

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun study literatur dalam penelitian ini berupa tinjauan pustaka terhadap penelitian terdahulu yang sejalan dengan penelitian ini guna memperkuat hasil dari penelitian yang akan dilakukan. Berikut tinjauan pustaka yang dilakukan seperti pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil
Tinjauan Pustaka 1	Partaonan Harahap	2020	Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya	Tujuan penelitian ini adalah membandingkan 2 merk panel surya jenis <i>polycrystalline</i> . Metode penelitian sendiri dengan cara melakukan Penelitian dan pengujian panel sel surya berdasarkan intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa semakin tinggi intensitas lux maka semakin tinggi pula kinerja panel surya. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penulis melakukan pengukuran nilai radiasi matahari pada panel surya jenis <i>monocrystalline</i> ,

				guna mengetahui pengaruh penyerapan radiasi terhadap efisiensi panel surya serta daya yang dihasilkan dari panel surya sebagai sumber energi listrik pada tanaman aeroponik.
Tinjauan Pustaka 2	Bambang Hari Purwoto, <i>et al.</i>	2018	Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif	Tujuan dari penelitian adalah untuk memberikan Gambaran yang jelas tentang efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif jika dibandingkan dengan penggunaan generator/Genset sebagai sumber energi untuk peralatan listrik. Metode dari penelitian ini diawali dengan pengumpulan komponen yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif sebagai pensuplai beban listrik lebih efisien jika dibandingkan dengan menggunakan genset sebagai sumber energi. Perbedaan penelitian yang dilakukan penulis yaitu penulis menggunakan panel

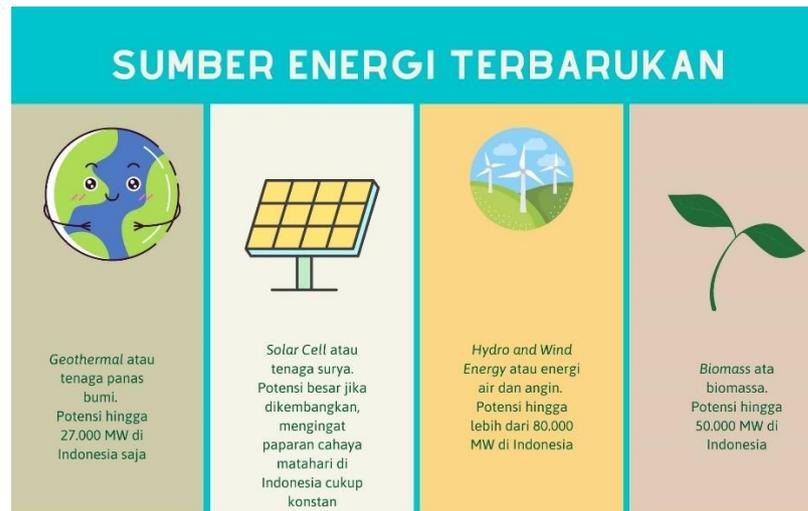
				surya sebagai sumber energi listrik untuk menghidupkan pompa air pada tanaman aeroponik.
Tinjauan Pustaka 3	Andi Makkulau, Samsurizal, <i>et al.</i>	2021	Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Karakteristik Sel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i> Menggunakan Regresi Linear	Tujuan dari penelitian ini adalah memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya dengan sudut kemiringan yang tepat. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beberapa tahapan untuk menganalisis pengaruh intensitas matahari terhadap karakteristik panel surya jenis <i>polycrystalline</i> yang diawali dengan pengumpulan data dan informasi berupa materi yang dibutuhkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan sudut kemiringan pada modul surya juga berperan penting dalam mempengaruhi kinerja dari modul surya jenis <i>polycrystalline</i> . Perbedaan dari penelitian yang dilakukan penulis yaitu penulis menggunakan panel surya jenis <i>monocrystalline</i> 50 Wp.

Tinjauan Pustaka 4	Putu Pawitra Teguh Dharma Priatam, <i>et al.</i>	2021	Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap keluaran energi listrik. Metode penelitian mengukur intensitas matahari dengan <i>lux meter</i> dan mengukur arus listrik yang dihasilkan panel surya jenis <i>polycrystalline</i> , Dari hasil rata-rata pengukuran intensitas matahari selama 2 hari, dapat disimpulkan bahwa Semakin cerah matahari dan selama tidak tertutup awan maka nilai intensitas matahari semakin besar. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penulis melakukan pengukuran nilai radiasi matahari pada panel surya jenis <i>monocrystalline</i> , guna mengetahui pengaruh penyerapan radiasi terhadap efisiensi panel surya serta daya yang dihasilkan dari panel surya sebagai sumber energi listrik pada tanaman aeroponik.
--------------------	--	------	---	---

5	Pangestuni ngtyas D.L, <i>et al.</i>	2020	Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya tipe Array Tetap	Hasil yang di peroleh pada penelitian ini yaitu pengaruh besar sudut kemiringan dan sudut azimun pada panel surya terhadap radiasi rata-rata matahari. Radiasi rata – rata matahari yang diterima panel surya yang paling tinggi diperoleh saat panel diletakkan pada sudut azimut 180 drajat, yaitu saat panel diletakkan menghadap ke arah utara. Besarnya sudut kemiringan yang paling tepat setiap bulannya bervariasi tergantung posisi matahari dan indeks kecerahan per bulan.
---	--	------	--	---

## 2.2 Energi Terbarukan

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energi terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara). Klasifikasi energi terbarukan dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Energi baru dan terbarukan

(Sumber : Institute of Electrical and Electronics Engineers et al., 2014)

Seperti pada Gambar 2.1 jenis energi terbarukan dengan berbagai karakteristik geologis, utamanya daerah pegunungan, sungai, dan lautan, menjadi kelebihan tersendiri dalam mewujudkan listrik energi terbarukan. Sistem energi jenis terpusat, sulit diterapkan pada daerah yang terpencil (misal: terpisah sungai lebar, kepulauan kecil, dan wilayah perbukitan), karena pembiayaannya untuk membangun jaringan distribusi serta kegiatan operasional dan pemeliharaan akan meningkat secara signifikan. Maka, pilihan terbaik adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan setempat melalui sebuah sistem energi yang sifatnya kecil dan lokal.

### 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi matahari. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan bahan bakar terbarukan (matahari), dan lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan di mana saja : bangunan besar, pabrik, perumahan, daerah terpencil dan lainnya. Selain persediaannya tanpa batas, tenaga surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar lainnya. Indonesia sendiri selain dikarenakan faktor-faktor yang disebutkan diatas, masih ada lagi faktor lain yang menyebabkan PLTS diminati di Indonesia. Seperti diketahui bersama bahwasanya Indonesia

merupakan negara kepulauan yang luas dan perkembangan tiap daerah serta sumber daya alam yang tidak merata, sehingga PLTS merupakan salah satu alternatif yang diminati. Adanya faktor-faktor di atas mengakibatkan terciptanya daerah-daerah yang belum terlistriki dan sukar dijangkau untuk dilistriki oleh PLN, sehingga rasio elektrifikasi di Indonesia masih relatif rendah (Kananda dan Nazir, 2013). Upaya untuk meningkatkan rasio elektrifikasi sudah dilakukan dengan banyaknya dibangun pembangkit-pembangkit baru, namun ternyata hal tersebut belum cukup dikarenakan luasnya wilayah Indonesia dan adanya daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam serta sukar dijangkau.



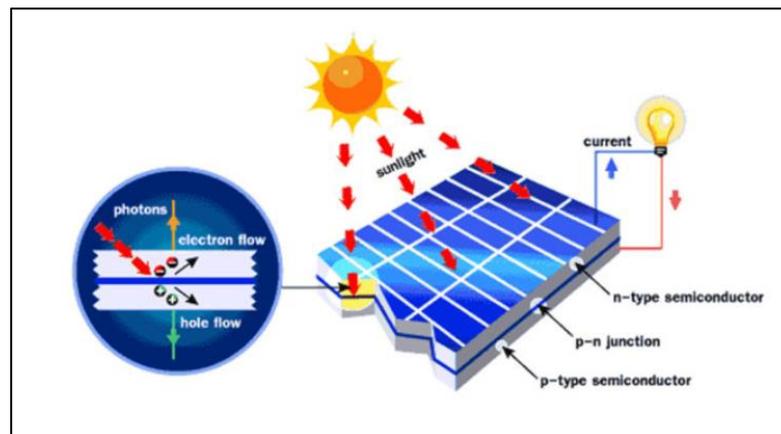
**Gambar 2.2** Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada Gambar 2.2 dilihat bahwa PLTS menjadi salah satu solusi tepat untuk sumber energi listrik daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam dan sukar dijangkau. Hal ini dikarenakan bahan baku dari PLTS adalah matahari yang mana di setiap daerah pasti adanya, dikarenakan Indonesia merupakan daerah tropis, serta kelebihan lainnya adalah bahwa PLTS dapat mandiri (langsung pakai), dapat masuk ke grid (PLN) dan juga dapat berkolaborasi dengan pembangkit lainnya. Dengan dibangunnya pembangkit-pembangkit PLTS ini maka rasio elektrifikasinya akan meningkat semakin baik.

## 2.4 Cara Kerja PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya konsepnya sederhana, yakni mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan di dibandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising. Selain itu gas buang yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi. Sistem sel surya yang digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance free*. Berikut dapat dilihat seperti pada Gambar 2.3 cara kerja PLTS.



**Gambar 2.3** prinsip kerja PLTS

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

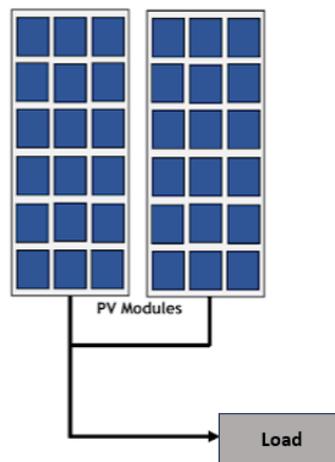
Gambar 2.3 merupakan cara kerja dari panel sel surya dimana modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungan seri dan 14 paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Sebuah panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa untuk mencapai keluaran yang diinginkan. Dari jumlah sel surya itu, sinar matahari dapat

diubah menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang terhubung ke panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi listrik. Sederhananya, sel surya terdiri dari bahan semikonduktor tipe-P dan N. Jika P-N *junction* ini terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron. Aliran elektron inilah yang disebut aliran arus listrik (Kananda dan Nazir, 2013).

## 2.5 Jenis Sistem PLTS

### 2.5.1 *Stand Alone Photovoltaic*

*Stand Alone PV sistem* atau Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (PLTS-Terpusat) merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN.



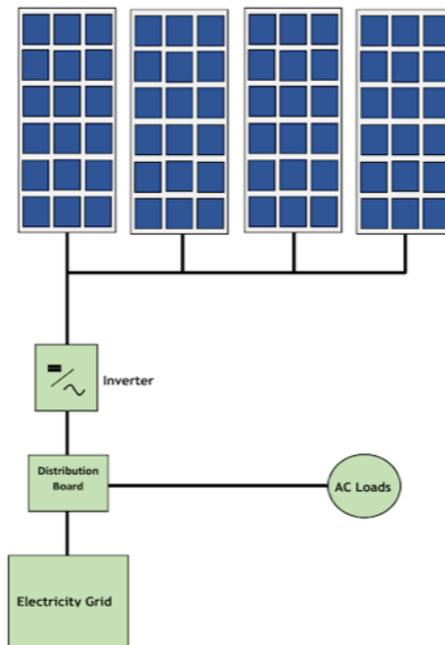
**Gambar 2.4** *Stand-Alone PV sistem*

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Sistem PLTS Sistem Terpusat disebut juga *Stand-Alone PV sistem* yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan.

### 2.5.2 Grid Connected Photovoltaic Sistem

*Grid Connected PV Sistem* merupakan solusi *Green Energy* bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan Modul Surya (*Photovoltaic Module*) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini 17 akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya. Sesuai namanya, *Grid Connected-PV*, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan Energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin.



**Gambar 2.5** *Grid Connected PV Sistem*

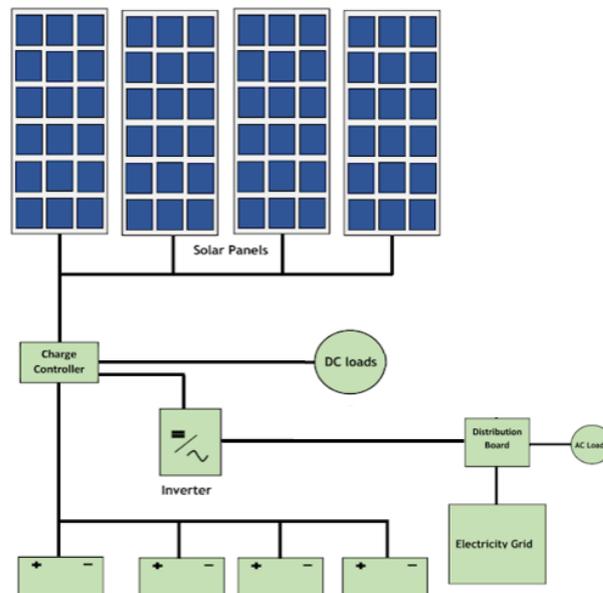
(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada siang hari, Modul Surya yang terpasang pada atap akan mengkonversi sinar matahari menjadi Energi listrik Arus Searah (DC). Selanjutnya sebuah komponen yang disebut Grid-inverter merubah listrik arus searah (DC) dari PV menjadi listrik arus bolak-balik (AC) yang kemudian dapat digunakan untuk mensuplai berbagai peralatan rumah tangga seperti Lampu, TV, Kulkas, Mesin Cuci, dll. Jadi pada siang hari, kebutuhan energi listrik berbagai peralatan disuplai langsung

oleh Modul Surya. Jika pada kondisi ini terdapat kelebihan energi dari PV maka kelebihan energi ini dapat dijual ke PLN (tergantung kebijakan). Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung maka peralatan akan disupport oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.

### 2.5.3 *Grid Connected Photovoltaic Sistem With Battrey Backup*

*Grid-connected PV with battery backup* adalah solusi energi hijau untuk penduduk perkotaan baik perumahan, perkantoran, atau fasilitas publik. Sistem ini menggunakan Modul Surya (*Photovoltaic Module*) sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi.



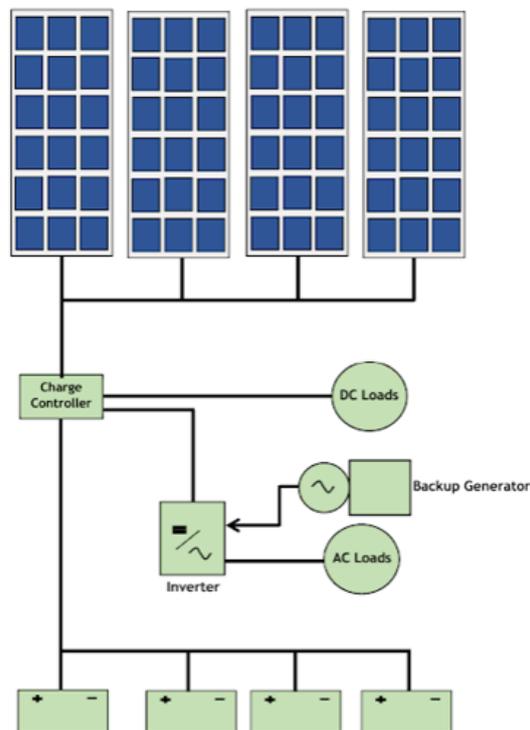
**Gambar 2.6** *Grid Connected PV Sistem With Battrey Backup*

(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik PLN dan sekaligus turut andil dalam penyelamatan lingkungan dengan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkitan energi listrik. Sistem ini juga berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (Pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan.

### 2.5.4 Hybrid Photovoltaic Sistem

Pengertian *Hybrid* pada tulisan ini adalah penggunaan 2 atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk captive genset, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis (keandalan *sistem supply*) (Kananda dan Nazir, 2013). Tujuan utama dari sistem hybrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada type load (*Load profile*) tertentu.



**Gambar 2.7** Hybrid PV Sistem

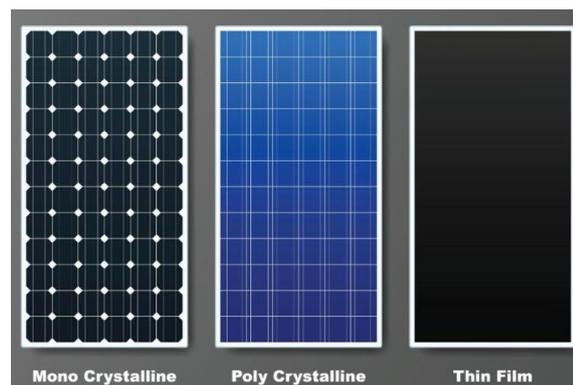
(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Tipe load (*Load profile*) adalah *keyword* penting dalam sistem hybrid. Untuk setiap load profile yang berbeda, akan diperlukan sistem hybrid dengan komposisi tertentu, agar dapat dicapai sistem yang optimum. Sistem Hybrid dapat melibatkan 2 atau lebih sistem

pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga sistem hybrid bisa berarti PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS-Tenaga Angin.

## 2.6 Jenis Panel Surya

Panel surya yang ada saat ini memiliki memiliki berbagai macam jenis dan bentuknya yang mana memiliki kemampuan tersendiri. berikut ini jenis panel surya seperti pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Jenis Panel Surya

(Sumber : Hari Purwoto et al., 2018.)

Pada Gambar 2.8 perbedaan dari kedua panel surya dengan efisiensi yang berbeda *mono-crystalline* lebih unggul dari *poly-crystalline* dan *Thin Film Photovoltaic*(Hari Purwoto et al., 2018.). Berikut panel *Mono-crystalline* dan *Poly-crystalline*. Dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Panel Surya *Mono-crystalline*

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

## 2. Panel Surya *Poly-crystalline*

*Poly-crystalline* merupakan jenis sel surya yang materialnya berasal dari susunan Kristal yang acak dengan efisiensi yang dimiliki sebesar 14-16%. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

## 3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristalsilicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) 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 tertera.

## 2.7 Radiasi (*Irradiance*)

Radiasi adalah proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa menggunakan zat perantara. Energi matahari dapat mencapai permukaan bumi melalui radiasi (pancaran) karena terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara) antara bumi dan matahari. Sedangkan gelombang elektromagnetik merupakan bentuk gelombang yang merambat berupa komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat menyebar dengan kecepatan yang sangat tinggi tanpa memerlukan zat atau medium perantara.

Perhitungan radiasi menggunakan parameter intensitas cahaya matahari yang masih dalam satuan *lux* harus dikonversi menjadi radiasi dalam satuan

$W/m^2$ . Adapun persamaan untuk mengkonversikan dari satuan *lux* menjadi  $W/m^2$  dapat dilihat pada persamaan (1) berikut (Pudin dan Mardiyanto, 2020):

$$Lux = 0.0079 \frac{W}{m^2} \dots\dots\dots \text{persamaan(1)}$$

Keterangan :

*Lux* = Intensitas Cahaya

$\frac{W}{m^2}$  = Radiasi

## 2.8 Temperatur

Temperatur atau suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat suatu benda atau kondisi sekitar. Pada penelitian ini temperatur yang diukur ialah temperatur pada panel surya dan temperature lingkungan sekitar. Menurut Partonan Harahap, (2020) pada malam hari, nilai temperatur pada panel surya sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada saat siang hari, saat terik matahari, nilai temperatur panel surya dapat mencapai  $30^{\circ}C$  atau lebih di atas temperatur lingkungan sekitar.

## 2.9 Komponen Utama Panel Surya

Adapun komponen utama dari sistem pembangkit menggunakan panel surya guna menyokong output hasil keluaran daya yang dihasilkan dari panel surya, yaitu sebagai berikut :

### 2.9.1 Panel Surya

Panel surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari dalam bentuk radiasi matahari, yang kemudian diubah menjadi energi listrik melalui sel surya (*photovoltaic*). menghitung (estimasi) daya listrik yang dihasilkan modul solar PV menggunakan data radiasi dan spesifikasi modul solar PV. Daya yang dihasilkan oleh modul solar PV dapat dihitung dengan persamaan (2) dibawah ini(Pudin dan Mardiyanto, 2020):

$$P_{pv} = \left[ P_{pv(STC)} \frac{G_T}{1000} (1 - \gamma(T_j - 25) \times N) \right] \dots\dots\dots \text{persamaan(2)}$$

Dengan :

$P_{pv(STC)}$  : *Peak power* yang tertera pada spesifikasi (W)

$G_T$  : Radiasi yang sampai ke permukaan panel  $\frac{W}{m^2}$

- $\gamma$  : Koefisien temperatur daya  
 $T_j$  : Temperature cell pada modul (°C)  
 $N$  : Jumlah modul solar PV

Nilai  $T_j$  didapatkan melalui persamaan (3) di bawah ini:

$$T_j = T_{amb} + \frac{G_T}{800} (NOCT - 20) \dots\dots\dots \text{persamaan (3)}$$

Dengan:

- $T_{amb}$  : Temperatur lingkungan  
 $NOCT$  : Nominal operating cell temperature

Perhitungan persamaan (2) dan (3) hanya mempertimbangkan pengaruh radiasi dan temperatur.

## 2.10 Lux Meter

*Lux meter* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan satuan *lux*. Adapun alat ukur lux meter dapat dilihat pada Gambar 2.10



**Gambar 2.9** Alat ukur intensitas cahaya *lux* meter

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada Gambar 2.10 merupakan alat ukur intensitas cahaya dengan satuan *lux*. Pada penelitian ini *lux* meter yang digunakan bertipe AS803 yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari. *Lux* meter terdiri dari rangka sebuah sensor dengan sel foto dan layar panel. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya, cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap

oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar, sensor yang digunakan pada alat ini adalah *photo diode*. Sensor *photo diode* termasuk kedalam jenis sensor cahaya atau *optic*. Sensor cahaya atau *optic* adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai suatu daerah tertentu. Kemudian dari hasil dari pengukuran yang dilakukan akan ditampilkan pada layar panel. Berbagai jenis cahaya yang masuk pada *lux* meter baik itu cahaya alami ataupun buatan akan mendapatkan respon yang berbeda dari sensor. Berbagai warna yang diukur akan menghasilkan suhu warna yang berbeda, dan panjang gelombang yang berbeda pula.

### 2.11 *Thermometer*

*Thermometer* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur perubahan suhu/temperatur dengan satuan derajat. Adapun alat ukur *theremometer* dapat dilihat pada Gambar 2.11



**Gambar 2.10** Alat ukur *Thermometer*  
(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Ada beberapa jenis termometer, yang prinsip kerjanya bergantung pada beberapa sifat materi yang berubah terhadap suhu. Sebagian besar termometer umumnya bergantung pada pemuaian materi terhadap naiknya suhu. Untuk mengukur suhu secara kuantitatif, perlu didefinisikan semacam skala numerik. Skala yang paling banyak dipakai sekarang adalah skala *Celcius*, kadang disebut skala *Centigrade*. Pada Gambar 2.11 merupakan alat ukur *thermometer* yang bertipe HTC-2 yang digunakan dalam penelitian untuk pengukuran suhu yang ada pada panel surya dan lingkungan sekitar.

## 2.12 Multitester

*Multitester* ialah alat ukur listrik yang berfungsi mengukur besaran nilai komponen elektronika. Selain itu *multitester* juga digunakan untuk mengetahui keadaan sebuah komponen. Adapun Gambar dari *multitester* dapat dilihat pada Gambar 2.12



**Gambar 2.11** *Multitester*

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Multitester adalah alat untuk mengukur tegangan AC/DC, arus DC dan tahanan. Untuk mengukur tegangan, saklar pilih multitester dikembalikan pada posisi ACV atau DCV dan alat ukur dipasang secara paralel dengan beban (yang akan diukur). Hasil pengukuran dapat diketahui dengan membaca skala yang sesuai dengan penempatan posisi skala pemilih. Pada Gambar 2.12 merupakan komponen *multitester* yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya.