

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya ada 2 jenis di Universitas HKBP Nommensen yakni PLTS On Grid yang berkapasitas 618.9 kWp berada di lantai 5 gedung universitas HKBP Nommensen dan setiap panel terdiri atas 520 Wp. PLTS jenis ini sudah beroperasi sejak tahun 2021 dan sudah dipakai untuk menopang Sebagian beban listrik yang di gunakan di universitas HKBP Nommensen. PLTS yang kedua adalah PLTS jenis OFF Grid yang berdiri sendiri tanpa terhubung dengan PLN. PLTS ini memiliki kapasitas 17 KWp yang terdiri dari 3 tempat masing-masing terpasang PLTS Off grid berkapasitas 10 KWp, 5 KWp, dan 2 KWp. Masing-masing PLTS ini terdiri dari panel surya yang masing masing berkapasitas 430 KWp.

PLTS ini merupakan kerja sama antara UHN dengan KEMDIKBUDRISTEK yang dikenal dengan program Riset KEDAIREKA MF 2022. Setiap tahapan pembangunan PLTS tersebut seluruhnya dikerjakan oleh mahasiswa Fakultas Teknik UHN. PLTS tersebut telah sukses didirikan dan sudah beroperasi sejak Desember 2022, PLTS tersebut beroperasi dengan menggunakan *autotracking* untuk mengoptimalkan energi matahari yang ada, kemudian PLTS tersebut telah mampu mencukupi beban yang ada yaitu lampu penerangan trotoar sebesar 230 buah dengan daya masing-masing sebesar 20 watt dan 17 watt, PLTS ini sudah mampu melayani lampu penerangan trotoar lantai 1 gedung I dan juga lantai 1 dan 2 gedung L UHN.

Dalam proses pengaplikasiannya, PLTS OFF GRID didukung oleh komponen-komponen PLTS antara lain panel surya, *solar charge control*, inverter, dan juga baterai. PLTS memerlukan baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya setelah melewati solar charge control terlebih dahulu, dan kemudian di salurkan ke beban melalui inverter. Pada PLTS 10 KWp terdapat 2 buah *smart* inverter yang masing-masing berkapasitas 5 kw. Dalam sebuah inverter 5 kw didukung oleh 12 buah baterai dengan tegangan 12 volt dan total arus 200 Ah yang disusun secara seri dan parallel, dengan keberhasilan

PLTS tersebut maka perlu dilakukan analisa untuk meneliti bagaimana kemampuan dan kinerja PLTS tersebut terutama baterai sebagai komponen utama PLTS off Grid.

Maka dari itu, dari berbagai komponen yang ada dalam PLTS, penulis tertarik untuk membahas dan meneliti baterai yang digunakan pada PLTS kedaireka 10 KWp secara mendalam. Sehubungan dengan hal tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Penentuan Kapasitas dan Jumlah Baterai untuk PLTS KEDAIREKA 10 kWp terhadap Keperluan Daya Listrik Malam Hari di UHN Medan**”.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penulisan ini adalah:

1. Berapa besar energi listrik yang akan tersimpan ke baterai yang dihasilkan panel surya pada PLTS 10 KWp di UHN Medan.
2. Berapa besar energi listrik yang digunakan beban lampu pada trotoar Gedung I dan L UHN Medan dari PLTS 10 KWp pada malam hari.
3. Berapa idealnya jumlah baterai yang diperlukan pada PLTS 10 KWp untuk dapat memenuhi kebutuhan beban pada malam hari.

1.3. Batasan Masalah

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

1. Pembahasan hanya mencakup baterai yang digunakan pada PLTS 10 kWp.
2. Pembahasan distribusi dan kebutuhan energi listrik hanya mencakup lampu trotoar yang berada gedung I dan L Universitas HKBP Nommensen.
3. Tidak membahas lebih dalam PLTS secara keseluruhan melainkan berfokus pada baterai PLTS.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui berapa besar energi listrik yang akan tersimpan ke baterai oleh panel surya yang ada pada PLTS 10 KWp di UHN Medan.
2. Untuk mengetahui berapa besar energi listrik yang digunakan beban lampu pada trotoar Gedung I dan L UHN Medan dari PLTS 10 KWp.
3. Untuk mengetahui berapa idealnya jumlah baterai yang diperlukan pada PLTS 10 KWp untuk dapat memenuhi kebutuhan beban listrik yang ada.

Adapun manfaat dari penulisan ini diharapkan dapat digunakan sebagai literatur bagi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan ruang lingkup yang sama.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur ialah pendekatan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut bisa dicari dari buku, jurnal, artikel, laporan penelitian dan situs-situs online di internet. Output yang dihasilkan dari studi literatur ialah terkoleksinya referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

2. Observasi Lapangan

Melakukan Observasi Lapangan, dengan pengamatan secara langsung ke lapangan analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisan menggunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

3. Analisa dan pengujian

Analisa adalah tindakan yang memuat sejumlah kegiatan seperti mengurai, membedakan, memilah sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kembali menurut kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya, sedangkan pengujian merupakan percobaan untuk mengetahui mutu sesuatu (ketulenan, kecakapan, ketahanan, dan sebagainya).

1.6. Kontribusi Tugas Akhir

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada:

1. Mahasiswa Teknik Elektro Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Peneliti bidang PLTS Off-Grid.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari laporan penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bagian:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan 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, Baterai pada PLTS, dan komponen PLTS.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian di mulai 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 I hingga BAB IV menjadi kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya terkait penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. 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.

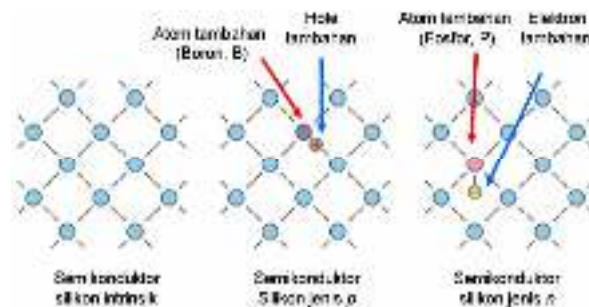
6. Relatif aman
7. Keandalannya semakin baik
8. Adanya aspek masyarakat pemakai yang mengendalikan sistem itu sendiri
9. Mudah untuk diinstalasi
10. Radiasi matahari sebagai sumber energi tak terbatas
11. Tidak menghasilkan CO₂ serta emisi gas buang lainnya.

2.2. 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.

2.3. Proses Konversi

Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n adalah semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif ($n = \text{negatif}$). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ($p = \text{positif}$) karena kelebihan muatan positif. Dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar berikut ini.



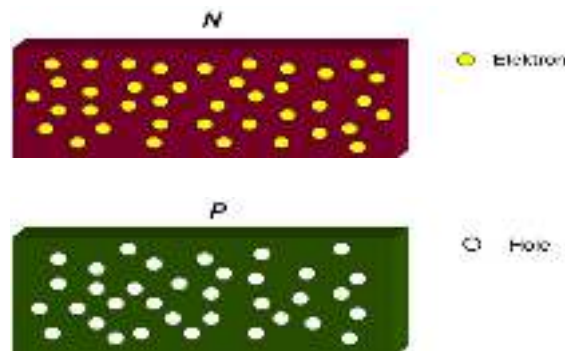
Gambar 2.1 Semikonduktor

Pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami yang diakibatkan oleh kelebihan elektron atau hole. Di dalam semikonduktor alami (semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama.

Semikonduktor intrinsik ialah silikon (Si) yang tidak mengandung unsur tambahan. Semikonduktor jenis p dibuat dengan menambahkan boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke Si yang akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis n dibuat dengan menambah unsur nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam Si sehingga diperoleh tambahan elektron. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut doping yang jumlahnya tidak lebih dari 1% dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-doping.

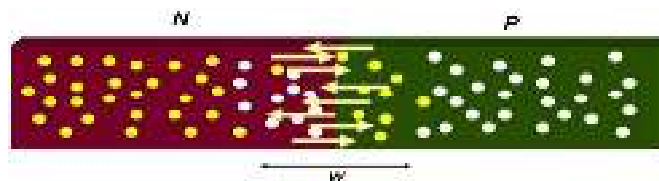
Semikonduktor n dan p jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n (sambungan metalurgi/metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut:

Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



Gambar 2.2 Semikonduktor tipe P dan N

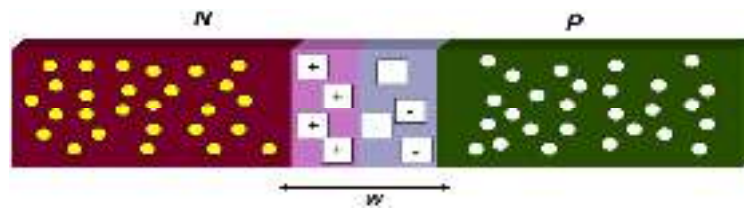
Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung terjadi perpindahan elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n. Perpindahan elektron maupun hole ini hanya sampai jarak tertentu dari batas sambungan awal.



Gambar 2.3 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

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 mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang, daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

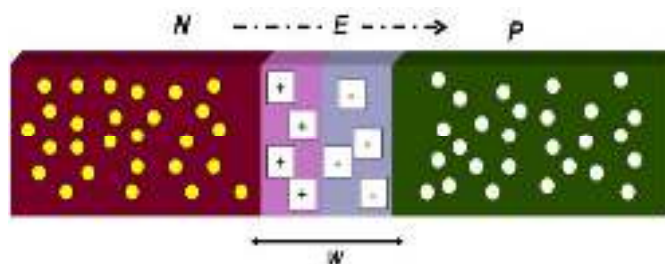
Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletion region) ditandai dengan huruf W.



Gambar 2.4 Terbentuk Daerah Deplesi

Elektron maupun hole pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena keberadaannya pada jenis semikonduktor yang berbeda.

Adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul medan listrik internal (E) dari sisi positif ke sisi negatif yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi (nomor 1 di atas).

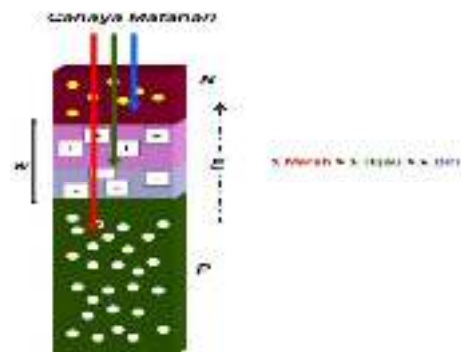


Gambar 2.5 Timbulnya Medan Listrik Internal (L)

Adanya medan listrik (E) mengakibatkan sambungan p-n berada pada titik setimbang dengan cara mencegah seluruh elektron dan hole berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain. Jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi sesuai dengan jumlah hole

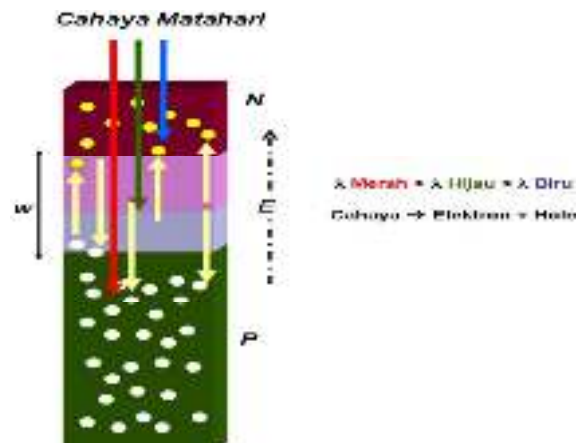
yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p. Jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik (E).

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Pada sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari dan dibuat jauh lebih tipis daripada semikonduktor p sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus diserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.6 Konversi cahaya menjadi energi listrik

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor p. Terlepasnya elektron ini mengakibatkan fotogenerasi elektron-hole (electron-hole photogeneration) yakni, proses terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.

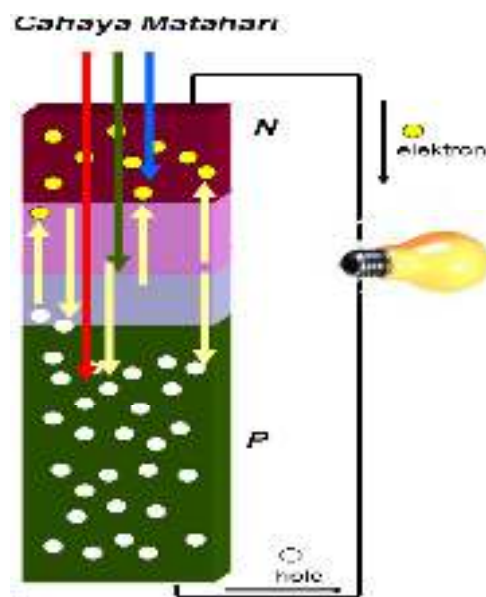


Gambar 2.7 Fotogenerasi Elektron -Hole

matahari dengan panjang gelombang (“lambda (λ)”) yang berbeda membuat fotogenerasi pada sambungan p-n berada pada bagian yang berbeda pula.

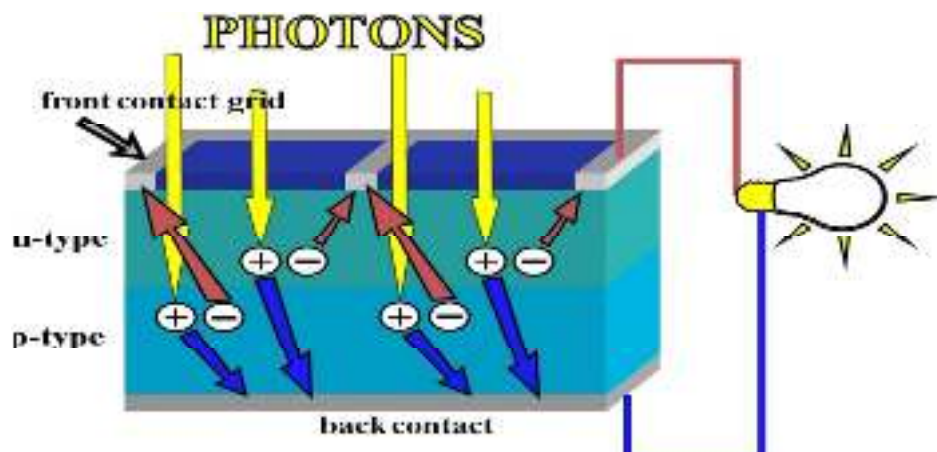
Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi disana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Pada sambungan p-n terdapat medan listrik (E), sehingga elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n dan hole tertarik ke arah semikonduktor p.

Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel akan menyala dikarenakan mendapat arus listrik yang timbul akibat pergerakan elektron.



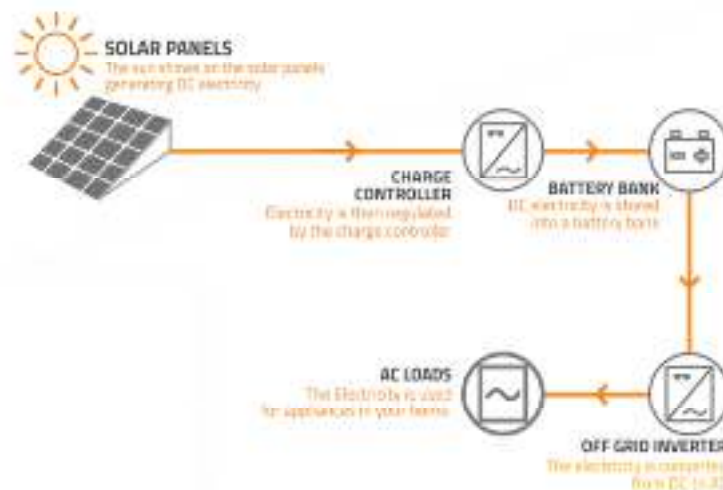
Gambar 2.8 Elektron Mengalir Melalui Kabel ke Lampu

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



Gambar 2.9 Proses Konversi Cahaya Matahari menjadi Energi Listrik

2.4. Komponen -Komponen PLTS Off Grid



Gambar 2.10 Blok Diagram PLTS off Grid

2.4.1. Panel Surya

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai 3×10^{24} Joule/tahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1% saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua sifat yaitu sebagai gelombang dan sebagai partikel

yang disebut dengan photon. Ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang λ dan frekuensi photon dirumuskan dengan persamaan:

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

dengan,

E = Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya

h = konstanta Plancks (6.62×10^{-34} J.s)

c = kecepatan cahaya dalam vakum (3×10^8 m/s)

λ = panjang gelombang

Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah perangkat semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik.

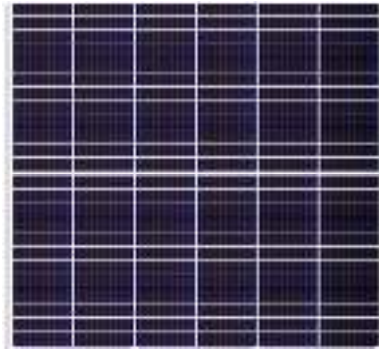
Pada prinsipnya, sel surya identik dengan peranti semikonduktor dioda. Hanya saja saat ini strukturnya menjadi lebih rumit karena perancangannya yang lebih cermat untuk meningkatkan efisiensinya. Untuk penggunaan secara luas dalam bentuk arus AC masih diperlukan peralatan tambahan seperti inventer, baterai penyimpanan dan lain-lain. Kemajuan dari penelitian akan material semikonduktor sebagai bahan inti sel surya menjadi kunci bagi pengembangan teknologi ini. Dalam teknologi sel surya, terdapat berbagai pilihan penggunaan material intinya. Mono-crystalline sebagai pioner dari sel surya masih menjadi pilihan utama karena bisa mencapai efisiensi lebih dari 20% untuk skala riset. Sedangkan sel surya kristal silikon yang sudah diproduksi berefisiensi sekitar 12%. Namun, penggunaan material ini dalam bentuk lempengan masih tergolong mahal dan volume produksi lempeng silikon tidak dapat mencukupi kebutuhan pasar bila terjadi penggunaan sel surya secara massal. Sehingga untuk penggunaan secara massal harus mempertipis lapisan silikonnya dari ketebalan sel yang sekarang.

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 10-20 atau lebih panel surya menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari-hari. Berikut ini adalah jenis-jenis panel surya:

1.Monokristal (*Mono-crystalline*)

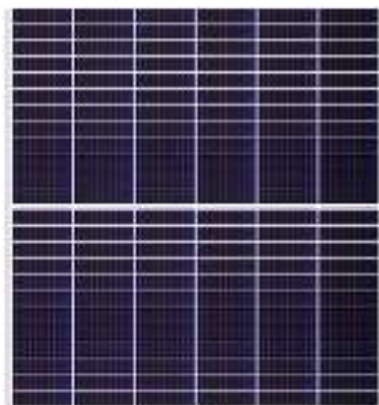
Merupakan panel paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat beriklim ekstrem. Efisiensi panel ini sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel ini adalah tidak berfungsi dengan baik apabila cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.11 Panel surya mono-crystalline

2.Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dibuat dengan proses pengecoran. Polikristal memerlukan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Efisiensi polikristal lebih rendah dibandingkan monokristal sehingga harganya cenderung lebih murah.



Gambar 2.12 Panel surya poli-crystalline

3.Thin Film Photovoltaic

Merupakan panel surya terdiri dari lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi 8.5% sehingga diperlukan permukaan lebih besar daripada monokristal & 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 .13 Panel Surya Thin Film Photovoltaic

2.4.2. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh').Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
3. Monitoring temperatur baterai.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.



Gambar 2.14 Solar Charge Controll
(Sumber: IVC)

2.4.3. Inverter

Inverter merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya adalah arus DC sehingga pada sistem 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 sistem yang tersambung jaringan listrik PLN (On-Grid) atau sistem yang berdiri sendiri (Off-grid) (Wiyadinata, 2013).

Inverter mempunyai 4 fungsi yang mendasar, yaitu:

1. Memaksimalkan daya

Panel surya memiliki titik daya maksimum saat keadaan tertentu. Inverter dilengkapi dengan Maximum Power Point Trackers (MPPT) terus mencari sweet spot dan memaksimalkan energi yang tersedia dari array surya.

2. 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.

3. 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.

4. 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 layar tampilan pada inverter, web dan aplikasi berbasis ponsel pintar. Ini akan berupa ethernet atau terhubung secara nirkabel ke router.

Berdasarkan buku GSES untuk menentukan inverter yang sesuai dengan kebutuhan beban harus dilakukan perhitungan jumlah string yang diperlukan sistem serta susunan panel yang berdasarkan tegangan input inverter dan tegangan output dari panel surya. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah string} = \frac{(\text{tegangan input inverter})}{(\text{Tegangan PV})} \quad (2.2)$$

$$\text{Jumlah parallel} = \frac{(\text{Jumlah panel surya})}{(\text{Jumlah string})} \quad (2.3)$$

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 2.15 inverter
(Sumber: 4WD Supacetre)

2.4.4. 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 (back up), 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 (life time), atau minimal tidak mengurangi usia pakai yang ditentukan dan 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 nickellcadmium, namun lebih mahal dan segi perbiayaannya.

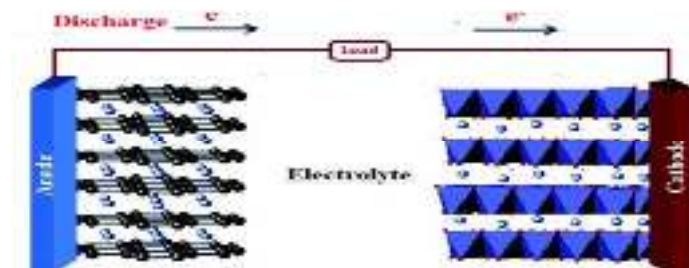


Gambar 2.16 Baterai

2.4.4.1. Prinsip Kerja Baterai

Baterai mampu mengalirkan arus listrik dikarenakan terdapat beda potensial antara anoda dan katoda, ketika baterai disambungkan melalui rangkaian listrik eksternal maka listrik akan mengalir karena terdapat beda potensial tersebut, arus tidak akan mengalir didalam baterai dikarenakan terdapat separator dan elektrolit yang berfungsi sebagai isolator untuk elektron dan berfungsi sebagai konduktor untuk ion.

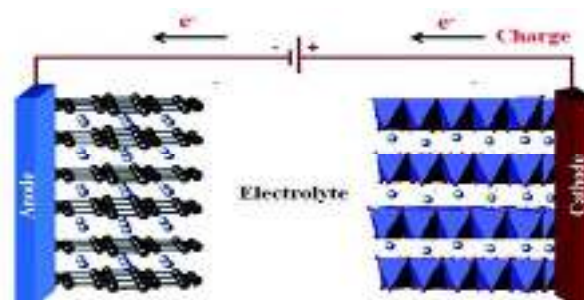
Baterai memiliki 2 proses yaitu proses discharging dan charging, pada proses discharging yang diperlihatkan pada gambar 2.16, apabila sel baterai dihubungkan ke beban maka elektron akan mengalir dari anoda ke katoda melalui beban, yang kemudian anoda dialiri oleh ion-ion negatif dan katoda dialiri oleh ion-ion positif.



Gambar 2.16 Proses Discharge

Pada saat proses discharge anoda akan melepaskan elektron lalu elektron akan mengalir keluar dari baterai melalui rangkaian eksternal, sedangkan untuk ion akan mengalir melalui elektrolit menuju ke katoda sehingga katoda akan menangkap semua ion yang melewati separator, setelah semua ion di anoda sudah berpindah semua ke katoda maka baterai perlu dicharge kembali .

Selanjutnya pada proses charging yang ditunjukkan pada gambar 2.17 yaitu apabila sel dihubungkan dengan power supply maka elektroda positif akan menjadi katoda dan elektroda negatif akan menjadi anoda dan proses kimia yang terjadi pada baterai yaitu aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari katoda ke anoda melalui powersupply, ion-ion negatif mengalir dari anoda ke katoda dan ion-ion positif mengalir dari katoda ke anoda.



Gambar 2.17 Proses Charge

Pada saat proses charge elektron akan berbalik arah dan mengalir dari katoda ke anoda melewati rangkaian eksternal, untuk ion mengalir dari katoda ke anoda melalui elektrolit .

2.4.4.2. Kontruksi Baterai

Baterai memiliki beberapa kontruksi penyusun, untuk masing-masing kontruksi bisa dijelaskan sebagai berikut:

1. Elektroda

Elektroda adalah plat material aktif dari baterai yang nantinya akan bereaksi terhadap larutan elektrolit. Ketika proses pengisian atau pengosongan, tiap sel baterai terdapat dua elektroda yaitu elektroda positif dan negatif, elektroda positif dan negatif ini tersusun dari kumpulan grid yang nantinya sebagai wadah untuk material aktif.

2. Elektrolit

Elektrolit merupakan sebuah larutan atau cairan yang didalamnya terkandung senyawa kimia yang berfungsi menghantarkan arus listrik, larutan tersebut dapat membentuk muatan positif dan negatif atau biasa disebut dengan ion positif dan ion negatif, semakin besar ion yang

dihasilkan oleh elektrolit maka semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan.

3. Sel baterai

Sel baterai adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan elektroda (elektroda positif dan elektroda negatif) dan elektrolit.

4. Kotak baterai

Kotak baterai adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan semua komponen penting baterai, bahan yang digunakan ada dua macam yaitu *steel container* yang terbuat dari steel dan biasa ditempatkan didalam rak kayu dan *plastic container* yang terbuat dari plastik dan biasa ditempatkan di dalam rak besi yang diisolasi.

5. Terminal baterai

Terminal pada baterai terdiri dari terminal positif dan terminal negative.

6. Konektor

Konektor adalah penghubung yang berfungsi untuk menghubungkan kutub sel pada baterai, bahan yang bisa digunakan adalah *nickle plated steel* atau *cooper*.

2.4.4.3. Jenis Jenis Baterai

1. Baterai Lead Acid

Baterai lead acid menggunakan PbO_2 atau lempeng oksida untuk kutub positifnya dan menggunakan Pb atau lempeng timbal untuk kutub negatifnya, sedangkan untuk larutan elektrolit menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), baterai lead acid dibagi menjadi 2 jenis yaitu starting battery dan deep cycle battery, untuk penjelasannya adalah sebagai berikut:

a. *Starting Battery*

Baterai jenis ini sering digunakan pada kendaraan otomotif seperti motor dan mobil, baterai jenis ini mampu menghasilkan arus listrik yang tinggi dalam waktu singkat, setelah mesin dihidupkan baterai akan selalu diisi oleh alternator yang menyebabkan baterai selalu penuh, idealnya baterai ini dapat digunakan 10-20% dari kapasitas nominalnya.

b. *Deep Cycle Battery*

Baterai ini biasa dipakai di industri dan dirancang untuk menghasilkan arus listrik yang stabil dalam waktu lama, baterai jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus charge dan discharge yang berulang-ulang, baterai jenis ini dapat digunakan hingga 80% dari kapasitas nominalnya, baterai deep cycle ini dibagi menjadi 2 yaitu Flooded Lead Acid Battery (FLA) dan Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA).

2. *Flooded Lead Acid Battery (FLA)*

Baterai FLA ini merupakan salahsatu jenis dari baterai deep cycle dan biasa disebut dengan aki basah, disebut aki basah karena sel yang ada didalam aki harus terendam dengan cairan elektrolit supaya dapat berfungsi secara optimal .



Gambar 2.18 Baterai Jenis FLA

3. *Valve Regulated Lead Acid Battery (VRLA)*

Baterai VRLA ini merupakan salahsatu jenis dari baterai deep cycle dan baterai ini biasa dikenal sebagai baterai yang bebas perawatan karena tidak terdapat katup untuk isi ulang cairan elektrolitnya, hanya ada katup ventilasi yang digunakan untuk pembuangan gas hasil dari reaksi kimia, baterai ini juga didesain supaya cairan elektrolit baterai tidak berkurang karena adanya penguapan atau kebocoran .



Gambar 2. 19 Baterai Jenis VRLA

Reaksi kimia dari baterai VRLA ini sama dengan baterai lead acid pada umumnya, yang membedakan dari baterai VRLA ini adalah konstruksinya, salahsatunya terdapat lapisan penyekat berupa *absorptive glass mat* (AGM) yang berfungsi sebagai pencegah adanya arus pendek antar elektroda dan menyerap elektrolit supaya tersimpan di pori-pori penyekat, perbedaan dengan baterai jenis FLA adalah gas yang dihasilkan dari reaksi kimia lebih sedikit dikarenakan adanya sirkulasi elektrolisis yang menahan supaya air tidak naik sehingga air tidak bereaksi, pada kontainer baterai VRLA terdapat lubang ventilasi yang berguna untuk menjaga tekanan didalam baterai supaya tidak berlebih.

4. Baterai Alkali

Umumnya yang banyak digunakan pada instalasi PLN adalah baterai alkali NiCd (Nickel Cadmium), meskipun juga ada beberapa menggunakan baterai alkali NiFe (Nickel Iron). Baterai alkali ini memiliki berbagai ciri yaitu untuk tegangan nominal setiap sel nya adalah 1,2 V, nilai berat jenis elektrolitnya tidak sebanding dengan kapasitas baterai, untuk tegangan pengisian 1,40-1,44 V untuk floating charge, 1,50-1,60 V untuk equalizing charge dan 1,65-1,70 V untuk boost charge .

Baterai alkali memiliki 2 elektroda yaitu elektroda positif dan elektroda negatif, elektroda ini berbeda jenisnya tergantung dari jenis baterai alkali yang digunakan yaitu NiFe atau NiCd, untuk larutan elektrolit yang terkandung dalam baterai alkali adalah larutan KOH (Potassium hydroxide).

2.4.4.4. Rangkaian Baterai

Beberapa jenis rangkaian yang biasa digunakan pada instalasi baterai di PLN guna meningkatkan keandalan penggunaan baterai adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian Seri

Baterai yang dihubungkan secara seri digunakan untuk dapat meningkatkan jumlah tegangan baterai sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh peralatan, kelemahan dalam rangkaian seri ini yaitu ketika salah satu baterai yang terpasang mengalami gangguan maka akan terpengaruh kepada sel yang lain dan bisa menyebabkan suplai baterai ke beban terputus.

2. Rangkaian Pararel

Baterai yang dihubungkan secara pararel digunakan untuk dapat meningkatkan arus baterai, ketika salah satu sel baterai mengalami gangguan maka tidak akan berdampak pada sel baterai yang lain sehingga baterai tetap dapat mensuplai ke beban.

3. Rangkaian kombinasi

Baterai dihubungkan secara pararel dan seri dengan maksud dapat memenuhi kebutuhan yang lebih baik, yaitu pada tegangan, arus ataupun keandalan sistem.

2.4.4.5. Rumus Perhitungan

1. Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai menunjukkan jumlah listrik yang disimpan baterai yang dapat dilepaskan sebagai sumber listrik, kapasitas baterai juga dapat diartikan sebagai besarnya energi listrik yang dapat diberikan oleh baterai saat baterai tersebut dalam kondisi terisi penuh. Kapasitas baterai dipengaruhi oleh kualitas dan volume larutan elektrolit, jumlah sel dalam baterai, ukuran dan jumlah plat dalam baterai.

Kapasitas baterai dihitung dalam ampere (Ah), dengan Rumus Kapasitas baterai sebagai berikut:

$$C = I \times t \quad (2.4)$$

dengan,

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (Ampere)

t = Waktu pemakaian (hour)

2. Daya pada Baterai

Baterai yang digunakan pada sistem instalasi PLTS off-grid pun memiliki siklus charging atau pengisian daya. Untuk baterai off-grid, satu siklus pengisian daya berarti satu kali charge dan satu kali discharge. Daya baterai dihitung dalam watt (W) Dengan Rumus:

$$P = V \times I \quad (2.5)$$

dengan,

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya Baterai} \quad (\text{W}) \\ V &= \text{Tegangan Baterai} \quad (\text{V}) \\ I &= \text{Arus Baterai} \quad (\text{Ah}) \end{aligned}$$

3. Efisiensi Baterai

Efisiensi suatu baterai didefinisikan sebagai persentase ratio atau perbandingan dari kapasitas pengosongan terhadap kapasitas pengisian. Efisiensi baterai menurut standar PLN adalah >80% dan baterai sudah dikatakan kurang baik Ketika efisiensi baterai <60%.

Efisiensi baterai dihitung dengan rumus berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (2.6)$$

dengan,

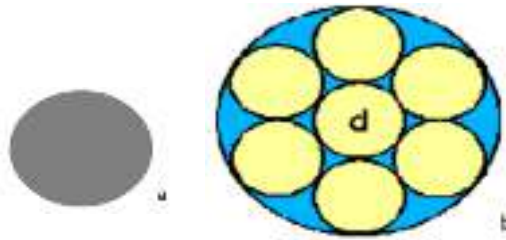
$$\begin{aligned} \eta &= \text{Efisiensi Baterai} \quad (\%) \\ P_{out} &= \text{Daya Keluaran Baterai} \quad (\text{Watt}) \\ P_{in} &= \text{Daya masuk Baterai} \quad (\text{Watt}) \end{aligned}$$

2.5. Kabel

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

Kabel dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu 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) dan 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. 20 (a) kabel solid (b) kabel stranded dengan 7 helai

Ukuran diameter pada sebuah kabel dapat diukur dengan satuan panjang pada umumnya. Selain ukuran diameter, ukuran luas penampang melintang kabel juga dapat dihitung dengan satuan mils. Bentuk ukuran luas penampang kabel adalah lingkaran, sehingga satuannya disebut circular mils. Satu circular mils adalah luas penampang lingkaran yang diameternya 1/1.000 inch (Saputra, 2015).

Dalam penentuan perhitungan panjang kabel pada buku GSES dalam satu lokasi semua peralatan telah diperhitungkan untuk menentukan rute kabel. Rute kabel mencakup:

- Dari PV array ke junction box dan junction box ke inverter, atau
- Dari PV array langsung ke inverter dan
- Inverter untuk switch board atau distribution board

Jarak kabel ini perlu diukur karena jarak akan digunakan untuk memilih ukuran kabel dan perhitungan kerugian sistem. Untuk menentukan ukuran kabel, menggunakan rumus:

$$q = \frac{L.N}{y.ev.E} \quad (2.7)$$

dengan,

- q : Ukuran penampang kabel (mm²)
- L : Panjang kabel (m)
- N : Daya (Watt)
- y : Daya hantar jenis tembaga
- ev : Drop tegangan (perkiraan losses kabel & terminal) (V)
- E : Tegangan yang melewati penghantar (V)

Jenis kebanyakan kabel yang tersedia di pasaran dapat digunakan untuk sistem panel surya. Acuan pemilihan kabel menurut standar GSES, yaitu:

- Memiliki banyak inti

- Memiliki lapisan yang tahan sinar UV dan tahan air
- Pemilihan kapasitas tegangan dan arus maksimum kabel bergantung dari nilai dan jumlah string.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan penelitian terkait “**Analisis Penentuan Kapasitas dan Jumlah Baterai Untuk PLTS Kedaireka 10 kWp terhadap Keperluan Daya Listrik Malam Hari Universitas HKBP Nommensen Medan**” dilakukan bersamaan dengan pengumpulan data secara langsung di UHN Medan yang meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Pengambilan Data Lapangan

Pada tahap ini 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.

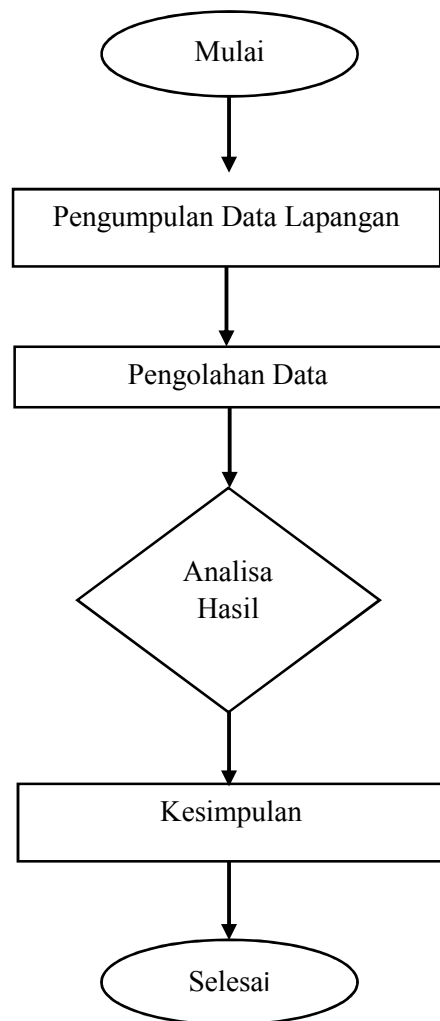
2. Pengolahan Data

Selanjutnya, melakukan perhitungan terhadap data energi listrik yang diserap oleh panel surya, penyerapan biasanya dilakukan pada siang hari dengan asumsi penyerapan dilakukan selama 5 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.

3. Analisa Hasil

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) Off-Grid yang dapat diaplikasikan untuk sebagian kebutuhan listrik UHN Medan.

ketiga proses tersebut dijabarkan pada diagram alir penelitian dibawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada PLTS 10 kWp yang berada di dalam kampus UHN Medan.



Gambar 3. 2. PLTS OFF GRID 10 kWp

1. Panel Surya yang Digunakan

Pada PLTS 10 kWp terdapat 24 buah panel surya yang disusun secara seri dan parallel, kemudian dari 24 panel tersebut dibagi menjadi dua bagian yang kemudian energi yang dihasilkan oleh panel dihubungkan pada 2 buah inverter.



Gambar 3. 3. Panel Surya

Tabel 3. 1 Spesifikasi panel pada saat STC

Spesifikasi	LONGi LR4-72HPH 420~440M
Pada saat <i>Standard Test Condition (STC)</i> dengan temperatur panel stabil 25°C; irradiance sebesar 1000 W/m ² dengan spektrum cahaya massa udara (Air Mass) AM 1.5 dan kecepatan angin 0 m/ s	
Nilai daya maksimum	430 W
Tegangan Short Circuit	49.20 V
Tegangan daya maksimum	40.60 V
<i>Arus Short Circuit</i>	11.19 A
Arus daya maksimum	10.60 A
Efisiensi modul	19.3 %
Toleransi daya	0-5 W
Koefisien suhu dari arus short circuit	+0.057 % /°C
Koefisien suhu dari tegangan short circuit	-0.286% /°C
Koefisien suhu dari daya maksimum	-0.370% /°C
Dimensi Panel Surya	2,115 m (P)×1,052 m (L)×35 mm (T)
Berat Panel surya	24 kg

Tabel 3 .2 Spesifikasi panel surya pada saat NOCT

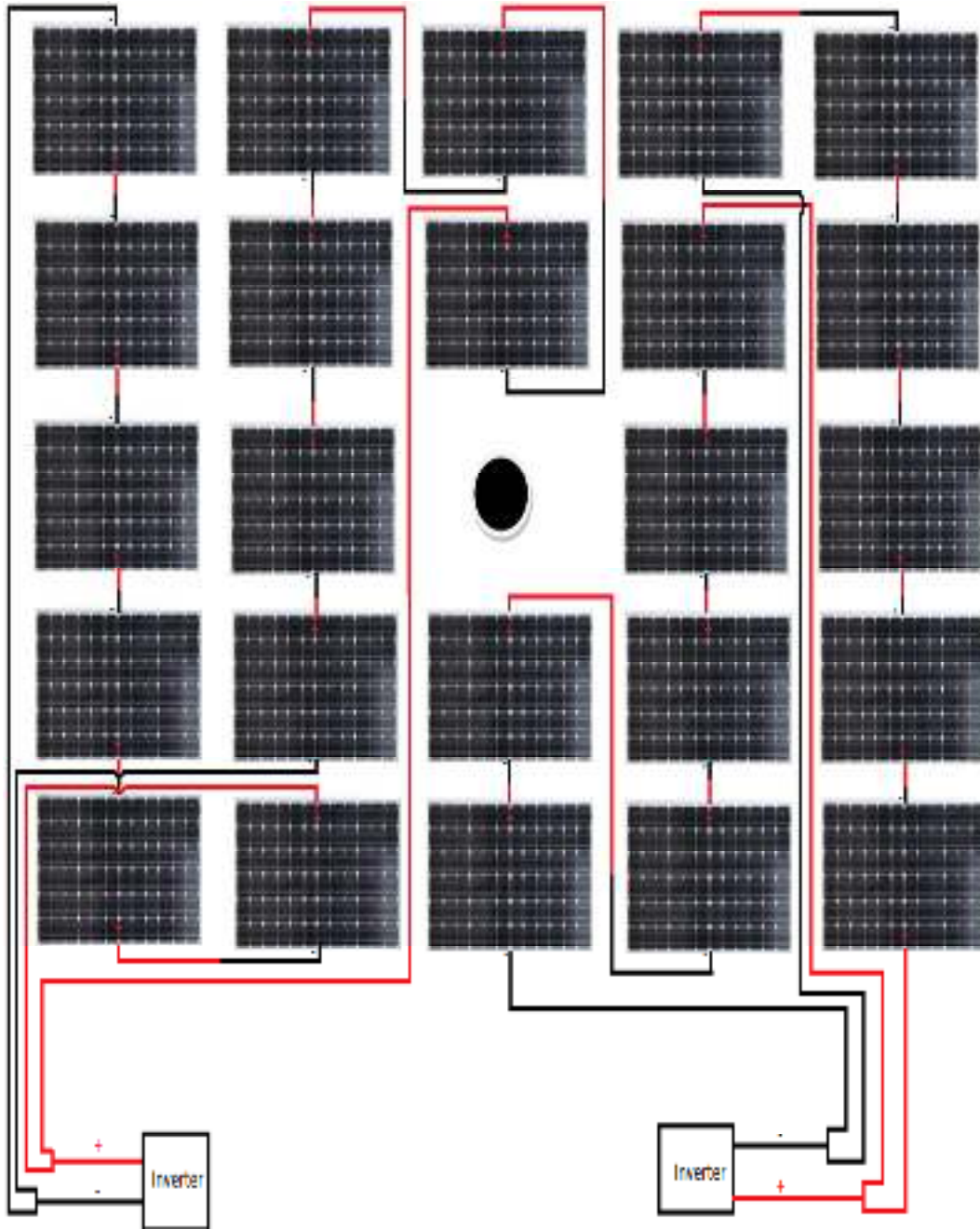
Pada saat keadaan <i>Normal Operating Cell Temperature (NOCT)</i> dengan temperatur udara 20°C; irradiance sebesar 800 W/m ² dengan spektrum cahaya massa udara (Air Mass) AM 1.5 dan kecepatan angin 1 m/s	
Nilai daya maksimum	318.5 W
Tegangan Short Circuit	45.9 V

Tegangan daya maksimum	37.5 V
Arus <i>Short Circuit</i>	9.02 A
Arus daya maksimum	8.50 A
Tegangan sistem maksimum	1500 V DC
Temperatur kerja	-40°C ~ 85°C
Dimensi Panel Surya	2,115 m (P)×1,052 m (L)×35 mm (T)

Pada PLTS 10 KWp terdapat 24 buah panel surya yang dirangkai secara seri-paralel .

Spesifikasinya

daya 1 panel 430 watt dengan tegangan 40,6 v dan arus 10,6 A. Pada 24 buah panel surya ini memiliki 2 smart inverter yang didalamnya terdapat solar charge controller (SCC) dimana 12 buah panel surya disambungkan ke 1 smart inverter dan 12 buah panel surya lainnya disambungkan ke smart inverter yang 1 lagi. Pada 12 buah panel surya dengan pemasangannya 6 dirangkai seri dan outputnya di paralelkan. Begitu juga pada 12 buah panel surya lagi, dimana pemasangannya 6 dirangkai seri dan outputnya di paralelkan, dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 4 Susunan Panel surya pada PLTS 10 kWp

2. Inverter yang Digunakan

Pada PLTS 10 kWp terdapat 2 buah inverter jenis solar inverter charger yang masing masing berkapasitas 5 kw, .Spesifikasi inverter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3.Spesifikasi Inverter

Sfesifikasi	Keterangan
-------------	------------

Model Name	MPS-H 5,5K
Color	Gray and Orange
Operating Temperature range	0-55°C
Inverter Mode	
Rated Power	5500 VA/5500W
DC Input	48VDC,127 A
AC Output	230VAC,50/60Hz,23,9A
AC Charger Mode	
AC Input	230VAC,50/60Hz,38.5A
DC Output	54VDC,Max 80A,Default 30A
AC Output	230VAC,50/60Hz,23.9A
Solar Charge Mode	
Rated Power	6000W
Max charger	110A
Nominal Operating Voltage	240VDC
Max Solar Voltage (VOC)	500VDC
MPPT Voltage Range	120~450VDC



Gambar 3. 5. Inverter

Pada PLTS 10 kWp terdapat dua box yang menjadi tempat penyimpanan inverter, baterai dan komponen-komponen pendukung PLTS lainnya ,dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 6. (A)Box Inverter 1, (B) Box Inverter 2

3. Baterai yang digunakan

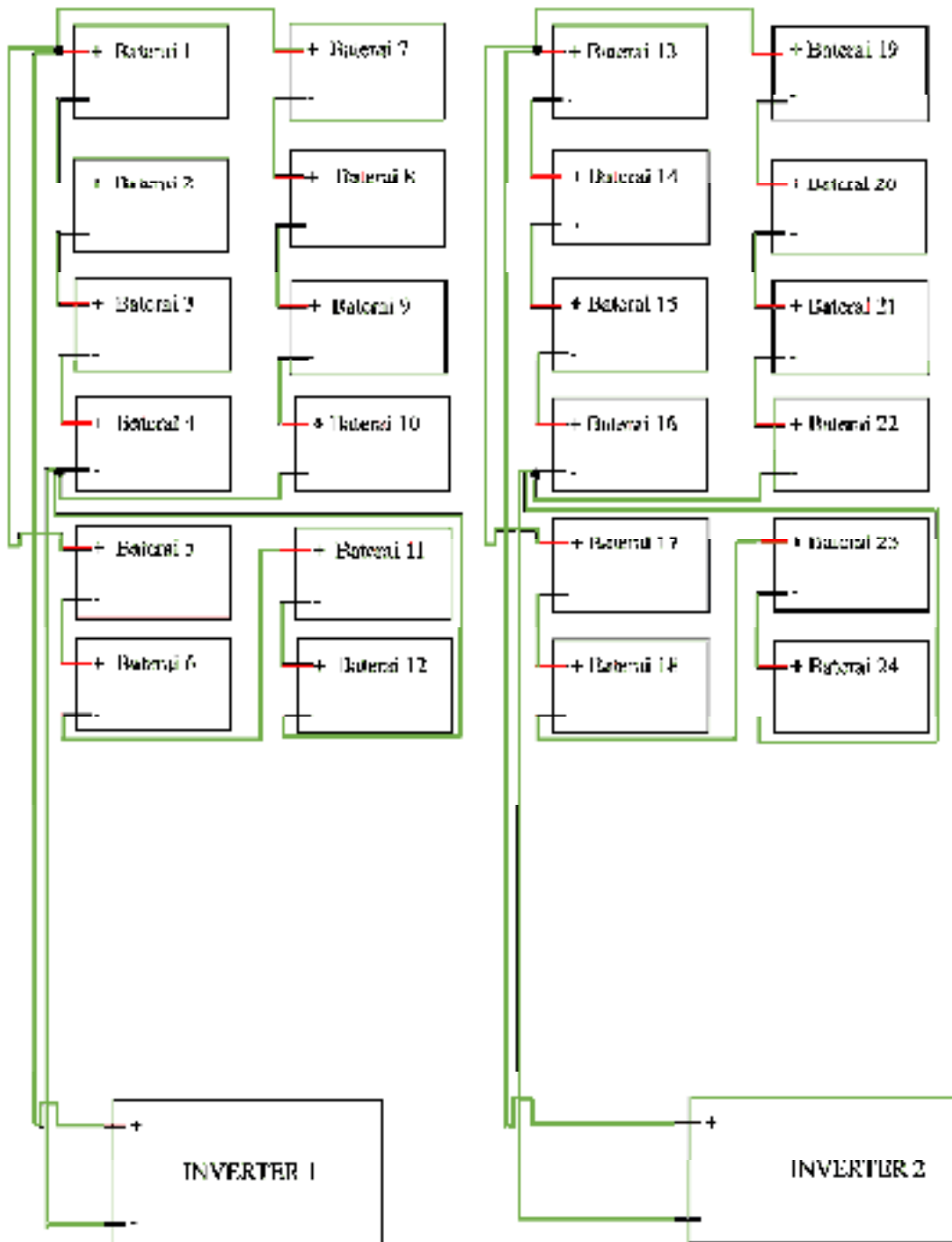
Pada PLTS 10 kWp digunakan baterai ukuran 12V /200 Ah sejumlah 2 x 12 buah yang disusun secara seri dan parallel. Berikut spesifikasi baterai yang digunakan:

Tabel 3. 4 Spesifikasi Baterai MP Power Plus

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



Gambar 3. 7 Baterai MP Power



Gambar 3. 8.Susunan Baterai Pada PLTS 10 Kwp

Pada PLTS 10 kWp terdapat 24 buah baterai yang kemudian penerapannya dibagi dalam dua kelompok yang masing masing terdiri atas 12 buah baterai. Baterai tersebut disusun secara seri dan parallel, dapat dilihat pada gambar 3.7. Dari 12 unit baterai disusun 3 blok rangkaian seri, masing masing 4 unit dan kemudian 3 blok tersebut diparalelkan. Masing -masing baterai

dengan kapasitas 12V /200 AH maka setiap baterai berkapasitas 2400 WH. Berdasarkan susunan baterai dari buah baterai tegangannya menjadi 48 V dan arusnya tetap yakni 600 AH .maka dalam setiap box inverter memiliki kapasitas sebesar 28.800 WH. Maka total energi yang dapat disimpan di baterai pada PLTS 10 kWp adalah sebesar 57.600 WH nilai tersebut diperoleh karena pada PLTS 10 kWp terdapat 2 box inverter yang masing masing memiliki kapasitas 28.800 WH.

4. Motor Penggerak

Pada PLTS 10 kWp digunakan 4 buah motor penggerak yang berkekuatan 1 HP (*Horse Power*) setara dengan 746 W, motor ini digunakan untuk mengangkat aktuator untuk bergerak secara otomatis yang dikenal dengan *autotracking*.

Berikut ini spesifikasi motor penggerak yang digunakan pada PLTS 10 kWp.

Tabel 3. 5 Spesifikasi motor Penggerak

Merek Motor	YUEMA
Jenis Motor	Motor induksi 3 phasa
<i>Power</i>	0.75 Kw
Tegangan	220/380 V
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan	1400 Rpm (Gear box)



Gambar 3. 9 Motor Penggerak

5. Beban Listrik

Beban listrik keluaran PLTS 10 kWp dalam hal ini adalah berupa lampu Led, lampu sorot, motor penggerak, panel control dan CCTV. Berikut spesifikasi beban PLTS 10 kWp yang dijelaskan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Beban Listrik keluaran PLTS 10 kWp

Beban	Jumlah	Daya (W)	Daya (kW)	Waktu Pengoperasian (jam)	Total Energi (KWH)
Lampu Led 17 w	100	17	1,7	12	20,4
Lampu Led 20 w	42	20	0,84	3	2,52
Lampu Sorot	3	50	0.15	24	3.6
Motor Penggerak	4	746	2.984	0.23	0.68
Panel control	1	50	0,05	24	1,2
CCTV	1	30	0.03	0,5	0,015
Total Energi Yang diperlukan dalam satu hari					28,415

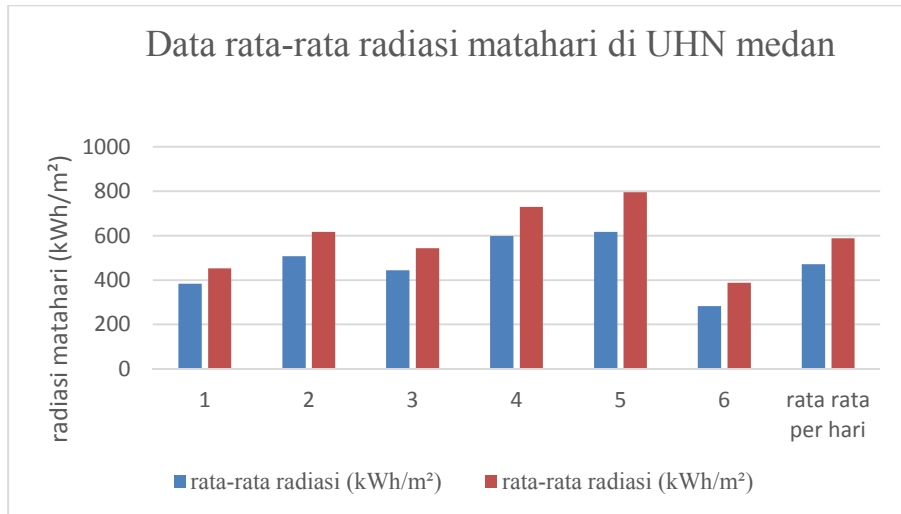
Berbeda dengan lampu dan lampu sorot, motor penggerak tidak berputar setiap saat. Motor penggerak hanya berputar 4 kali dalam 1 jam, dalam perputarannya, motor penggerak hanya berputar selama 30 detik, maka setiap jam waktu yang dibutuhkan oleh motor penggerak adalah 2 menit, dan dalam setiap hari motor bisa bekerja dalam 7 jam kerja, maka waktu yang dibutuhkan adalah 14 menit atau 0,23 jam setiap hari.

3.3 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.

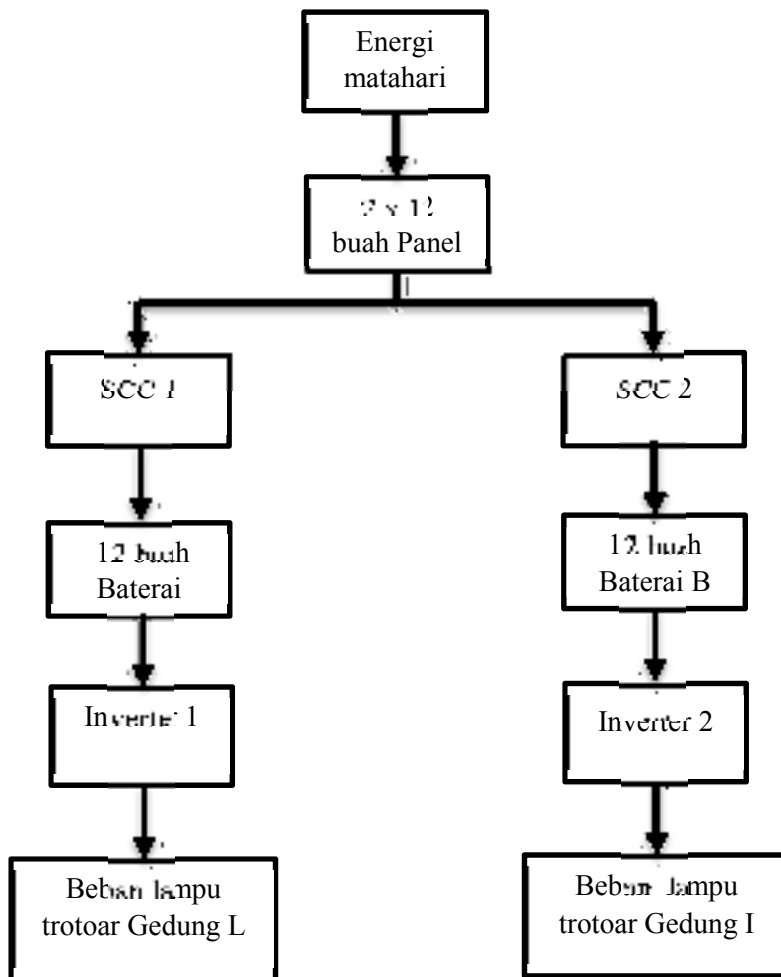
Tabel 3. 7 Rata-rata radiasi matahari di UHN Medan

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 3. 10 diagram batang rata-rata radiasi matahari di UHN Medan

3.4 Prinsip Kerja PLTS 10 kWp



Gambar 3. 11. Diagram Blok PLTS 10 KWp

- Panel surya menangkap sinar matahari kemudian mengubahnya menjadi arus listrik searah (DC).
- Panel surya yang berjumlah 2 x 12 buah akan dibagi dua dan dipisahkan menjadi 12 buah yang kemudian akan disalurkan pada 2 *smart* inverter yang dinamakan jadi inverter 1 dan inverter 2.
- Pada *Smart* Inverter terdapat solar charge control yang berfungsi untuk mengontrol pengisian energi ke baterai, kemudian solar charge control juga berfungsi untuk mengontrol arus yang masuk ke inverter dan kemudian inverter akan mengubah arus DC yang dihasilkan panel menjadi arus bolak-balik (AC) sesuai dengan kapasitasnya (realisasi 24 x 430 WP =10.320 =10,3 kWp).
- Pada PLTS 10 KWp, kabel untuk lampu sorot telah dihubungkan langsung ke inverter 1, sehingga energi yang digunakan oleh lampu sorot tidak disalurkan melalui panel distribusi, begitu juga dengan motor penggerak .Oleh karena tidak dihubungkan ke panel distribusi maka lampu sorot menyala selama 24 jam per hari.
- Untuk motor penggerak, perangkat *autotrack* berjalan secara otomatis, dengan sinyal sensor yang berada di atas panel surya yang mengirimkan informasi ke controller, kemudian controller menggerakkan aktuator.
- Beban dari inverter 1 adalah seluruh lampu penerangan trotoar yang ada di Gedung L UHN sejumlah 95 unit yang dihubungkan melalui panel distribusi,dari panel distribusi dihubungkan Kembali ke panel distribusi yang ada di Gedung rektorat UHN pada panel tersebut terdapat timer yang sudah diatur untuk menyala pada pukul 18.00 WIB dan pada pukul 21.00 WIB sebagian lampu pada Gedung L akan mati dan pada pukul 06.00 WIB semua lampu akan mati.
- Beban dari inverter 2 adalah Sebagian lampu penerangan trotoar yang ada di lantai 1 gedung biro rektor sejumlah 47 unit lampu yang dihubungkan melalui panel distribusi,untuk selanjutnya dihubungkan ke panel distribusi yang berada di Gedung rektorat UHN,pada panel tersebut terdapat timer yang sudah diatur untuk menyala pada pukul 18.00 WIB dan pada pukul 21.00 WIB sebagian lampu pada Gedung I akan mati dan pada pukul 06.00 WIB semua lampu akan mati.