

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dalam pemanfaatan energi terbarukan sangat berkembang pesat saat ini. Salah satu sumber energi yang dimanfaatkan sebagai energi terbarukan ialah matahari. Teknologi pemanfaatan energi matahari ini merupakan sel *Photovoltaic* yang mengkonversi energi Cahaya matahari langsung menjadi listrik DC yang dirancang menjadi panel surya. Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya terbuat dari bahan yang mampu menyerap energi foton dari radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi panas dari radiasi matahari juga ikut terserap sehingga menaikkan temperatur sel-sel surya

PLTS mampu beroperasi dengan baik di seluruh belahan bumi yang tersinar matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, dimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan Panjang gelombang dan frekuensi tertentu.

Pembangkit listrik tenaga surya ada 2 jenis di UHN Medan yaitu PLTS On-Grid 618,8 KWP dan PLTS KEDAIREKA. Merupakan jenis pembangkit energi yang paling sederhana dalam proses pembangunan dan pengaplikasian. PLTS merupakan pembangkit energi yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi dari proses pengkonversian energi matahari menjadi energi listrik.

PLTS terbagi atas 3 jenis yaitu PLTS On-Grid, PLTS Off-Grid, PLTS Hybrid. PLTS On-Grid berfungsi bila telah ada jaringan listrik PLN. PLTS Off-Grid adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri tanpa terhubung ke jaringan PLN.

PLTS Hybrid adalah sistem PLTS yang memakai sumber energi gabungan tenaga surya dengan sumber energi lain.

Saat ini arah perkembangan teknologi PLTS di Uversitas HKBP Nommensen Medan adalah sistem PLTS Off-Grid dan PLTS On-Grid. PLTS Off-Grid sudah terdapat di Universitas HKBP Nommensen Medan merupakan sebuah sistem yang bekerja secara langsung dipanel surya. PLTS Off-Grid sendiri berada di halaman biro rector Universitas HKBP Nommensen Medan, yang terdiri dari 3 bangunan yang masing masing terdiri dari 10 KWp, 5 KWp dan 2 KWp Sistem ini memakai baterai dan inverter dan listrik yang dihasilkan adalah AC.

Dalam pengaplikasian PLTS Off-Grid dijalankan secara otomatis menggunakan perangkat Autotracking dengan melihat intensitas penyinaran matahari. Dalam pengoprasian PLTS 2 KWp.

Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Intensitas Radiasi Matahari Pada Panel Surya Di PLTS 2 kWp UHN Medan**” dilakukan sebagai tugas akhir.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada pembahasan sebelumnya dapat dirumuskan masalah yang akan diselesaikan penulis ini adalah:

- a. Berapa rata-rata daya listrik yang diproduksi panel surya per hari
- b. Bagaimana pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap daya output panel surya
- c. Berapakah efisiensi daya panel surya pada PLTS 2 kWp pada waktu intensitas radiasi matahari yang berbeda

1.3 Tujuan Penulisan / Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui rata-rata daya listrik yang diproduksi perhari pada panel surya di PLTS 2 KWP
- b. Menganalisis pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap daya output panel

surya.

- c. Untuk mengetahui berapa efisiensi daya panel surya pada waktu intensitas radiasi matahari yang berbeda

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang dibahas dibatasi dalam hal sebagai berikut:

- a. tidak membahas tentang Autotracking.
- b. Penelitian ini hanya terbatas pada 2 KWP.
- c. Tidak membahas tentang inverter.
- d. Pembahasan hanya menganalisis pengaruh intensitas radiasi terhadap daya output panel surya.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan adalah kuantitatif dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur

Yaitu dengan cara mencari dan mempelajari buku-buku referensi yang tersedia dari media cetak maupun internet, atau jurnal dan artikel atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan, sehingga yang dihasilkan dari studi literatur ialah terkoneksi referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

- b. Observasi Lapangan

Melakukan observasi lapangan, dengan melakukan penelitian langsung kelapangan analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya menggunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

- c. Pengambilan Data

Adapun pengambilan data dilakukan dengan mengambil data-data panel surya dari PLTS 2 KWp di Universitas HKBP Nommensen Medan.

1.6 Sistematika Penulisan

sistematika penulisan dari laporan penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bagian :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini membahas dasar-dasar teori mengenai penelitian ini, yaitu mengenai penelitian terkait, solar cell pada PLTS UHN Medan.

BAB III : MOTODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas Langkah-langkah dalam menyelesaikan penelitian dimulai dari jenis penelitian, sumber data, tahapan metode penelitian, analisa hasil, kesimpulan dan saran serta jadwal penelitian.

BAB IV : ANALISA DAN HASIL

Bab ini membahas penyelesaian penelitian terkait dengan objek yang diteliti.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas rangkuman penelitian dari BAB 1 hingga BAB IV menjadi kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya terkait penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada pembahasan bab dua ini akan membahas tentang komponen-komponen berupa Solar

Cell, Baterai dan Inverter. Dimana Panel Solar Cell adalah pusat penyerapan sinar matahari, baterai sebagai tempat penyimpanan daya dan inverter sebagai pengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Berikut adalah penjelasan dari beberapa komponen di bawah ini.

2.2 Pembangkit listrik Tenaga Surya

PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (*Photovoltaic*) untuk mengkonversikan radiasi elektromagnetik berupa gelombang dan sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian tersusun menjadi modul surya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC yang dapat diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan.

Pada umumnya PLTS terdiri atas beberapa komponen utama yaitu, generator sel surya (PV generator) yang merupakan susunan modul surya, inverter untuk mengkonversi arus DC menjadi arus AC baik sistem satu fasa atau tiga fasa untuk kapasitas besar, serta sistem kontrol dan monitoring operasi PLTS.

Berdasarkan lokasi pemasangannya sistem PLTS dibagi menjadi dua jenis yaitu, sistem pola tersebar (*distributed PV plant*) dan sistem terpusat (*centralized PV plant*). Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, PLTS diklasifikasikan menjadi dua yaitu, sistem tidak terhubung jaringan (*off-grid PV plant*) atau dikenal dengan PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*) dan sistem PLTS terhubung jaringan (*grid-connected PV plant*). Apabila dalam penggunaannya PLTS digabung dengan jenis pembangkit listrik lain maka disebut sistem hybrid.

Pembangkit listrik yang memanfaatkan energi surya atau lebih umum dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Sumber energi yang digunakan sangat melimpah dan gratis
2. Sistem yang dikembangkan bersifat modular sehingga dapat dengan mudah diinstalasi dan diperbesar kapasitasnya.
3. Perawatannya mudah
4. Tidak menimbulkan polusi
5. Dirancang bekerja secara otomatis sehingga dapat diterapkan ditempat terpencil.
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO₂ serta emisi gas buang lainnya.

2.3 PLTS Off Grid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (Off-Grid) merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung dengan jaringan PLN atau dengan kata lain satu-satunya sumber pembangkitnya yaitu hanya menggunakan radiasi matahari dengan bantuan panel surya atau photovoltaic untuk dapat menghasilkan energi listrik sistem PLTS OffGrid sendiri juga hanya dimanfaatkan untuk daerah yang tidak terjangkau pasokan listrik dari PLN seperti daerah pedesaan.

2.4 Sel Surya

Mengkonversi energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik dilakukan oleh komponen yang dapat di sebut dengan *photovoltaic* (PV). Sel *Photovoltaic* pada dasarnya semikonduktor dioda yang mempunyai sambungan P-N. Dalam semikonduktor ini terbentuk tiga daerah berbeda, yaitu daerah tipe P-N dan pengosongan (depleksi). Pada daerah tipe P mayoritas pembawa muatannya adalah

hole, sedangkan pada daerah tipe N Mayoritas pembawa muatan adalah electron. Daerah deplesi memiliki medan listrik internal dengan deangan arah dari N ke P. Saat radiasi matahari mengenai sel surya maka akan terbentuk electron dan *hole*. Karena pengaruh medan litrik internal pada daerah deplesi maka menyebabkan *hole* bergerak menuju daerah P dan electron bergerak menuju daerah N. perpindahan *hole* dan electron ini menghasilkan arus yang disebut arus fotodifusi. Selain itu pada daerah deplesi dapat pula terjadi pasangan *hole* dan electron karena pengaruh medan yang sama yang akan bergerak menuju ke arah mayoritasnya, sehingga menghasilkan arus generasi.

Radiasi matahari dapat di ketahui dari data nilai rata-rata radiasi matahari yang sampai kebumi, dengan nilai 1667 W/m^2 . Nilai ini adalah batas atas teoritis dari ketersediaan energy surya dibumi. Untuk dapat mengetahui daya (P) input sel surya adalah mempunyai irradiansi (G) dan luas panel surya (A) yang digunakan, maka dapat di defenisikan adalah:

$$P \text{ input} = G \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$$G = \text{Iradiasi Matahari (W/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas Panel Surya}$$

Sedangkan daya output (Poutput) Sel surya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut: $P \text{ output} = V \times I \dots\dots\dots (2.2)$

Dimana:

$$V = \text{Tegangan Output (Volt)}$$

$$I = \text{Arus Output (Ampere)}$$

Efisiensi (η) sel surya dapat diketahui ketika adaya Daya Input (Pinput) dan Daya Output (Poutput), dengan dapat dibuatkan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{Output}}{P_{Input}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

P_{Input} = Daya Input (Watt)

P_{Output} = Daya Output (Watt)

G = Irradiasi Matahari (W/m²)

Pada aplikasinya, tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu modul sel surya masih cukup kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan dengan cara hubungan seri maupun paralel yang disebut *array*.

Bentuk array ini yang banyak diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut:

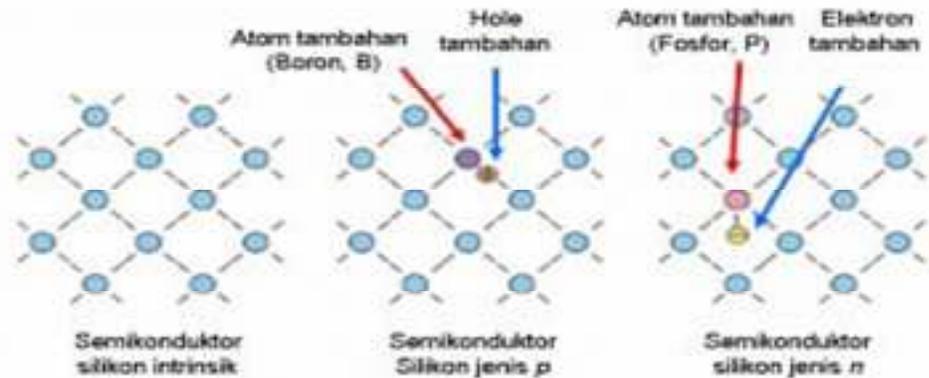


Gambar 2.1 Modul sel surya

2.5 Proses Konversi *Solar cell*

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis N dan jenis P. Semikonduktor yang memiliki kelebihan electron, sehingga kelebihan

muatan negatif, (N= Negatif). Sedangkan semikonduktor kelebihan *hole*, sehingga disebut dengan P (P= Positif), karena kelebihan muatan positif.

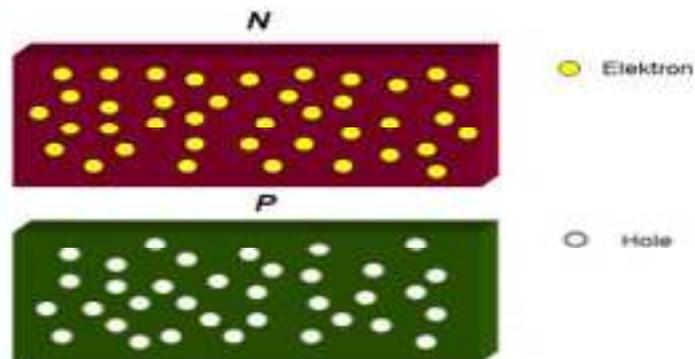


Gambar 2.2 Semikonduktor

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Didalam semikonduktor alami ini, electron maupun *hole* memiliki jumlah yang sama. Kelebihan electron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor N dan P ini jika disatukan akan membentuk sambungan P-N atau dioda P-N istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi

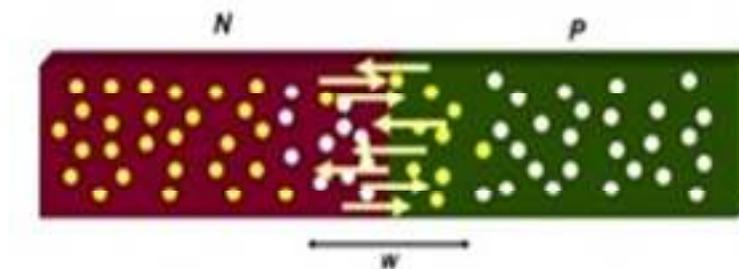
(*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

- Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



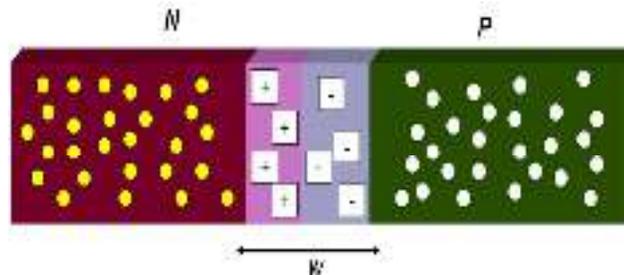
Gambar 2.3 Semikonduktor jenis P dan N sebelum Disambung

- b. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor N menuju semikonduktor P, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor P menuju semikonduktor N.



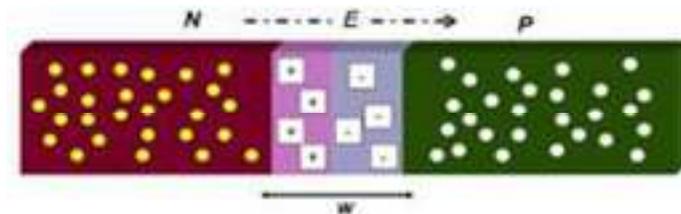
Gambar 2.4 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

- c. Elektron dari semikonduktor N bersatu dengan *hole* pada semikonduktor P yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor P akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, *Hole* dari semikonduktor P bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor N yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



Gambar 2.5 Hasil Muatan Positif dan Negatif pada Semikonduktor

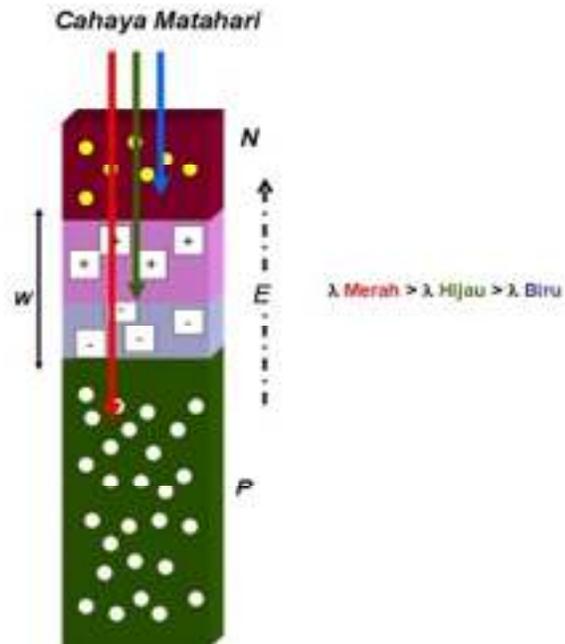
- d. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W.
- e. Baik electron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeban.
- f. Dikarakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal Edarisisi. Positif ke sisi negatif , yang mencoba menarik Kembali *hole* kesemikonduktor P dan electron ke semikonduktor N.



Gambar 2.6 Timbulnya Medan Listrik Internal E

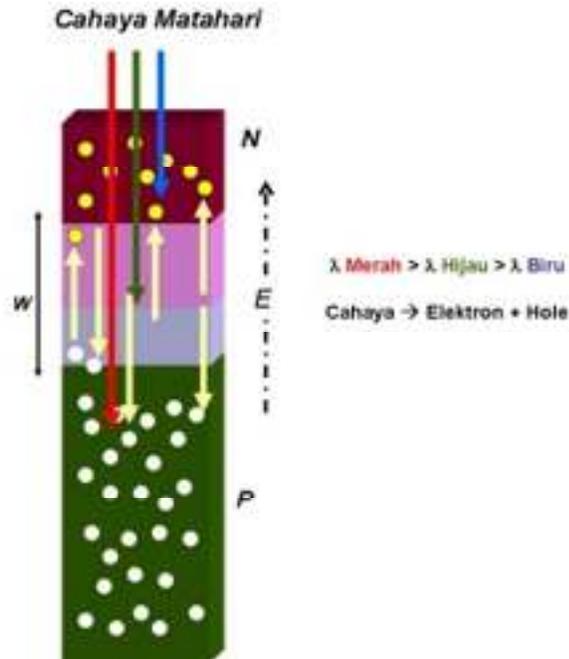
- g. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan P-N ini cenderung berlawanan dengan perpindahan *hole* maupun electron pada awal terjadinya daerah deplesi pada titik seimbang, yakni saat di mana jumlah *hole* yang berpindah dari semikonduktor P ke N dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali ke arah semikonduktor P akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah electron yang berpindah dari semikonduktor N ke P dikompensasi dengan mengalirnya Kembali electron kesemikonduktor N akibat tarikan medan listrik E. Pada sambungan P-N inilah proses konversi radiasi matahari menjadi energi listrik .

Untuk keperluan sel surya, semikonduktor N berada pada lapisan atas sambungan P yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor P, sehingga radiasi matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor P.



Gambar 2.7 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka electron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepas dirinya dari semikonduktor N, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya electron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh electron dan *hole* akibat cahaya matahari.

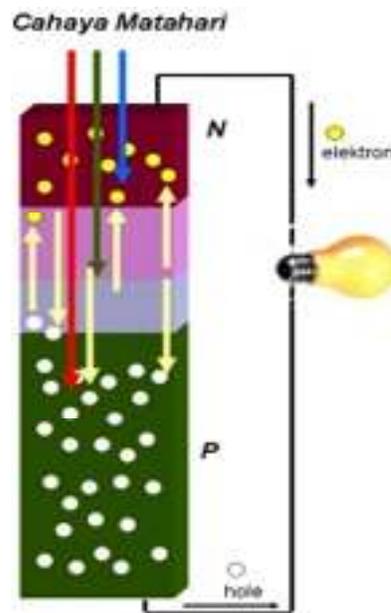


Gambar 2.8 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari

Cahaya matahari dengan Panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lamda” Sebagian Digambar atas) yang berbeda, membuat foto generasi pada sambungan P-N berada pada bagian sambungan P-N yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki Panjang gelombang lebih Panjang, maupun menembus daerah deplesi hingga terserap disemikonduktor P yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan Panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan P-N terdapat medan listrik E electron hasil foto generasi tertarik kearah semikonduktor N, begitupula dengan *hole* yang tertarik kearah semikonduktor P.

Apabila, rangkain kabel dihubungkan kedua bagian semikonduktor, maka electron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan electron.



Gambar 2.9 Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihubung ke lampu

Pada alat ini *solar cell* digunakan sebagai sumber energi pengganti listrik untuk mengisi ulang baterai sekunder (*charger*) yang digunakan untuk menghidupkan portal parkir otomatis. Dan untuk mengetahui daya yang menghasilkan dari *solar cell* pada saat pengisian baterai langsung digunakan rumus.

$$P_{\text{panel}} = V_{\text{panel}} \times I_{\text{panel}} \dots\dots\dots(2.5)$$

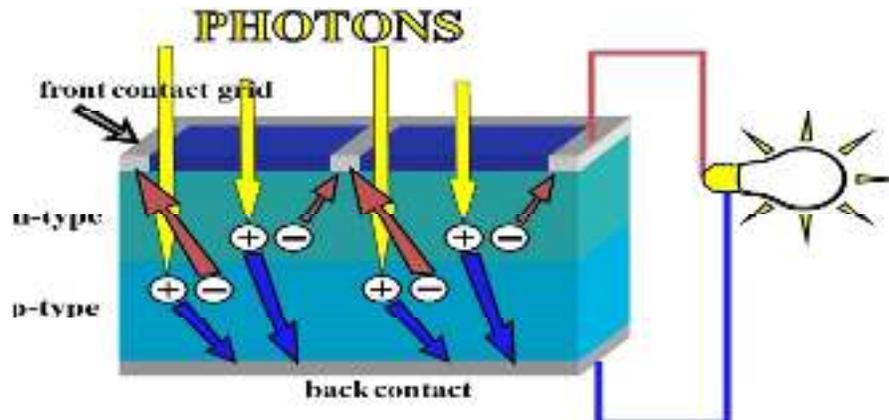
Keterangan :

P_{panel} = Daya panel (dalam watt, W)

V_{panel} = Gaya gerak listrik panel (dalam volt, V)

I_{panel} = Arus panel (dalam Ampere, A)

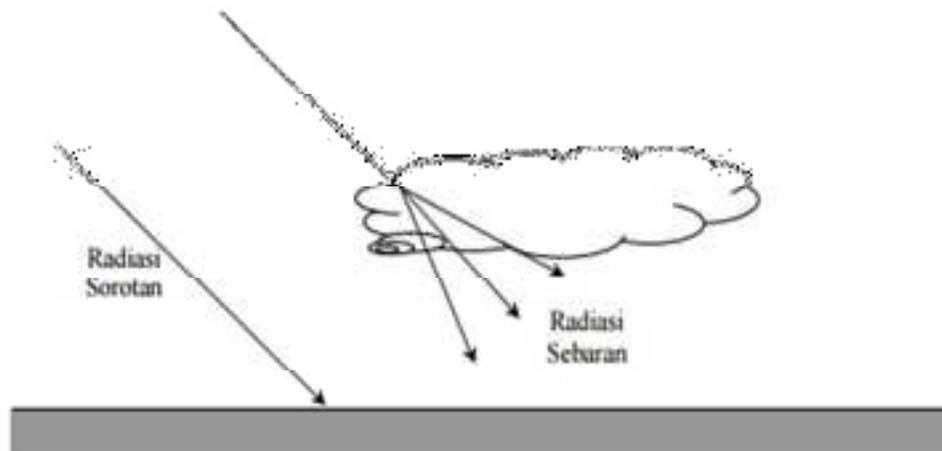
Cara kerja sel surya secara umum dapat dijelaskan pada ilustrasi di bawah ini



Gambar 2.10 konversi Cahaya matahari menjadi energi listrik

2.6 Radiasi matahari Per Hari Pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan Panjang gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap Sebagian radiasi dengan Panjang gelombang yang lebih Panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



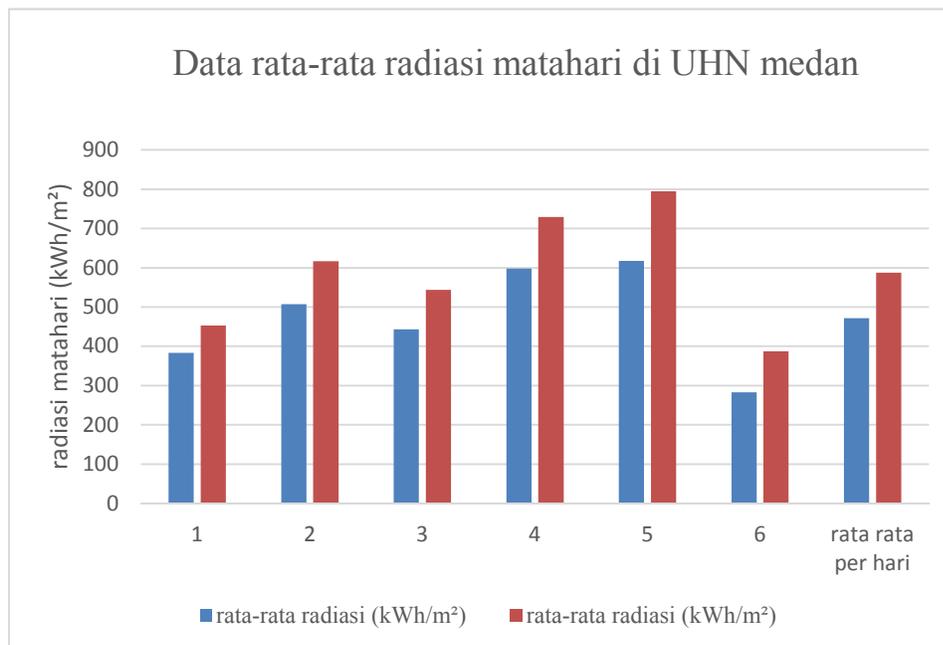
Gambar 2.11 Radiasi Sorotan dan Radiasi Sebaran yang Mencapai permukaan bumi

2.7 Data Radiasi Matahari di UHN Medan

Berikut ini data radiasi matahari di UHN Medan selama 6 hari pengukuran pada bulan April 2023 yang dilakukan oleh penulis untuk studi ini.

Tabel 2.1 Rata-rata radiasi matahari di UHN Medan

| data rata-rata radiasi matahari di UHN medan | | |
|--|---|-------------------------|
| hari ke | rata-rata radiasi (kWh/m ²) | |
| | tegak lurus | mengikuti arah matahari |
| 1 | 382,962 | 452,684 |
| 2 | 507,041 | 616,511 |
| 3 | 443,395 | 543,953 |
| 4 | 598,37 | 728,995 |
| 5 | 617,157 | 795,143 |
| 6 | 282,544 | 387,741 |
| rata rata per hari | 471,9115 | 587,5045 |



Gambar 2. 12 diagram batang rata- rata radiasi matahari di UHN Medan

Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai kepermukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi

(membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

2.8 Jenis Jenis Panel Surya

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6 V tanpa beban atau 0,45 V dengan beban. Untuk mendapatkan besar tegangan yang sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya disusun secara seri. Gabungan dari beberapa sel surya disebut panel/modul surya. Susunan sekitar 10-25 atau lebih panel surya menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari-hari. Berikut ini adalah jenis jenis panel surya.

2.8.1 Monokristal (Mono-crystalline)

Merupakan panel paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Jenis ini adalah yang terbaik dan yang banyak digunakan oleh masyarakat saat ini, adalah jenis Monokristal. Panel ini memiliki tingkat efisiensi antara 6 hingga 15%.



Gambar 2.13 Panel surya Monokristalin

2.8.2 Polikristal (Poly-Crystalline)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak yang terbuat dari kristal silicon dengan tingkat efisiensi polikristal lebih rendah dibandingkan monokristal sehingga harganya cenderung lebih murah.



Gambar 2.14 Panel Surya Polikristalin

2.8.3 Thin Film Photovoltaic

silicon jenis amorphous, yang terdiri dari lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensinya sekitar 4 sampai 8,5% sehingga diperlukan permukaan yang lebih besar daripada monokristal dan polykristal untuk per watt daya yang dihasilkan. 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 ditera setara.



Gambar 2.15 Panel Surya Silikon Amorphous

2.9 Inverter

Inverter merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik DC menjadi energi AC. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah arus DC sehingga pada system PLTS dibutuhkan inverter untuk mengubah energi listrik dari panel tersebut agar dapat menyuplai kebutuhan energi listrik AC pada beban. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga apakah inverter akan menjadi bagian dari system yang tersambung jaringan listrik PLN (On-Grid) atau system yang berdiri sendiri (Off-grid)

Inverter mempunyai 4 fungsi yang mendasar yaitu:

- **Memaksimalkan daya**
Panel surya memiliki titik daya maksimal saat keadaan tertentu. Inverter dilengkapi dengan Maximum Power Point Trackers (MPPT) terus mencari sweet spot dan memaksimalkan energi yang tersedia dari array surya.
- **Konversi**
Panel surya menghasilkan listrik arus searah (DC) dengan kebanyakan array surya menghasilkan 200-600 Volt DC sementara beban menggunakan listrik AC. Jadi inverter akan mengubah listrik DC menjadi listrik AC.
- **Regulasi**
Karena sinar matahari, output matahari dan kondisi grid bervariasi, inverter akan mengatur dan menyinkronkan semua variabel ini sehingga kualitas daya sesuai spesifikasi dan panen daya dimaksimalkan. Regulasi juga mencakup pemantauan dan pemutusan inverter dan modul surya dari jaringan jika diperlukan untuk alasan keamanan atau lainnya.
- **Pemantauan**
Inverter mengukur dan menampilkan informasi, sehingga dapat diperiksa apakah sistemnya berkinerja seperti yang diharapkan atau mendiagnosis kesalahan jika terjadi. Ada banyak pilihan untuk mengakses data termasuk layer tampilan pada inverter, web dan aplikasi berbasis ponsel pintar. Ini akan

berupa internet atau terhubung secara nirkabel ke router. Berdasarkan buku GSES untuk menentukan inverter yang sesuai dengan kebutuhan beban harus dilakukan perhitungan jumlah string yang diperlukan system serta susunan panel yang berdasarkan tegangan input inverter dan tegangan output dari panel. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

Jumlah

$$\text{String} = \frac{(\text{tegangan input inverter})}{(\text{tegangan PV})} \dots\dots\dots (2.6)$$

Jumlah

$$\text{Parallel} = \frac{(\text{Jumlah panel surya})}{(\text{Jumlah string})} \dots\dots\dots (2.7)$$

Inverter pada PLTS On-Grid dapat menghasilkan Kembali tegangan yang sama besar dengan tegangan jaringan PLN pada waktu yang bersamaan dengan tujuan untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan output energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.



Gambar 2.16 Inverter

2.10 Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada sistem solar cell yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi arus searah. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan, yang biasanya dipergunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik,

contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang disimpan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang diartikan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Namun dalam proses pengosongan (discharger), baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimumnya, hal ini dikarenakan agar baterai dapat bertahan lebih lama usia pakainya atau minimal tidak mengurangi usia pakai yang ditentukan dari pabrikan. Batas pengosongan dan baterai sering disebut dengan istilah depth of discharge (DOD), yang dinyatakan dalam satuan persen, biasanya ditentukan sebesar 80%. Banyak tipe dan klasifikasi baterai yang diproduksi saat ini, yang masing-masing memiliki desain yang spesifik dan karakteristik performa berbeda sesuai dengan aplikasi khusus yang dikehendaki. Pada sistem solar cell jenis baterai lead-acid lebih banyak digunakan, hal ini dikarenakan ketersediaan ukuran (Ah) yang ada lebih banyak, lebih murah, dan karakteristik performanya yang cocok. Pada beberapa kondisi kritis, seperti kondisi temperatur rendah digunakan baterai jenis nickelcadmium, namun lebih mahal dan pembiayaannya



Gambar 2.17 Baterai

2.11 Kabel

Kabel terbuat dari bahan konduktor agar mudah menghantarkan listrik dari satu peranti ke peranti. Semakin besar ukuran diameter kabel, semakin mudah electron mengalir sehingga penggunaan kabel tidak lepas dengan perhitungan ukuran

diameter kabel yang akan digunakan. Kabel dapat dibagi menjadi dua jenis, yakni kabel solid dan kabel stranded. Kabel solid adalah kabel yang terbuat dari konduktor solid sepanjang kabel tersebut, sementara kabel stranded adalah kabel yang terbuat dari kabel-kabel solid yang lebih kecil (strand) yang digulung hingga membentuk satu kabel yang lebih besar. Kabel stranded memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas karena kabel jenis ini lebih mudah untuk ditekuk dan digulung daripada kabel solid.



Gambar 2.18 Kabel solid dan Kabel stranded

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan penelitian terkait “**Analisis Efisiensi Output Panel Surya Terhadap Perubahan Intensitas Radiasi Matahari Pada Panel Surya Di PLTS 2 kWp UHN Medan**” dilakukan bersamaan dengan pengumpulan data secara langsung di UHN Medan yang meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan berupa studi literatur yang berguna mengetahui hasil penelitian yang didapat dari penelitian terdahulu yang bertujuan sebagai referensi atau bahan acuan dalam penelitian baterai yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang akan dikerjakan.

2. Pengambilan Data Lapangan

Kemudian pada tahap selanjutnya dilakukan pengambilan data secara langsung di lapangan. Pengambilan data yang dilakukan meliputi perhitungan beban yang diperlukan dalam hal ini beban yang diperlukan adalah lampu untuk penerangan malam sampai pagi hari, kemudian berapa lama beban beroperasi, Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah energi PLTS yang tersedia.

3. Perhitungan Data

Selanjutnya, melakukan perhitungan terhadap data energi listrik yang diserap oleh panel surya, penyerapan biasanya dilakukan pada siang hari dengan asumsi penyerapan dilakukan selama 7 jam, kemudian menghitung energi listrik yang diterima oleh baterai dan disimpan yang selanjutnya akan disalurkan ke beban, penggunaan energi oleh beban dilakukan pada pukul 18.00 -06.00 WIB.

4. Analisa Hasil Perhitungan

Kemudian dilakukan Analisa terhadap hasil perhitungan dari data-data yang ada analisa ini bertujuan untuk mengetahui analisis teknis dan desain dari perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid yang dapat diaplikasikan untuk sebagian kebutuhan listrik UHN Medan.

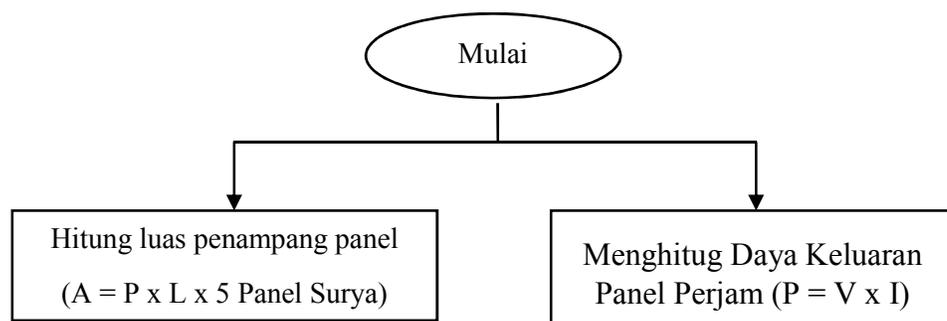
5. Tahapan Kesimpulan

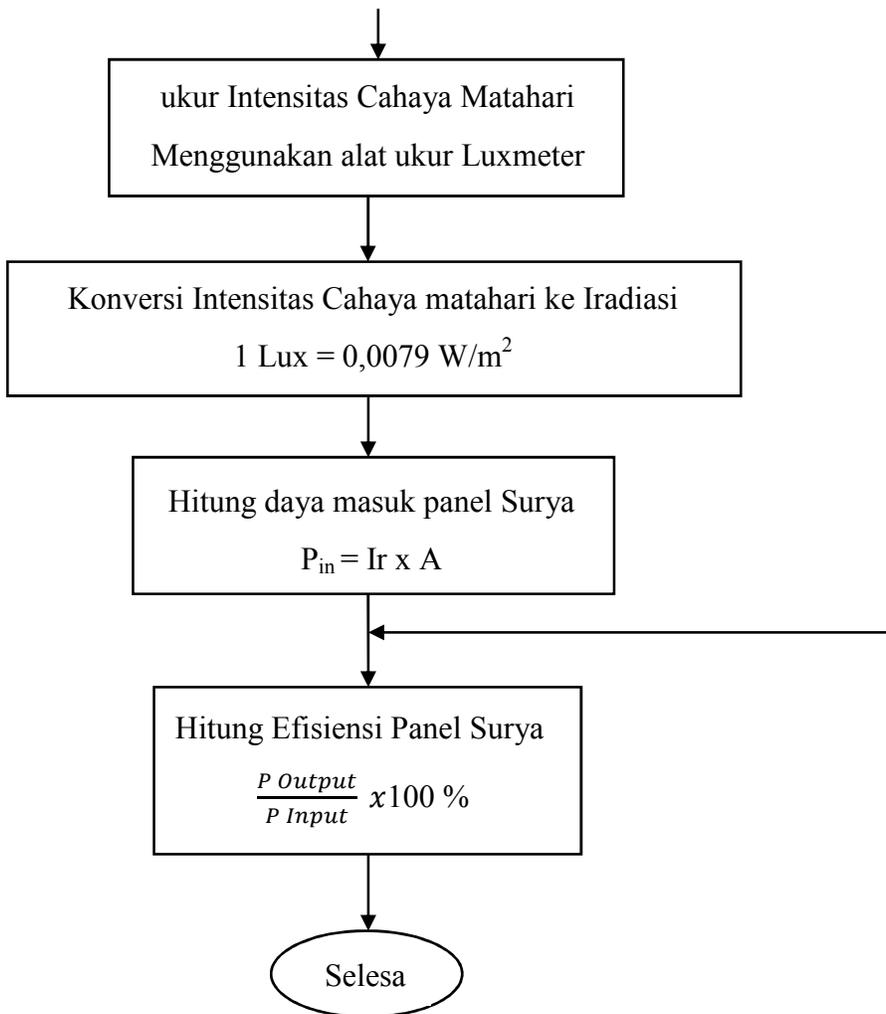
Apabila ada kesalahan perhitungan maka dilakukan perbaikan, jika tidak maka dari analisa tersebut dapat diambil kesimpulan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di PLTS Off-Grid 2 KWP Universitas HKBP Nommensen Medan, jalan sutomo no 4A, Perintis, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara. Waktu penelitian mulai hari Selasa 13 Juni 2023 s.d/Selesai

3.3 Diagram Alir





Gambar 3.1 Flowchat Penelitian

3.4 Spesifikasi Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PLTS 2 kWp yang berada di dalam kampus UHN Medan.



Gambar 3.1 PLTS

OFF GRID 2 kWp

3.5 Peralatan Penelitian dan alat ukur yang dipakai

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data intensitas Cahaya matahari, dan data daya keluaran PLTS. Bahan dan alat ukur yang dipakai meliputi: modul PLTS yang terpasang pada PLTS 2 KWP Universitas HKBP Nommensen Medan, clampmeter, dan lux meter.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Solar Cell

Fungsi solar cell adalah menangkap energi Cahaya matahari lalu dijadikan sebagai energi listrik yang disebut dengan efek photovoltaic. Dalam penelitian ini solar cell merupakan alat yang diukur, cara kerja panel surya dengan mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dan menghasilkan tegangan keluaran arus DC. Solar cell tersebut dari material semikonduktor dengan lapisan sel yang tipis dan juga menggunakan material dari silicon. Jenis solar cell yang digunakan di PLTS 2 KWP adalah jenis *Mono crystalline* yang berkapasitas 430 W. Berikut spesifikasi panel surya dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi Solar Cell

| LR4-72HPH-430M | |
|----------------------------|-------------|
| Rated Maximum Power (Pmax) | 430 W |
| Tolerance | 0 ± 5 W |
| Voltage at Pmax (Vmp) | 40.6 V |

| | |
|-----------------------------|---------------|
| Current at Pmax (Imp) | 10.60 A |
| Open-Circuit Voltage (Voc) | 49.2 V |
| Short-Circuit Current (Isc) | 11.19 A |
| Maximum System Voltage | 1500 V |
| Maximum Series Fuse Rating | 20 A |
| Operating Temperature | -40°C _ +85°C |
| Application Class | Class A |

Bentuk tabel 3.2 dapat dilihat dari data spesifikasi solar cell 2 kWp yang menjadi objek penelitian. Dimana titik daya maksimum atau Rated Maximum Power (Pmax) 1 panel surya sebesar 430 Watt, yang dimana panel surya ini memiliki toleransi sebesar 0 sampai 5 Watt, lalu Tegangan pada daya maksimum (Vmp) adalah tegangan saat keluar daya paling besar mencapai 40.6 Volt pada 1 panel surya. Arus pada daya maksimum atau Current at Pmax (Imp) adalah arus saat keluaran daya paling besar maksimumnya 10.60 Ampere pada 1 panel surya. Tegangan sirkuit terbuka atau Open-Circuit Voltage (Voc) adalah tegangan maksimum yang dapat dihasilkan panel surya tanpa beban, dan maksimumnya sebesar 49.2 Volt. Arus hubung singkat atau Short-Circuit Current (Isc) adalah arus yang mengalir keluar dari panel Ketika kabel positif dan negatif disambungkan bersamaan, sehingga arus Isc pada 1 panel adalah 11.19 Ampere. Lalu tegangan sistem maksimumnya atau Maximum System Voltage bisa mencapai sebesar 1500 Volt. reting Sekring Seri Maksimum atau Maximum Series Fuse Rating adalah sebesar 20 Ampere pada tiap 1 panel surya, lalu Suhu operasional atau Operating Temperature nya pada 1 panel dari mulai -40°C sampai + 85°C. dan panel surya ini adalah kelas A artinya tanpa cacat yang terlihat dan data kelistrikan sesuai spesifikasi.

Panel



Gambar 3.2
Surya

2. Baterai

Baterai digunakan ada dua jenis yaitu baterai MP Power Plus 12 V 200 Ah dan baterai MTC 12 V 200 Ah. Berikut spesifikasi dari kedua baterai, yaitu:

Tabel 3.2 Spesifikasi baterei MP Power Plus

| MP Power Plus 12 V 200 Ah | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Model | JHX 200-12 G |
| Size | 543 x 253 x 269 mm |
| Type | VRLA GEL and Rechargeable Battery |
| Weight | 60.5 kg |

Bentuk tabel

3.2 dapat dilihat dari spesifikasi baterai MP Power Plus 12 V 200Ah dengan Model JHX 200-12 G, memiliki Panjang 54,3 cm, lebar 25,3 cm dan tinggi 26,9 cm, dengan tipe VRLA GEL and Rechargeable Battery atau baterai dengan elektrolit Gel sebagai pengganti elektrolit cair dan baterai ini merupakan baterai isi ulang dan memiliki berat 60.5 Kg.



Gambar 3.3 Batrei MP Power Plus

3. Inverter

Inverter yang digunakan adalah inverter hybrid 5,5 Kw

Tabel 3.3 Sfesifikasi Inverter Hybrid 5,5 Kw

| Sfesifikasi | Keterangan |
|-------------|------------|
|-------------|------------|

| | |
|--------------------------|--------|
| Model | 5,5 |
| Gauge | 10 AGW |
| Cable (mm ²) | 6 |
| Torque Value | 12 Nm |

Bentuk tabel 3.3 dapat dilihat dari spesifikasi Inverter Hybrid 5,5 Kw yang berada pada PLTS 2 kWp dimana inverter hybrid mengubah daya DC menjadi AC menggunakan tenaga PV. Inverter ini dapat menyimpan daya AC dalam baterai sebesar 5,5 Kw. Pengukuran kawat kabel atau ketebalan kabel yang digunakan adalah 10 AGW dengan luas penampang dari kabel 6 (mm²) dan memiliki nilai torsi sebesar 12 Nm (Newton Meter)



Gambar 3.4 Inverter

4. Clampmeter

Clamp meter adalah alat ukur tegangan atau kuat arus dimana dua rahang penjepit atau clamp tanpa harus kontak langsung dengan terminal listrik.



Gambar 3.5 Clamp Meter

5. Luxmeter

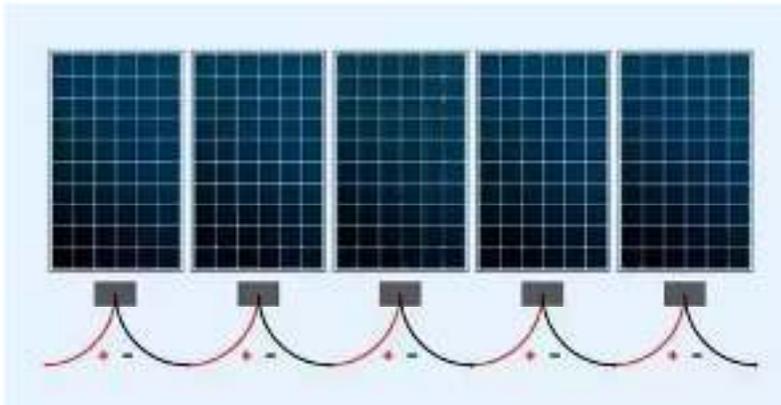
Untuk mengukur intensitas radiasi cahaya matahari disekitar tempat dilakukannya percobaan digunakan luxmeter dengan tipe AS803



Gambar 3.6 Luxmeter

3.6 Susunan Panel Surya Pada PLTS 2 KWP

Total panel surya yang terpasang pada PLTS 2 kWp adalah 5 unit panel dengan kapasitas setiap panel sebesar 430 Wp. Panel yang terpasang dihubungkan secara seri.



Gambar 3.7 Rangkaian seri panel surya 2 KWP

3.7 Prosedur Penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Pengukuran dilakukan mulai pukul 09.00 WIB dimana pengukuran dilakukan setiap 1 jam sekali mulai jam 09.00 WIB sampai 17.00 WIB. Pengukuran ini dilakukan selama 1 minggu.

2. Mengukur intensitas radiasi matahari
3. Mengukur tegangan
4. Mengukur arus
5. Menulis data hasil pengukuran sesuai selang waktu yang telah ditentukan