
2. Tegangan Sirkuit Terbuka atau *Open Circuit Voltage* (VOC) : tegangan maksimum yang disediakan oleh panel ketika terminal tidak dihubungkan pada beban sama sekali (kontak terbuka). Nilai ini biasanya 22 V untuk panel – panel yang bekerja di sistem 12 V, dan secara langsung proposional dengan sejumlah sel yang tersambung dalam serial.
3. Titik Daya Maksimum atau *Maksimum Power Point* (P_{max}) : dimana titik dayang yang disediakan oleh panel berada di titik maksimum, dimana $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$. Titik daya maksimum panel diukur dalam Watt (W) atau Watt tertinggi (Wp). Penting untuk tidak lupa bahwa dalam kondisi normal, panel tidak dapat bekerja pada kondisi tertinggi, karena tegangann operasi ditetapkan oleh rendah dari pada ISC dan VOC.
4. Faktor pengisian atau *Full Factor* (FF) : hubungan antara daya maksimum sesungguhnya yang dapat disediakan oleh panel dengan perkalian ISC x VOC. Ini memberikan anda gambaran kualitas panel karena ini adalah

5. indikasi tipe kurva karakteristik IV. Semakin dekat FF kepada 1, semakin banyak daya yang dapat dihasilkan oleh panel. Nilai umum biasanya berkisar antara 0.7 dan 0.8.
6. Efisiensi atau *Efficiency* (h) : rasio antara daya listrik maksimum yang dapat diberikan oleh panel kepada beban dan daya dari radiasi surya (PL) yang masuk ke panel. Ini biasanya sekitar 10 – 12%, tergantung pada tipe sel (*Monocrystalline, polycrystalline, thin film photovoltaic*).

Mempertimbangkan definisi titik daya maksimum dan faktor pengisi, kita dapat melihat bahwa:

$$h = \frac{P_{max}}{PL} = \frac{FF \cdot ISC \cdot VOC}{PL}$$

Nilai ISC, VOC, $I_{P_{max}}$ dan $V_{P_{max}}$ disediakan oleh oleh pabrik dan merujuk pada kondisi standar pengukuran dengan penyinaran $G = 1000 \text{ W/m}^2$, pada ketinggian permukaan laut, untuk suhu sel $T_c = 25^\circ\text{C}$.

Nilai parameter panel berubah jika penyinaran dan suhu berbeda. Vendor biasanya akan memasukkan grafik atau tabel dengan nilai untuk kondisi yang berbeda dari yang standar. Perlu diperhatikan bahwa duabwah panel mempunyai WP yang sama tetapi berbeda tingkah laku dalam kondisi operasi yang berbeda.^[3]

Dari penjelasan diatas untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sollar cell dapat di ukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Dimana :

P_{max} = daya maksimal (watt)

V_{oc} = *open circuit voltage* (volt)

I_{sc} = *short circuit current* (amp)

FF = *full factor*

2.4.1. Ambient Air Temperature

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maximum jika temperature sel surya tetap normal (pada 25⁰C), kenaikan temperature lebih tinggi dari temperature normal pada PV sel akan melemahkan voltage. Setiap kenaikan temperatur sel surya 1⁰C (dari 25⁰) akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperature sel per 10⁰C.

2.4.2. Keadaan Atmosfer Bumi

Keadaan atmosfer bumi – berawan, mendung, jenis partikel udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV.

2.4.3. Radiasi Solar Matahari

Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi, insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada volt.

2.4.4. Kecepatan Angin Betiup

Kecepatan tiup angin di sekitar lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperature kepada kaca – kaca PV array.

2.4.5. Orientasi Panel atau Array PV

Orientasi dari rangkaian PV (array) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel menghasilkan energi maximum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tit angle*) dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi maximum. Untuk lokasi yang terletak dibelahan utara attitude, maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur – barat walaupun juga menghasilkan sejumlah energi dari panel – panel/ deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum. Posisi letak sel surya (array) terhadap matahari (*tit angle*), mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi yang maximum 1000 W/m² atau 1 kW/m². Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka extra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun attitude yang berubah setiap jam dalam sehari).

2.5 Solar Charge Controller

Solar Charger Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan di ambil dari baterai ke beban. Solar charger controller mengatur over charger (kelebihan pengisian) dan kelebihan voltage dari panel surya / solar sell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Solar Charger Controller menerapkan teknologi *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan dari baterai ke beban. panel surya 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa solar charger controller, baterai akan rusak oleh over charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di charger pada tegangan 14 – 14.7 Volt.



Gambar 2.16 *Solar Charger Controller*

Beberapa fungsi detail dari solar charger controller adalah sebagai berikut :

- a) Mengatur arus untuk pengisian baterai, meghindari over charging, dan over voltage.
- b) Mengatur arus yang di bebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan *overloading*.
- c) Monitoring temperature baterai.

Solar Charger Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / accu dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load).

Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin langsung masuk ke panel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

2.5.1 Jenis – jenis

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh Solar Control Charger :

1. PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrikal, sehingga menciptakan seakan – akan sine wave electrical form.
2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil daya maximum dari PV. MPPT charger 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.

2.6 Inverter

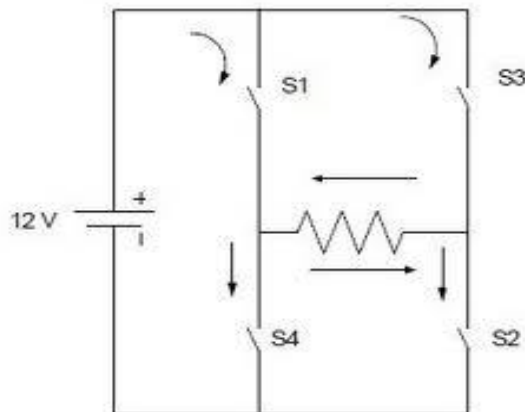
Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, solar panel, accu kering dan sumber tegangan DC lainnya. Sedangkan keluaran dari inverter adalah tegangan AC 220 V, dan frekuensi output 50Hz atau 60Hz.

Pada dasarnya inverter adalah alat yang membuat tegangan bolak – balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoda, melainkan gelombang persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah pasang saklar.



Gambar 2.17 Inverter

Berikut ini adalah gambar yang menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tenaga persegi.

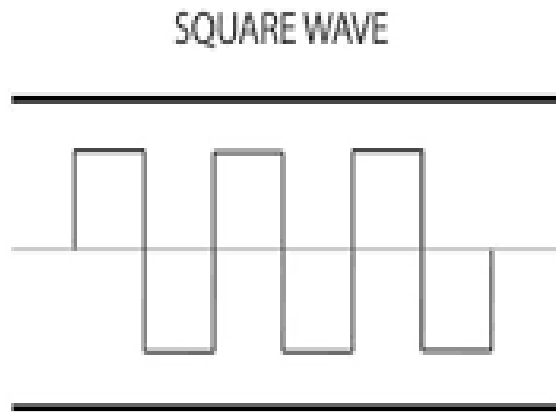


Gambar 2.18 Prinsip Dasar Inverter

Prinsip kerja Inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 saklar seperti di tunjukkan pada gambar diatas. Bila saklar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang on saklar S3 dan S4 maka akan mengalir arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation*) dalam proses conversi tegangan DC menjadi tegangan AC. Jenis – jenis gelombang yang dihasilkan inverter dapat di bagi menjadi 3 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave.

2.6.1. Square Wave

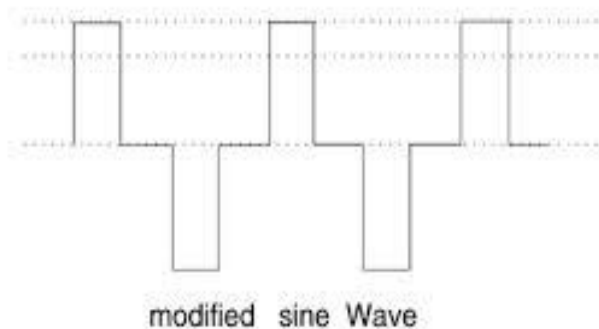
Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah mempunyai level “total harmonic distortion” yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut “dirty power supply”.



Gambar 2.19 *Output Square Wave*

2.6.2. Modified Sine Wave

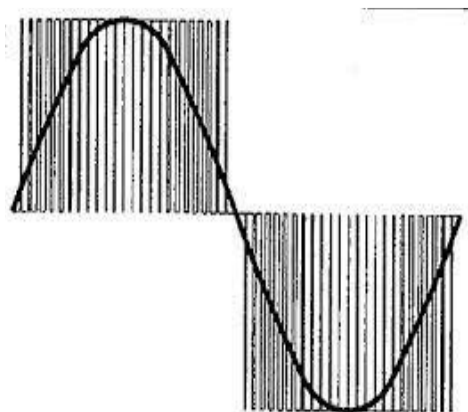
Modified Sine Wave disebut juga “Modified Square Wave” atau “Quasy Sine Wave” karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu, namun tidak bias untuk beban – beban yang lebih sensitive.



Gambar 2.20 *Output Modified Sine Wave*

2.6.3. Pure Sine Wave

Pure Sine Wave atau true sine wave merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai (bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoida sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini) PLN. Dengan total harmonic distortion (THD) $< 3\%$ sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Noleh sebab itu inverter ini juga disebut "*clean power supply*". Teknologi yang digunakan inverter ini umumnya disebut pulse with modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.



Gambar 2.21 *Output Sine Wave*