

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang aktif dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut:

1. Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m² /hari
2. Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30% energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25% ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batubara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi surya. Energi surya merupakan energi yang luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak membeli (Gede Widayana, 2012).

Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara), sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara. Dari sekian banyak energi matahari yang

sampai ke Bumi melalui melalui proses perambatan tadi kemudian diserap oleh Bumi. Energi yang diserap ini akan menyebabkan suhu dari Bumi akan naik. Pada gilirannya, suhu Bumi yang hangat atau panas ini akan memancarkan juga sebagian energinya, sehingga energi yang diterima Bumi merupakan energi yang diserap Bumi dengan energi yang dipancarkan Bumi (Rusman, 2015).

Energi surya dapat dimanfaatkan melalui dua macam teknologi yaitu :

a. Surya Fotovoltaik

Energi surya atau lebih dikenal sebagai solar cell atau photovoltaic cell merupakan sebuah semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n yang mampu merubah langsung energy surya menjadi energi listrik

b. Surya Termal

Secara komersial pemanfaatan energi surya termal banyak digunakan untuk penyediaan air panas rumah tangga, khususnya rumah tangga perkotaan. Secara non-komersial dan tradisional energi surya termal banyak digunakan untuk keperluan pengeringan berbagai komoditas pertanian, perikanan, perkebunan, industry kecil, dan keperluan rumah tangga.

2.1.1. Potensi Energi Surya di Indonesia

Indonesia yang merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintasi garis khatulistiwa. Energi surya dikonversi langsung dan bentuk aplikasinya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *solar thermal* untuk aplikasi pemanasan dan *solar photovoltaic* untuk pembangkitan listrik (Jurnal Energi, 2016).

Tabel 2. 1 Potensi Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia

Energi Non Fosil	Sumber Daya	Setara	Kapasitas Terpasang
Tenaga Air (<i>hydro</i>)	845.00 juta BOE	75.67 GW	4.2 GW
Panas Bumi	219.000 juta BOE	27.00 GW	1.042 GW
Tenaga air	0.5 GW	0.5 GW	0.48 GW
Biomassa	49.81 GW	49.81 GW	0. GW
Tenaga Surya	4.80 kWh/m ² /hari	-	0.008 GW
Tenaga Angin	-	-	0.0005 GW
Uranium (Nuklir)	24.112 ton	3 GW	-

Sumber : Dept. ESDM, 2015

Berdasarkan Jurnal Energi edisi ke-2, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan teknologi pembangkit listrik yang dapat diterapkan di semua wilayah. Instalasi, operasi, dan perawatan PLTS sangat mudah sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat.

2.1.2. Letak Geografis Sumatera Selatan

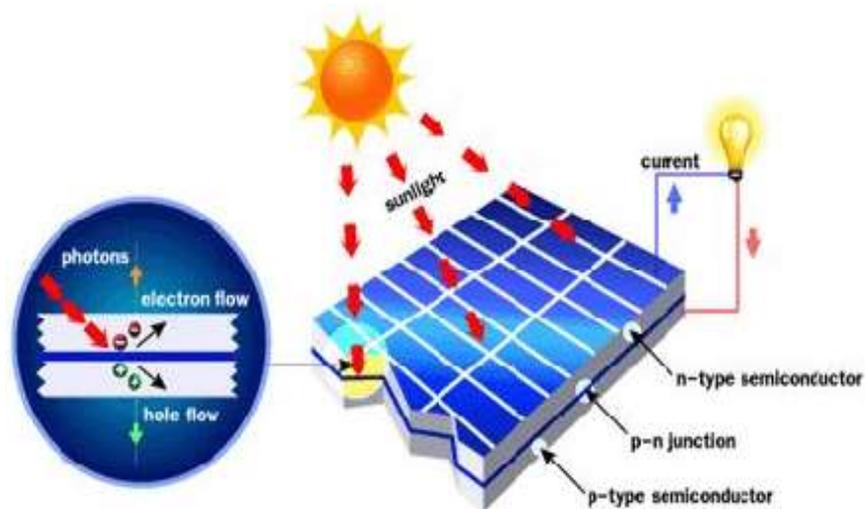
Berdasarkan data Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Palembang tahun 2016 Palembang merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia dan secara geografis terletak antara $2^{\circ} 52'$ sampai $3^{\circ} 5'$ Lintang Selatan dan $104^{\circ} 37'$ sampai $104^{\circ} 52'$ Bujur Timur dengan ketinggian rata-rata 8 meter dari permukaan air laut. Luas wilayah Kota Palembang sebesar $400,61 \text{ km}^2$ yang secara administrasi terbagi atas 16 kecamatan dan 107 kelurahan. Kota Palembang merupakan ibu kota Provinsi Sumatera Selatan dengan batas wilayah yaitu di sebelah utara, timur dan barat dengan Kabupaten Banyu Asin sedangkan sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Muara Enim. Keadaan alam kota Palembang merupakan daerah tropis, dengan suhu rata-rata sebagian besar wilayah Kota Palembang 21° – 32° C .

2.2. Sel Surya

Sel surya merupakan rangkaian sejumlah sel yang disusun secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian pada beban. Agar maksimum energi listrik keluaran dari sel surya maksimum, maka permukaan panel harus selalu mengarah ke sudut datangnya matahari. Di Indonesia, energi listrik keluaran dari sel surya yang optimum dapat diperoleh apabila panelnya diarahkan dengan kemiringan mengarah ke sumber energi surya (Hasbi Assiddiq S, Mochamad Bastomi, 2019).

Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut panel surya atau modul surya. Susunan sekitar 10-20 atau lebih panel surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari. Sel surya bekerja berdasarkan efek fotoelektrik yang terjadi pada bahan semikonduktor untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik. Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnet, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda (Hasbi Assiddiq S, Mochamad Bastomi, 2019).

Panel surya merupakan alat semikonduktor dengan permukaan yang luas yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik (Puteri Kusumaning T, Mahendra W, 2020). Pada dasarnya, sel surya yang berbasis semikonduktor silikon cara kerjanya sama dengan perilaku sebuah dioda silikon, dengan kata lain sel surya silikon adalah sebuah dioda yang besar (Uswatun Hasanah, 2019). Berikut dapat di lihat cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip p-n Junction

(Sumber : Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar, 2017)

Dari ilustrasi pada Gambar 2.1 menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip p-n *junction*. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan untuk semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya.

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan *hole*) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik, ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipen, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang

mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang (Andi Julisman, Ira Devi Sara, Ramdhan Halid Siregar, 2017).

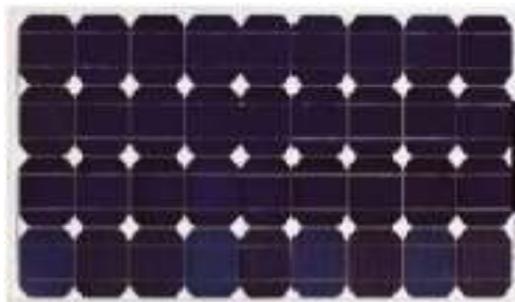
2.2.1 Jenis Panel Surya

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel sel surya terdiri dari fotovoltaiik, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah panel sel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula (M. Ri'fan, 2012)

Jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Berikut ini adalah jenis-jenis panel surya (Surwati, dkk, 2018) :

a. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Panel surya jenis monokristal memiliki efisiensi sampai dengan 14-17%. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah efisiensinya akan turun saat cuaca berawan. Panel surya jenis monokristal dapat dilihat pada Gambar 2.1.

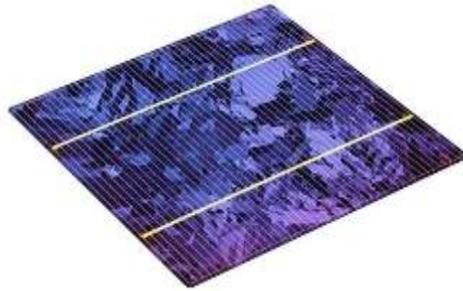


Gambar 2. 2 Panel Surya Jenis Monokristal

(Sumber : <https://www.sankelux.co.id/blog/>. 2018)

b. Polikristal (Poly-Crystalline)

Panel surya bermateri polikristal dikembangkan atas alasan mahalnnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis polikristal berkisar antara 11,5%-14%. Panel surya jenis monokristal dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Panel Surya Jenis Polikristal

c. *Thin Film* Fotovoltaik

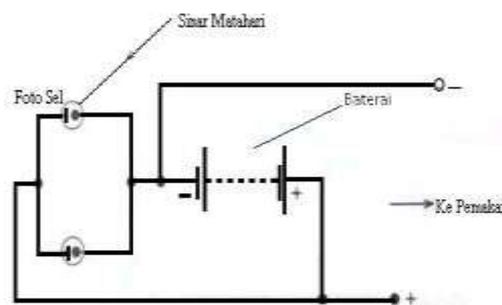
Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Panel surya jenis thin film solar dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Panel Surya Jenis Thin Film

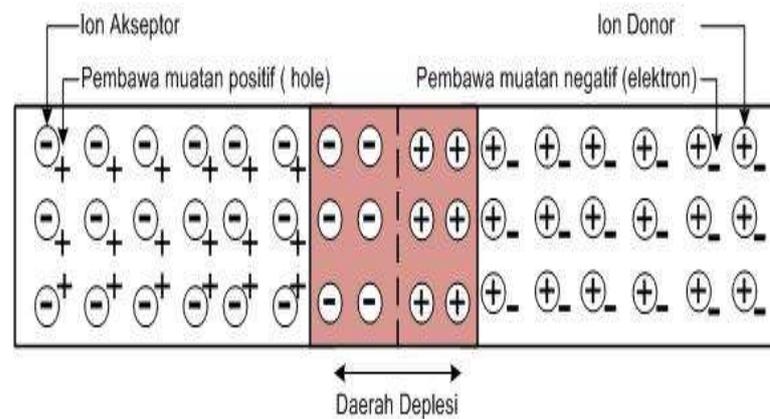
2.2.2 Proses Konversi Panel Surya

Pada prinsipnya, konversi tenaga surya menjadi energi listrik terdiri dari sekelompok foto sel yang mengubah sinar matahari menjadi gaya gerak listrik (ggl) untuk mengisi baterai aki (B). Pada waktu banyak sinar matahari (siang hari), baterai aki (B) diisi oleh foto sel. Tetapi pada saat malam hari, foto sel tidak menghasilkan energi listrik, maka energi listrik diambil dari baterai aki (B) tersebut. (Djiteng Marsudi, 2005)



Gambar 2. 5 Foto sel dan baterai aki (B) sebagai sumber energi listrik
(Sumber : Djiteng Marsudi, 2005)

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2. 6 Junction antara semikonduktor tipe-p (*extra hole*) dan tipe-n (*extra electrons*).

(Sumber: Jurnal Online Teknik Elektro, 2017)

Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang (Jurnal Online Teknik Elektro, 2017).

Cara kerja panel surya sebagai berikut, panas dari cahaya matahari ditangkap oleh sel surya, kemudian dirubah menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan tersebut kemudian dimasukkan kedalam rangkaian tambahan untuk mengelolanya supaya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari.

Secara umum panel surya dibagi menjadi 3, yaitu

1. *Solar thermal*, memiliki fungsi sebagai panel surya.
2. Panel, berfungsi untuk memproduksi aliran elektron yang berfungsi sebagai efek fotovoltaiik, atau untuk memproduksi aliran elektron sinar matahari oleh dua lempeng dioda.
3. Panel *hybrid* yang memiliki peran untuk menggabungkan fungsi kedua panel tersebut (Martawi, 2018).

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Sel Surya

Terdapat kelebihan dan kekurangan pada sel surya sebagai berikut :

a. Kelebihan

Beberapa kelebihan dari sel surya diantaranya, yaitu:

1. Tidak membutuhkan bahan bakar minyak dan tidak ada gas emisi selama beroperasi, dengan demikian tidak akan menyebabkan polusi lingkungan.
2. Sel surya memiliki ketahanan dan kestabilan yang sudah teruji waktu operasinya cukup lama.
3. Memungkinkan pengguna melakukan pemindahan peletakkan Sel surya jika dibutuhkan.

b. Kekurangan

Beberapa kekurangan dari sel surya diantaranya, yaitu:

1. Terlalu bergantung pada matahari, sehingga sangat terpengaruh oleh keadaan cuaca dalam produksi listriknya.
2. Biaya pembangunannya cukup mahal, membutuhkan komponen tambahan dalam proses pengkonversian.

2.2.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Menurut Hasyim Arsy Ari, dkk, faktor dari pengoperasian Sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada:

a. Temperatur

Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (Voc).

b. Radiasi matahari

Radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang

mempunyai suhu di atas nol mutlak, dan merupakan satu - satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar. Radiasi matahari yang jatuh ke bumi ini disebut insolasi. Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan (Pahlevi, 2014). Untuk mengukur intensitas matahari dapat dilihat pada Gambar 2.7 Lux Meter.



Gambar 2. 7 Lux Meter

Prinsip kerja lux meter untuk menangkap energi cahaya photo cell yang ada dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum sekalah. Untuk alat digital energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor (Jauhari, 2018).

c. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi larik sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik sel surya.

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (R_h), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan sel surya.

e. Orientasi panel atau larik sel surya

Orientasi dari rangkaian sel surya (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan sel surya dapat menghasilkan energi maksimum.

f. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari (*tilt angle*)

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 .

2.3. Intensitas

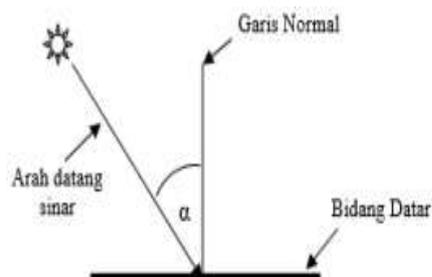
2.3.1 Pengaruh Intensitas Terhadap Daya Keluaran panel

Intensitas cahaya, adalah ukuran banyaknya cahaya matahari yang jatuh di penampang sel surya. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi kerja sel surya, karena output yang akan dihasilkan oleh sel surya akan bergantung pada perubahan intensitas cahaya itu sendiri.

Keluaran tegangan dari sel surya berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Perubahan intensitas cahaya lebih mempengaruhi arus keluaran dibanding tegangan keluaran. Hal ini menunjukkan pada saat intensitas tinggi, jumlah foton akan banyak dan arus yang dihasilkan juga besar. Begitu pula sebaliknya, saat intensitas rendah, jumlah foton akan kecil dan arus yang dihasilkan kecil. Sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah foton (Sulthan Mahdy, dkk, 2018)

2.3.2 Pengaruh Sudut Datang Cahaya Terhadap Intensitas

Untuk mendapatkan cahaya yang optimal, panel surya perlu diatur kedudukannya agar mendapat cahaya yang cukup agar bisa berkerja secara optimal. Hal ini dimaksudkan agar panel surya bisa menghindari bayangan yang bisa menghalangi sinar matahari yang datang, juga agar panel surya dijaga posisinya selalu tegak lurus dengan datangnya cahaya, sehingga cahaya bisa terserap optimal. Ini juga sesuai dengan Hukum Kosinus Lambert, yang menyatakan bahwa “intensitas cahaya yang jatuh pada sebuah bidang datar harus berbanding lurus terhadap (sudut) kosinus dari sudut yang dibentuk arah sumber cahaya dengan garis normal dari bidang datar itu”



Gambar 2. 8 Hukum Kosinus Lambert

2.4. Kelistrikan

2.4.1. Daya

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan berikut, sedangkan nilai rata-rata yaitu daya yang dihasilkan selama titik pengujian. Daya listrik didefinisikan sebagai energi yang dikeluarkan atau kerja yang dilakukan setiap detik oleh arus dalam 1A yang pada tegangan 1V, dengan persamaan sebagai berikut.

$$P = V.I$$

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_n}{N}$$

Keterangan :

P	= Daya keluaran (Watt)
V	= Tegangan keluaran (Volt)
I	= Arus (Ampere)
Prerata	= Daya rata-rata (Watt)
P1	= Daya pada titik pengujian ke satu
P2	= Daya pada titik pengujian ke dua
P3	= Daya pada titik pengujian ke tiga
Pn	= Daya pada titik pengujian ke n
N	= Jumlah P1 s/d Pn

(Rangkaian Listrik, 2013)

2.4.2. Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1. *Solar Charger Controller*

Solar Charger Controller (SCC) adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya kedalam baterai (aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain – lain. Pada umumnya terdapat 6 terminal pada sebuah solar charger controller, 2 terminal untuk arus dari panel surya, 2 terminal untuk menghubungkannya pada aki, dan 2 terminal untuk penggunaan. *Solar charge controller* dapat dilihat pada Gambar 2. 9



Gambar 2. 9 *Solar Charge Controller*

Dengan adanya solar charger controller maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik, kemudian *solar charger controller* juga energi dari sel surya yang dapat digunakan langsung (Jauhari, 2018).

Prinsip kerja solar charge controller terbagi menjadi dua yaitu pada saat mode charging dan mode operation.

- a. Sistem Pengisian: mengisi baterai dan menjaga pengisian jika baterai sudah mulai penuh.
- b. Sistem Penggunaan: penggunaan baterai ke beban, baterai ke beban akan diputus di isi dengan metode three stage charging (Jauhari, 2018).

2. Inverter

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari sel surya dan baterai menjadi arus AC dengan tegangan 200 Volt yang 29, kemudian akan digunakan pada listrik komersial seperti lampu dan televisi. Alat ini diperlukan untuk PLTS karena menyangkut instalasi kabel yang banyak dan panjang. Apabila jumlah beban banyak dan kabel panjang tetap menggunakan tegangan 12 volt DC tanpa menggunakan inverter maka terdapat rugi-rugi daya dan listrik yang hilang. Selain itu, penggunaan inverter sangat penting karena akan mengubah arus menjadi arus yang sama pada PLN sehingga tidak perlu memodifikasi kembali instalasi yang ada di rumah. Inverter dapat dilihat pada Gambar 2. 10.



Gambar 2. 10 Inverter

Inverter terbaik dalam mengaplikasikan solar sel sistem adalah inverter pure sine wave yang mempunyai bentuk gelombang sinus murni seperti listrik dari PLN, bentuk gelombang ini merupakan bentuk paling ideal untuk peralatan elektronik pada umumnya sehingga tidak akan menyebabkan kerusakan (Jauhari, 2018).

Jenis – Jenis Inverter Berdasarkan Fungsinya

- 1) *Off grid inverter* bekerja dengan menggunakan sumber listrik cadangan baterai yang dihasilkan dari solar panel system dan menggantikan saat jaringan listrik dari penyedia listrik utama (PLN) padam. Inverter ini bekerja layaknya UPS hanya saja ada tambahan solar charge dari tenaga matahari.
- 2) *On Grid Inverter* bekerja secara langsung dari solar panel system tanpa melalui sumber cadangan, *on grid system* juga dapat digunakan secara bersamaan dengan penyedia jaringan listrik utama (PLN). System ini bekerja secara sinkron dan otomatis berbagi beban antara solar panel system sebagai yang utama dan PLN sebagai cadangan.
- 3) *Hybrid inverter* adalah perpaduan dari *inverter off grid dan grid tie inverter*. Selain dapat sebagai grid tie inverter juga dapat berfungsi sebagai cadangan daya ketika terjadi pemadaman listrik utama (PLN). Sehingga system ini sangat efisien dapat bekerja didaerah yang tidak ada listrik sama sekali atau sering terjadi pemadaman di daerah perkotaan. (Jauhari, 2018)

3. Baterai (Aki)

Baterai adalah alat untuk menyimpan muatan listrik. Jadi, pada saat sel surya mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik, energi listrik tersebut kemudian disimpan pada baterai yang kemudian akan digunakan.



Gambar 2. 11 Baterai

a. Prinsip Kerja Baterai

- 1) Kutup positif terbuat dari timbal dioksida
- 2) Kutub negatif terbuat dari timbal murni
- 3) Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat.

Pada perinsipnya, baterai bekerja dengan dua cara yaitu pada saat pengosongan pemakaian dan pada saat pengisian (Jauhari, 2018)

b. Tipe-Tipe Baterai

1. Baterai Lead Acid merupakan baterai yang menggunakan asam timbal (Lead Acid) sebagai bahan kimianya. Ada dua tipe dari jenis aki ini, yaitu *Starting Battery* atau lebih dikenal dengan aki otomotif, dan *Deep Cycle Battery*, atau dikenal juga dengan aki industri. *Starting Battery* merupakan jenis baterai yang dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu yang singkat, sehingga dapat menyalakan mesin seperti mesin kendaraan, sedangkan *Deep Cycle Battery* merupakan jenis aki yang dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil dan dalam waktu yang lebih lama, aki jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (*charger*) – pelepasan (*discharger*) aki yang berulang – ulang dan konstan.
2. Baterai Li-Ion merupakan baterai yang menggunakan senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya. Baterai ini memiliki daya tahan yang cukup tinggi, dan tingkat penurunan daya saat tidak digunakan cukup rendah. Sehingga baterai jenis dapat bertahan dalam kondisi lingkungan apapun dan dapat menyimpan daya lebih lama dan lebih besar (Jauhari, 2018).

2.5. Tracking Solar cell

Solar tracking system merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengendalikan gerak panel surya terhadap posisi matahari sehingga intensitas cahaya matahari dapat diserap maksimum. *Solar tracking system* secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *single* dan *dual axis*. Untuk *single axis* dibagi menjadi dua yaitu *vertical rotating axis* dan *inclined rotating axis* (Putri Saraswati, 2020).

Menurut Istiyo Winarno, Firdaus Wulandari (2017) Prinsip sistem kendali ini adalah menjejak pergerakan sinar matahari dari matahari terbit sampai tenggelam agar panel selalu tegak lurus dengan matahari sehingga jumlah sinar yang diperoleh maksimal dan menghasilkan daya yang maksimal juga. Oleh karena itu, diharapkan penerimaan panas dari pancaran sinar matahari akan semakin optimal diterima. Solar tracker ini akan diterapkan pada *photovoltaic* atau solar panel. Tujuan diberikannya *tracking* pada *photovoltaic* adalah agar dapat mengoptimalkan daya keluaran yang tentunya sangat berpengaruh pada jumlah energi listrik yang dihasilkan dalam setiap jam atau perhari. Energi listrik yang dihasilkan akan meningkat jika dibandingkan dengan solar panel yang bersifat statis. Penelitian tentang solar tracker yang berkembang selama ini, dapat menggunakan berbagai jenis kontrol agar *tracking* berjalan optimal (Hariz Elvia Santoso, 2014).

2.6. Pengeringan

Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Agar suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang relatif rendah dari bahan yang dikeringkan (Uswatun Hasanah, 2019).

Buckle, et al., (1987). Menyatakan bahwa kecepatan pengeringan suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : sifat fisik bahan, pengaturan geometris produk sehubungan dengan permukaan alat atau media perantara pemindahan panas, sifat-sifat dari lingkungan alat pengering

Dalam pengeringan, keseimbangan kadar air menentukan batas akhir dari proses pengeringan. Kelembaban udara serta suhu udara pada bahan kering biasanya mempengaruhi keseimbangan kadar air. Pada saat kadar air seimbang,

penguapan air pada bahan akan terhenti dan jumlah molekul-molekul air yang akan diuapkan sama dengan jumlah molekul air yang diserap oleh permukaan bahan. Laju pengeringan amat bergantung pada perbedaan antara kadar air bahan dengan kadar air keseimbangan. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan semakin cepat pindah panas ke bahan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan (Uswatun Hasanah, 2019).

Menurut Uswatun Hasanah (2019) pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, udara di sekitar bahan pangan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan pangan yang memperlambat proses pengeringan.

Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan energi solar diantaranya adalah Ari Suryanto (2012) meneliti mengenai pemanfaatan konsentrator plat penyerap panas dalam proses pengeringan. Kelebihan alat pengering ini diantaranya, proses pengeringan yang lakukan cukup baik ditunjukkan dengan tingginya efisiensi yaitu sebesar 70%. Akan tetapi kolektor jenis ini memiliki kelemahan dimana pada saat cuaca mendung atau intensitas radiasi matahari rendah maka proses pengeringan menjadi terhambat.

2.7. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Menurut penelitian Bernardus Crisanto Putra Mbulu, S.T., M.T. & Antonius Prisma Jalu Permana, S.Si., M.Si. (2020) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan yaitu :

1. Luas Permukaan Bahan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut :

- a. Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik.
- b. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.

- c. Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. Panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan. Demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

2. Perbedaan Temperatur Pengeringan

Pada umumnya, semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

3. Laju Alir Udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat.

4. Kelembaban Udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban bahan pangan adalah kelembaban pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

5. Lama Waktu Pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah.

2.8. Klasifikasi Pengeriing

Pengeringan dimana zat padat bersentuhan langsung dengan gas panas (biasanya udara) disebut pengeringan adiabatik atau pengeringan langsung. Bila perpindahan kalor berlangsung dari suatu medium luar dinamakan pengering nonadiabatik atau pengering tak langsung. Pada beberapa unit terdapat gabungan pengeringan adiabatik dan nonadiabatik, pengering ini biasa disebut pengering langsung tak langsung (*direct-indirect-dryer*). Berdasarkan cara penanganan zat padat didalam pengering, klasifikasi pengeringan dikelompokkan menjadi :

1. Pengeriing Adiabatik Dalam pengeringan adiabatik, zat padat kontak langsung dengan gas panas dibedakan atas : (McCabe,1985)
 - a. Gas ditiup melintas permukaan hamparan atau lembaran zat padat, atau melintas pada satu atau kedua sisi lembaran. Proses ini disebut pengeringan dengan sirkulasi silang.
 - b. Zat padat disiramkan kebawah melalui suatu arus gas yang bergerak perlahan-lahan keatas. Proses ini disebut penyiraman didalam pengering putar. Gas dialirkan melalui zat padat dengan kecepatan yang cukup untuk memfluidisasikan hamparan.
 - c. Zat padat seluruhnya dibawah ikut dengan arus gas kecepatan tinggi dan diangkut secara pneumatic dari piranti pencampuran kepemisah mekanik.
2. Pengeriing Non Adiabatik Dalam pengering non adiabatik, satu-satunya gas yang harus dikeluarkan ialah uap air atau uap zat pelarut, walaupun kadang-kadang sejumlah kecil “gas penyapu” (biasanya udara atau nitrogen) dilewatkan juga melalui unit itu. (McCabe,1985). Pengeriing-pengeriing adiabatik dibedakan terutama menurut zat padat yang kontak dengan permukaan panas atau sumber panas kalor lainnya yang terbagi atas :

- a. Zat padat dihamparkan diatas suatu permukaan horizontal yang stasioner atau bergerak lambat. Pemanasan permukaan itu dapat dilakukan dengan listrik atau dengan fluida perpindahan kalor seperti uap air panas. Pemberian kalor itu dapat pula dilakukan dengan pemanas radiasi yang ditempatkan diatas zat padat itu.
- b. Zat padat itu bergerak diatas permukaan panas, yang biasanya berbentuk silinder, dengan bantuan pengaduk atau konveyor sekrup.
- c. Zat padat menggelincir dengan gaya gravitasi diatas permukaan panas yang miring atau dibawa naik bersama permukaan itu selama selang waktu tertentu dan kemudian diluncurkan lagi ke suatu lokasi yang baru.