

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut ini Merupakan refrensi yang digunakan dalam melakukan penelitian untuk tugas akhir ini, sumber referensi tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Arfianto, Febri (2018) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, melaukan penelitian tentang “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *OFF GRID* di atap parkir motor Gedung admisi universitas muhammadiyah Yogyakarta”. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rekomendasi perancangan bagi pembuatan PLTS di area parkir Gedung admisi UMY. Pada desain tersebut pada area parkir Gedung admisi UMY dapat diletakkan 280 unit panel surya dengan kapasitas 120 WP, Baterai 12 V 200A 336 buah, *Solar Charger Controller* 60 A sebanyak 14 buah, dan *inverter* 14 buah, dengan nilai investasi Rp. 2.234.014.063.

Ramadoni Syahputra, Indah Soesanti (2016) *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* (ISSN: 1992-8645; E-ISSN: 1817-3195) Vol. 91. No. 2 melakukan analisis tentang “*Application Of Green Energy For Batik Production Process*”. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan efisiensi penggunaan panel surya yang digunakan sebagai penunjang dalam proses produksi batik. Pamel surya digunakan sebagai penyedia energi bagi kompor listrik yang digunakan untuk memanaskan malam (lilin) dan juga sebagai penerangan pada area produksi batik. Setelah penelitian ini dilakukan terdapat peningkatan produksi batik setiap bulannya.

Mangaratua, Angiat (2016) Jurusan Fisika, Universitas Sriwijaya, melakukan penelitian tentang “Analisis pengaruh reflektor terhadap intensitas cahaya matahari yang diterima dan daya yang dihasilkan panel surya tetap dan panel surya bergerak”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan reflektor terhadap efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Penelitian ini menggunakan 2 model panel surya yaitu panel surya bergerak dan panel surya tetap. Hasil yang diperoleh yaitu pada panel surya bergerak dengan

reflektor memiliki kenaikan daya paling tinggi yaitu 63% dengan daya optimal yang dihasilkan adalah 21 watt.

Hilga Aldis, Reinaldo (2016) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Penambahan Reflektor Terhadap Tegangan Keluaran Modul *Solar Cell*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan reflektor dari cermin datar dengan variasi sudut 65° , 75° , 85° terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Penelitian Hasil yang diperoleh yaitu pemasangan reflektor pada panel surya dengan kemiringan 75° menghasilkan tegangan keluaran paling optimal. Kenaikan tegangan yang dihasilkan rata-rata mencapai 19,7 V, 20 V, dan 19,6 V.

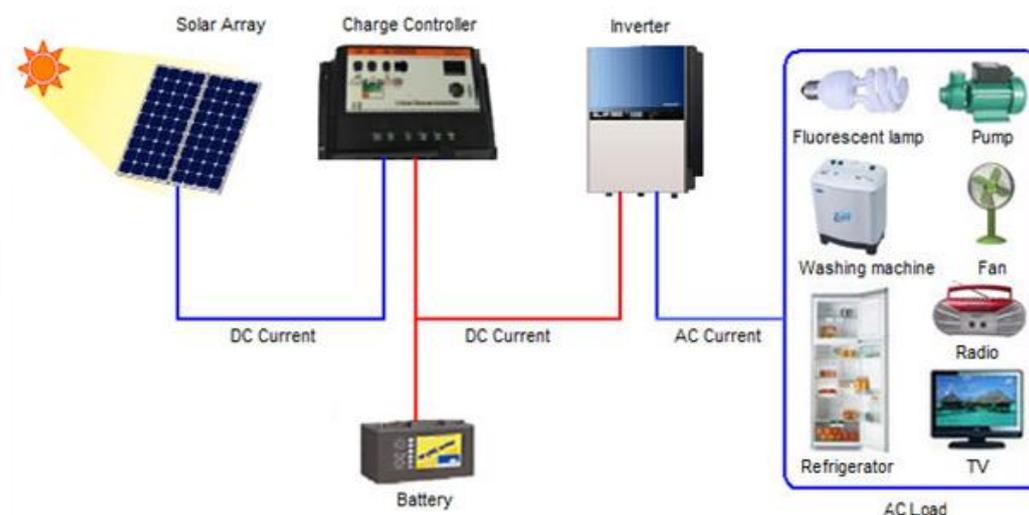
Muchammad dan Elfita Yohana (2010) Journal Rotasi Vol. 12. No.4 melakukan analisis tentang “Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic Module 50 Watt Peak* Terhadap Daya Keluaran yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 0° , 50° , 60° , 70° , 80° ”. Pada penelitian ini dilihat pengaruh dari pemasangan reflektor dengan kemiringan sudut yang berbeda beda sehingga dapat dilihat perbandingan tegangan dan arus yang paling maksimal yang dihasilkan oleh panel surya

Adapun penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian yang berjudul “Analisis pengaruh pemasangan reflektor terhadap kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya pada *home* industri batik tugiran pandak bantul”. Pada penelitian ini penulis mengumpulkan data-data di *Home* Industri Batik Tugiran Bantul DI Yogyakarta dengan metode-metode tertentu dan akan menganalisis tentang pengaruh pemasangan reflektor pada kinerja sistem pembangkit listrik tenaga surya di lokasi tersebut.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu jenis pembangkit energi listrik yang memanfaatkan pancaran dari sinar matahari yang diterima oleh sel surya yang kemudian dari radiasi cahaya *foton* matahari tersebut dirubah menjadi energi listrik. Kinerja dari pembangkit listrik tenaga surya ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor temperatur PV modul, faktor kondisi cuaca lingkungan, faktor lingkungan, dan faktor intensitas cahaya matahari. Faktor-faktor tersebut akan sangat berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga surya tersebut. Sel surya yang digunakan untuk menangkap pancaran cahaya matahari akan sangat peka terhadap faktor diatas sehingga pemasangan sel surya sangat penting melihat faktor tersebut. Sel surya seluas 1 meter persegi mampu menghasilkan energi listrik 900 hingga 1000 watt dengan pemasangan panel surya tegak lurus terhadap matahari, dengan fakta demikian sel surya merupakan salah satu sumber energi yang sangat menjanjikan.



Gambar 2.1 Sistem pembangkit listrik tenaga surya

(sumber : <https://pompair.com/pembangkit-listrik-tenaga-surya-untuk-rumah-tangga-900-1500-watt/>)

Pemanfaatan sumber energi matahari ini menggunakan listrik DC yang dihasilkan oleh sel surya yang mendapat pancaran sinar matahari, kemudian untuk dapat dimanfaatkan listrik DC terhubung pada *inverter* untuk merubah listrik DC

menjadi listrik AC. Selama cahaya matahari masih bersinar PLTS masih dapat menghasilkan energi listrik bahkan ketika cuaca mendung sekalipun. PLTS sendiri sebagai salah satu pencatu daya dapat digunakan dalam skala kecil maupun besar, digunakan secara mandiri atau *hybrid* (dikombinasikan dengan beberapa pembangkit listrik yang lain), yang kemudian dapat didistribusikan baik dengan metode sentralisasi (satu rumah satu pembangkit) ataupun menggunakan metode desentralisasi (didistribusikan dengan jaringan kabel). Panel surya ini sangat cocok dimanfaatkan karena memiliki sumber energi yang tidak akan habis dan juga ramah lingkungan.

2.2.2 Sel Surya

Sel Surya atau sel *photovoltaic* merupakan lapisan tipis semikonduktor *silicon* (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. Sistem *photovoltaic* inilah yang merubah energi elektromagnetik dari matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaik* berasal dari dua kata dari Bahasa Inggris yaitu “*photo*” dan “*volt*”, “*Photo*” berarti cahaya dan “*Volt*” adalah satuan pengukuran tegangan dalam listrik. Sel surya merupakan devais semikonduktor dengan permukaan yang luas yang terdiri dari rangkaian *diode* tipe “p” dan “n”, dengan memiliki kemampuan untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik. Kerja dari sel surya ini sangat bergantung terhadap efek fotovoltaiik untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan yang berlawanan.

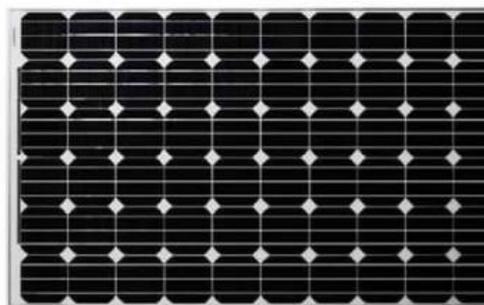
Sel surya menghasilkan energi listrik DC yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik AC menggunakan *inverter* jika dibutuhkan. Sel surya akan selalu menghasilkan energi listrik selama masih ada cahaya matahari walaupun dalam kondisi mendung sekalipun. Energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh sel surya tunggal sangatlah kecil sehingga dibutuhkan gabungan dari beberapa panel surya menjadi sebuah komponen yang disebut panel surya atau solar module. Oleh karena itu dengan menggabungkan beberapa sel surya menjadi suatu komponen yang disebut *solar array*, manfaat dari *solar array* ini adalah untuk meningkatkan energi listrik dari panel surya.

Hingga saat ini terdapat banyak jenis sel surya yang berhasil dikembangkan oleh peneliti, secara umum jenis sel surya tersebut terbagi menjadi tiga jenis yaitu sel surya generasi pertama, sel surya generasi kedua dan sel surya generasi ketiga, berikut ini penjelasan ketiga jenis sel surya tersebut.

a. Generasi Pertama

Merupakan sel surya yang paling awal di produksi dan sampai sekarang. Generasi pertama ini produksi dan pemasangannya masih mendominasi dengan pangsa pasar 90%. Bahan pembuat sel surya generasi pertama terdiri dari material silikon yang diproses menjadi kristal dengan tingkat kemurnian yang tinggi yang kemudian disebut dengan *crystalline silicon*. *Crystalline silicon* ini terbagi menjadi dua jenis yaitu *monocrystalline* dan *polycrystalline*

Sel surya dengan tipe *monocrystalline* dapat dilihat dari wujud fisiknya dengan warna kebiruan polos dan tanpa corak. Tipe ini memiliki nilai efisiensi yang tinggi berkisar antara 16-17 % bahkan terdapat sel surya tipe ini yang memiliki efisiensi 20%. Berdasar wujud fisik tipe ini memiliki dimensi ukuran yang lebih kecil. Tetapi dari semua kelebihan tersebut sel surya tipe ini memiliki kekurangan yaitu lebih mahal, mengingat proses pembuatannya yang rumit. Selain itu sel surya tipe ini juga kurang berfungsi dengan baik saat cuaca berawan yang mengakibatkan efisiensinya dapat berkurang drastis.



Gambar 2.2 Panel surya tipe *monocrystalline*

(sumber : <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>)

Sel surya dengan tipe *Polycrystalline* dapat dilihat dari wujud fisiknya yang berwarna kebiruan dengan bercak-bercak biru muda dan biru tua. Efisiensi dari sel surya tipe ini lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya tipe *monocrystalline*. Namun sel surya tipe ini dapat menghasilkan energi listrik walaupun dalam cuaca yang berawan. Sel surya tipe ini juga memiliki kelebihan dari segi harga yang lebih murah. Jenis sel surya inilah yang saat ini banyak digunakan di pasaran sebagai pembangkit listrik tenaga surya terutama dengan skala yang kecil.



Gambar 2.3 Panel surya tipe *polycrystalline*

(sumber : <https://www.indiamart.com/proddetail/polycrystalline-solar-panel-19428547133.html>)

b. Generasi Kedua

Generasi Kedua sel surya ini memiliki ketebalan yang jauh lebih tipis dari generasi pertama dengan ukuran hanya beberapa mikron saja. Sel surya lapisan tipis ini terbuat dari material a-Si (*silicon amorphous*), CdTe (*cadmium telluride*), dan CIGS (*Copper Indium Gallium Selenide*). *Silicon amorphous* merupakan silikon yang lebih sederhana dari silikon kristal, CdTe dan CIGS merupakan bahan alternatif semikonduktor yang dapat mengkonversi energi *foton* sinar matahari. Sel surya generasi kedua ini hanya memiliki pangsa pasar 9%



Gambar 2.4 *Amorphorus solar cell*

(sumber : <https://news.energysage.com/thin-film-solar-panels-make-sense/>)

Kelebihan dari sel surya generasi kedua ini terletak pada proses pembuatan yang lebih sederhana dan biaya produksinya yang lebih murah. Namun sel surya ini memiliki kekurangan yang sangat mendasar seperti tingkat efisiensinya yang rendah, karena hanya berkisar 6-8%, bahan pembuat yang beracun dan langka. Sehingga sel surya dengan tipe ini tidak cocok digunakan sebagai pembangkit listrik. Akan tetapi lebih cocok diterapkan pada penggunaan yang tidak memerlukan energi yang besar dan murah seperti kalkulator dan jam tangan.

c. Generasi Ketiga

Generasi ketiga ini merupakan generasi terakhir sel surya, tetapi sampai saat ini statusnya masih uji coba. Para peneliti mengembangkan sel surya generasi ketiga ini dengan harapan dapat mengkombinasikan kinerja sel surya yang lebih baik dalam tingkat efisiensi dan proses pembuatannya yang mudah. Sehingga panel surya generasi ketiga ini nantinya memiliki kualitas yang lebih baik dari generasi pertama dan dengan ongkos produksi yang lebih murah dari generasi kedua. Selain

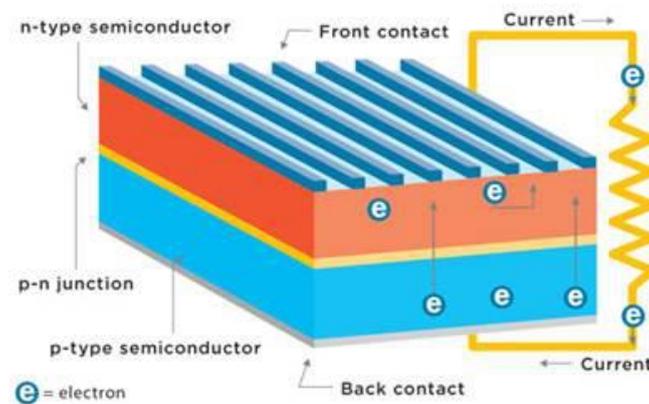
memiliki keunggulan dari dua generasi sebelumnya, generasi ketiga ini juga menawarkan teknologi sel surya yang lebih tipis karena termasuk kategori *thin film*.

Sel surya generasi ketiga ini memiliki tiga jenis yang sampai saat ini banyak dikembangkan yaitu *perovskite*, DSCC, dan OPV. *Perovskite* memiliki fungsi sebagai *elektrolit* untuk menyerap cahaya matahari, kemudian akan mengeksitasi muatan positif (*hole*) dan muatan negatif (*electron*). Elektron akan menuju Elektron Transport Material dan bertindak sebagai semikonduktor *n-type*, efisiensi jenis *perovskite* ini mencapai 20,2%. Organic solar cell terbuat dari bahan semikonduktor *organic* seperti *polyphenylene vinylene* dan *fullerene*. *Dye-sensitized* solar cell dibuat dengan melapisi zat warna yang dimaksudkan agar meningkatkan efisiensi konversi sinar matahari.

2.2.2.1 Prinsip Kerja Sel Surya

Cahaya yang memiliki energi yang cukup saat mengenai medium semikonduktor, mengakibatkan elektron pada medium tersebut terlepas dari ikatan energinya dan mengalir, sehingga terjadi aktivitas arus listrik. Lepasnya ikatan energi yang diakibatkan cahaya sehingga mengakibatkan elektron berpindah inilah yang disebut efek fotovoltaiik. Untuk menghasilkan elektroda bebas tersebut maka dipilihlah bahan semikonduktor pada panel surya. Padatan logam yang elektron valensinya ditentukan berdasarkan konduktifitas elektriknya merupakan material semikonduktor. Konduktifitas material semikonduktor secara signifikan akan meningkat.

Untuk menghasilkan energi yang cukup besar dan dapat memisahkan elektron dari struktur atomnya, maka *foton* dari sumber cahaya harus menabrak elektron valensi dari atom semikonduktor. Elektron yang bermuatan negative ini terlepas dan bebas bergerak pada bidang kristal dan dalam posisi di daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Elektron yang hilang dapat mengakibatkan kosongan pada struktur kristal atau biasa disebut *hole* dengan muatan positif.



Gambar 2.5 Cara Kerja Panel Surya

(sumber : <http://www.bjgp-rizal.com/2015/09/prinsip-kerja-sel-surya.html>)

Daerah semikonduktor sebagai pendonor elektron dengan memanfaatkan elektron bebas, bersifat negatif sebagai pendonornya disebut *negative type (n-type)*, dan daerah semikonduktor sebagai penerima (*acceptor*) elektron dengan *hole*, dan bersifat positif disebut *positive type (p-type)*. Untuk menciptakan energi listrik internal maka ikatan positif dan sisi negatif akan mendorong elektron bebas dan *hole* untuk bergerak ke satu arah yang berlawanan. Elektron dan *hole* akan bergerak menjauhi sisi negatif (untuk elektron) dan sisi positif (untuk *hole*). Sebuah arus listrik akan tercipta jika p-n *junction* ini dihubungkan ke suatu beban.

2.2.2.2 Efisiensi Sel Surya

Untuk mengukur kinerja dari sel surya apakah sel surya tersebut bekerja dengan baik atau tidak, serta mengetahui kualitas dari sel surya tersebut tergantung dari tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya itu sendiri. Sel surya yang memiliki efisiensi yang baik dapat diketahui dari daya yang dihasilkan akan maksimal dengan rugi-rugi yang kecil, indikator tersebutlah yang mengkategorikan sel surya baik atau tidak.

Efisiensi pada sel surya tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. antara lain, luas kolektor sel surya (A_c), Insolasi matahari (I), dan daya kolektor yang dimiliki oleh sel surya. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

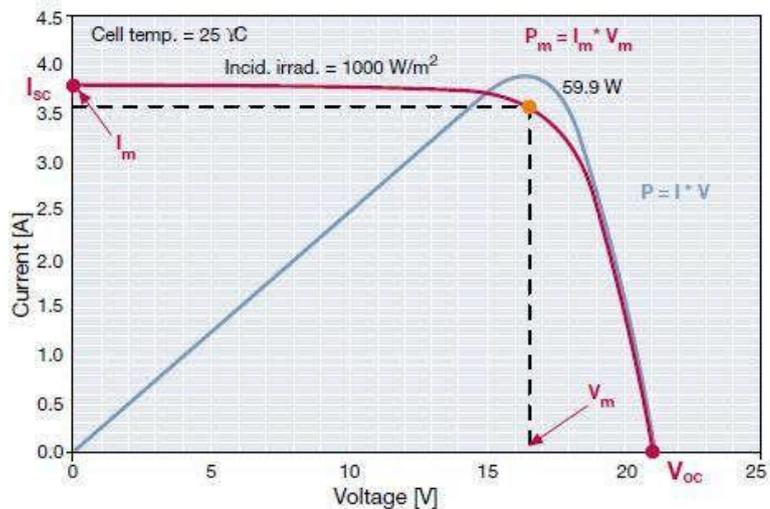
$$n_p = \frac{(IV)_{\max}}{I A_c} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Dimana,
- n_p = Efisiensi fotovoltaik
 - $(IV)_{\max}$ = Daya kolektor maksimum (W)
 - I = Insolasi matahari (W/m^2)
 - A_c = Luas kolektor fotovoltaik (m^2)

Tingkat efisiensi sebuah sel surya sangat bergantung pada nilai *Peak Sun Hour* (PSH). PSH sangat subyektif yang dipengaruhi pada karakteristik lingkungan dan termasuk lamanya sinar matahari dalam menyinari sel surya dan indeks kecerahan pada tempat tersebut.

2.2.2.3 Performansi Sel Surya

Daya puncak (*peak power*) yang dapat dicapai sehingga dapat ditentukan besarnya arus hubung singkat (*short circuit current*) dan tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage*) hal tersebut merupakan karakteristik listrik modul surya secara umum, karakteristik tersebut dapat dijelaskan melalui kurva arus terhadap tegangan (*I-V Curve*) dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.6 Kurva karakteristik listrik pada sel surya
(sumber : ABB QT Vol. 10 P. 18)

Saat sel surya menerima sinar matahari, kutub positif dan negatif sel surya diukur dengan menggunakan voltmeter yang digunakan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan. Saat pengukuran dilakukan tidak terhubung dengan beban sehingga arus tidak mengalir, pengukuran inilah yang dinamakan sebagai pengukuran *open circuit voltage* (V_{oc}). Mengalirnya arus dari sel surya ke beban hal itu disebabkan karena penerapan beban atau pengisian baterai yang terhubung di antara kedua terminal. Jika hal ini terjadi, maka tegangan sel surya lebih kecil dari pada tegangan *open circuit* (V_{oc}).

Arus akan bertambah besar dan tegangan akan bertambah kecil jika dengan menambahkan beban yang terhubung secara paralel. Pada kedua terminal modul surya dapat dihubungkan secara langsung, maka tegangan akan menjadi 0 (*nol/zero*), hal tersebut bertujuan untuk menghasilkan arus yang besar pada sel surya. Dan dapat diketahui arus maksimum dari sel surya tersebut, dengan cara diukur menggunakan *amperemeter* maka hal ini disebut *short circuit current* atau I_{sc} .

Daya maksimum (*peak power*) merupakan salah satu dari spesifikasi yang terdapat pada PV (diberikan/diatur oleh pabrik pembuatnya). Untuk menciptakan daya listrik maka harus ada arus dan tegangan dan jika untuk menghasilkan *peak power* dari sel surya maka tegangan dan arusnya harus maksimum dan dapat dilihat pada gambar 2.6.

2.2.2.4 Sistem Instalasi Pada Sel Surya

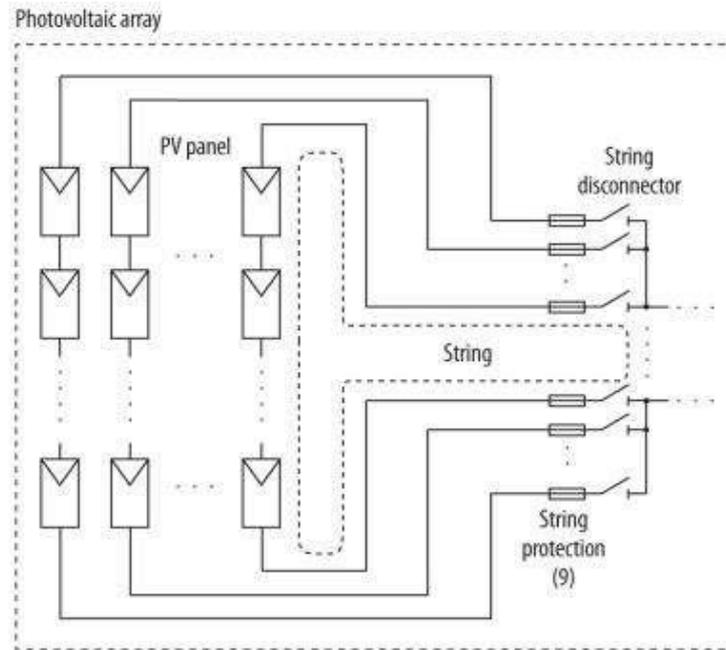
Pemasangan sistem pengkabelan dalam sel surya terdiri dari dua sistem yaitu sistem dengan menggunakan rangkaian seri dan sistem yang menggunakan rangkaian paralel.

A. Sel surya dengan menggunakan rangkaian seri

Pada rangkaian seri yang terdapat pada sel surya maka sel surya pertama kutub positifnya (+) harus terhubung dengan kutub negatif panel surya lainnya begitu seterusnya.

B. Sel Surya dengan menggunakan rangkaian parallel

Pada sel surya yang menggunakan rangkaian parallel maka sel surya kutub positifnya (+) terhubung dengan kutub positif (+) sel surya lainnya, begitu juga dengan kutub negatif (-) sel surya juga harus terhubung dengan kutub negatif (-) sel surya lainnya.



Gambar 2.7 PV array yang disusun secara seri paralel

(sumber : Arfianto, Febri. 2018. Skripsi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya off grid pada atap parkir motor Gedung admisi UMY)

Beberapa modul surya (gabungan dari beberapa sel surya) disusun secara seri dengan tujuan untuk meningkatkan tegangan agar sesuai dengan spesifikasi *input* dari *charge controller/inverter*. Rangkaian modul surya yang dirangkai secara seri disebut *PV string*.

PV string diparalel bertujuan untuk meningkatkan daya sesuai kapasitas yang akan dipasang. Sebelum masuk ke *charge controller* modul surya akan diproteksi terlebih dahulu dalam sebuah panel yang umumnya disebut *combiner box*. Terdapat *fuse* yang memproteksi setiap *string*, *surge arrester* untuk memproteksi dari petir, MCCB, dan beberapa literatur menggunakan *blocking diode*.

2.2.3 Komponen Pendukung PLTS

Pada penerapan sistem pembangkit listrik tenaga surya sangat diperlukan komponen-komponen pendukung agar sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan. Setiap komponen pendukung memiliki fungsi masing masing. Berikut ini adalah komponen pendukung yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga surya:

2.2.3.1 *Solar Charge Controller (SCC)*

SCC merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk mengatur arus DC atau arus Searah yang akan masuk ke baterai juga mengatur tegangan yang masuk menuju baterai agar tegangan pada baterai tetap stabil dengan tujuan tidak terjadi *over charging* atau *over voltage*. Hal tersebut mengingat energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil atau naik turun bergantung pada sinar matahari yang diterima panel surya.

Solar Charge Controller dikategorikan baik apabila mampu mendeteksi kapasitas baterai, dimana saat kapasitas baterai terisi penuh maka otomatis pengisian baterai dari panel surya akan diputus. SCC akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu ketika level tegangan jatuh maka baterai akan diisi kembali. SCC sendiri terbagi menjadi 2 jenis seperti berikut:

1. *Pulse Wide Modulation (PWM)*

PWM merujuk pada namanya SCC ini menggunakan lebar *pulse* dari *on* dan *off* elektrik sesuai dengan namanya, sehingga akan tercipta seakan akan *sine wave electrical form*. PWM mampu melakukan penyesuaian dengan tegangan kerja baterai sehingga jika tegangan kerja dari panel surya dibawah tegangan kerja baterai maka secara otomatis energi dari panel tidak akan mengisi ke baterai.



Gambar 2.8 SCC *Pulse Wide Modulation*

(sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

2. *Maximum Power Poin Tracker (MPPT)*

Solar Charge Controller tipe ini mampu memaksimalkan pengisian kapasitas baterai lebih besar, hal ini dikarenakan MPPT mempunyai kemampuan dalam mendeteksi sekecil apapun daya yang dihasilkan panel surya.



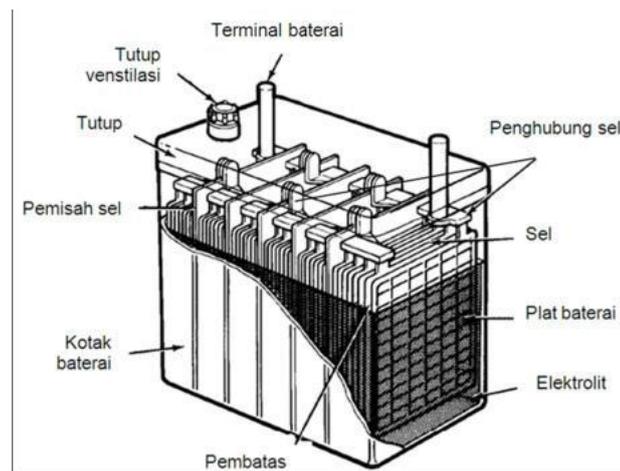
Gambar 2.9 SCC *Maximum Power Poin Tracker*

(sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

Kedua jenis SCC tersebut yang lebih sering digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah jenis MPPT. Hal tersebut berdasar pada kualitas pengisian beban jenis MPPT memiliki keunggulan dari jenis PWM yaitu mampu mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya sekecil apapun dengan kata lain SCC jenis MPPT lebih efisien dibandingkan jenis PWM.

2.2.3.2 Penyimpanan Energi

Baterai atau aki adalah media yang banyak digunakan dalam penyimpanan energi pada sistem PLTS. Baterai dan aki merupakan komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkan ke rangkaian listrik, sampai saat ini baterai merupakan sumber energi listrik utama yang dipergunakan dalam pembangkit tenaga listrik, kendaraan dan elektronik.



Gambar 2.10 Baterai atau aki

(sumber : [http://www.otospeedcar.com/2018/04/baterai-beserta fungsinya.html](http://www.otospeedcar.com/2018/04/baterai-beserta-fungsinya.html))

Berdasarkan faktor penggunaannya baterai dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Baterai Primer

Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat digunakan satu kali pakai saja. Ketika baterai digunakan maka material yang berasal dari salah satu elektroda akan larut dalam elektrolit dan tidak dapat kembali ke keadaan semula.

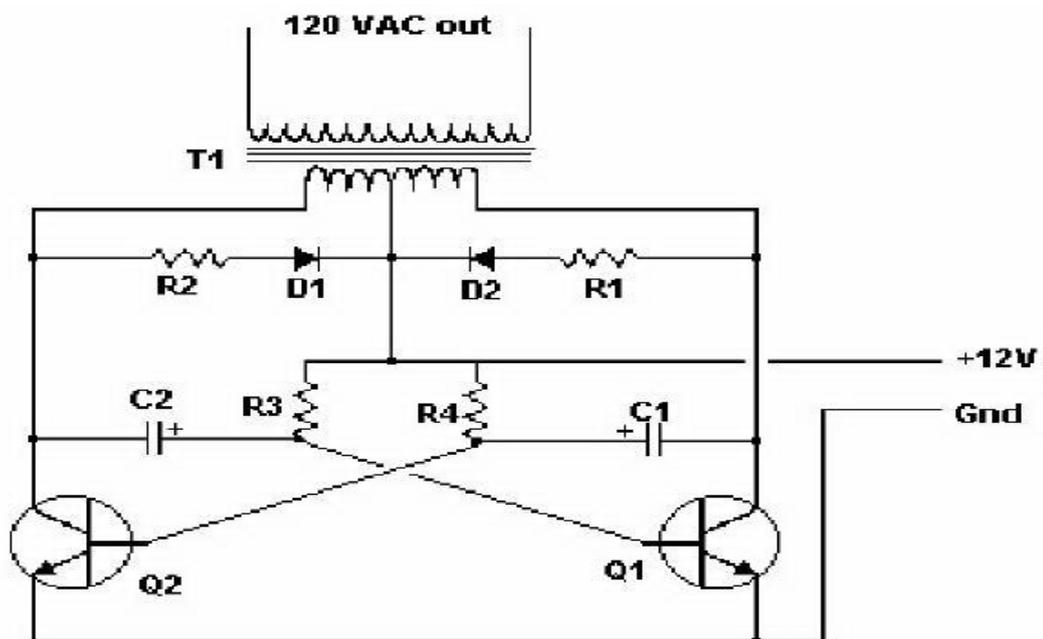
2. Baterai Sekunder

Prinsip dari baterai sekunder merupakan kebalikan dari baterai primer yaitu baterai yang dapat digunakan kembali dan dapat dimuati kembali artinya apabila energi listrik pada baterai sudah habis maka bisa diisi ulang hal ini terjadi karena elektroda pada baterai dapat dikembalikan dengan arus kebalikannya yang sebelumnya pada proses discharge electron akan mengalir dari negatif ke positif dan ketika *charge electron* akan mengalir dari positif ke negatif sehingga muatan pada baterai terisi.

Tipe baterai sekunder inilah yang banyak digunakan sebagai komponen penyimpanan energi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Hal tersebut dilihat dari karakter baterai tipe sekunder yang dapat di charge secara berulang oleh energi yang dihasilkan panel surya.

2.2.3.3 *Inverter*

Kata *inverter* berasal dari Bahasa Inggris yang berarti pembalik yang kerap didengar saat membicarakan elektronika atau kelistrikan. *Inverter* merupakan peralatan elektronika yang berfungsi sebagai pengubah arus searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang nantinya akan digunakan untuk suplai tegangan ke beban. Tegangan yang keluar dapat bernilai tetap atau berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan.

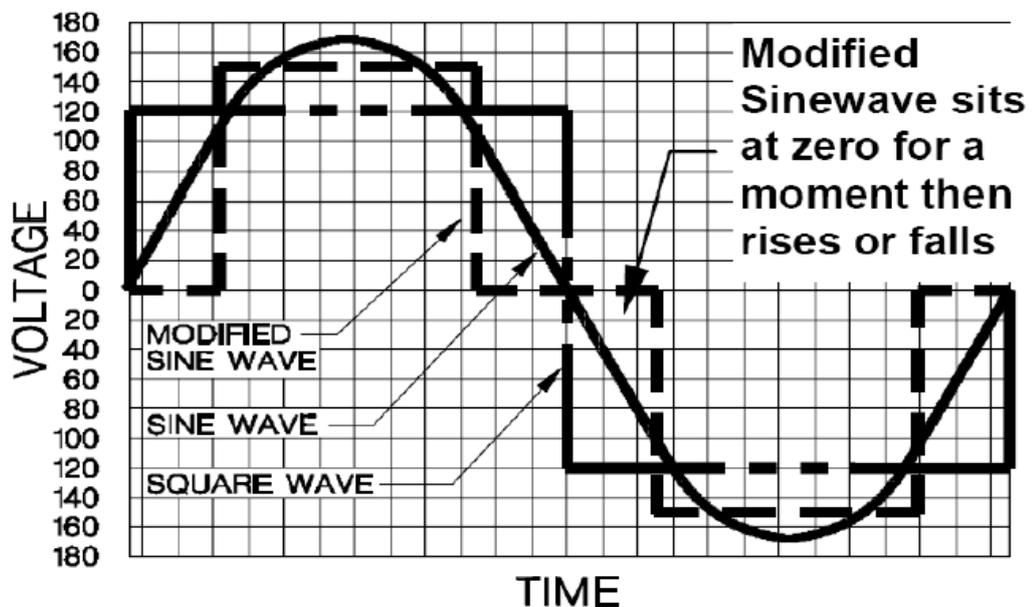


Gambar 2.11 Rangkaian *Inverter* Sederhana

(sumber : <http://indelektro.com/2011/12/rangkaian-inverter-pengubah-dc-ke-ac.html>)

Bentuk gelombang keluaran dari *inverter* idealnya berbentuk gelombang sinus tetapi nyatanya tidak demikian karena adanya harmonisa atau arus yang memiliki frekuensi kelipatan dan frekuensi fundamentalnya yang disebabkan oleh penggunaan beban-beban *non linier* pada sistem tenaga yang menimbulkan distorsi pada bentuk gelombang sinus sehingga bentuk gelombang tidak lagi sinus.

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. Oleh sebab itu *inverter* ini juga disebut “clean power supply”. Teknologi yang digunakan *inverter* jenis ini umumnya disebut *pulse width modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida



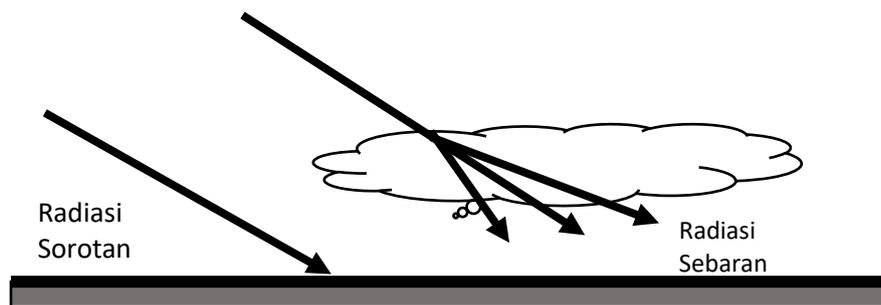
Gambar 2.12 Gelombang Keluaran Inverter

(sumber : Didius, Baberma. 2017. Rancang Bangun Inverter Sinus Murni DC ke AC Berdaya Rendah Berbasis Mikrokontroler Atmega328)

Inverter gelombang sinus murni mampu mensimulasikan secara tepat daya AC yang disampaikan oleh stop kontak. Biasanya *inverter* gelombang sinus lebih mahal maka dimodifikasi generator gelombang sinus karena adanya penambahan sirkuit. Biaya ini, bagaimanapun, dibuat karena kemampuannya untuk menyediakan listrik ke semua perangkat elektronik AC, membiarkan beban induktif berjalan lebih cepat dan lebih tenang, dan mengurangi kebisingan suara dan suara yang terdengar pada peralatan audio, lampu TV dan lampu neon.

2.2.4 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

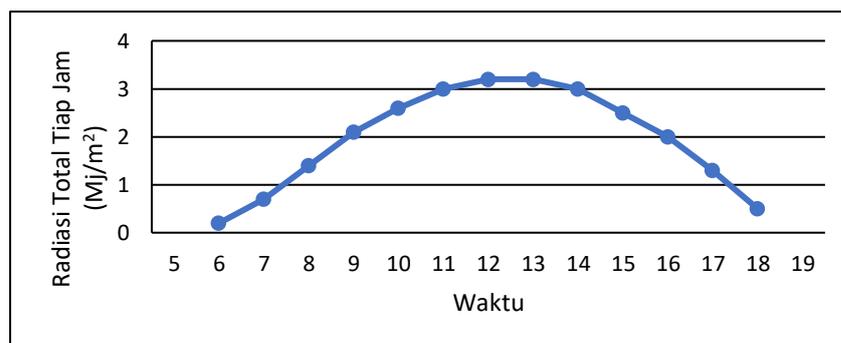
Konstanta radiasi sinar matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. *Ozon* pada atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (*ultraviolet*) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi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



Gambar 2.13 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi

(sumber : <http://joesanteknik.com/2016/01/>)

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan grafik pada gambar 2.14. pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

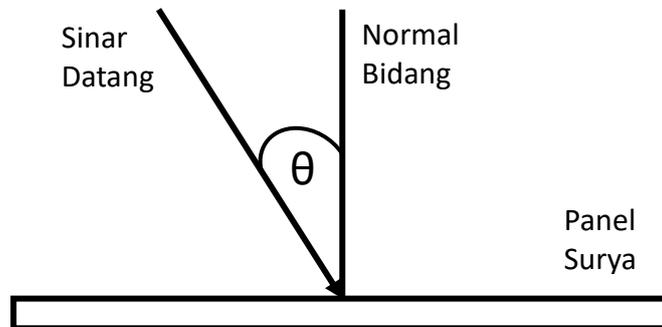


Gambar 2.14 Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Bumi

(sumber : <http://joesanteknik.com/2016/01/>)

2.2.5 Pengaruh Sudut Datang Terhadap Radiasi yang Diterima

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



Gambar 2.15 Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Normal Bidang Panel Surya

(sumber : <http://joesanteknik.com/2016/01/>)

Panel akan mendapat radiasi sinar matahari maksimum pada saat tegak lurus terhadap bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus terhadap bidang panel atau membentuk sudut θ seperti pada gambar 2.13 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$.

$$I_r = I_{r0} \cos \theta \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : I_r = Radiasi yang diserap panel

I_{r0} = Radiasi yang mengenai panel

θ = Sudut antara sinar datang dengan normal bidang panel