

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang paling vital sepanjang peradaban manusia. Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat. Namun pada waktu yang sama timbul masalah dalam upaya penyediaannya. Hal ini disebabkan semakin menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia, sehingga pemanfaatan energi terbarukan sebagai alternatif harus ditingkatkan. Energi terbarukan tersebut diantaranya adalah energi surya, angin, gelombang laut, biomassa dan lain-lain. Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi matahari yang tinggi dengan radiasi rata-rata (insolasi) sebesar 4,5 kWh/m²/hari (Solarex,1996). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Disamping itu, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau menyebabkan banyaknya daerah terpencil yang belum terjangkau listrik PLN. Oleh karena itu penggunaan teknologi PLTS untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia di daerah-daerah tersebut merupakan solusi yang tepat. Penggunaan teknologi tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem PLTS seperti PLTS Hybrid yaitu gabungan antara energi surya dengan sumber energi lainnya, yang paling umum adalah penggabungan energi surya dengan energi mesin diesel dan energi Mikro-hydro. Sistem energi surya yang lainnya adalah "Solar Home System (SHS)". SHS ini terdiri dari panel

modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu. SHS di pasang pada masing-masing rumah dengan modul fotovoltaik dipasang di atas atap rumah. Masalah utama dalam penggunaan SHS adalah harganya yang masih relatif mahal untuk masyarakat terutama daerah terpencil dan miskin. Untuk itu perlu ada suatu acuan atau pedoman analisa penggunaan SHS yaitu cara menghitung dan memilih komponen SHS yang dibutuhkan masyarakat tersebut sehingga masyarakat mampu membayar dan dapat menikmati listrik, minimal untuk sarana penerangan. Dalam tulisan ini, diuraikan analisa penggunaan dan memilih SHS untuk keperluan penerangan rumah sederhana. Tujuan dari tulisan ini adalah memberikan acuan singkat dan praktis agar calon pengguna dan praktisi kelistrikan dapat menentukan spesifikasi SHS yang tepat dan ekonomi

1.2 Sel Surya/Photovoltaik

Kata photovoltaik terdiri dari dua kata yaitu photo dan volta. Photo yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu phos, photo: cahaya) dan berasal dari nama Fisikawan Itali yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta yang berarti unit tegangan listrik. Dalam kata lain, arti photovoltaic yaitu proses konversi matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu photovoltaic biasa disingkat dengan PV.

1.2.1 Kelebihan Dan Kekurangan Panel Surya

1.2.1.1 Kelebihan Panel Surya

1. Energi gratis

Matahari menyediakan bahan bakar panas yang berfungsi menyalakan sistem komponen elektrik di rumah Anda. Hanya dengan menampung energi panas disiang hari, kita bisa menyimpan banyak biaya yang digunakan untuk membayar tagihan listrik.

2. Produksi energi bersih

Berbeda dengan listrik tenaga batu bara, energi tenaga surya digerakkan oleh panas matahari yang tidak mengeluarkan emisi gas rumah kaca penyebab pemanasan global.

3. Insentif pemerintah

Masyarakat kini bisa menjual listrik ke PT PLN (Persero) jika di rumahnya terpasang pembangkit listrik tenaga surya. Program ini dilakukan untuk mendukung pengadaan energi listrik menggunakan tenaga surya. Akan tetapi, kapasitas solar sel tak bisa melebihi daya terpasang dari PLN. Contohnya, jika daya listrik PLN terpasang di rumah ,ttaw 30.000 rasebes

gnasapret ayad ihibelem asib kat les ralos nagnasamep nanohomrep akam .tubesret

4. Mengurangi ketergantungan

Dengan memasang panel surya, secara langsung kita juga telah mandiri dan tidak bergantung lagi kepada PLN untuk menyuplai kebutuhan listrik harian.

1.2.1.2 Kekurangan Panel Surya

1. Sumber tenaga yang tidak konsisten

Matahari tentu tidak bersinar 24 jam dalam sehari. Pada beberapa rumah yang lokasinya tertutup oleh pohon atau gedung tinggi juga akan kesulitan mendapat sinar matahari yang maksimal. Bahkan pada musim panas sekalipun, sinar matahari tidak selalu terang. Itu terjadi apabila tertutup oleh awan. Pada saat-saat tertentu, asupan tenaga listrik kita bisa saja berkurang dan ini menjadi kelemahan utama.

2. Harga Panel surya Relatif Mahal

Meski banyak kelebihanannya, biaya pasang solar sel masih terbilang cukup tinggi. Inilah yang membuat banyak orang berpikir puluhan kali sebelum yakin memasang instalasi panel surya di rumahnya.

3. Perawatan

Menjalankan tenaga listrik sendiri, artinya Kita harus siap melakukan perbaikan jika sewaktu-waktu terdapat kerusakan pada sistemnya. Panel surya harus dibersihkan secara rutin sehingga kotoran dan debu yang menempel tidak mengurangi kinerja listrik. Bila terdapat kerusakan akibat petir dan lain sebagainya kita juga harus segera menghubungi tukang yang ahli untuk memperbaikinya.

1.2.2 Manfaat panel surya

1. Manfaat panel surya yang pertama adalah panel surya ini hemat biaya dikarenakan jika kita menggunakan panel surya, maka kita tidak memerlukan bahan bakar.
2. Dapat dipasang di mana saja dan dapat dipindahkan sesuai dengan yang dibutuhkan. Jadi, kita bisa menempatkan panel surya ini sesuai dengan kebutuhan kita. inilah mamfaat panel surya yang ke dua
3. Panel surya dapat diterapkan secara sentralisasi, yang berarti pembangkit listrik tenaga surya ditetapkan di suatu area dan listrik yang dihasilkan disalurkan melalui jaringan distribusi ke tempat-tempat yang membutuhkan dan juga desentralisasi, yang berarti setiap sistem berdiri sendiri atau individual, jadi sistem itu tidak memerlukan jaringan distribusi
4. Manfaat panel surya yang selanjutnya adalah bersifat moduler. Maksudnya adalah kapasitas listrik yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan cara merangkai modul secara seri dan paralel
5. Panel surya dapat dioperasikan secara otomatis maupun menggunakan operasi
6. Mamfaat panel surya yang terakhir adalah tanpa suara dan tidak menimbulkan operasi lingkungan

1.2.3 Macam – Macam Aplikasi Panel Surya

1. Pembangkit listrik:

Dalam pembangkit listrik konvensional sumber energi non-terbarukan digunakan untuk merebus air dan bentuk aliran sehingga turbin

bisa berputar dan air untuk menghasilkan listrik. Tapi dengan penerapan energi panas matahari bisa merebus air untuk membuat uap dan memutar turbin. Panel Surya mengkonversi sinar matahari menjadi listrik tenaga surya, menggunakan teknologi fotolistrik dan teknologi termoelektrik dll.

2. Rumah:

Penggunaan energi matahari meningkat di rumah juga. peralatan rumah tangga dapat dengan mudah menggunakan listrik yang dihasilkan melalui tenaga surya. Selain energi surya ini menjalankan pemanas surya untuk memasok air panas di rumah-rumah. Melalui sel fotovoltaik dipasang di atap rumah, energi ditangkap dan disimpan pada baterai agar bisa digunakan sepanjang hari di rumah untuk tujuan yang berbeda.

3. Penggunaan komersial:

Pada atap-atap bangunan yang berbeda kita dapat menemukan modul PV kaca atau jenis lain dari panel surya. Panel surya ini digunakan untuk memasok listrik ke kantor yang berbeda atau bagian lain dari bangunan dengan cara yang handal. Panel ini mengumpulkan energi surya dari matahari, mengubahnya menjadi listrik dan memungkinkan kantor untuk menggunakan daya listrik mereka sendiri untuk tujuan yang berbeda.

4. Sistem ventilasi:

Banyak tempat energi matahari digunakan untuk tujuan ventilasi. Ini membantu dalam menjalankan fan mandi, kipas lantai, dan kipas langit di gedung-gedung. Kipas Angin beroperasi hampir setiap kali di sebuah bangunan untuk mengontrol kelembaban, bau dan di rumah untuk membuang panas dari dapur. Hal ini dapat menambahkan jumlah berat pada tagihan

listrik, energi surya menjadi alternatif untuk mengurangi tagihan listrik dari penggunaan untuk tujuan ventilasi.

5. Pompa power:

Tenaga surya tidak hanya membantu dalam meningkatkan sistem ventilasi di rumah Anda, tetapi dengan itu juga dapat membantu dalam sirkulasi air dalam bangunan apapun. Anda dapat menghubungkan pompa listrik dengan unit catu daya surya tetapi Anda harus menjalankannya pada arus DC sehingga air beredar di seluruh rumah Anda.

6. Lampu Penerangan Tenaga Surya:

Lampu ini juga dikenal sebagai pencahayaan hari, dan bekerja dengan bantuan tenaga surya. Lampu ini menyimpan energi alami matahari di siang hari dan kemudian mengubah energi ini menjadi listrik untuk menerangi di malam hari. Penggunaan sistem ini mengurangi bentuk beban pembangkit listrik lokal.

7. Mobil surya:

Itu adalah sebuah kendaraan listrik yang diisi ulang bentuk energi surya atau sinar matahari. panel surya yang digunakan pada mobil ini yang menyerap cahaya dan kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. energi listrik ini disimpan dalam baterai yang digunakan dengan mobil, sehingga dalam waktu malam juga kita dapat mengendarai kendaraan ini.

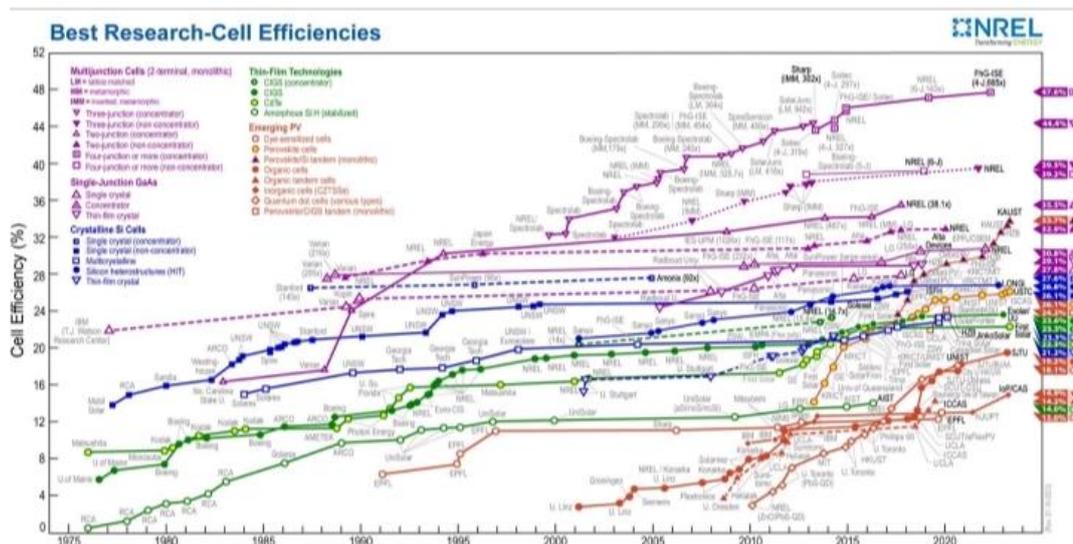
1.2.4 Cara Kerja Sel surya

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semi konduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap

oleh bahan semi- konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.

1.2.5 Efisiensi sel surya

Berikut adalah gambar grafik efisiensi konversi sel surya penelitian terbaik di seluruh dunia teknolog Fotovoltaik sejak tahun 1976



Gambar 1.1 efisiensi sel surya dari tahun 1976

Efisiensi konversi perangkat PV menggambarkan rasio energi daya listrik yang keluar dibandingkan dengan pancaran cahaya yang masuk. Sebuah sel surya umumnya memiliki efisiensi yang lebih baik atau lebih

tinggi daripada seluruh modul surya. Selain itu, efisiensi laboratorium selalu jauh lebih unggul dibandingkan barang yang dijual secara komersial

1.3 Latar Belakang Masalah

Yang melatar belakangi pemasangan panel surya ini adalah karena sering terjadinya pemadaman aliran listrik secara tiba-tiba di daerah tempat tinggal saya, sehingga pemasangan panel surya ini salah satu alternatif solusi yang efektif untuk masalah ini. Alasan lain pemasangan panel surya ini adalah untuk menghemat biaya listrik konvensional yang semakin hari pembiayaannya semakin meningkat sehingga beban ekonomi rumah tangga jadi lebih meningkat dari biasanya

1.4 Perumusan Masalah

Pada skripsi ini membahas mengenai pemasangan dan perhitungan pembiayaan secara detail pemakaian daya dari tenaga surya yang digunakan

1.5 Batasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi ini penulis membatasi cakupan permasalahan yang berkaitan dengan pemasangan panel surya atau yang kami gunakan meliputi:

1. Pemasangan panel surya secara keseluruhan
2. Perhitungan beban daya dan beban biaya

1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini di buat adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui berapa besar daya panel surya yang dibutuhkan untuk bisa mencukupi kebutuhan listrik untuk penerangan pada rumah tangga dengan beban tertentu.
2. Untuk mengetahui fungsi dan prinsip kerja panel surya tersebut.
3. Untuk mengetahui berapa pengurangan biaya konsumsi listrik pertahunnya dengan menggunakan panel surya sebagai alternatif penerangan disamping listrik konvensional

1.7 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui beban daya dari solar sel itu. Untuk Mengetahui tegangan masuk dan tegangan keluar, Untuk mengetahui berapa beban harian per harinya

1. Mamfaat secara Teoritas

Pemanfaatan energi matahari merupakan satu di antara sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan lampu rumah yang menggunakan lampu LED dengan bertegangan DC. Pada sistem ini penerangan lampu rumah tangga menggunakan solar sel, prinsip kerjanya secara keseluruhan adalah pada saat energi matahari di pancarkan ke permukaan bumi, maka solar sel akan bekerja menangkap energi matahari yang di pancarkan tersebut. Komponen panel surya ini mengkonversikan energi cahaya matahari tersebut menjadi energi listrik. Dan energi listrik tersebut akan di simpan pada Battery, proses ini disebut pengacasan/pengisian daya pada Battery.

2. Mamfaat secara Praktis

Dengan memasang panel surya secara langsung kita juga telah mandiri dan tidak bergantung lagi kepada PLN untuk menyuplai kebutuhan listrik harian, disamping itu masih banyak pedesaan yang masih susah terjangkau jaringan listrik, maka dari itu dengan memasang panel surya tersebut dapat mengurangi beban-beban PLN yang bergerak dalam pembangkit listrik di Indonesia

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Generasi Solar Sel

jenis sel surya dan bahan semikonduktornya dapat diklasifikasikan berdasarkan generasi:

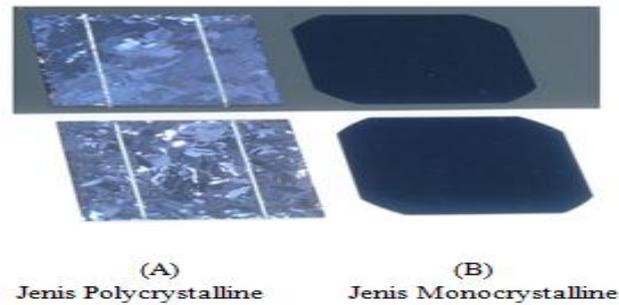
1. Sel surya generasi pertama terbuat dari silikon kristal, disebut juga sel surya konvensional, tradisional, berbasis wafer dan mencakup bahan semikonduktor monokristalin (mono-Si) dan polikristalin (multi-Si).
2. Sel atau panel surya generasi kedua didasarkan pada teknologi film tipis dan memiliki kepentingan komersial yang signifikan. Ini termasuk CdTe, CIGS dan silikon amorf.
3. Sel surya generasi ketiga sering kali diberi label sebagai teknologi baru yang memiliki sedikit atau tanpa signifikansi pasar dan mencakup sejumlah besar zat, sebagian besar organik, seringkali menggunakan senyawa organologam.

Bisa dibayangkan, sel fotovoltaik multi-persimpangan tidak dapat diklasifikasikan ke dalam generasi ini. Semikonduktor sambungan rangkap tiga biasanya terbuat dari InGaP / (In)GaAs / Ge .

2.1.1 Silikon solar sel (Generasi Pertama Solar Sel)

Silikon kristal (c-Si) merupakan bentuk kristal silikon, baik silikon polikristalin (poli-Si, terdiri dari kristal-kristal kecil), atau silikon monokristalin (mono-Si, kristal kontinu). Silikon kristal adalah bahan

semikonduktor dominan yang digunakan dalam teknologi fotovoltaik untuk produksi sel surya . Sel-sel ini dirakit menjadi panel surya sebagai bagian dari sistem fotovoltaik untuk menghasilkan tenaga surya dari sinar matahari



Gambar 2.1 Panel surya generasi silikon solar sel : (a) Jenis polycrystalline (b) Jenis monocrystalline

Dalam bidang elektronik , silikon kristal biasanya merupakan bentuk silikon monokristalin, dan digunakan untuk memproduksi microchip . Silikon ini mengandung tingkat pengotor yang jauh lebih rendah dibandingkan yang dibutuhkan untuk sel surya. Produksi silikon tingkat semikonduktor melibatkan pemurnian kimia untuk menghasilkan Polisilikon Hyper-murni, diikuti dengan proses rekristalisasi untuk menumbuhkan silikon monokristalin. Boule berbentuk silinder kemudian dipotong menjadi wafer untuk diproses lebih lanjut.

Sel surya yang terbuat dari silikon kristal sering disebut sel surya konvensional , tradisional , atau generasi pertama , karena dikembangkan pada tahun 1950an dan tetap menjadi jenis yang paling umum hingga saat ini. Karena dihasilkan dari wafer surya setebal 160 hingga 190 μm —potongan

dari sebagian besar silikon kelas surya —kadang-kadang disebut sel surya berbasis wafer .

1. Poly-crystalline/Multi-crystalline (Si)

Poly-crystalline dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendingin perlahan untuk mendapatkan bahan campuran bahan silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding sel poly-crystalline efisiensi sekitar 13% -20%, tetapi biaya lebih murah.

2. Mono-crystalline (Si)

Mono-crystalline dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang Mono-crystalline dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.

2.1.2 Thin Film Solar Sel (Generasi Kedua Solar Sel)

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



Gambar 2.2 Thin Film Solar Sel (TFSC)

Berdasarkan materialnya, sel surya thin film ini digolongkan menjadi:

1. Amorphous Silicon (a-Si) Solar Sel

Sel surya dengan bahan Amorphous Silicon ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut "stacking" (susun lapis), dimana beberapa lapis Amorphous Silicon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 14.0%

2. Cadmium Telluride (CdTe) Solar Sels.

Sel surya jenis ini mengandung bahan Cadmium Telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 22.3%

3. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Sels.

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 23.6%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe. Teknologi produksi sel surya thin film ini masih baru, masih banyak kemungkinan di masa mendatang. Ongkos produksi yang murah serta bentuknya yang tipis, ringan dan fleksibel sehingga dapat dilekatkan pada berbagai bentuk permukaan, seperti kaca, dinding gedung dan genteng rumah dan bahkan tidak menutup kemungkinan kelak dapat dilekatkan pada bahan seperti baju kaos.

2.1.3 Biohybrid solar sel (Generasi ke 3)

Biohybrid solar sel adalah panel surya generasi ketiga yang sampai saat ini masih terus dalam tahap penelitian dan pengembangan. Penemunya adalah tim ahli dari Vanderbilt University yang mempunyai ide untuk memanfaatkan fotosistem 1 dan meniru proses alami fotosintesis. Bahan panel surya yang digunakan dalam sel ini mirip dengan metode tradisional. Hanya saja, perbedaannya terletak pada penggabungan lapisan fotosistem 1 yang memungkinkan konversi energi kimia ke listrik hingga 1000 kali lebih efisien.



Gambar 2.3 Solar Sel Biohybrid

Sel surya biohibrid adalah sel surya yang dibuat dengan menggunakan kombinasi bahan organik (fotosistem I) dan bahan anorganik. Sel surya biohibrid telah dibuat oleh tim peneliti di Vanderbilt University. Tim menggunakan fotosistem I (kompleks protein fotoaktif yang terletak di membran tilakoid) untuk menciptakan kembali proses alami fotosintesis guna

memperoleh efisiensi yang lebih besar dalam konversi energi matahari. Sel surya biohibrid ini adalah jenis energi terbarukan baru. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan solar sel Biohibrid

1. Kelebihan

Keuntungan terbesar yang dimiliki sel surya biohibrid adalah kemampuannya mengubah energi matahari menjadi listrik dengan efisiensi hampir 100%. Artinya, hanya sedikit atau bahkan tidak ada energi yang hilang melalui konversi energi kimia menjadi energi listrik. Angka-angka ini sangat bagus dibandingkan dengan efisiensi sel surya tradisional yang hanya sebesar 40%. Biaya produksi biohibrid juga jauh lebih murah karena mengekstraksi protein dari bayam dan tanaman lain lebih murah dibandingkan biaya logam yang dibutuhkan untuk memproduksi sel surya lainnya.

2. Kekurangan

Meskipun efisiensi sel biohibrid jauh lebih besar, sel-sel tersebut juga memiliki banyak kelemahan. Dalam banyak kasus, beberapa sel surya memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sel surya biohibrid. Pertama, sel surya tradisional menghasilkan daya lebih besar dibandingkan sel biohibrid saat ini. Umur sel surya biohibrid juga sangat pendek, hanya beberapa minggu hingga sembilan bulan. Daya tahan sel terbukti menjadi persoalan, dibandingkan sel surya saat ini yang mampu bekerja bertahun-tahun.

2.1.4 Sel Surya Polimer

Sel surya polimer adalah struktur berlapis yang terdiri dari, minimal, elektroda depan transparan, lapisan aktif – yang merupakan bahan polimer

semikonduktor sebenarnya – dan elektroda belakang yang dicetak pada substrat plastik.

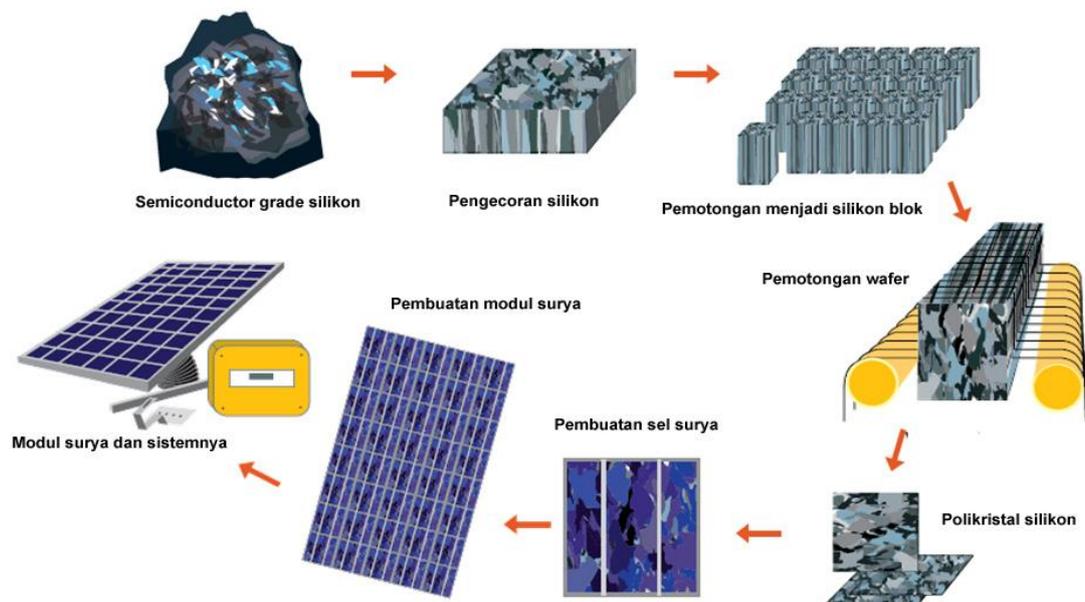
Sel surya polimer (PSC), yang lapisan fotoaktifnya terdiri dari campuran bulk-heterojunction (BHJ) dari donor polimer tipe-p dan bahan akseptor tipe-n (yaitu, molekul kecil atau akseptor polimer), merupakan pembangkit listrik yang menjanjikan untuk fleksibilitas elektronik. Sifat mekanik film tipis campuran BHJ sangat bergantung pada jenis bahan dan komposisi, dan karenanya harus diselidiki untuk sistem campuran BHJ yang representatif di bidang PSC. Fulleren-derivatives (PCBM) telah banyak digunakan sebagai akseptor tipe-n di PSC, namun diketahui menyebabkan penurunan kinerja perangkat dan malfungsi karena buruknya stabilitas PCBM terhadap tekanan foto, termal, dan mekanis. Untuk mengatasi keterbatasan ini, sel surya semua polimer, yang menggunakan akseptor polimer sebagai pengganti akseptor PCBM, telah dipelajari secara ekstensif.

Yang generasi ke empat ini masih terlalu baru dan efisiensinya belum ada catatan yang pasti. Jadi jenis generasi keempat masih sangat baru dan dalam pengembangan proses mendapatkan efisiensi yang bagus.

2.2 Teori Detail/Khusus Polycrystalline Solar Sel

Dalam sub bab ini menjelaskan teori jenis polycrystalline secara khusus atau lebih detail di karenakan proses pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan jenis panel surya polycrystalline. Adapun ringkasan teori tersebut seperti yang di paparkan di bawah ini.

Polycrystalline silicon, adalah panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Polycrystal silikon ini diperkenalkan ke pasaran pada tahun 1981. Polycrystalline tidak memerlukan proses Czochralski. Berikut gambar proses pembuatan sel surya polycrystalline silikon



Gambar 2.4 Proses Pembuatan Sel surya Polycrystalline silikon

Proses Czochralski yaitu adalah proses pemurnian suatu bahan dengan cara pengkristalan, bahan yang akan di kristalkan dimasukan ke dalam tempat yang sulit bereaksi dengan zat lain seperti quartz dan gas mulia argon. Contoh dari proses ini adalah pemurnian silikon yang nantinya akan dibuat seperti wafer untuk Integrated circuit (IC). Silikon yang akan dimurnikan dengan mengkristalkannya diletakkan di dalam tempat dari quartz dan

dilelehkan. Sebuah silinder yang ujungnya terbuat dari kristal silikon murni dicelupkan kedalam lelehan silikon yang belum murni. Dan di putar dengan sangat pelan ke arah atas yang dengan suhunya lebih dingin dan pengkristalan akan terjadi dengan sempurna. Polycrystalline silicon menggunakan teknik pengecoran, type ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal. Tingkat efisiensi dari Polycrystalline silicon sekitar 13% – 20% . Nilai tersebut merupakan angka yang cukup tinggi untuk teknologi yang digunakan sekarang, untuk meningkatkan efisiensi tentu membutuhkan biaya yang mahal dan teknologi yang sangat canggih. Sel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan type monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

2.2.1 Kekurangan Panel Surya Polycrystalline

Meskipun panel surya polycrystalline adalah pilihan yang populer untuk energi surya, ada beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan.

1. Efisiensi lebih rendah: Panel polikristalin cenderung memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan panel surya monokristalin. Panel polikristalin umumnya memiliki efisiensi antara 14-17%. Dari angka tersebut berarti panel polikristalin memerlukan lebih banyak area permukaan untuk menghasilkan daya yang sama dengan panel monokristalin agar lebih efisien.
2. Toleransi suhu yang buruk: Panel surya polikristalin biasanya memiliki toleransi suhu yang lebih buruk daripada panel monokristalin. Artinya, kinerja panel polikristalin dapat menurun ketika suhu meningkat. Pada suhu yang

lebih tinggi, efisiensi konversi energi surya ke listrik dapat menurun, yang dapat mengurangi kinerja panel secara keseluruhan.

3. Warna yang kurang seragam: Panel surya polikristalin terbuat dari banyak kristal silikon yang berbeda-beda, yang menghasilkan warna yang tidak seragam pada permukaan panel. Ini menghasilkan tampilan yang kurang estetis dibandingkan dengan panel monokristalin yang memiliki tampilan seragam dan lebih halus.

4. Pengaruh bayangan: Panel surya jenis ini lebih rentan terhadap pengaruh bayangan. Jika ada bayangan yang jatuh pada sebagian kecil panel, hal ini dapat menyebabkan penurunan drastis dalam produksi energi panel secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan penempatan panel dengan hati-hati agar terhindar dari bayangan yang dapat mengurangi efisiensi sistem.

Meskipun memiliki kekurangan-kekurangan ini, panel surya polycrystalline masih merupakan pilihan yang populer dan dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam memanfaatkan energi surya.

2.2.2 Kelebihan Panel Surya Polycrystalline

Panel surya jenis ini memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya populer dalam industri energi surya. Berikut adalah beberapa kelebihan utama panel polycrystalline:

1. Biaya Produksi Rendah: Panel polycrystalline menggunakan teknologi produksi yang relatif sederhana dan bahan baku yang lebih murah. Ini membuatnya lebih terjangkau dan ekonomis dalam hal biaya produksi.

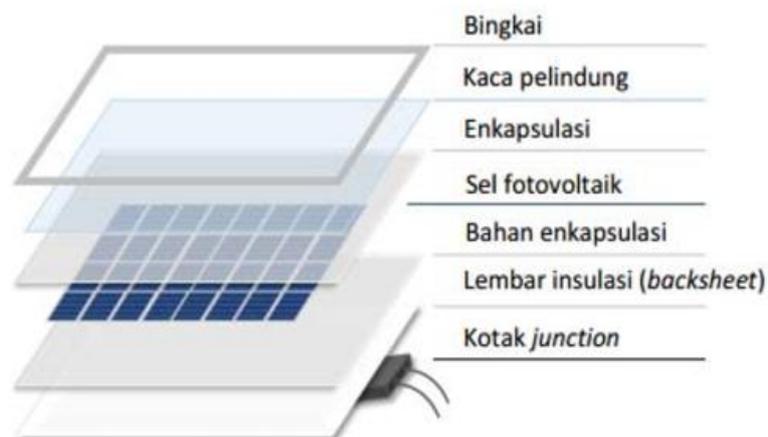
2. Toleransi terhadap Suhu Tinggi yang Baik: Panel Surya ini memiliki toleransi yang lebih baik terhadap suhu tinggi. Ini berarti panelnya akan menghasilkan daya yang lebih konsisten dalam kondisi suhu yang tinggi, seperti di daerah dengan iklim panas.

3. Toleransi Terhadap Cahaya Kurang Sempurna: Panel Surya ini cenderung memiliki toleransi yang lebih baik terhadap cahaya kurang sempurna atau cahaya dengan sudut datang yang tidak optimal. Dengan begitu, dapat menghasilkan daya yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah atau saat sinar matahari tidak jatuh secara langsung pada panel.

Namun, penting untuk dicatat bahwa kelebihan panel surya polycrystalline ini dapat bervariasi tergantung pada merek dan kualitas panel surya yang digunakan.

2.2.3 Struktur dari polycrystalline

Berikut adalah gambar struktur panel surya beserta penjelasan fungsi dari bagian-bagian dari panel surya tersebut



Gambar 2.5 struktur panel surya

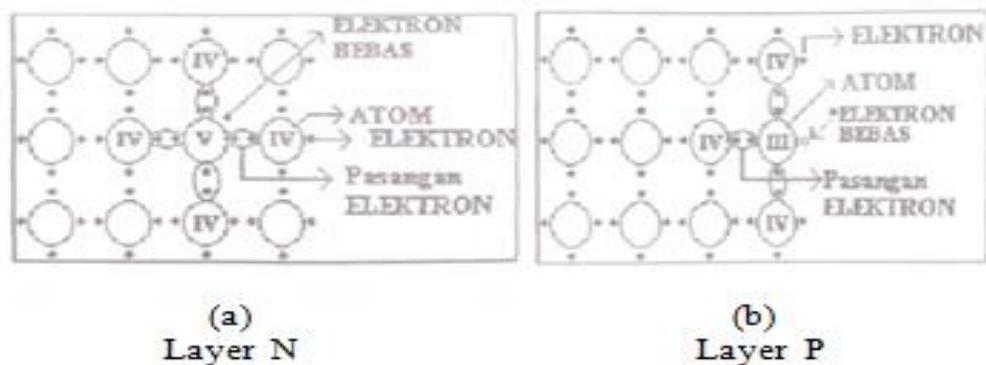
1. Bingkai atau frame biasanya terbuat dari aluminium anodized untuk menghindari korosi. Oleh karena pemasangan bingkai dilakukan di akhir proses pembuatan, bingkai memiliki fungsi untuk memastikan kekokohan panel.
2. Kaca pelindung melindungi sel fotovoltaik dari lingkungan dan memastikan kekokohan panel. Karena fungsinya tersebut, kaca pelindung mengambil proporsi tertinggi dari total berat modul fotovoltaik.
3. Enkapsulasi atau laminasi adalah lapisan antara sel fotovoltaik dan kaca pelindung. Laminasi digunakan untuk mencegah kerusakan mekanis pada sel fotovoltaik dan mengisolasi tegangan dari sel fotovoltaik dengan bagian modul lainnya. Biasanya lembaran laminasi menggunakan bahan ethylene-vinyl acetate (EVA).
4. Sel fotovoltaik merupakan komponen utama dari modul fotovoltaik. Sel ini terbuat dari bahan semikonduktor yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel-sel saling terhubung secara seri untuk mendapatkan tegangan total yang lebih tinggi melalui kawat busbar. Bahan yang digunakan untuk sel fotovoltaik umumnya adalah silikon, seperti polycrystalline dan monocrystalline.
5. Lembar insulasi (backsheet) terbuat dari bahan plastik untuk melindungi dan secara elektrik mengisolasi sel-sel dari kelembaban dan cuaca.
6. Kotak penghubung (junction box) digunakan sebagai terminal penghubung antara serangkaian sel fotovoltaik ke beban atau ke panel lainnya. Perangkat ini berisi kawat busbar dari rangkaian sel fotovoltaik, kabel dan bypass diode.

2.3 Prinsip Kerja Dari Solar Sel

Pada solar Sel ini terdiri dari 2 layer, yaitu layer N dan layer P, dimana layer N ini terdiri dari atom – atom golongan IV (terdiri dari 4 proton dan 4 elektron) seperti diperlihatkan pada gambar 2.6, sedangkan layer P terdiri atas atom – atom golongan IV (terdiri dari 4 proton dan 4 elektron) dan atom golongan III (terdiri dari 3 proton dan 3 elektron) seperti gambar 2.7.

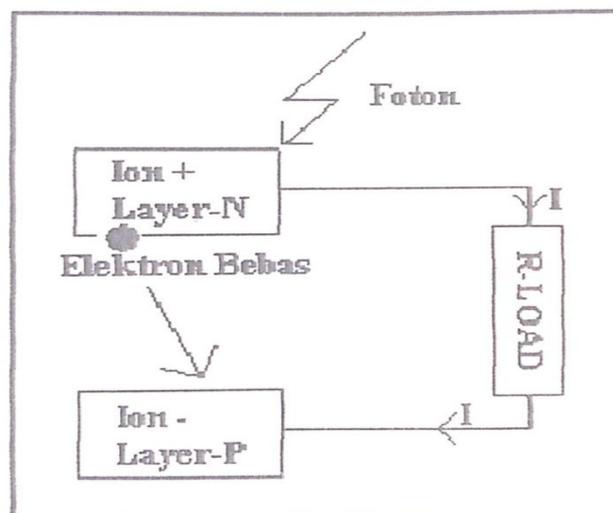
Proses terbentuknya aliran listrik dimulai dari layer N, dimana di dalam layer N ini atom-atomnya saling melekat elektron-elektron, sehingga terbentuk banyak sekali pasangan-pasangan elektron, Kemudian ada beberapa atom yang terdiri dari 4 elektron yang saling melekatkan dengan atom yang terdiri dari 5 elektron (sehingga terbentuk 4 pasangan elektron, dan 1 elektron yang tidak ada pasangannya). Sehingga elektron ini bisa bergerak dengan bebas di dalam layer N. Kemudian pada saat solar sel ini terkena cahaya matahari. Maka solar sel ini menerima foton dari sinar cahaya matahari, yang akan bergerak di dalam layer N dengan tujuan untuk memindahkan energi dari foton menuju ke elektron yang bergerak bebas tersebut. Sehingga adanya pemberian energi dari foton tersebut, maka elektron bebas itu mempunyai energi tambahan untuk pindah ke layer P. Sehingga di layer N ini akan bersifat lebih positif, karena ada beberapa atom yang memiliki jumlah proton lebih besar dari jumlah elektron . Lalu elektron bebas ini masuk ke layer P, dimana di layer P ini terdiri dari atom-atom yang saling melekatkan elektron-elektronnya, Sehingga juga terbentuk pasangan-pasangan elektron, dan juga ada beberapa atom yang terdiri 3 elektron (yang saling melekatkan dengan atom yang terdiri dari 4 elektron) sehingga

terbentuk 3 pasangan elektron dan salah satu sisi atom yang memiliki 3 elektron ini terdapat lubang. Lubang ini akan dimasuki elektron bebas yang baru masuk ke dalam layer P. Sehingga pada layer P ini akan bersifat lebih negatif, karena ada beberapa atom yang memiliki jumlah proton lebih sedikit dari pada jumlah elektron. Jika layer N dan Layer P di hubungkan dengan beban, maka akan mengalir arus dari layer N menuju ke layer P



Gambar 2.6 layer-N Dan Layer-P

Pada Gambar 2.7 di bawah ini menunjukkan proses terbentuknya aliran listrik



Gambar 2.7 Proses terbentuknya aliran listrik

2.3.1 Karakteristik Dari Solar Sel

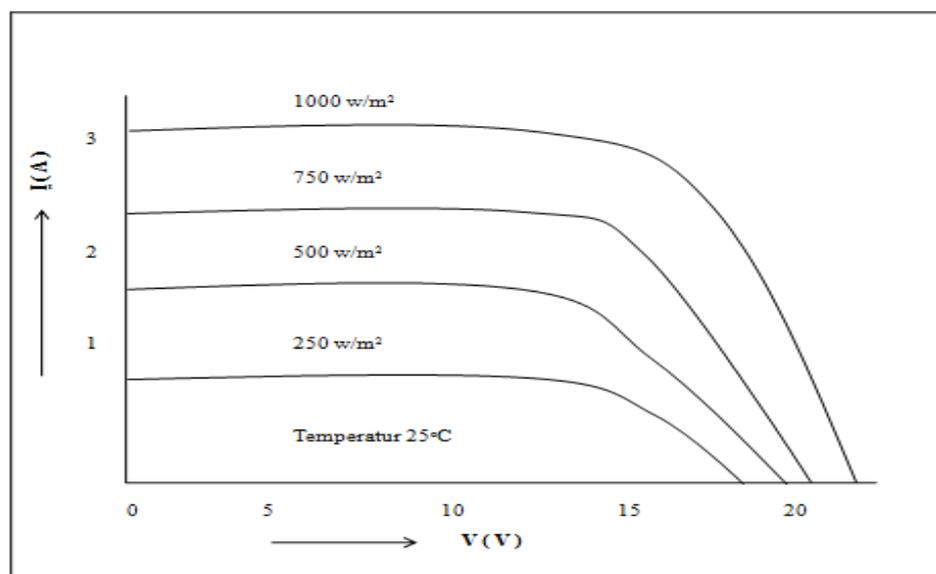
Beberapa karakteristik penting solar sel terdiri dari tegangan open circuit (V_{oc}) arus hubung singkat (I_{sc}), efek perubahan intensitas cahaya matahari, efek perubahan temperatur pada solar sel, dan karakteristik tegangan – arus ($V - I$ characteristic) pada solar sel

2.3.1.1 Tegangan Rangkain Terbuka (Tegangan Open Circuit V_{oc}).

Tegangan rangkain terbuka adalah tegangan yang di baca pada saat arus tidak mengalir, atau dengan kata lain arusnya sama dengan nol. Cara mudah untuk mencapai tegangan rangkain terbuka, yaitu cara melepaskan dengan kutub positif dan kutub negatif solar sel dari beban, kemudian diantara dua kutub tersebut dipasang volt meter, maka akan terlihat tegangan rangkain terbuka pada solar sel menghubungkan kutub positif dan kutub negatif pada solar sel, dan kemudian dibaca dengan ampre meter, maka akan terukur arus maksimum pada solar sel.

2.3.1.2 Efek Perubahan Intesitas Cahaya Matahari

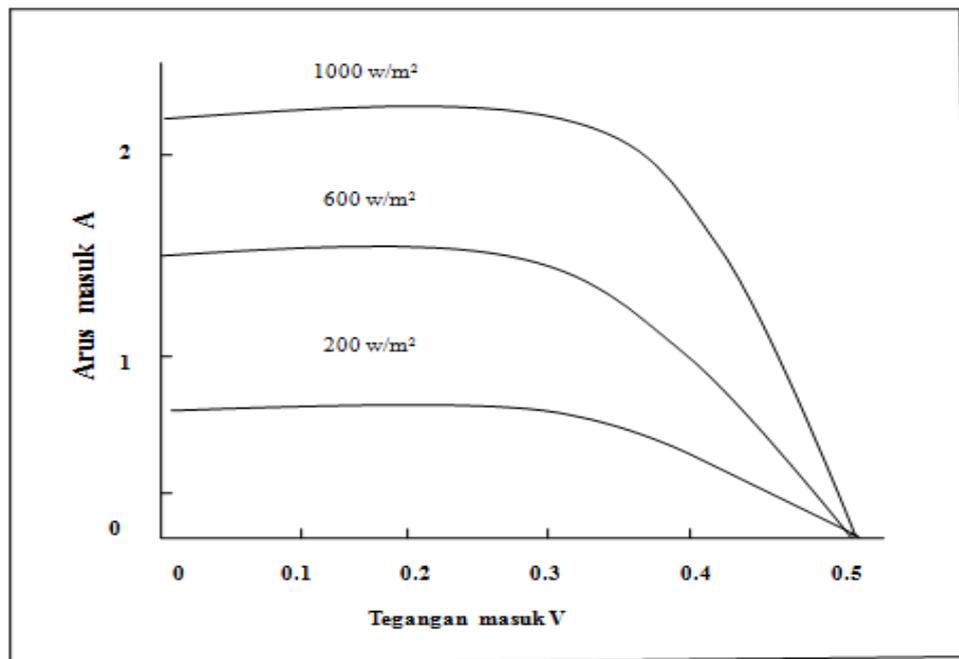
Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diperoleh atau di terima oleh sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibanding, berikut gambar 2.3 karakteristik sel surya pada temperatur 25°



Gambar 2.8 Karakteristik Sel Surya Pada Temperatur 25°C

2.3.1.3 Karakteristik Tegangan – Arus (V – I karakteristik) Pada Solar sel

Penggunaan tegangan dari solar sel bergantung dari bahan semikonduktor yang dipakai. Jika menggunakan bahan silikon, maka tegangan yang dihasilkan dari setiap surya berkisar 0.5 V. Tegangan yang dihasilkan dari solar sel bergantung dari radiasi cahaya matahari. Untuk arus yang dihasilkan dari solar sel bergantung dari luminasi (kuat cahaya) matahari, seperti pada saat cuaca cerah atau mendung. Sebagai contohnya setiap 100 cm^2 Ampere pada waktu intensitas radiasi matahari 1000 W/m^2 . Karakteristik tegangan – arus pada silikon solar sel diperlihatkan pada gambar 2.5



Gambar 2.9 Karakteristik Tegangan – Arus Pada Silikon Solar Sel

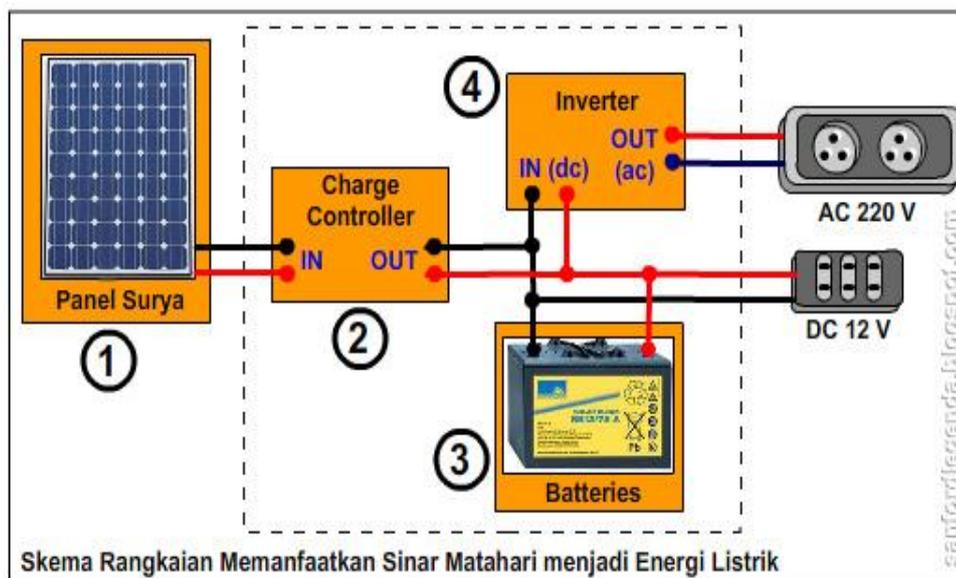
Output dari solar sel yang berupa tegangan dan arus juga bergantung dari temperatur yang dihasilkan dari solar sel itu sendiri. Temperatur tinggi menyebabkan nilai arus hubung singkat meningkat, sedangkan nilai tegangan rangkain terbuka menurun (tetapi penurunannya tidak signifikan) . Besar dari arus hubung singkat juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang lainnya :

1. Intensitas cahaya matahari yang mencapai solar sel
2. jumlah sel surya yang ada di dalam PV modul
3. Tipe silikon yang digunakan.
4. Efek rugi – rugi yang ada pada sistem, seperti kabel yang digunakan dan blocking diode. Tingkat efisiensi dari solar sel menunjukkan seberapa banyak jumlah radiasi cahaya matahari yang mampu dikonversikan kedalam penggunaan energi listrik.

2.3.2 Proses perubahan cahaya matahari menjadi energi listrik oleh panel surya

Seperti kita ketahui, matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang akan selalu tersedia. Matahari memiliki 2 sumber energi utama, yaitu energi panas dan energi cahaya. Energi panas dapat kita manfaatkan langsung dalam kehidupan sehari-hari seperti jemur pakaian dan untuk memproduksi garam dengan memanaskan air laut di dalam tambak garam sehingga airnya menguap dan yang tertinggal butir-butir garam.

Sedangkan dari energi cahaya matahari kita dapat menghasilkan energi listrik dengan menggunakan perangkat panel surya sebagai komponen utamanya. Berikut skema rangkaian untuk mendapatkan energi listrik dari sinar matahari



Gambar 2.10 Skema Rangkain Sinar Matahari Menjadi Energi Listrik

2.3.3 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Pengoperasian maximum sel surya sangat tergantung pada.

1. Ambient air temperatur

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maximum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat celsius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan voltage tegangan rangkaian terbuka. Setiap kenaikan temperatur sel surya 1 derajat celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10^0 C

2. Radiasi solar matahari (insolation)

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

3. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiup angin disekitar lokasi photovoltaic array dapat mampu mendinginkan permukaan temperatur kaca- kaca photovoltaic array

4. Keadaan atmosfer bumi

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 photovoltaic.

5. Orientasi panel atau array photovoltaic

Orientasi dari rangkaian photovoltaic (array) kearah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan photovoltaic dapat menghasilkan energi maximum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) dari panel

atau deretan photovoltaic juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai guideline, untuk lokasi yang terletak dibelahan utara latitude, maka panel atau deretan Photovoltaic sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel tau deratan photovoltaic, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

Posisi letak sel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angle*). Tilt angle (sudut orientasi matahari). Mempertahankan sinar matahari jatuh kesebuah permukaan panel photovoltaic secara tegak lurus akan mendapatkan energi maximum 1000 W/m^2 atau 1 KW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang photovoltaic, maka extra luasan bidang panel photovoltaic dibutuhkan (bidang panel photovoltaic terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari)

Solar panel photovoltaic pada equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (*tilt angle*=0) akan menghasilkan energi listrik maximum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicari tilt angle yang optimum (maksimal)

2.4 Baterai Charger

Pengertian dari baterai charger adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi baterai dengan arus kontan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis ke level yang telah ditentukan dan

menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan baterai telah terisi penuh.

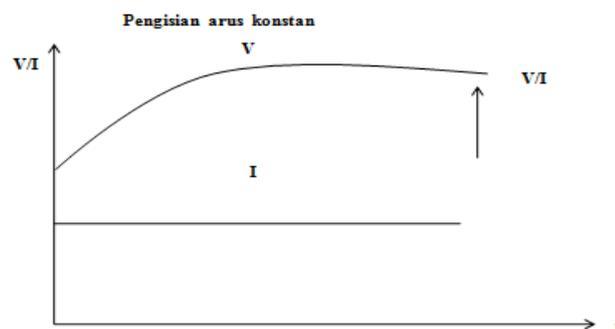
Di dalam rangkaian baterai charger terdapat rangkaian regulator dan rangkaian comparator, Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran agar tetap konstan, sedangkan rangkaian comparator berfungsi untuk menurunkan arus pengisian secara otomatis pada baterai pada saat tegangan pada baterai penuh ke level yang aman tentunya dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan baterai telah terisi penuh.

2.4.1 Metode Charger Discharge

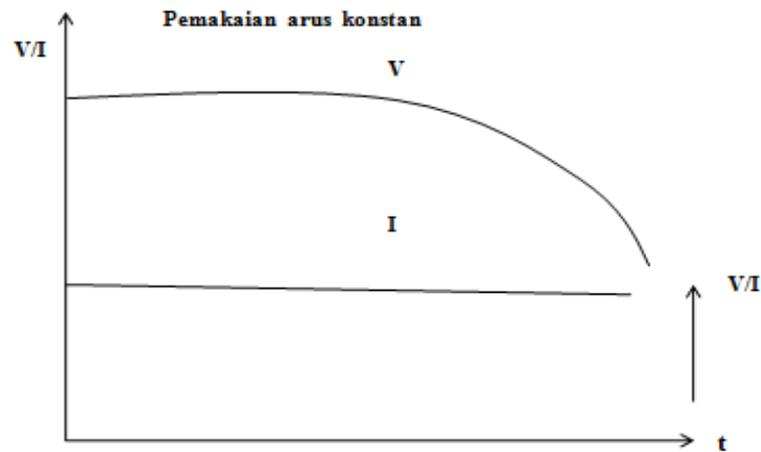
Penelitian atau percobaan tentang proses charge dan discharge telah menghasilkan banyak sekali metode yaitu antara lain:

1. Proses charger dan discharger dengan arus konstan

Proses charger dan discharger dengan arus konstan yang ditunjukkan pada gambar 2.11 dan gambar 2.12 dapat di ambil kesimpulan bahwa, proses charger discharger akan berakhir ketika waktu yang telah diset terlampaui atau apabila kapasitas baterai (*accumulator*) yang di tentukan telah terpenuhi.



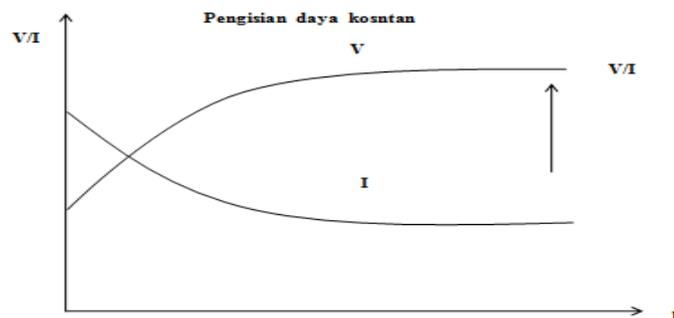
Gambar 2.11 Proses Charger Dengan Arus Kontan



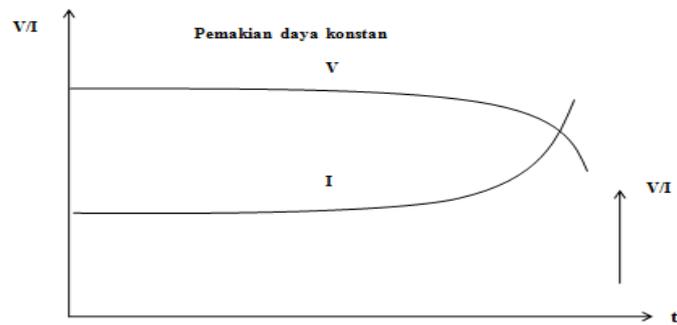
Gambar 2.12 Proses Discharger Dengan Arus Konstan

2. Proses charger discharger dengan daya kosnan

Proses charger dengan daya konstan yang di tunjukkan pada gambar 2.13 dilakukan ketika tegangan naik dan turun, proses ini berakhir ketika set time terpenuhi atau tegangan pada baterai terpenuhi. Sedangkan proses discharger dengan daya konstan yang di tunjukkan pada gambar 2.14 dilakukan ketika tegangan baterai turun dan arus naik dan discharger berakhir saat set time terlampaui atau tegangan bebean terpenuhi.

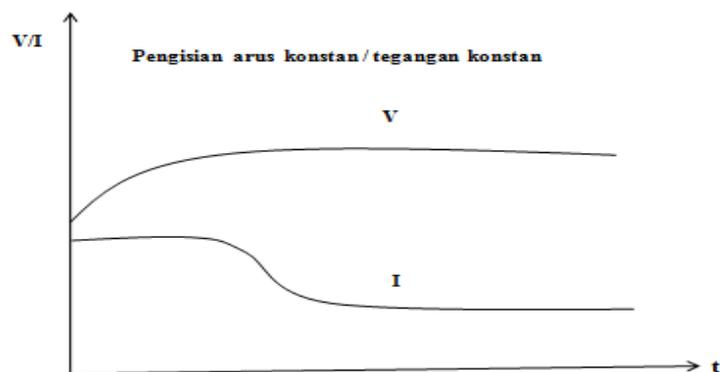


Gambar 2.13 Proses Charger Dengan Daya Kosntan



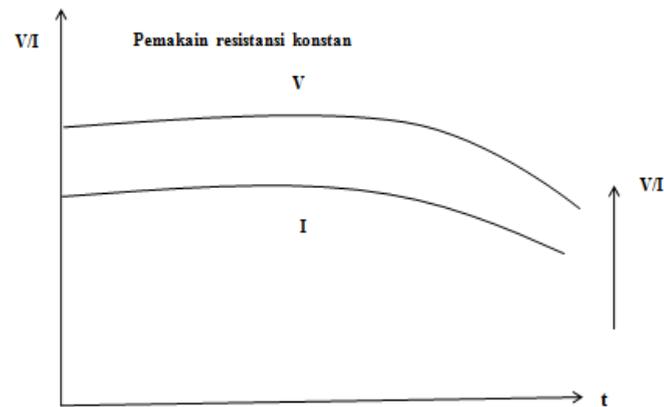
Gambar 2.14 Proses Discharger Dengan Daya Konstan

Gambar 2.15 di bawah ini menunjukkan proses charger dengan arus konstan ketika tegangan terminal lebih rendah dari tegangan charger



Gambar 2.15 Proses Charger Dengan Arus Konstan / Tegangan Konstan

Gambar 2.16 menunjukkan proses discharger dengan resistansi konstan ketika tegangan baterai turun dan arus juga turun



Gambar 2.16 Proses Discharger Dengan Resistansi Konstan

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) :

- Lama pengisian arus :

$$T_a = \frac{Ah}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

T_a = Lamanya pengisian arus (jam)

A_h = Besarnya kapasitas accumulator (*Ampere hours*)

A = Besarnya arus pengisian ke accumulator (*Ampere*)

- Lama pengisian daya

$$T_a = \frac{\text{Daya Ah}}{\text{Daya A}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

T_d = Lampu pengisian daya (jam)

Daya A_h = Besarnya daya yang di dapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan Accumulator (Whatt hours)

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan Accumulator (watt)

2.5 Alat Pengatur Pengisian Baterai (Charge Controller)



Gambar 2.17 Charge Controller Yang Sudah Terpasang Di Rumah

Charge controller adalah rangkain elektronik yang mengatur proses pengisian aki atau rangkaian aki (*Baterai Bank*). Tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya umumnya bervariasi 12 volt ke-atas. Kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Disamping itu , alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus dari aki mengalir balik ke panel sel surya, ketika proses

pengisian sedang tidak berlangsung (misal pada malam hari) sehingga aki yang sudah dicas tidak terkuras tenaganya.

Apabila aki atau rangkaian aki sudah sudah penuh terisi, maka aliran DC dari panel surya akan diputuskan agar aki itu tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai bisa dicegah dan usia aki bisa diperpanjang. Pengendalian proses pengisian aki dengan membuka dan menutup aliran arus DC dari panel surya ke aki adalah fungsi yang paling dasar sebuah charge controller

2.5.1 Alat Pengatur Pengisian Baterai PWN



Gambar 2.18 Charger Controller PWN

Charger controller PWN (Pulse Width Modulation) adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecaskan aki dari panel surya dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Ketika aki mendekati kondisi terisi penuh, alat PWN akan perlahan-lahan menurunkan jumlah daya yang masuk ke baterai demi untuk mengurangi beban pada aki tersebut. Alat pengecas PWN banyak terdapat di

pasaran, harganya juga lebih murah, dan tersedia dalam berbagai ukuran untuk aplikasi yang luas. Keterbatasan kontroler PWN antara lain yaitu ukuran tegangan alat pengelas harus sesuai dengan tegangan bank baterai, dan kapasitas alat PWN biasanya terbatas pada 60 amper (maksimum)

2.5.2 Alat Pengatur Pengisian Baterai MPPT

Semua panel surya PV berkekuatan dalam satuan Watts. Ini mengidentifikasi daya potensial yang dapat dihasilkan oleh panel PV tersebut ketika dipancarkan oleh sinar matahari. Kalau kita kalikan tegangan maksimum (V_{mp}) dengan arus maksimum (I_{mp}) yang tercantum pada label itu, maka akan dapat kita tentukan kapasitas panel itu dalam satuan watt. Sebagai contoh, label panel surya PV mencantumkan Spesifikasi berikut :

$$I_{mp} = 8,1 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 29,7 \text{ V}$$

$$\text{MPPT} = \text{Yes}$$

Maka kapasitas tenaga panel itu adalah $29,7 \times 8,1 = 240 \text{ Watt}$

Untuk menghasilkan kapasitas tenaga 240 watt modul PV harus beroperasi pada voltase 29,7 dan arus 8,1A. Perlu kita ingat bahwa panel surya PV adalah perangkat berarus konstan. Tetapi apabila aki yang dicas itu bertegangan dibawah voltase modul PV, tegangan operasi panel surya akan menyesuaikan dengan voltase aki. Jadi kalo voltase aki 12 V, tegangan operasi panel akan meroseot dari 29,7 V ke kisaran 12 V. Dengan demikian< kinerja panel surya bukan lagi 240 watt tetapi outputnya menjadi $12 \text{ V} \times 8,1 \text{ A} = 97,2 \text{ W}$. Hal ini membuat sistem sel

surya kita kehilangan tenaga sebesar 142,8W ($240 - 97,2$) yaitu 59,5% dari tenaga panel surya tidak dimanfaatkan. Kerugian sebesar ini sangat disayangkan sekali. Untuk mengatasi masalah kesusutan tersebut diatas, perlu diterapkan controler pengisian aki yang dilengkapi dengan filter MPPT agar tenaga 240W dari panel surya bisa diperoleh semaksimal mungkin. MPPT adalah singkatan dari Maximum Power Point Tracking merupakan perangkat elektronik yang terdapat pada alat pengatur pengisian aki yang dapat mengoptimalkan kinerja antara array surya (panel PV) dan bank aki. Dengan kata lain, alat ini mampu mengkonversikan tegangan tinggi output DC dari panel surya ke tegangan lebih rendah yang diperlukan aki / bank aki. Dalam proses pengisian ini, mekanisme MPPT juga melupakan peningkatan arus dc (ampere) yang dicas ke aki / bank aki. Kita kembali lagi ke contoh perhitungan di atas. Dengan MPPT, alat pengatur pengisian aki menjaga kestabilan tegangan 29,7V, sehingga tenaga yang ditarik dari modul surya tetap 240W dan controler pengecas aki ini kemudian mengkonversikan tegangan yang 29,7V ke 12V untuk menyesuaikan dengan voltase aki. Dengan demikian arus yang masuk ke aki menjadi 20A ($240W / 12V$) . Jadi daya arus yang diperoleh aki adalah 20A dan bukan lagi 8,1A seperti yang dihasilkan oleh alat pengatur pengisian jenis PWM. Perbedaan antara kedua jenis controler pengisian aki sudah sangat jelas. Dengan peningkatan daya arus sebesar 11,9A ($20A - 8,1A$), MPPT jauh lebih efisien dari pada PWM.

2.5.3 Cara Menentukan Dan Memilih Kapasitas Alat Pengatur Pengisian Aki



Gambar 2.19 Charger Controller 500 W

Ukuran (rating) untuk Controller pengisian aki ditentukan dalam satuan Amper. Untuk menentukan beberapa amper alat pengontrol pengecas aki yang harus digunakan adalah pekerjaan yang sangat sederhana sekali. Kita ambil contoh untuk gedung walet dimana sudah kita tentukan besarnya beban dan ukuran panel sel sebagai berikut :

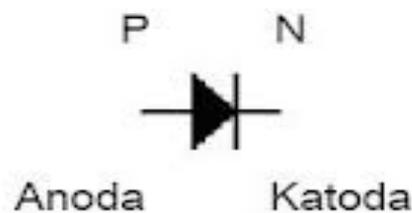
1. Beban = 187,5W, Jadi perlukan dua panel 100W =200W
2. Ukuran / rating kontroler pengecas aki voltase aki 12V
3. Ukuran alat Pengontrol = $200/12=16,7A$
4. Dengan pertimbangan Faktor efisiensi, perlu kita tambah cadangan 25% dengan demikian perhitungannya menjadi : $16,7 \times 1,25 = 20,82A$

Jadi alat pengatur pengisian aki yang harus dipakai adalah charge controller yang ratingnya tidak dibawah 21A. Di samping itu perlu juga memerhatikan voltase maximum yang bisa ditoleransi oleh controller. Kalau panel 100W yang kita contohkan di atas mempunyai $V_{oc} = 20V$, total V_{oc} untuk $2 \times 100W$ juga 20V. Jadi alat pengatur pengisian aki yang kita mesti

pilih adalah controller yang bertegangan 20V

2.6 LED (Light Emitting Diode)

LED (*Light Emitting Diode*) adalah diode semi konduktor dan dapat menyala jika dapat arus, biasanya LED ditambahkan dengan reflektor yang berguna sebagai dari pantulan dari LED tersebut, warna cahaya yang dipancarkan tergantung pada material semikonduktif yang digunakan, dapat kita lihat di dalam dioda terdapat anoda dan katoda, yang ditunjukkan gambar



Gambar 2.20 Symbol Skematic LED

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) pada saat ini tidak hanya ditemui sebagai lampu indikator- indikator peralatan elektronika. Karena lampu LED bisa seterang lampu pijar bahkan neon, seperti contohnya lampu Ostar Lighting LED buatan Osram yang siap dipasarkan dapat memancarkan cahaya 1000 lumens sehingga cukup untuk menerangi ruangan dari ketinggian sekitar 2 meter .Lumen merupakan satuan yang menunjukkan kekuatan cahaya yang di pancarkan. Sebagai gambaran, sebuah lampu pijar 60 watt dapat memancarkan cahaya 730 lumen dan lampu halogen 50 watt memancarkan 900 lumen. Untuk memancarkan cahaya 1000 lumen, 24 lampu

buatan anak perusahaan Siemens itu memanfaatkan enam chip khusus yang terintegrasi dalam satu sistem pengatur cahaya.

Sebagai pengganti lampu, LED sangat potensial. Selain ukurannya kecil, LED juga hemat daya sebab efisiensinya tinggi. Ostar Lighting LED saja menghasilkan 75 lumen perwatt dengan arus kerja 350 milliampere. Rasio perubahan energi listrik menjadi cahaya jauh lebih besar dari pada lampu pijar. Selain itu, untuk membuat LED tidak dibutuhkan logam beracun timbal atau merkuri sehingga lebih ramah lingkungan. Daya tahannya juga mencapai 10 kali lipat dari pada lampu halogen dan 50 kali lipat dibandingkan lampu pijar sehingga secara keseluruhan lebih murah. Namun, selama bertahun-tahun LED belum digunakan sebagai sumber penerangan ruangan karena tidak dapat menghasilkan cahaya yang terang. Berbagai jenis LED telah dibuat dan di pakai sebagai lampu latar ponsel, lampu indikator berbagai alat elektronik, atau lampu papan reklame.