

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Referensi yang terkait dengan pengaruh intensitas cahaya serta kelembaban permukaan terhadap daya panel surya adalah penelitian yang dilakukan oleh Feby Ardianto, dkk [12]. Ia mengklaim bahwa intensitas cahaya rata-rata terendah terjadi pada pukul 17.00 WIB yaitu sebesar 141 Watt/m², dan intensitas cahaya rata-rata maksimum terjadi pada pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 1317,15 Watt/m² dan menghasilkan daya sebesar 94,50 Watt.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Putri Kusumaning Tiyas dan Mahendra Widyartono [13] menurutnya pada saat suhu mencapai suhu tertinggi yaitu 59,1 °C dan intensitas cahaya 854,9 Watt/m² menghasilkan tegangan 18,46 Volt, sedangkan pada saat suhu 30,2 °C dan intensitas cahaya 977,9 Watt/m² menghasilkan tegangan sebesar 19,02 Volt.

Menurut penelitian Haris Isyanto, dkk. [14], daya maksimum pada suhu 40 °C adalah 10 W, dan tegangan arus untuk daya maksimum dan tegangan rangkaian terbuka masing-masing dengan nilai 17.5 V dan 22 V. Daya maksimum dan tegangan rangkaian terbuka masing-masing naik menjadi 20 V dan 24 V, pada suhu 20 °C. Ketika suhu turun menjadi 20 °C, daya keluaran naik menjadi 12 W.

Terdapat beberapa keterbaruan yang terdapat pada penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terkait yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Putri Kusumaning Tiyas dan Mahendra Widyartono [13], dan penelitian yang

dilakukan oleh Haris Osyanto. Dkk [14], pada penelitian tersebut hanya meneliti tentang suhu yang terdapat pada lingkungan sekitar dan juga suhu permukaan pada sel surya, sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan akan meneliti dan membahas tentang kelembaban udara pada permukaan sel surya dan juga menganalisa daya pada intensitas yang bervariasi

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber tenaga utama pada pembangkit listrik tenaga surya. Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis sehingga di Indonesia memiliki potensi sangat tinggi untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya karena hampir setiap harinya di Indonesia terdapat sinar matahari. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan harga pembuatannya.

Sumber energi paling kuat di bumi adalah matahari. Kehidupan bumi berasal dari matahari. Matahari menghasilkan energi dalam bentuk radiasi dengan rentang panjang gelombang yang sangat beragam. Permukaan bumi dapat menerima kira-kira 1000 watt/m^2 pada siang hari dan dalam cuaca yang baik. Kurang dari 30% energi matahari dipantulkan kembali ke angkasa, 47% diubah menjadi panas, 23% digunakan untuk menggerakkan semua pergerakan udara di atas permukaan bumi, 0,25 persen diserap oleh angin, gelombang dan sisanya 0,02 persen disimpan oleh tanaman selama proses fotosintesis [15]. Hal ini menunjukkan bahwa tenaga surya adalah asal dari

Energi Matahari memberikan energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Sekitar $3,9 \times 10^{24}$ Joule, atau $1,08 \times 10^{18}$ kWh, energi matahari mencapai permukaan bumi setiap tahun [11]. Dengan demikian, energi yang diterima dunia dari matahari 10.000 kali lebih besar daripada cadangan seluruh energi yang sekarang tersedia di bumi maupun konsumsi energi primer global tahunan.

Karena sinar matahari berlimpah dan merata di seluruh Indonesia, hampir selalu teras setiap hari disepanjang tahunnya, menjadikannya negara Asia Tenggara dengan potensi pertumbuhan PLTS terbesar. Rata rata Intensitas matahari dapat mencapai $4.8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, pulau NTB dan Papua merupakan daerah yang memiliki intensitas radiasi matahari tertinggi yaitu mencapai $5,7 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dan kota Bogor merupakan daerah dengan intensitas radiasi terendah yaitu $2,56 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ [16].

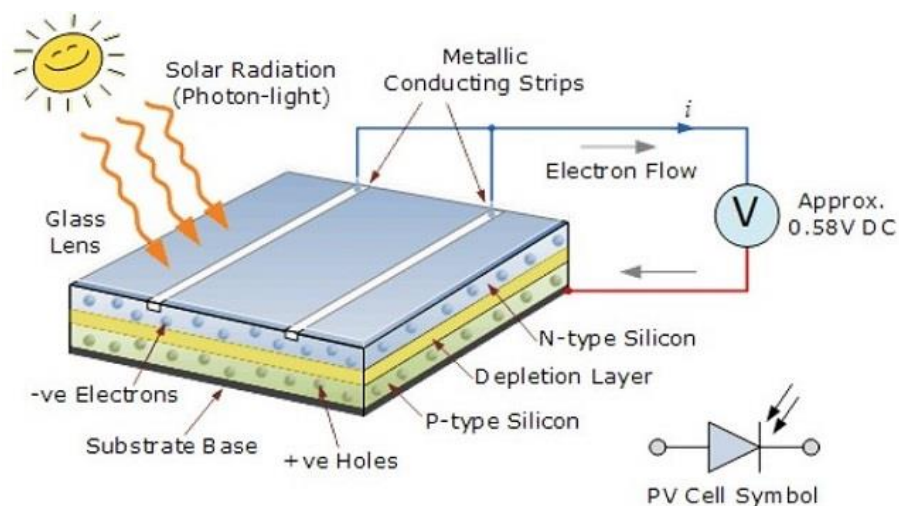
Radiasi matahari pada siang hari bisa mencapai 1000 watt/m^2 . Modul sel surya ini dapat menghasilkan daya 100 watt jika perangkat semikonduktor dengan luas permukaan 1 m^2 memiliki efisiensi 10% [11]. Tergantung pada bahan yang digunakan, efisiensi antara 5% sampai 15% untuk jenis panel surya komersial. Meskipun biaya pembuatan sel surya silikon kristal ini secara signifikan lebih tinggi daripada panel surya jenis lainnya, akan tetapi memiliki efisiensi tinggi.

Energi matahari merupakan sumber energi utama pada PLTS. Karena iklimnya yang tropis, Indonesia memiliki prospek yang sangat bagus dalam pengembangan PLTS karena hampir setiap hari ada sinar matahari. Efektivitas perangkat sel surya dan biaya pembuatannya memberikan tantangan terbesar bagi

komersialisasi sel surya sebagai sumber energi alternatif.

2.2.2. Panel Surya

Panel surya merupakan gabungan dari beberapa modul surya sedangkan modul surya adalah gabungan dari sel surya. Istilah "*fotovoltaic*", yang mengacu pada panel surya atau sel *fotovoltaic*, berasal dari dua kata: "*photo*", yang berasal dari kata Yunani "*phos*", yang berarti cahaya, dan "*volt*", yang mengacu pada satuan. pengukuran arus listrik yang menyandang nama Alesandro Volta [17].



Gambar 2.1. prinsip kerja sel surya [26]

Gambar.2.1. di atas menjelaskan bagaimana prinsip kerja sel surya. Sel surya bekerja berdasarkan efek *fotovoltaic*, yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Karena energi foton pada cahaya berhasil membebaskan elektron pada sambungan semikonduktor tipe-n dan tipe-p sehingga dapat mengalir, maka efek fotovoltaik merupakan proses fisik di mana cahaya yang datang diubah menjadi energi listrik [19]. Kapasitas daya panel surya diukur menggunakan pengujian internasional, yaitu Standard Test Condition (STC) dan dihitung dalam watt peak (WP).

Lapisan N berada di bagian bawah sel surya, lapisan P berada di bagian atas, dan terdapat pembatas antara lapisan P dan lapisan N [11]. Pada efek fotovoltaik, elektron pada lapisan panel P dilepaskan oleh sinar matahari yang masuk, yang kemudian memindahkan proton ke lapisan panel N di bagian bawah. Perpindahan arus proton ini menghasilkan arus listrik, artinya energi foton sinar matahari yang diterima berhasil melepaskan elektron pada sambungan semikonduktor tipe-N dan tipe-P untuk mengalir [18].

Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berupa tegangan DC (*direct current*). Daya *input* panel surya didapatkan dari intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk menentukan daya *input* pada panel surya dapat menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$P_{in} = I_{rad} \times A \quad (2.1)$$

Keterangan:

P_{in} : Besar daya sel surya (W)

I_{rad} : Besar nilai intensitas (W/m^2)

A : Besar Luasan permukaan panel surya (m^2)

Keluaran dari panel surya akan menghasilkan tegangan dan arus. Untuk menentukan daya keluaran dapat menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$P_{out} = V \times I \quad (2.2)$$

Keterangan:

P_{out} : Besar daya (Watt)

V : BesarTegangan (Volt)

I : Besar arus(Ampere)

Untuk menghitung efisiensi panel surya dilakukan dengan cara hasil daya dibagi dengan luas permukaan dan besar intensitas cahaya. Panel surya biasanya akan menghasilkan lebih banyak daya jika lebih efisien. Untuk menentukan nilai efisiensi dapat menggunakan persamaan 2.3 dibawah ini.

$$\eta_{panel\ surya} = \frac{P_{out}}{G \times A} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\eta_{panel\ surya}$: Besar efisiensi (%)

P_{out} : Besar Daya (watt)

G : Besar nilai Intensita cahaya (watt/m²)

A : Besar Luas permukaan sel surya (m²)

Beberapa elemen, termasuk karakteristik fisik dan faktor eksternal seperti pengaruh lingkungan, berdampak pada efisiensi panel surya. Nilai efisiensi panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sebagai berikut.:

a. Radiasi matahari

Radiasi matahari diberbagai daerah memiliki tingkat radiasi yang berbeda beda tergantung dimana letak daerah tersebut, jadi perlu diperhitungkan tempat peletakan panel surya

b. Posisi atau letak panel surya terhadap matahari (*tilte angle*)

Letak panel surya tentunya sangat berpengaruh terhadap nilai daya yang dikeluarkan oleh panel surya karena setiap saat letak matahari mengalami pergeseran. Ketika sudut datang cahaya tegak lurus dengan sel surya, maka keluaran yang dihasilkan oleh sel surya akan maksimal [20].

c. Kecepatan angin bertiup

Daya keluaran yang dihasilkan panel surya juga dipengaruhi oleh kecepatan angin di daerah tempatnya dipasang, karena angin dapat membantu menurunkan suhu kaca pada permukaan panel surya. Dalam suhu rendah, sel surya akan berfungsi dengan baik. Keluaran sel surya di bawah standar jika terkena lingkungan dengan suhu tinggi [20].

d. *Ambient air temperature*

Peningkatan suhu yang lebih tinggi dari suhu tipikal di dalam sel akan mengurangi nilai tegangan. Sel surya memiliki batas suhu maksimum untuk hasil yang efektif, yaitu pada kisaran 24°C hingga 25°C (Voc). Ketika sel surya dipanaskan lebih dari 25°C dengan 1°C , jumlah total daya yang dihasilkan berkurang sekitar 0,4% dan setiap suhunya naik sebesar 10°C akan melemah dua kali lipat [11].

2.2.2.1. Jenis Jenis Panel Surya

Terdapat beberapa jenis panel surya yaitu sebagai berikut :

a. *Monokristal (Mono-crystalline)*

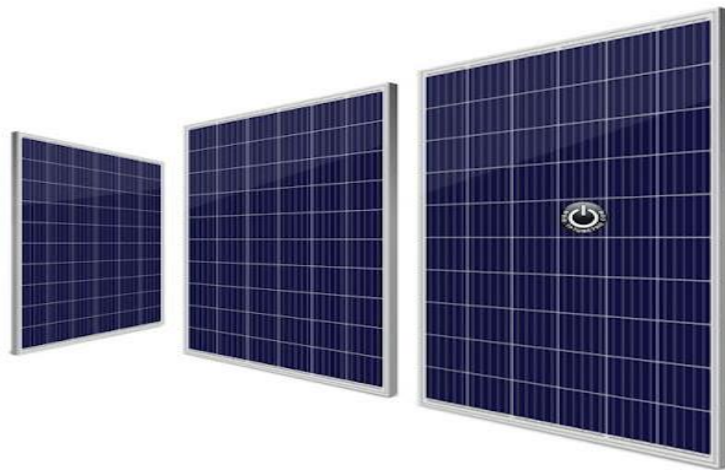


Gambar 2.2. panel surya *mono kristal* [25]

Gambar 2.2. diatas merupakan gambar Panel surya *monocrystalline*. Panel

surya *monocrystalline* atau yang umum disebut dengan panel surya *mono*, merupakan panel surya yang menggunakan bahan silikon paling murni. Dengan bahan tersebut, panel surya *Monokristal* dapat merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan tingkat efisiensi yang paling tinggi. Selain itu terdapat beberapa kelebihan yang lain salah satunya panel surya ini tidak membutuhkan tempat yang luas. *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% [21]. Tetapi dikarenakan nilai efisiensinya yang paling tinggi diantara jenis yang lain, harga panel surya jenis *monokristal* cenderung memiliki harga yang lebih mahal.

b. *Polikristal (Poly-Crystalline)*



Gambar 2.3. panel surya *polykristal* [27]

Gambar 2.3. diatas merupakan gambar dari Panel surya *polykristal*. Panel surya *polykristal* merupakan salah satu jenis panel surya yang diminati dikalangan masyarakat, selain dari warnanya yang cukup estetik yaitu warna biru,

harga panel surya ini juga relatif lebih rendah dibandingkan dengan panel surya jenis *monokristal*. Karena teknik pengecoran yang digunakan dalam produksinya, panel surya jenis *polykristal* menampilkan konfigurasi kristal acak. Dibandingkan dengan jenis *monokristal* panel surya jenis *polykristal* memiliki efisiensi yang lebih kecil, maka dari itu memerlukan tempat yang luas untuk menghasilkan daya listrik dengan jumlah sama. Sehingga biayanya lebih murah [21].

c. *Thin Film Photovoltaic*



Gambar 2.4. panel surya *Thin film photovoltaic* [28]

Gambar 2.4. diatas merupakan gambar *Thin film photovoltaic*. Panel surya *Thin film photovoltaic* yang memiliki struktur sebanyak dua lapis yang terdiri dari lapisan tipis *mikrokristal silicon* 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 memiliki tiga struktur lapisan dan panel surya jenis ini dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari

panel jenis lain [21].

Efektivitas perangkat sel surya dan biaya pembuatannya memberikan tantangan terbesar bagi komersialisasi sel surya sebagai sumber energi alternatif. Efisiensi disebut sebagai rasio antara jumlah listrik yang dihasilkan oleh perangkat sel surya dan jumlah energi cahaya yang diterima dari sinar matahari. Sebenarnya, efektivitas perubahan energi dan banyaknya nilai intensitas cahaya yang di dapatkan sel surya menentukan seberapa efektif pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Sementara biaya produksi masih tinggi, produksi PLTS di Indonesia tidak cepat berkembang karena biaya produk akan meningkat seiring dengan peningkatan efisiensi sel surya yang digunakan.

2.2.3. Intensitas Cahaya

Kekuatan sumber cahaya untuk memancarkan cahaya dalam satu arah per satuan sudut diukur secara fisik sebagai intensitas cahaya. *Candela* adalah nama satuan SI untuk intensitas cahaya (Cd). Berdasarkan radiasi monokromatik 540 x 10¹² hertz dan intensitas radian dalam arah 1/683 watt per steradian, satuan *candela* menghitung intensitas sinar cahaya dari suatu sumber cahaya [22].

Berikut ini adalah beberapa satuan intensitas cahaya:

- 1 *lumen persteradian* = 1 *candela*
- 1 *hefnerkerze* = 0.9033689743263 *candela*
- 1 *cadlepower* = 0.981 *candela*

Terdapat beberapa alat yang dapat mengukur intensitas cahaya yaitu *luxmeter*, *ganiofotometer*, dan *spektrofotometer*. Intensitas cahaya merupakan sumber energi yang nantinya akan didapatkan oleh panel surya yang akan

dikonversikan dalam daya listrik, maka besarnya intensitas cahaya tentunya sangat berpengaruh terhadap keluaran sel surya.

2.2.3.1. Digital Lux Metter

Digital lux metter adalah perangkat yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan suatu lokasi. Menurut standar SI, atau Sistem Satuan Internasional, satuan untuk Lux Meter adalah Lux, yang dilambangkan dengan huruf lx. Alat pengukur cahaya ini dikembangkan dengan pengetahuan bahwa ruangan yang berbeda membutuhkan jumlah cahaya yang berbeda seperti rumah maupun kantor.



Gambar 2.5. *digital lux metter* [29]

Gambar 2.5. diatas merupakan gambar *digital lux metter*. Terdapat beberapa jenis *lux metter* dari mulai *luxmetter* analog dan juga *digital luxmetter*. Tetapi dalam praktek dilapangan banyak menggunakan *digital luxmetter* karena lebih akurat dalam pembacaan nilai intensitas cahanya. Terdapat beberapa bagian dari *digital luxmetter*:

- a. *LCD Display* (Layer Panel)

Fungsi layar panel adalah untuk menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan skala. Ukuran skala yang ditampilkan sesuai dengan seberapa banyak cahaya yang ada di sana; semakin kecil angkanya, semakin sedikit cahaya yang ada di wilayah yang diukur.

b. Power On/Off

Fungsi tombol *power on/off* ini tentunya sama seperti alat pada umumnya yaitu untuk menyalakan dan mematikan alat tersebut, hal ini juga berfungsi untuk menghemat baterai yang ada dalam alat tersebut.

c. Zero Adjust VR

Tujuan dari tombol ini adalah untuk mengatasi kesulitan dengan alat distribusi tanda skala. Tombol ini memiliki kemampuan untuk memperbaiki kesalahan, tetapi hal itu mengharuskan memulai prosedur pengukuran dari awal.

d. Tombol rentang

Alat penting untuk digunakan dalam proses pengukuran adalah tombol rentang. Ini karena rentang pengukuran akan diatur oleh tombol ini.

e. Sensor Cahaya

Sensor cahaya merupakan bagian yang terpenting dalam alat ini dikarenakan sensor cahayalah yang nantinya akan menerima cahaya yang kemudian nanti akan dilakukan pengukuran.

2.2.3.2. Cara Pembacaan *Digital Luxmeter*

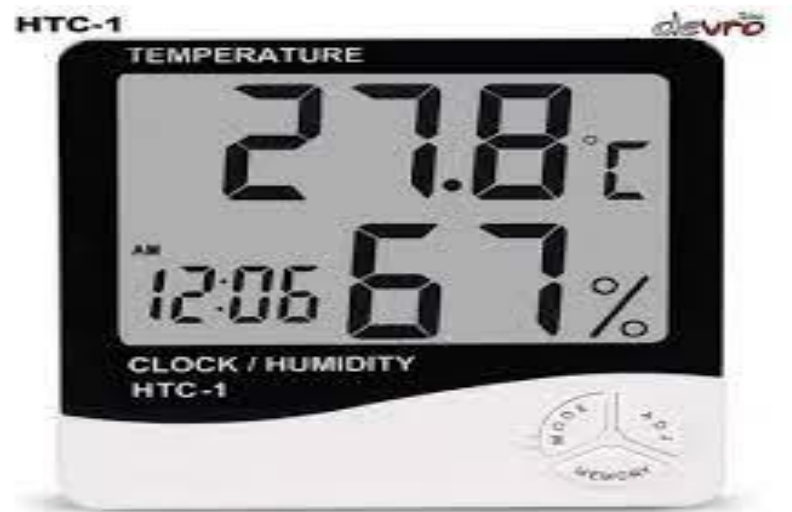
Ada tiga rentang pengukuran yang tersedia pada tombol rentang: 2000, 20.000, dan 200.000 (lux). Ini menampilkan rentang angka (batasan pengukuran) yang digunakan selama pengukuran. Hanya tingkat cahaya di bawah 2000 lux

yang dapat diukur saat memilih 2000 lux. Jika 20.000 lux dipilih, hanya pengukuran antara tahun 2000 dan 19990 yang dapat dilakukan (lux). Jika memilih skala 200000, maka dapat mengukur dengan skala antara 20000 dan 200000 lux. Sebaiknya pilih opsi 2000 lux jika Anda ingin menilai 22 tingkat kekuatan cahaya alami yang berbeda sehingga data pengukuran dapat dibaca dengan lebih tepat [11].

2.2.4. Suhu Dan Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam uap air [23]. Kelembaban udara sering didefinisikan sebagai besarnya kandungan air yang terdapat dalam udara. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kelembaban udara disuatu tempat diantaranya adalah suhu, tekanan udara, dan pergerakan angin.

Suhu atau *temperature* merupakan jumlah panas yang dihasilkan oleh aktivitas molekuler di atmosfer dan diukur pada skala tertentu. [23]. Terdapat beberapa alat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara salah satunya adalah *digital hygrometer* HTC 1. *Digital hygrometer* HTC 1 ini merupakan salah satu alat yang dapat mengukur suhu sekaligus dapat mengukur kelembaban udara. Pada *digital hygrometer* HTC 1 ini juga dilengkapi dengan pengaturan tanggal hingga jam pada saat itu sehingga dapat mempermudah dalam pencatatan hasil dari suhu dan kelembaban yang terjadi pada saat itu. Pada *digital hygrometer* HTC 1 juga dilengkapi dengan memori sehingga dapat mencatat kisaran nilai suhu terendah dan kelembaban terendah maupun tertinggi dalam satu hari seperti gambar 2.6. dibawah ini



Gambar 2.6. digital hygrometer HTC 1 [30]

Suhu dan kelembaban merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dalam lingkungan, tentunya besar dari suhu dan kelembaban disuatu tempat dan juga pada permukaan sel surya akan mempengaruhi kinerja sel surya.

2.2.4.1. Model Daya Listrik Panel Surya Terhadap Suhu Atau Temperatur

Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan dengan persamaan 2.4 berikut:

$$P_{PV} = P_{pvSTC} \cdot F_{pv} \cdot f_{temp} \cdot \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) \quad (2.4)$$

Keterangan:

P_{PV} : Daya panel surya

P_{pvSTC} : Kapasitas daya panel surya pada kondisi uji baku (kW)

F_{pv} : Faktor susut (%)

I_T : Radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya (kW/m²)

$I_{T,STC}$: Radiasi matahari pada kondisi uji baku (1 kW/m²)

f_{temp} : Faktor susut akibat perubahan temperature atau suhu

Faktor penyusutan merupakan penurunan nilai daya keluaran sel surya yang disebabkan adanya debu maupun kotoran yang terdapat pada penampang panel, pengaruh bayang-bayang pada permukaan panel, umur panel surya, dan faktor lain yang dapat mencegah panel surya menghasilkan daya maksimum atau optimal. Persamaan 2.5 berikut dapat digunakan untuk menghitung faktor penyusutan yang disebabkan oleh variasi suhu [24]:

$$f_{temp} = [1 + ap(T_c - T_{cSTC})] \quad (2.5)$$

Keterangan:

ap : Koefisien temperatur daya(%/°C)

T_c : Temperatur sel surya (°C)

T_{cSTC} : Temperatur sel surya pada kondisi uji baku (25°C)

2.2.5. Daya Listrik

Arus listrik adalah volume listrik yang mengalir terus menerus melalui suatu rangkaian. Elektron adalah muatan listrik yang dibahas di sini. Akibatnya, elektron yang bergerak adalah definisi umum dari arus listrik. Pergerakan elektron dari kutub negatif ke kutub positif inilah yang menimbulkan arus listrik. Secara teori, arus listrik mengalir dari positif ke negatif sedangkan elektron mengalir dari negatif ke positif [11]. Salah satu dari tujuh satuan dasar dalam satuan internasional adalah arus listrik. *Ampere* (A) adalah satuan internasional untuk arus listrik.

Selisih jumlah potensial listrik pada dua tempat konduktor atau suatu rangkaian listrik dikenal sebagai tegangan. Istilah "beda potensial" mengacu pada variasi jumlah elektron yang ada dalam arus listrik.. Intinya, perpindahan elektron

dari potensial rendah (negatif) ke potensial tinggi (positif) disebabkan oleh perbedaan potensial (tegangan). Sel surya menghasilkan listrik dengan mengalikan tegangan keluaran dengan besaran arus, seperti ditunjukkan pada persamaan 2.6.dibawah ini:

$$P = V \times I \quad (2.6)$$

Keterangan:

P : Daya listrik (Watt)

V : Tegangan Keluaran (Volt)

I : Arus (Ampere)

Sedangkan nilai besarnya daya listrik selama pengujian akan dibuat rata rata karena menggunakan interval waktu setiap satu jam sekali dengan menggunakan persamaan 2.7 berikut:

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$P_{rata-rata}$: Daya rata rata (Watt)

P_1 : Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 : Daya pada titik pengujian ke dua

P_3 : Daya pada titik pengujian ke tiga

P_n : Daya pada titik pengujian ke n

n : Banyaknya pengujian

Dalam pengukuran arus dan tegangan tentunya akan membutuhkan alat ukur, untuk alat ukur tegangan biasanya menggunakan *volt metter* sedangkan untuk mengukur arus menggunakan *ohm metter*. Tapi pada penelitian ini akan

menggunakan *multimeter* atau *multitester*.

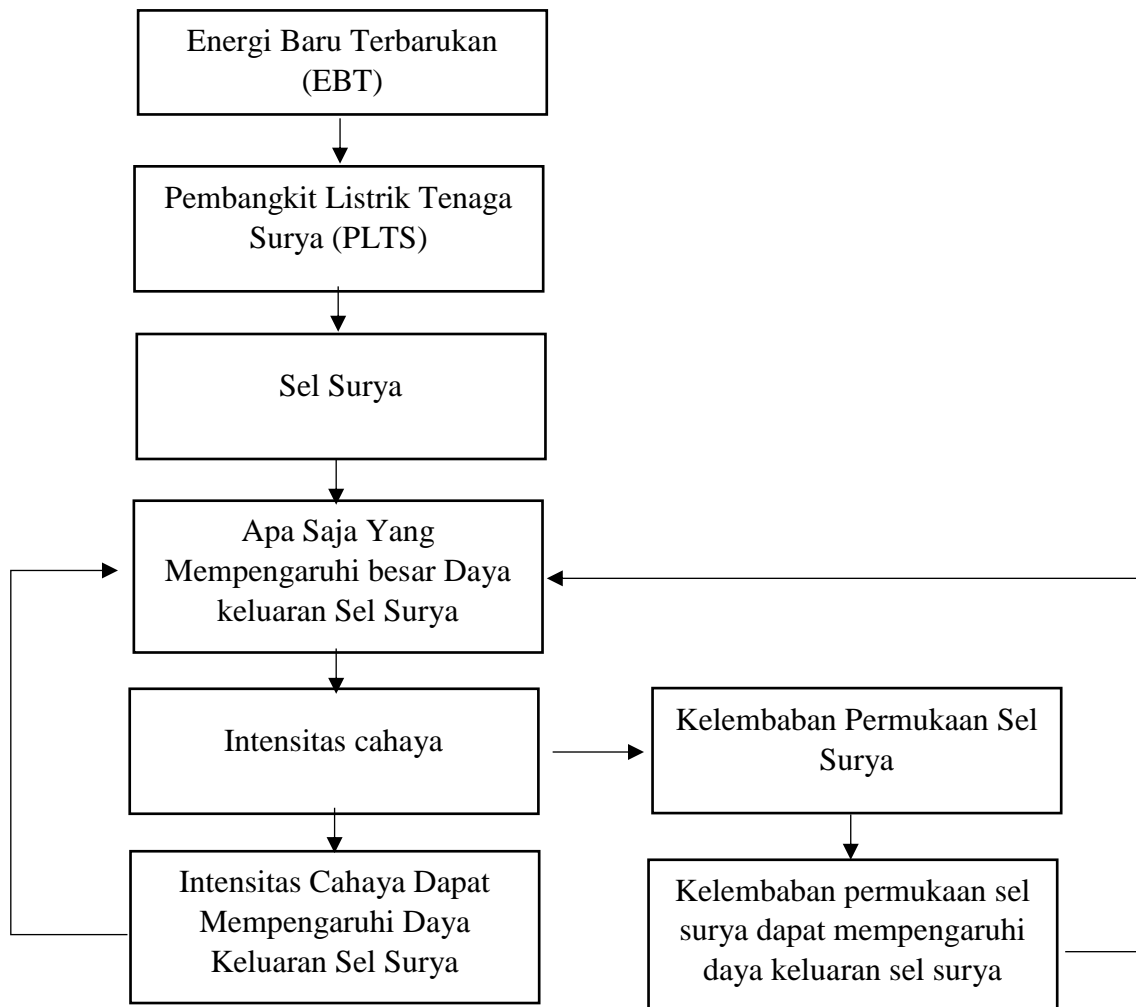
2.2.5.1. Digital Multimeter

Karena dapat mengukur tegangan (dengan voltmeter), hambatan (dengan ohmmeter), dan arus (dengan *multimeter*), maka alat ukur listrik ini disebut dengan VOM (*Volt-Ohm meter*). Terdapat beberapa jenis multimeter yaitu *multimeter* digital dan *multimeter* analog. Listrik AC dan DC dapat diukur di setiap kategori. *Multimeter* digital merupakan *multimeter* yang lebih banyak digunakan dibandingkan *multimeter* analog karena selain lebih mudah dalam membaca nilai dari sebuah pengukuran, *multimeter* digital juga memiliki tingkat keakurasian yang lebih tinggi. Bentuk *multimeter* digital dapat dilihat pada gambar 2.7. berikut.



Gambar 2.7. digital multimeter DT-830D [31]

2.3. Kerangka Berfikir



Gambar 2.8. Kerangka Berfikir

Gambar 2.8 diatas merupakan kerangka berfikir dari penelitian yang akan dilaksanakan. Saat ini, manusia membutuhkan listrik baik untuk keperluan perumahan maupun industri. Pasokan energi listrik yang memadai diperlukan untuk memenuhi permintaan energi listrik yang terus meningkat serta kebutuhan energi listrik yang terus meningkat. Sektor pembangkitan atau unit pembangkitan merupakan unit yang berfungsi untuk membangkitkan energi listrik. Di Indonesia

terdapat beberapa jenis pembangkit listrik salah satunya adalah PLTA, PLTU, PLTG, PLTS, PLTB dan lain lain. Penggunaan energi tak terbarukan yang bersumber dari bahan bakar fosil, khususnya minyak bumi dan batubara, hingga saat ini masih menjadi sumber energi utama di Indonesia [3].

Namun, jika persediaan bahan bakar fosil semakin lama semakin berkurang, opsi terbaik adalah mempersiapkan energi baru terbarukan (EBT) ini [4]. Menurut PP No. 79 Tahun 2014 yang menjabarkan Kebijakan Energi Nasional, tingkat sasaran bauran EBT adalah 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [6]. Akibatnya, energi terbarukan memerlukan pertimbangan khusus (EBT). Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu dari beberapa pengembangan energi baru terbarukan, khususnya di bidang pembangkitan. Prinsip kerja pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sel surya menerima cahaya yang dipancarkan oleh matahari kemudian merubahnya menjadi energi listrik.

Energi utama yang dibutuhkan oleh panel surya adalah intensitas cahaya. Intensitas Cahaya bukanlah besaran yang konstan setiap saat, tetapi setiap waktunya intensitas cahaya matahari akan mengalami perubahan, hal ini dapat membuat daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya juga akan naik turun. Selain itu intensitas cahaya matahari terdapat juga faktor *non fisis* yang dapat mempengaruhi kinerja atau perfoma panel surya salah satunya adalah suhu dan juga kelembaban udara. Sel surya memiliki Batasan suhu maksimum agar mendapatkan hasil yang efektif yaitu pada kisaran 24°C - 25°C . Nilai tegangan (Voc) akan menurun jika suhu sel naik di atas level tipikal [11].