

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

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

Ramadoni Syahputra, Indah Soesanti (2016) *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* (ISSN: 1992-8645; E-ISSN: 1817-3195) Vol.91.No.2 melakukan sebuah analisis tentang “Application Of Green For Batik Production Process”. Penelitian bertujuan untuk melakukan efisiensi penggunaan panel surya yang digunakan untuk penunjang dalam proses produksi batik. Panel Surya digunakan sebagai penyedia energi listrik dalam proses pembatikan dan sebagai penerangan di area produksi.

Hilga Aldis, Reinaldo (2016) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, penulis melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Penambahan Reflektor Terhadap Tegangan Keluaran Modul *Solar cell*”. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tentang penggunaan sebuah reflektor pada panel surya dan mengetahui pengaruh penggunaan reflektor dari cermin datar dengan variasi sudut  $65^\circ$ ,  $75^\circ$ , dan  $85^\circ$  terhadap tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya tersebut.

Karnadi (2017) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura Pontianak, melakukan penelitian tentang “Peningkatan Daya Output Panel Surya dengan Penambahan Reflektor cermin datar dan alumunium foil”. Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh tentang penggunaan reflektor pada keempat sisi panel surya terhadap daya output yang dihasilkan. Sudut reflektor ditetapkan  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $75^\circ$ . Sudut optimal penempatan dari hasil penelitian adalah  $30^\circ$  yang mampu meningkatkan daya output panel surya hingga 14% (cermin datar) dan 19% (alumunium foil).

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 tersebut. Penelitian tersebut menggunakan 2 model panel surya bergerak dan panel surya tetap. Hasil penelitian ini diperoleh pada panel surya bergerak dengan reflektor memiliki kenaikan daya paling tinggi 63% dengan daya optimal yang dihasilkan adalah 21 watt.

Ferbrianto, Suko (2019) Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta melakukan penelitian tentang “Analisis Pengaruh Pemasangan Reflektor Terhadap Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Home Industri Batik Tugiran Pandak Bantul”. Penelitian tersebut menjelaskan pengaruh pemasangan reflektor pada panel surya

Adapun penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Terhadap Pemasangan Reflektor Pada Kinerja sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Home Industri Batik Tugiran Pandak Bantul”. Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan mengumpulkan data-data Tegangan, arus dan daya pada panel surya di Home Industri Tugiran Bantul dengan metode-metode tertentu dan akan menganalisis tentang pengaruh pemasangan reflektor pada modul panel surya yang berada di Home Industri Batik Tugiran.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Pembangkit listrik tenaga surya adalah salah satu pembangkit yang memanfaatkan energy cahaya matahari yang menuju ke sel surya dengan mengubah suatu radiasi cahaya foton matahari menjadi energy listrik. Beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS dan output energy listrik yang dihasilkan antara lain faktor lingkungan, temperature PV modul, faktor kondisi cuaca, serta faktor intensitas cahaya matahari.

Sel surya yang digunakan untuk menangkap pancaran matahari sangat peka terhadap faktor diatas sehingga pemasangan sel surya sangat penting melihat faktor tesebut. Sel surya seluas 1 meter persegi maupun

menghasilkan energi listrik 900 hingga 1000 watt dengan pemasangan panel surya tegak lurus terhadap matahari (jatmiko, 2011).

### 2.2.2 Sel Surya

Sel surya adalah beberapa sel dengan lapisan tipis dari suatu semikonduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. Sistem *photovoltaic* inilah yang mengubah energi elektromagnetik dari pancaran sinar matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* berasal dari dua kata dari bahasa Inggris yaitu “*photo*” dan “*volt*”. “*photo*” berarti cahaya dan “*volt*” yaitu satuan pengukuran tegangan dalam listrik. Sel surya merupakan semikonduktor dengan permukaan yang luas yang terdiri dari rangkaian diode tipe “p” dan “n”, dengan memiliki kemampuan untuk merubah pancaran matahari menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari sel surya sangat bergantung terhadap efek *fotovoltaik* untuk menyerap energi matahari dan arus yang 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 juga akan selalu menghasilkan energi listrik apabila masih ada pancaran sinar matahari meskipun dalam keadaan mendung sekalipun sel surya tetap berfungsi. Energi listrik yang dihasilkan oleh surya tunggal sangatlah kecil sehingga dibutuhkan gabungan dari beberapa panel surya menjadi komponen yang disebut panel surya atau *solar module*.

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

#### a. Generasi Pertama

Sel surya generasi pertama merupakan sel surya yang paling pertama diproduksi dan sampai sekarang. Bahan pembuatan sel surya generasi pertama terdiri dari material silikon yang di proses menjadi Kristal dengan tingkat kemurnian yang tinggi yang kemudian disebut dengan *crystalline*

*silicon. crystalline silicon* terbagi menjadi dua jenis sel surya yaitu *monocrystalline* dan *polycrystalline*.

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



Gambar 2.1 Monocrystal line

(sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/250-watt-monocrystalline-solar-panel-16449465433.html>)

Sel surya dengan tipe *polycrystalline* dapat dilihat dari wujudnya yang kebiruan dengan bercak-bercak biru muda dan biru tua. Efisiensi dari sel surya tipe *polycrystalline* ini lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya Dengan tipe *monocrystalline*, namun sel surya tipe *polycrystalline* ini dapat menghasilkan energi listrik walaupun dalam keadaan berawan. Sel surya tipe ini juga lebih murah dibandingkan dengan sel surya tipe *monocrystalline*. Jenis sel surya tipe *polycrystalline* inilah yang saat ini

banyak digunakan di pasaran sebagai pembangkit listrik tenaga surya terutama dalam skala kecil.

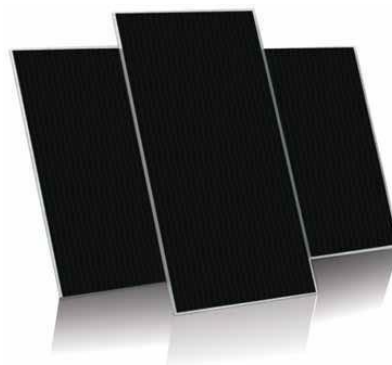


Gambar 2.2 Polycrystal line

(Sumber <https://www.indiamart.com/proddetail/250-watt-polycrystalline-solar-panel-16449465433.html>)

b. Generasi Kedua

Generasi kedua dari sel surya ini memiliki ketebalan yang sangat tipis dibandingkan dengan generasi pertama dengan ukuran hanya beberapa *micron* 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.



Gambar 2.3 Amorphous Solar Cell

(Sumber : <https://www.indiamart.com/proddetail/amorphous-silicon-solar-cell-13679537662.html> )

Kelebihan dari sel surya generasi kedua ini adalah terletak pada proses pembuatannya yang lebih sederhana dan biaya produksi yang sangat lebih murah dibandingkan generasi pertama, namun sel surya tipe ini juga memiliki kekurangan yang sangat mendasar seperti tingkat efisiensinya yang sangat rendah, dikarenakan efisiensinya berkisar 6-8%, dan bahan pembuat yang sangat beracun dan langka. Maka sel surya tipe ini tidak cocok digunakan sebagai pembangkit listrik. Akan tetapi sangat lebih cocok digunakan untuk penggunaan yang tidak memerlukan energi yang besar, seperti kalkulator dan jam tangan.

#### c. Generasi Ketiga

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

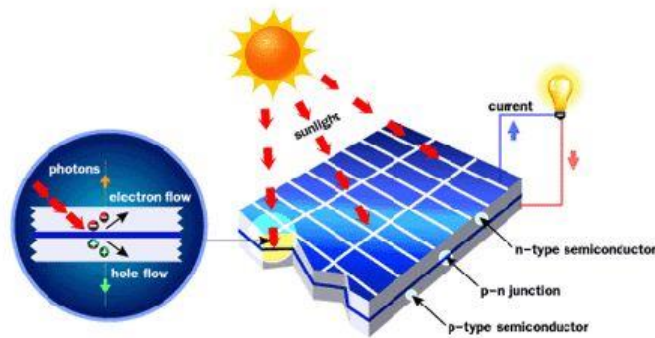
Sel surya generasi ketiga ini juga memiliki tiga jenis yang sampai saat ini banyak dikembangkan yaitu perovskite, DSCC, dan OPV. Perovskite ini memiliki fungsi sebagai elektrolit yang berfungsi sebagai penyerap cahaya

matahari, kemudian mengeksitasi muatan positif (*hole*) dan muatan negatif (*electron*). Elektron akan menuju Elektron Transport Material dan akan menjadi semikonduktor n-type, efisiensi jenis perovskite ini mencapai 20,2%.

### **2.2.2.1 Prinsip Kerja Sel Surya**

Sel surya berfungsi jika cahaya yang masuk ke sel surya memiliki energi yang cukup saat mengenai median semikonduktor dan mengakibatkan elektron pada medium tersebut akan terlepas dari ikatan energi yang mengalir, sehingga terjadi aktifitas arus listrik. Lepasnya ikatan energi diakibatkan oleh cahaya matahari sehingga mengakibatkan elektron akan berpindah dan inilah yang disebut efek fotovoltaiik. Untuk dapat menghasilkan elektroda bebas maka dapat dipilih bahan semikonduktor pada panel surya. Padatan logam elektron valensinya ditentukan dengan berdasarkan konduktifitas material semikonduktor secara signifikan.

Sel surya untuk menghasilkan energi yang cukup besar dengan dapat memisahkan elektron dari struktur atomnya, maka *foton* dari sumber cahaya harus menabrak elektron valensi dari atom semi konduktor. Elektron yang bermuatan negative ini akan terlepas dan bebas bergerak pada Kristal dalam posisi dibawah pita konduksi pada material semikonduktor. Elektron yang hilang dapat mengakibatkan kekosongan pada struktur Kristal dengan muatan positif.



Gambar 2.4 cara kerja panel surya

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

Semikonduktor sebagai pendonor elektron dengan memanfaatkan elektron bebas dan bersifat negatif sebagai pendonornya disebut type (n-type), dan semikonduktor sebagai penerima (*acceptor*) elektron dengan *hole*, dan positif disebut type (p-type). Untuk memberikan energi listrik internal memakai ikatan positif dan negatif akan mendorong elektron bebas dan hole bergerak ke satu arah yang berlawanan.

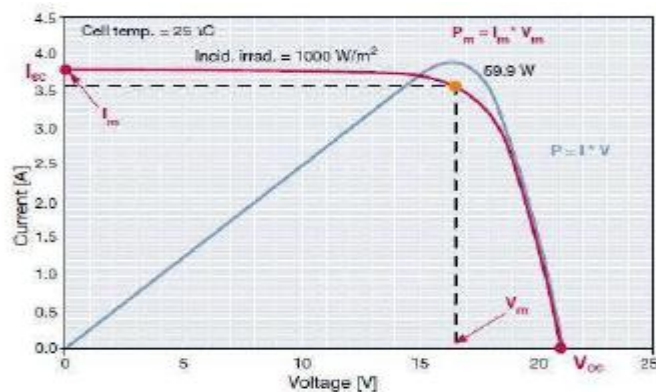
#### 2.2.2.2 Efisiensi Sel Surya

Efisiensi dari sel surya berfungsi untuk mengukur kinerja dari panel surya sudah bekerja baik atau tidak, serta mengetahui kualitas dari sel surya tersebut bergantung dari tingkat efisiensi yang akan dihasilkan oleh sel surya. Sel surya memiliki tingkat efisiensi yang baik dapat diketahui dari daya yang dihasilkan akan maksimal dengan rugi-rugi kecil, maka indikator tersebutlah yang akan mengkategorikan sel surya itu baik atau tidak. Efisiensi pada sel surya apakah sel surya tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Antara lain adalah luas kolektor sel surya ( $A_c$ ), Insolasi matahari ( $I$ ), dan daya kolektor yang dimiliki sel surya. Secara matematis dapat di rumuskan sebai berikut:



$$np = \frac{P_{cmax}}{I A_c} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,  $np$  =Efisiensi fotovoltaik  
 $P_{cmax}$  =Daya kolektor maksimum (W)  
 $I$  =Insolasi matahari ( $W/m^2$ )  
 $A_c$  =Luas kolektor fotovoltaik ( $m^2$ )



Gambar 2.5 kurva Karakteristik Listrik pada Sel Surya

(sumber : ABB QT Vol. 10 P. 18)

Efisiensi pada sebuah sel surya sangat tergantung pada nilai *peak sun hour* (PSH). PSH dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan dan termasuk lamanya sinar matahari dalam menyinari sel surya dan indeks kecerahannya.

### 2.2.2.3 Performansi Sel Surya

Daya puncak (peak power) dapat ditentukan pada besarnya arus hubung singkat ( short circuit current) dan tegangan rangkaian terbuka (open circuit voltage) tersebut merupakan karakteristik modul surya. Karakteristik dapat dijelaskan melalui kurva terhadap suatu tegangan (I-V Curve).

Saat sel surya menerima pancaran sinar matahari, kutub positif dan negatif sel surya dapat diukur dengan menggunakan voltmeter digunakan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan. Pada saat pengukuran dilakukan tidak terhubung ke beban sehingga arus tidak mengalir, pengukuran inilah yang disebut dengan pengukuran *open circuit voltage* ( $V_{oc}$ ). Mengalirnya arus dari sel surya ke beban disebabkan oleh penerapan beban atau pengisian baterai yang terhubung oleh kedua terminal. Hal ini terjadi karena tegangan sel surya lebih kecil dari pada open circuit ( $V_{oc}$ ).

Arus dan tegangan bertambah kecil jika menambahkan beban yang terhubung secara parallel. Kedua terminal modul surya tersebut dapat dihubungkan secara langsung, maka tegangan menjadi 0, hal ini bertujuan untuk menghasilkan arus yang besar pada sel surya. Dapat diketahui arus maksimum dari sel surya tersebut, dengan cara mengukur dengan menggunakan alat *amperemeter* maka hal ini dapat disebut dengan *short circuit current* atau  $I_{sc}$ . Arus, tegangan dan daya maksimum dari sel surya dapat dilihat pada gambar 2.5.

### **2.3 Komponen Pendukung PLTS**

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya memerlukan sebuah komponen-komponen untuk sebagai pendukung pembangkit tenaga surya agar dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan. Komponen-komponen pendukung dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah sebagai berikut:

#### **2.3.1. Solar Charge Controller (SCC)**

*Solar charge controller* adalah komponen elektronik yang digunakan sebagai pengatur arus DC atau yang disebut arus searah yang masuk ke baterai, SCC juga mengatur tegangan yang masuk menuju ke baterai agar tegangan pada baterai tetap stabil agar tidak terjadi *over charging* atau *over voltage*. Hal ini mengingat karena energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil atau naik turun bergantung pada sinar matahari yang diterima oleh panel.

Solar Charge Controller dikategorikan baik apabila mampu mendeteksi kapasitas pada baterai, dimana pada saat kapasitas baterai terisi penuh maka pengisian baterai pada panel surya akan otomatis diputus oleh SCC. SCC sendiri akan mengisi baterai pada level tegangan tertentu, ketika level tegangan jatuh maka baterai akan terisi otomatis kembali. Komponen SCC sendiri terdiri dari dua jenis yaitu sebagai berikut.

### 1. *Pulse Wide Modulation (PWM)*



Gambar 2.6 SCC *Pulse Wide Modulation*

(sumber <https://www.indotrading.com/product/solar-controller-pwm-p216848.aspx> )

*Pulse Wide Modulation* SCC model ini menggunakan lebar pulse dari on dan off elektrik, sehingga tercipta sinewave electrical form.

PWM ini mampu menyesuaikan dengan tegangan pada baterai sehingga jika tegangan dari panel surya dengan tegangan pada baterai akan secara otomatis tidak akan mengisi pada baterai.

### 2. *Maximum Power Poin Tracker (MPPT)*

Solar Charge Controller tipe ini memiliki kemampuan dengan pengisian yang lebih besar, dikarenakan MPPT ini mempunyai kemampuan mendeteksi sekecil apapun daya yang dihasilkan oleh panel surya.



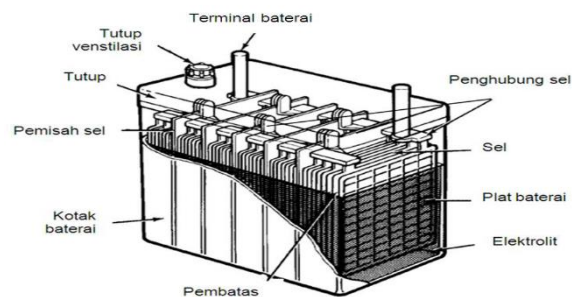
Gambar 2.7 SCC Maximum Power Poin Tracker

(sumber : [https://EPEVER-Tracer-MPPT-1224V-LCD-Display-Solar-Charge-Controller-Battery-Regulator-20A-30A-40A-p-1091376.html?ID=519377&cur\\_warehouse=CN](https://EPEVER-Tracer-MPPT-1224V-LCD-Display-Solar-Charge-Controller-Battery-Regulator-20A-30A-40A-p-1091376.html?ID=519377&cur_warehouse=CN))

Kedua jenis SCC ini yang lebih sering digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah jenis MPPT. Hal tersebut dikarenakan kualitas pada pengisian beban jenis MPPT memiliki keunggulan dari jenis SCC PWM, karena MPPT mampu mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya sekecil apapun, dan MPPT lebih efisien dibandingkan SCC jenis PWM.

### 2.3.2. Penyimpanan Energi

Baterai atau aki adalah sebagai media alat penyimpanan energi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, baterai merupakan komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkan ke rangkaian listrik, baterai juga merupakan sumber listrik utama yang dipergunakan pada pembangkit tenaga listrik, kendaraan dan elektronik.

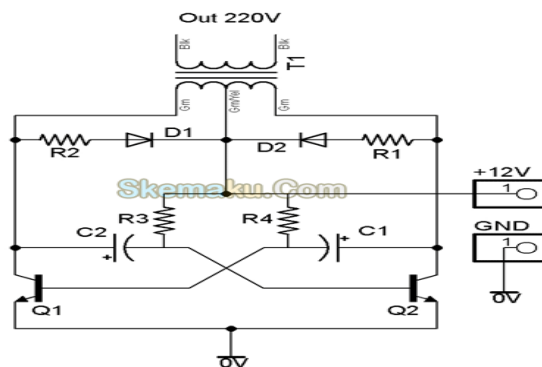


Gambar 2.8 Baterai atau aki

( sumber <https://www.kitapunya.net/2015/03/konstruksi-bagian-baterai-aki.html> )

### 2.3.3. Inverter

*Inverter* merupakan peralatan elektronika yang berfungsi sebagai pengubah arus searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadikan arus bolak-balik (AC) yang digunakan sebagai suplay tegangan ke beban. Tegangan yang keluar dari *inverter* bernilai tetap atau tidak berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.9 Rangkaian Inverter

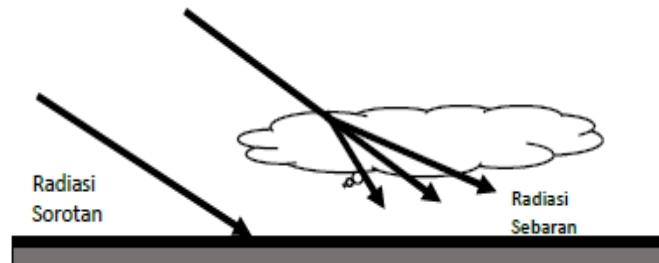
( sumber : <https://skemaku.com/rangkaian-inverter-12v-to-220v/> )

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

## 2.4. Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta pada radiasi sinar matahari sebesar 1353 W/m<sup>2</sup> dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai ke permukaan bumi. Ozon pada atmosfer dengan menyerap radiasi panjang gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbondioksida menyerap radiasi dengan gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi yang langsung bumi yang langsung, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh

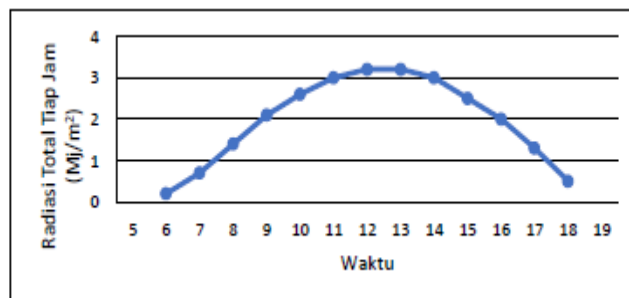
molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



Gambar 2.10 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi

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

Besarnya radiasi harian yang diterima oleh permukaan bumi ditunjukkan pada gambar 2.11 pada waktu pagi dan sore hari radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya sangat kecil.



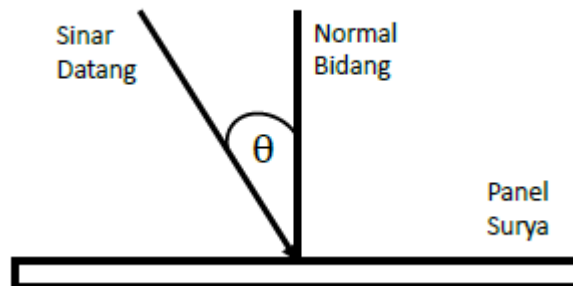
Gambar 2.11 Grafik Besar Radiasi Harian Matahari

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

Hal disebabkan oleh arah sinar matahari yang tidak tegak lurus dengan permukaan bumi sehingga pancaran sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

## 2.5 Pengaruh Sudut Terhadap Radiasi yang Diterima

Radiasi yang diterima panel surya dipengaruhi oleh sudut datang yaitu sudut diantara sinar datang dengan komponen tegak lurus terhadap bidang panel.



Gambar 2.12 Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Panel Surya

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

Panel akan mendapat radiasi sinar matahari maksimum pada saat pancaran sinar matahari tegak lurus terhadap bidang panel. Pada saat sinar matahari tegak lurus terhadap bidang panel atau membentuk sudut seperti gambar 2.12 maka panel surya akan menerima radiasi lebih kecil.