

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Energi surya merupakan energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya melalui rangkaian peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain salah satunya energi listrik. Energi surya adalah 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

Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4.8 kWh/m² perhari. Hal ini berarti radiasi surya tersedia hampir merata sepanjang tahun dan kawasan timur Indonesia memiliki penyinaran yang lebih baik. Energi surya dapat dimanfaatkan melalui dua macam teknologi yaitu energi surya termal dan surya *photovoltaic* (Imam Kholiq, 2015).

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 W 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 yang digunakan dalam proses pembentukan batubara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun).

Masalah utama dalam pemanfaatan energi surya adalah faktor siang dan malam yang selalu bergantian datangnya sehingga untuk memperoleh energi surya selalu terputus pada malam hari. Sampai saat ini energi surya dimanfaatkan baik dengan teknologi sederhana maupun canggih (Nadia Putri, 2017).

Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang bisa diterapkan yaitu antara lain :

1. Surya *Photovoltaic*

Energi surya atau lebih dikenal sebagai *solar cell* atau *photovoltaic cell* merupakan sebuah semikonduktor yang memiliki permukaan luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n yang mampu merubah langsung energi surya menjadi energi listrik (Imam Kholiq, 2015).

2. Surya *Thermal*

Sebagian besar dan secara komersial, pemanfaatan energi surya *thermal* 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, industri kecil, dan keperluan rumah tangga. Secara komersial, energi surya mempunyai potensi ekonomi untuk penyediaan panas proses suhu rendah sampai dengan 900°C menggunakan sistem energi surya termik (SEST) bagi keperluan pengolahan pasca panen komoditas tersebut dengan lebih efektif dan efisien (Imam Kholiq, 2015).

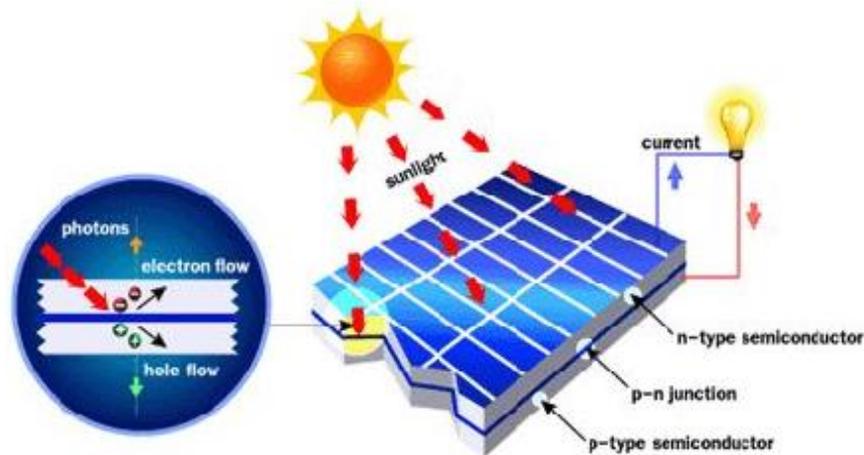
2.2 Sel Surya

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. Panel surya merupakan alat semikonduktor dengan permukaan yang luas yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik (Puteri Kusumaning T, Mahendra W, 2020).

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 *photovoltaic*, 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 berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula (M. Rifan, 2012).

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 diatas 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 (Andi Julisman, Ira Devi S, dkk, 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 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 S, dkk, 2017).

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (*copper oxide*) (Dara, 2020). Berikut ini rumus dari persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan daya keluaran panel surya :

$$P_{\text{out}} = V_{\text{vp}} \times I_{\text{vp}} \quad (1)$$

(Sumber : Julisman, Sara & Siregar, 2017)

Keterangan :

P_{out} = Daya yang keluar dari panel surya (W)

V_{vp} = Tegangan panel surya (V)

I_{vp} = Arus yang keluar pada panel surya (A)

$$P_{\text{Rata-Rata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2)$$

(Sumber : Hasyim Asy ari, Jatmiko, Angga, 2012)

Keterangan :

$P_{\text{Rata-Rata}}$ = Daya rata-rata (W)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

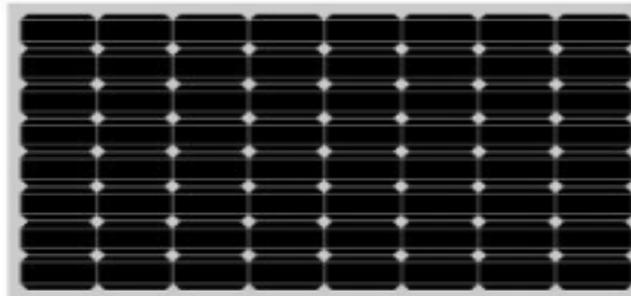
P_n = Daya pada titik pengujian ke n

2.3 Jenis-Jenis Panel Surya

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

1. *Monocrystallin*

Monocrystallin merupakan jenis panel surya ini memiliki efisiensi tinggi sampai dengan 14-17%. *Monocrystallin* terbuat dari bentuk silikon yang murni, *Monocrystallin* dibuat menggunakan proses Czochralski. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi ditempat yang teduh, sehingga kestabilannya efisiensi keluarannya turun drastis apabila cuaca sedang berawan. *Monocrystallin* dirancang untuk penggunaan listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim (Hasbi A, Mochamad B, 2019). Berikut ini adalah panel surya jenis *monocrystallin* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

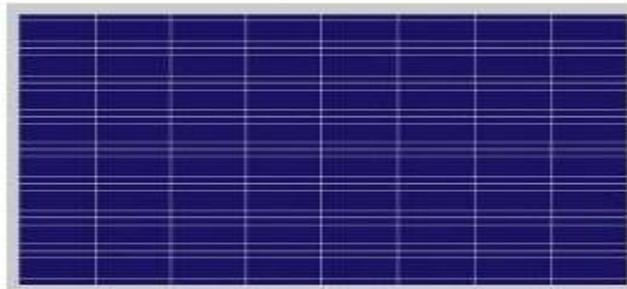


Gambar 2.2 Panel Surya Jenis *Monocrystallin*

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

2. *Polycrystallin*

Polycrystallin merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak, memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik dalam keadaan cuaca berawan (Dzulfikar, Dafi, dkk, 2016). Efisiensi panel surya jenis polikristal lebih rendah dibandingkan *monocrystallin* yaitu sekitar 12-14% (Hasbi A, Mochamad B, 2019). Berikut ini adalah contoh panel surya jenis *polycrystallin* yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Panel Surya Jenis *Polycrystallin*

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

3. *Thin Film Photovoltaic*

Thin film photovoltaic merupakan panel surya dua lapisan dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silikon dan amorphous dengan efisiensi panel 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per Watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokrystal dan *polycrystallin*. Inovasi terbaru adalah *thin film triple junction photovoltaic* dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang diserap setara (Andi Julisman dkk, 2017). Panel surya jenis *thin film photovoltaic* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Panel Surya Jenis *Thin Film Photovoltaic*

(Sumber : <http://suryautamaputra.co.id/2016>)

2.4 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Faktor dari pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada beberapa hal, antara lain (Hasyim Arsy Ari, dkk, 2012) :

1. Temperatur sel surya, sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal yaitu 25°C, dan tegangan panel surya (V) akan melemah bila temperaturnya melebihi temperatur normal. Berikut ini sensor temperatur pada panel dapat di lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sensor Temperatur

(Sumber : <https://howtomechatronics.com/2016>)

2. Intensitas radiasi matahari di bumi sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. *Insolation* solar matahari akan banyak berpengaruh pada *current* (I) sedikit pada tegangan dan pada keadaan cuaca cerah.

Permukaan bumi menerima sekitar 1000 W/m^2 dengan suhu sekitar 25°C .

Untuk mengukur intensitas matahari dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Lux Meter

(Sumber <https://www.tokopedia.com/alatdigital/2016>)

3. Keadaan atmosfer bumi, seperti kondisi awan, jenis partikel udara, uap air udara, kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari keluaran sel surya.
4. Posisi letak panel surya terhadap matahari, mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 .
5. Kecepatan angin bertiup, angin disekitar sel surya dapat membantu mempengaruhi penurunan temperatur permukaan kaca-kaca panel surya.
6. Orientasi sel surya, semakin tepat arah orientasi sel terhadap matahari maka energi yang didapat semakin maksimum.

2.5 Pengaruh Temperatur Terhadap Panel Surya

Tegangan listrik keluaran dari sel surya tidak hanya bergantung pada besarnya intensitas radiasi yang diterima oleh permukaan panel, namun perubahan temperatur pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan tegangan listrik keluaran dari sel surya. Perubahan temperatur pada panel surya selain disebabkan oleh temperatur lingkungan sekitar, juga disebabkan oleh bahan silikon dari sel

surya yang mampu menyerap energi foton sekaligus panas yang terkandung pada radiasi matahari (Hasbi Assidiq, Mochamad Bastomi, 2019).

Panel surya akan bekerja secara optimal pada suhu 25°C. Semakin besar suhu panel surya akan berdampak pada daya yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya akan semakin optimal ketika berhadapan langsung dengan matahari, dalam artian posisi permukaan panel surya berhadapan langsung dengan iradian yang datang atau tegak lurus menghadap matahari. Temperatur memiliki peranan penting dalam panel surya (Puteri Kusumaning T, Mahendra W, 2020).

2.6 Solar Tracking System

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.

2.7 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 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).

Beberapa peneliti yang telah melakukan penelitian Ari Suryanto (2012) meneliti mengenai pemanfaatan konsentrator plat penyerap panas dalam proses pengeringan temperatur pengeringan tidak boleh melebihi 75 °C, karna temperatur terbaik pengeringan cabe adalah 60°C. Akan tetapi kolektor jenis ini memiliki kelemahan dimana pada saat cuaca mendung atau intensitas radiasi matahari rendah maka proses pengeringan menjadi terhambat. Kadar air yang akan dihitung adalah berdasarkan banyaknya jumlah air pada buah cabe yang telah diberlakukan dengan perlakuan yang berbeda. Analisa kadar air tiap sample di ukur berdasarkan ketentuan standarisasi nasional (SNI : 01-3389-1994) cabe kering berkualitas yakni pada kisaran 11% (Kesowo Hari Murti, 2017). Berikut ini rumus dari persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan kadar air pada pengeringan :

$$\text{Kadar air} = \frac{ms_1 - ms_2}{ms_1 - ms} \times 100\% \quad \dots(3)$$

(Sumber : Wulaniriki, 2019)

Keterangan : :

ms_2 = Berat sampel dan plate kering (Gr)

ms_1 = Berat sampel dan plate basah (Gr)

ms = Berat plate (Gr)

2.8 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 penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan.

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.