

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya yang ekonomis yang paling utama dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan dan perkembangan, Pembangkit listrik tenaga surya adalah salah satu pengembangan teknologi menjadi sumber energi alternatif yang tidak terbatas dan terbarukan. Dikarenakan listrik begitu penting atau dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari maka dari itu alangkah baiknya jika kita menggunakan energi listrik dari panel surya dengan memanfaatkan intensitas/cahaya/radiasi matahari agar mendapatkan energi listrik. Panel surya atau solar sel/solar cells ialah energi panas yang dipancarkan dari matahari, yang merupakan salah satu komponen utama pada sistem pembangkit tenaga surya yang memiliki peran mengkonversikan energi surya menjadi energi listrik yang bisa langsung digunakan dalam bentuk arus searah (DC) dimana panel surya banyak dimanfaatkan dalam berbagai keperluan oleh sebagian Negara maju.

Untuk membangkitkan/menghasilkan listrik dengan tenaga surya terdapat cara yakni dengan memanfaatkan panasnya matahari yang dimana bekerja dengan cara mengumpulkan suhu panas untuk memanaskan dan menguapkan yang kemudian menggerakkan generator sehingga terciptanya listrik, memakai panel surya yang menangkap intensitas radiasi matahari lalu konversikan menjadi energi listrik. Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut, orientasi miring dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk itu perlu upaya mengoptimalkan daya keluaran listrik terhadap efektivitas kinerja panel surya agar efisiensinya meningkat juga.

Sudut kemiringan panel merupakan salah satu parameter lingkungan yang mempengaruhi kinerja sel surya. Perancangan sistem dalam penentuan sudut kemiringan panel ditujukan agar intensitas matahari yang diterima oleh panel surya

maksimal. Sudut yang mempengaruhi pemasangan pada panel surya ada 2 macam yaitu sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horizontal dan sudut yang diukur searah dengan acuan arah selatan yang disebut dengan sudut azimut. Salah satu pengembangan penelitian yang dapat dikembangkan adalah penelitian mengenai PLTS sebagai sumber alternatif.

Berdasarkan uraian di atas bisa dijadikan judul skripsi tentang “Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap kinerja PLTS 5 Kwp”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dibahas di dalam penelitian ini adalah : Permasalahan dalam penelitian yakni mengukur seberapa besar pengaruh sudut panel surya menjadi energi listrik dan efisiensi yang dihasilkan. Penelitian akan ditinjau berbagai parameter seperti alat penangkap radiasi (solar power meter), volt, ampere dan daya atau watt yang dihasilkan oleh panel surya terhadap PLTS 5 Kwp.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan lingkup penelitian ini adalah mengetahui kinerja panel surya terhadap sudut kemiringan agar tegangan, arus dan daya yang dihasilkan lebih optimal. Untuk itu terdapat pembatasan masalah dalam penelitian yaitu :

1. Panel surya PLTS 5 Kwp.
2. Sudut kemiringan $(0)^\circ$, $(10)^\circ$, $(15)^\circ$, $(-10)^\circ$, $(-15)^\circ$.
3. Arah pergerakan panel surya (Timur ke Barat).
4. Lokasi penelitian di Halaman Universitas HKBP Nommensen.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan daya yang maksimal pada panel surya terhadap penyerapan matahari.
2. Menganalisis data serta mengetahui hubungan antara data-data yang diperoleh.

3. Untuk mengetahui tegangan, arus yang dihasilkan pada sudut kemiringan serta sudut mana yang paling efektif.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi kajian yang bermanfaat.

Manfaat dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Menjadi sumber energi listrik bagi lampu di Gedung Universitas HKBP Nommensen.
2. Membantu mengurangi pemanasan global dengan menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan.
3. Memberikan informasi tentang intensitas cahaya, daya dan tegangan listrik yang diperoleh PLTS 5 Kwp.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman terhadap Tugas Akhir ini maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang energi matahari, hubungan geometri matahari dan bumi, photovoltaic, sifat panel surya, dan faktor pengoperasian panel surya.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang peralatan dan bahan pengujian, dan prosedur pengujian.

BAB IV HASIL DAN PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang hasil data pengujian dan analisis data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merupakan bagian akhir yang berisi kesimpulan dari penulisan yang berisi kesimpulan tentang hasil analisa dan pembahasan serta saran-saran yang diperoleh dari penelitian yang telah dijalani.

DAFTAR PUSTAKA

Pada daftar pustaka, berisi tentang seluruh sumber yang dipakai penulis pada saat proses penulisan penelitian, baik berbentuk *literature* dari internet, jurnal serta media lainnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Listrik Tenaga Surya

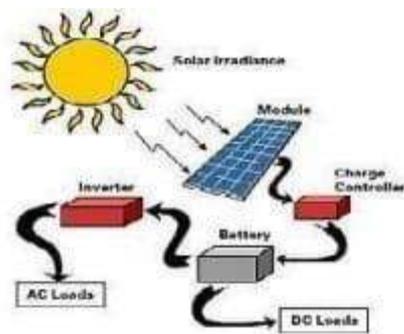
Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik, tergabung dalam beberapa komponen berupa panel surya (*photovoltaic*), pengecasan baterai (SCC), *inverter*, baterai dan aksesoris lainnya, besar daya yang dihasilkan oleh alat ini tergantung dengan kondisi dimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut, maka alat tersebut harus selalu menerima cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam, dengan keadaan dan posisi cahaya matahari yang berubah-ubah, mengakibatkan daya keluaran yang dihasilkan kurang maksimal. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasikan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan.

Solar cell konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi yang akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus *drift*, yaitu arus yang dihasilkan karena munculnya medan listrik. Akan tetapi, arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut (Ady, 2008).

2.2 Bagian-Bagian PLTS

2.2.1 Energi Matahari

Energi matahari merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di bumi. Energi matahari sangat membantu berbagai proses fisis dan biologis di bumi. Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara), sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara. Pada siang hari modul surya/panel *solar cell* menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *photovoltaic*. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban.



Gambar 2.1 konsep kerja sel surya

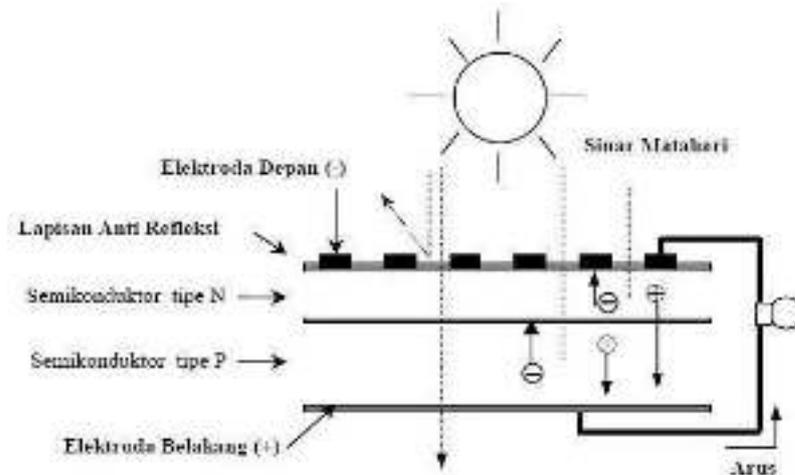
2.2.2 Panel Surya (*Solar Cell*)

Matahari merupakan salah satu bintang raksasa pada alam semesta. Matahari ini menyediakan berbagai macam energi tidak terbatas didalamnya. Dengan perkembangan teknologi, energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi listrik yang banyak dibutuhkan oleh umat manusia, yang artinya matahari menghasilkan energi listrik dengan menggunakan teknologi panel surya.

Panel surya merupakan salah satu alat konversi energi dari energi surya menjadi energi listrik. Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. Pada umumnya setiap sel dapat menghasilkan tegangan keluaran 0,5 – 0,6 V. Dari hasil surya yang terdiri dari 32 – 36 solar sel dihubungkan secara seri, maka akan menghasilkan kurang lebih 16 V. Tegangan ini cukup untuk mengisi baterai 12 V. Prinsip dasar dari pembuatan sel surya adalah efek *fotovoltaic*.

Solar cell terbuat dari material semikonduktor yang memiliki ikatan elektron lemah yang menempati pita energi yang disebut *valence band*. Ketika energi melebihi ambang batas yang dinamakan bandgap energi diaplikasikan ke elektron valensi, ikatan akan rusak dan beberapa elektron bebas untuk bergerak dalam ikatan energi baru yang dinamakan *conductionband* yang dapat menyalurkan listrik melalui material tersebut. Kemudian elektron bebas pada *conduction band* dipisahkan dari *valence band* oleh *band gap* (diukur dalam satuan *elektron volt* atau eV). Energi yang dibutuhkan untuk membebaskan elektron ini dipenuhi oleh foton yang merupakan partikel cahaya. Ketika *solar cell* terpapar cahaya matahari, foton akan menabrak elektron valensi, merusak ikatan dan mendorong mereka ke *conduction band*. Disana terdapat sebuah kontak selektif khusus yang mengumpulkan *conduction band* elektron, menggerakkan elektron tersebut kerangkaian eksternal. Elektron akan kehilangan energi mereka dan dikembalikan ke *solar cell* melalui kontak selektif ke dua, yang mengembalikan mereka ke *valence band* dengan energi yang sama.

Perpindahahan elektron pada rangkaian eksternal inilah yang dinamakan sebagai arus listrik. Parameter *solar cell* yang paling berpengaruh pada kurva karakteristik arus-tegangan yaitu arus hubung singkat dan tegangan hubungan terbuka untuk parameter internal, sedangkan parameter eksternalnya meliputi suhu dan radiasi cahaya matahari.



Gambar 2.2 Struktur lapisan *solar cell*

Panel surya mengkonversi energi dari matahari menjadi listrik, Inverter merubah listrik yang dihasilkan oleh panel surya dari arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC).

2.3 Jenis-jenis Panel surya

Panel surya mengubah intensitas matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel surya adalah kumpulan sel surya yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari. Sedangkan yang bertugas menyerap sinar matahari adalah sel surya.

2.3.1 Polikristal (poly-crytaline)

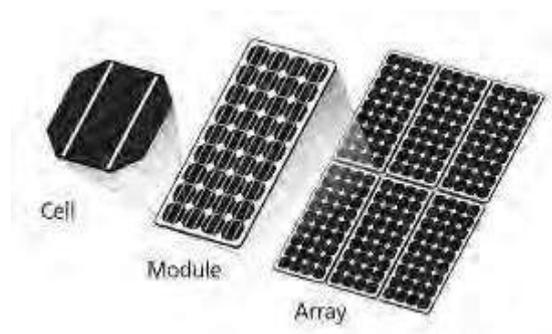
Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Ciri-ciri panel surya ini cukup unik karena terdapat retakan atau fragmen di dalam sel surya. Efisiensi panel surya *polycrystalline silicon* mencapai 17%. Walaupun efisiensinya lebih rendah dibanding tipe *monocrystalline silicon*, tipe panel surya ini banyak digunakan karena harganya yang relative lebih terjangkau.

2.3.2 Monokristal (Mono-crytaline)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasikan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Efisiensi panel surya panel *monocrystalline silicon* mencapai lebih dari 20%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi dengan baik di tempat yang cahaya mataharianya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Tipe panel surya ini memiliki berbagai macam kelebihan seperti efisiensi yang tinggi dan memiliki umur pakai yang panjang, sel surya ini disebut "*monocrystalline*" karena silikon yang digunakan adalah silikon kristal tunggal.

2.3.3 Amorphous Silikon

Amorphous silikon merupakan jenis sel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling rendah sebesar 9-14% dengan harga yang paling murah (Narayana, 2010). Jenis ini juga biasanya digunakan pada alat-alat elektronik kecil berupa kalkulator dan jam tangan. Efisiensi tinggi dapat diperoleh ketika penyusunan beberapa layar sel a-Si yang tipis dibagian atas satu sama lain, setiap rangkaian diatur untuk bekerja pada frekuensi cahaya tertentu. Untuk produksi skala besar, keuntungannya bukan pada efisiensi melainkan untung pada biaya. Sel a-Si menggunakan sekitar 1 % silikon daripada sel c-Si dengan biaya silikon merupakan faktor terbesar dalam biaya produksi sel.



Gambar 2.3 Perbedaan *cell*, *module* dan *array*

Sumber (ETAP 2016).

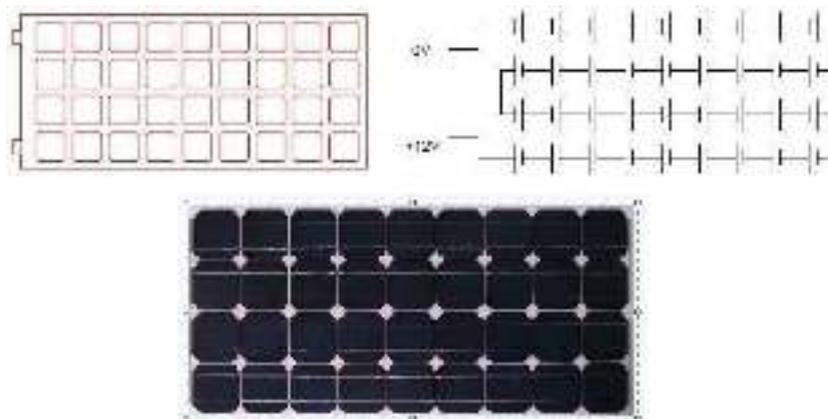
2.3.4 Sel surya

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya biasanya sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal. Pada umumnya satu keping sel surya mempunyai ketebalan 3 mm, tersusun atas kutub positif dan negatif yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor. Prinsip kerja suatu sel surya adalah dengan memanfaatkan fotovoltaik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu efek yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu energi listrik. Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti diode, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar.

Kata *photovoltaic* terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos*, *photos*: cahaya) dan *volta* (berasal dari nama Alessandro Volta seorang fisikawan italia yang hidup antara tahun 1745-1827) yang berarti unit tegangan listrik. Kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV. *Photovoltaic* adalah teknologi yang menghasilkan tenaga listrik DC (*direct current*) dari bahan semikonduktor ketika terpapar oleh foton. Selama cahaya menyinari *solar cell* (nama untuk individual elemen *photovoltaic*), maka akan menghasilkan tenaga listrik. Ketika tidak ada cahaya, energi listrik juga berhenti dihasilkan.

Sinar matahari memancarkan gelombang dengan panjang gelombang berbeda-beda dari 250 nm sampai dengan 2500 nm berupa *ultraviolet*, *infrared* sampai cahaya tampak. Tidak semua sinar langsung cahaya matahari pada atmosfer sampai ke permukaan bumi. Atmosfer melemahkan banyak bagian spektrum cahaya. Misalnya *x-ray* hampir semuanya diserap sebelum mencapai tanah. Beberapa persen radiasi *ultraviolet* juga disaring oleh atmosfer, beberapa

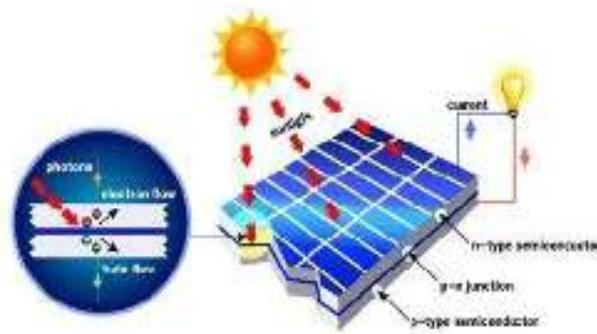
dipantulkan kembali ke angkasa dan beberapa bagian lagi tersebar di atmosfer yang membuat langit terlihat biru. Pada umumnya menghitung maksimum sinar matahari yang diubah menjadi tenaga listrik sepanjang hari adalah 5 jam. Misalnya, solar sel panel module memiliki kapasitas output Watt hour. Solar sell 50 WP 12 V, memberikan output daya sebesar 50 watt per jam dengan tegangan 12 Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan perhari adalah 50 Watt x 5 jam maksimum peak intensitas matahari.



Gambar 2.4 Modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output ("The Physics of Solar Cell", Jenny Nelson).

2.3.5 Prinsip kerja sel surya

Prinsip kerja sel surya dimulai dari partikel yang disebut "photon" yang merupakan partikel sinar matahari yang sangat kecil. Ketika photon tersebut menghantam atom semikonduktor sel surya sehingga dapat menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semi konduktor, sehingga atom yang kehilangan elektron kekosongan pada strukturnya dan disebut "hole" dengan muatan positif.



Gambar 2.5 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction.

(Gambar : sun-nrg.org)

Pada sel surya terdapat sambungan *junction* antara dua lapis tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis P positif dan semikonduktor N negatif. Semikonduktor jenis N dibuat dari kristal silikon dan terdapat juga sejumlah material lain dalam batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan *elektron* bebas.

Elektron adalah partikel sub atom yang bermuatan negatif sehingga silikon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis N negatif. Semikonduktor jenis P juga terbuat dari kristal silikon yang di dalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain umumnya *boron* yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu elektron bebas.

2.3.6 Struktur sel surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya : Jenis-jenis teknologi”. Dalam tulisan ini akan dibahas struktur sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur sel surya.

1. Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga

umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus micrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$ (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS, dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan antireflektif

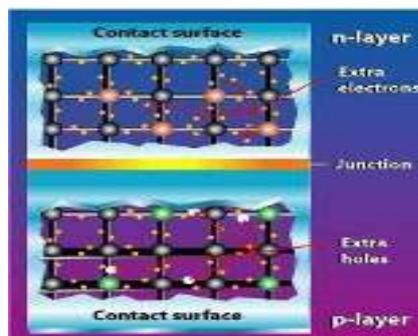
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.3.7 Cara kerja sel surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.6 Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron). (Gambar : eere.energy.gov)

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.

2.4 Inverter

Inverter adalah perangkat daya yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) pada tegangan yang lebih tinggi. Ini berarti bahwa kebanyakan inverter dipasang dan digunakan bersama dengan bank baterai atau sejenisnya. Baterai siklus dalam adalah jantung dari sistem kelistrikan bertenaga inverter off-grid, menyimpan daya untuk digunakan sesuai permintaan.

Cara paling dasar untuk menarik tenaga listrik dari baterai adalah arus searah (DC) pada tegangan nominal baterai. Banyak sistem kelistrikan off-grid (yang tidak dialiri listrik dari perusahaan utilitas) menggunakan daya DC 12 volt untuk menjalankan beban sederhana seperti lampu (Setiap konsumsi daya listrik disebut beban). Sistem seperti itu biasanya disebut sebagai sistem DC tegangan rendah.

Inverter mengkonversi arus DC 12-24 V dari perangkat seperti baterai, panel surya/*solar cell* menjadi arus AC 220 V. sumber DC yang diperlukan inverter dapat berasal dari baterai atau dari sumber tegangan AC yang disearahkan. Untuk mendapatkan keluaran yang dikehendaki maka digunakan rangkaian control. Rangkaian control tersebut antara lain berfungsi untuk mengatur frekuensi amplitud gelombang keluaran. Agar gelombang keluarannya dapat kembali mendekati gelombang sinus, maka digunakan filter.

Filter berfungsi untuk melewati frekuensi yang diharapkan, Filter yang digunakan disini biasanya merupakan filter jenis bandpass filter yang akan

menangkal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang tidak diharapkan pada keluarannya. Inverter digunakan dalam system dimana output daya AC diperlukan. Peringkat input inverter tidak boleh lebih rendah dari total watt peralatan. Inverter harus memiliki tegangan nominal yang sama dengan baterai anda. Untuk sistem yang berdiri sendiri, inverter harus cukup besar untuk menangani jumlah total watt yang akan anda gunakan pada satu waktu. Ukuran *inverter* harus 25-30% lebih besar dari total watt peralatan. Untuk sistem pengikat jaringan atau sistem yang terhubung dengan jaringan, peringkat input inverter harus sama dengan peringkat susunan PV untuk memungkinkan operasi yang aman dan efisien.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika memilih *inverter* :

1. Memuat kapasitas dalam watt. Pilih inverter dengan beban yang dekat dengan beban yang digunakan untuk memaksimalkan efisiensi kerja.
2. Input DC 12V atau 24V.
3. Output AC gelombang persegi atau gelombang sinus.

2.5 Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger controller atau biasa juga disebut dengan regulator baterai adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. *Regulator* baterai dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi. Pengontrol pengisian daya surya atau *Solar Charge Controller (SCC)* salah satu fungsinya mencegah pengisian energi baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan laju pengisian daya ke baterai. Solar Charge Controller (SCC) juga mencegah pengurasan baterai dengan mematikan sistem jika daya yang tersimpan turun di bawah kapasitas 50 persen dan mengisi baterai pada level voltase yang benar. Ini membantu menjaga baterai lebih awet dan sehat.

2.5.1 Solar Charge Controller (SCC) juga menawarkan beberapa fungsi penting lainnya :

1. Perlindungan kelebihan beban: Jika arus yang mengalir ke baterai jauh lebih tinggi daripada yang dapat ditangani circuit, sistem mungkin kelebihan beban. Hal ini dapat menyebabkan panas berlebih dan menyebabkan kebakaran. *Solar Charge Controller (SCC)* menyediakan fungsi penting dari perlindungan beban berlebih. Dalam sistem yang lebih besar, direkomendasikan perlindungan keamanan ganda dari pemutus sirkuit atau sekering.
2. Pemutusan tegangan rendah: Fitur ini berfungsi sebagai pemutusan otomatis beban tidak kritis dari baterai ketika tegangan turun di bawah ambang yang telah ditentukan. Pemutus ini akan secara otomatis terhubung kembali ke baterai saat sedang diisi. Hal ini akan mencegah pelepasan muatan berlebih dan melindungi peralatan elektronik agar tidak beroperasi pada voltase yang sangat rendah.
3. Blokir Arus Terbalik: Panel surya mengalirkan arus melalui baterai ke satu arah. Pada malam hari, panel dapat secara alami mengalirkan sebagian arus tersebut ke arah sebaliknya. Ini dapat menyebabkan sedikit pengosongan dari baterai. *Solar Charge Controller (SCC)* mencegah hal ini terjadi dengan bertindak sebagai katup.

Ada dua jenis teknologi yang terpasang pada SCC yaitu :

1. PWM (pulse wide modulation)

Seperti namanya SCC dengan teknologi ini menggunakan lembar pulse dari on dan off elektrik sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave elektrikal form*.

2. MPPT (Maximum Power Point tracker)

SCC dengan teknologi ini dinilai lebih efisien dalam mengkonversi arus DC to AC. Teknologi ini dapat mengambil maximum daya dari PV. *MPPT charger controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban kedalam baterai, dan apabila diperlukan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

2.5.2 Operation mode

Untuk *solar charge controller* yang dilengkapi dengan sensor temperature baterai. Tegangan charging disesuaikan dengan temperature dari baterai dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan dari usia baterai. Apabila solar charger controller tidak memiliki sensor temperature baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperature lingkungan dan jenis baterai.

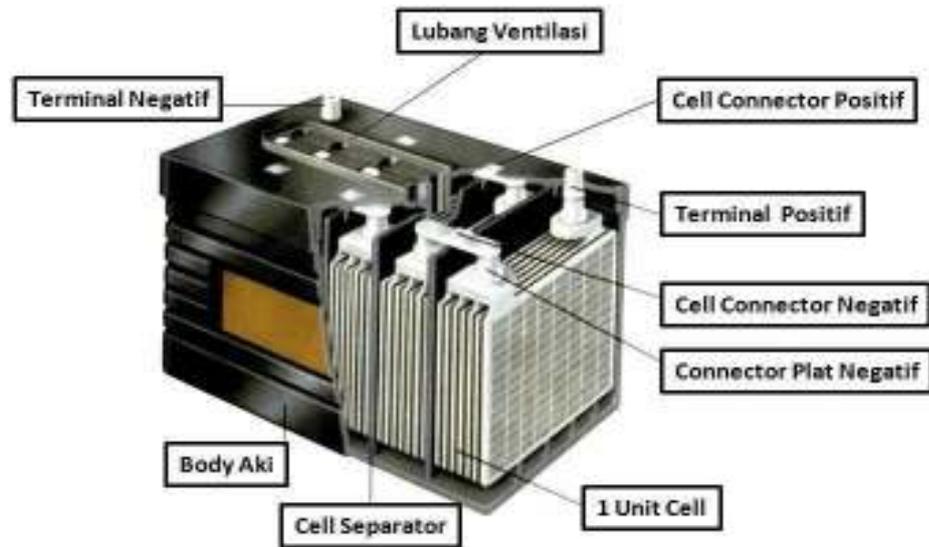
2.6 Baterai

Secara umum pembangkit listrik tenaga surya menggunakan baterai siang hari. Karena itu, panel surya malam hari tidak digunakan. Oleh karena itu, cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menyimpan energi yang dilepaskan dari panel surya pada siang hari untuk memenuhi kebutuhan energi cuaca medung dan buruk. Baterai kemudian digunakan untuk menyimpan energi. Artinya, baterai bertindak sebagai penyimpanan energi. Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC.

Accumulator atau yang akrab disebut accu/aki adalah salah satu komponen pada kendaraan bermotor, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan. Akumulator dapat diartikan sebagai selistriak yang berlangsung proses elektrokimia secara bolak-balik *reversible* dengan nilai efisiensi yang tinggi. Disini terjadi proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya tenaga listrik menjadi tenaga kimia dengan cara renegerasi dari elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dengan arah yang berlawanan di dalam sel-sel yang ada dalam akumulator.

2.6.1 Konstruksi Baterai

Konstruksi baterai digambarkan dengan ilustrasi paada gambar bagian-bagian baterai. berikut adalah penjelasan dari tiap-tiap bagian baterai.



Gambar 2.7 konstruksi Baterai
(sumber : khamarruzaman ali)

a. Kotak baterai

Bagian ini berfungsi sebagai penampung dan pelindung bagi semua komponen baterai yang ada di dalamnya seperti sel, penghubung sel, pemisah sel, plat baterai dan memberikan ruang untuk endapan-endapan baterai pada bagian bawah. Salah satu yang mempengaruhi kemampuan baterai dalam mengalirkan arus adalah jumlah dan ukuran plat.

b. Plat aki (Positif dan Negatif)

Plat positif dan plat negatif mempunyai grid yang terbuat dari antimoni dan paduan timah. Antimoni yang dilapisi dengan lapisan aktif oksida timah (lead dioxide, PbO_2) yang memiliki warna coklat. Sedangkan plat negatif terbuat dari spon lead (Pb) yang memiliki warna abu-abu. Kemampuan dari baterai untuk dapat mengalirkan arus dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran dari plat baterai tersebut, semakin besar plat dari baterai tersebut, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan.

c. Plat Separator

Plat separator atau penyekat merupakan komponen yang berada di dalam kotak baterai. Separator terletak diantara plat positif dan negatif. Separator baterai juga berfungsi sebagai pencegah terjadinya hubungan singkat antara plat positif

dan plat negatif. Plat separator terbuat dari bahan isolator berpori sehingga larutan elektrolit bisa tetap mengalir dari plat positif ke plat negatif ataupun sebaliknya, dari plat negatif ke plat positif.

d. Cell separator

Cell separator merupakan separator yang memisahkan antara satu cell aki dengan cell aki yang lainnya. Bisa dibayangkan bahwa cell separator ini akan membentuk sebuah ruangan cell dengan satu penutup ventilasi di atasnya. Oleh karenanya, setiap cell ini memiliki larutan elektrolit sendiri.

e. Cell connector (penghubung sel)

Merupakan plat logam yang dihubungkan dengan plat-plat baterai. Plat penghubung ini untuk setiap sel ada dua buah, yaitu untuk plat positif dan plat negatif. Penghubung sel pada plat positif dan negatif disambungkan secara seri untuk semua sel. Keseluruhan hubungan pada tiap-tiap cell connector ini akan berujung pada kutub-kutub aki. Kutub negatif akan bertemu dengan cell connector positif.

f. Terminal baterai

Terminal baterai terdiri dari dua buah terminal yaitu terminal positif dan terminal negatif. Terminal-terminal ini dihubungkan dengan kabel besar positif (ke terminal positif baterai) dan kabel massa (ke terminal negatif baterai).

g. Tutup ventilasi

Berfungsi sebagai penutup lubang pengisian elektrolit baterai. Pada tutup baterai terdapat lubang ventilasi untuk keluarnya gas hidrogen yang terbentuk saat proses pengisian berlangsung. Karena jika gas hidrogen tidak dikeluarkan dari dalam baterai maka baterai dapat meledak. Tanpa adanya lubang ventilasi ini, uap yang terkumpul di dalam aki lambat laun akan semakin banyak dan membuat tekanan di dalam cell aki meningkat. Akibatnya aki bisa pecah akibat tekanan dari uap ini.

2.7 Arus dan Tegangan

Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton dan neutron dalam berbagai

gabungan. Elektron adalah muatan negatif yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang keluar suatu atom dinamakan dengan elektron valensi.

Apabila energi kalor, cahaya atau listrik yang merupakan energi eksternal diberikan pada materi, maka elektron valensinya akan mendapatkan energi dan bisa berpindah ketinggian energi yang lebih tinggi. Ketika energi yang diperoleh telah cukup, sebagian dari elektron valensi terluar akan meninggalkan atomnya, sehingga statusnya berubah menjadi elektron bebas. Dalam hal ini maka gerakan elektron-elektron bebas tersebut yang akan menjadi arus listrik dalam konduktor logam. Aliran elektron biasa disebut dengan arus (I), dan memiliki satuan ampere.

Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk bekerja akibat dari suatu tarikan ataupun suatu tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatik. Kemampuan melakukan kerja ini dinamakan potensial. Satuan dasar beda potensial adalah *volt* (V). satuan inilah yang menyebabkan beda potensial V sering dinamakan sebagai *voltage* atau tegangan. Pada suatu rangkaian terdapat suatu resistansi atau hambatan (R) oleh karena itu pada rangkaian tersebut akan muncul hukum ohm. Hukum ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I), tegangan (V), dan resistansi atau hambatan (R).

Berikut merupakan rumus persamaan dari ketiganya :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots \text{Literatur 9, Hal 35 (2.1)}$$

Keterangan :

- I : Arus (Ampere).
- V : Tegangan (Volt).
- R : Hambatan (Ohm).

2.8 Daya

Daya listrik sering diartikan sebagai laju hantaran energi listrik pada sirkuit listrik. Satuan standar internasional daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir dalam satuan waktu (joule/detik). Daya listrik dilambangkan huruf P. pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung dengan menggunakan hukum joule. Keluaran dari panel surya menghasilkan

tegangan DC. Daya input dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2).

Untuk menentukan daya input panel surya dapat digunakan rumus dari persamaan berikut :

$$P_{in} = I \times A \dots\dots\dots \text{Literatur 1, Hal 55 (2.2)}$$

Keterangan :

P_{in} : Daya yang masuk panel surya (watt).

A : Luas penampang Panel Surya (m^2).

I_r : Intensitas cahaya matahari (W/m^2).

Daya yang dihasilkan modul surya, adalah sama dengan hasil kali arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul surya.

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots \text{Literatur 1, Hal 56 (2.3)}$$

Keterangan :

P_{out} : Daya keluaran modul (watt).

V : Tegangan kerja modul (Volt).

I : Arus kerja modul (Ampere).

Sedangkan untuk menentukan efisiensi panel surya bisa didapat dengan membagikan daya masukan dengan daya keluaran dikali 100 % dengan menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \dots\dots\dots \text{Literatur 4, Hal 69 (2.4)}$$

keterangan :

η : Efisiensi *photovoltaic* (%).

P_{in} : Daya input akibat *irradiance* matahari (Watt).

P_{out} : Daya yang dibangkitkan oleh *photovoltaic* (Watt).

2.9 Deklinasi

Deklinasi (declination) adalah ketinggian atau jarak dari ekuator langit ke benda langit. Ekuator langit merupakan perpanjangan ekuator bumi ke bola langit. Jadi serupa dengan bola bumi, ketinggian tertinggi ekuator adalah kutub utara (90

derajat Lintang Utara) dan Kutub Selatan (-90 derajat Lintang Selatan). Matahari dalam periode hariannya selalu memiliki deklinasi yang berubah-ubah di langit, hal ini dikarenakan kemiringan ekliptika (garis edar matahari tahunan) dengan ekuator langit adalah 23,5 derajat. Sama halnya dengan bumi, titik di utara ekuator mempunyai nilai lintang positif dan titik di selatan mempunyai nilai lintang negatif.

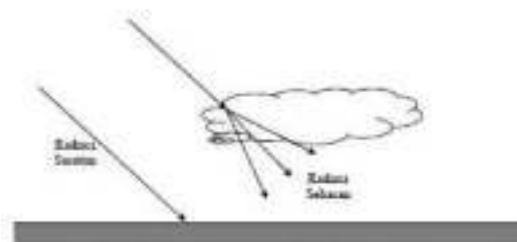
Data astronomi tentang deklinasi dan equation of time ada yang diterbitkan dalam bentuk buku seperti Nautical Almanac, Ephemeris Hisab Rukyat, dan lain-lain. Tetapi karena memuat data astronomi yang banyak maka bukunya pun tebal dan “tidak enak” dibawa kemana-mana. Tanpa buku yang memuat data astronomi tersebut tentu akan kesulitan menentukan nilai-nilai yang akan di input dalam rumus perhitungan. Maka salah satu cara untuk memudahkan adalah dengan membuat program yang akan membantu menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan dalam perhitungan, yaitu nilai deklinasi matahari dan equation of time pada tanggal tertentu.

Rumus menentukan deklinasi matahari :

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \dots\dots\dots \text{Literatur 3, Hal 18 (2.5)}$$

2.9.1 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m² 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 (infra merah). 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 2.8 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi
(yuwono Budi, 2015)

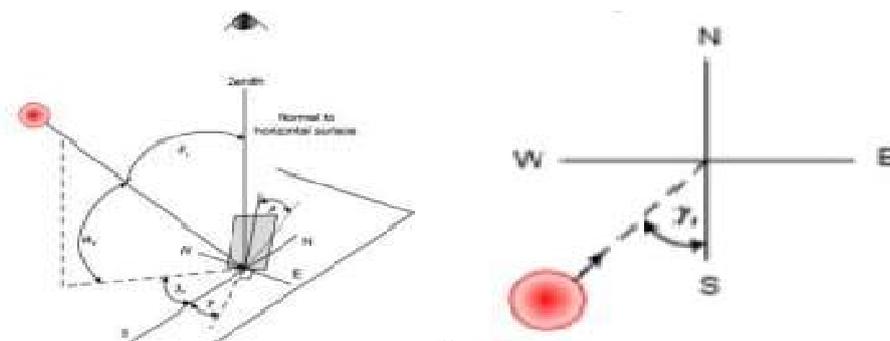
Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.8 Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi, (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

2.9.2 Pengaruh Gerakan Matahari Terhadap Energi Surya

Photovoltaic cell selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas, maka optical input dari photovoltaic cell juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari terhadap sudut dari pantulan gelas.

2.9.3 Arah radiasi

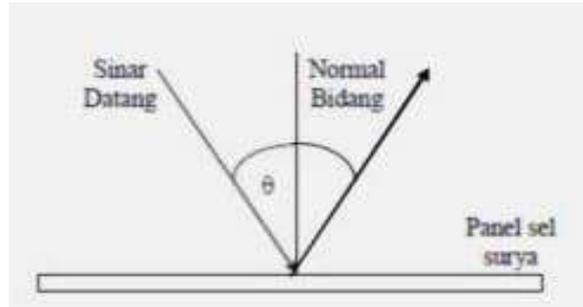
Karena garis edar semu matahari di angkasa cukup complex, maka akan dikenal beberapa sudut untuk mendefenisikannya. Beberapa sudut akan didefenisikan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 sudut-sudut sinar dan posisi matahari slope B adalah sudut antara permukaan yang Dianalisis Dengan Horizontal

2.9.4 Pengaruh sudut datang terhadap radiasi yang diterima

Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.



Gambar 2.10, Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel sel surya (Yuwono Budi, 2015)

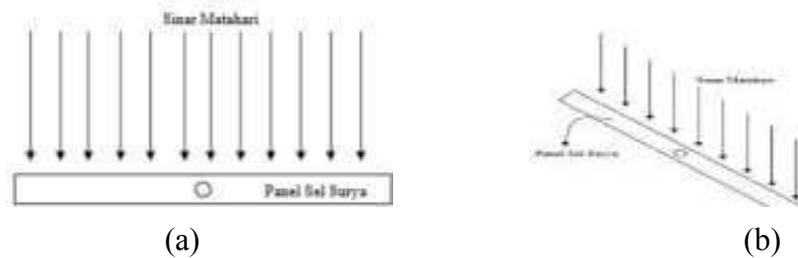
Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut θ seperti gambar 2.10 Maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan factor $\cos \theta$.

2.9.5 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Terhadap Radiasi Rata-Rata Matahari

Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh sistem photovoltaic, semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semakin besar karena energi matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan menggunakan teknologi photovoltaic. Daya keluaran sistem photovoltaic dapat dimaksimalkan dengan menggunakan peralatan control seperti PWM atau MPPT dan juga dapat dilakukan dengan memaksimalkan besar intensitas radiasi yang dapat diterima panel surya. Pada penelitian ini daya keluaran photovoltaic dilakukan dengan cara memaksimalkan radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya. Salah satu cara untuk memaksimalkan intensitas radiasi matahari adalah dengan menempatkan panel surya dengan sudut kemiringan yang paling tepat agar dapat menerima radiasi matahari yang paling tinggi.

2.9.6 Pengujian Pengaruh Sudut Datang terhadap Keluaran Sel Surya

Pada penelitian ini pertama dilakukan adalah pengujian pengaruh sudut datang matahari terhadap keluaran sel surya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut datang matahari dan juga seberapa besar pengaruh sudut tersebut dapat diabaikan. Cara pengujian dilakukan seperti gambar 2.11.



Gambar 2.11 Pengujian pengaruh arah sudut matahari terhadap keluaran sel surya

(a) arah sinar tegak lurus panel (b) arah sinar membentuk sudut tertentu.

Pemasangan sebuah panel sel surya dengan posisi tegak lurus terhadap sinar matahari dilakukan untuk mengetahui keluaran maksimum, sedangkan untuk mengetahui pengaruh arah sinar matahari terhadap keluaran panel dilakukan dengan merubah arah panel sel surya $(0)^\circ$, $(10)^\circ$, $(-15)^\circ$, $(-10)^\circ$, $(-15)^\circ$ hingga mencapai sudut 15° terhadap sudut datang matahari. Dari langkah-langkah tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh arah sinar matahari terhadap keluaran panel surya.

2.9.7 Pengambilan data posisi/sudut matahari

Pengambilan data posisi/sudut matahari sangat diperlukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pergeseran sudut matahari pada selang waktu tertentu. Dengan arah pergerakan panel surya (timur ke barat), Pengambilan data ini dilakukan pukul 08.00 sampai pukul 17.00 di halaman Universitas HKBP Nommensen.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian

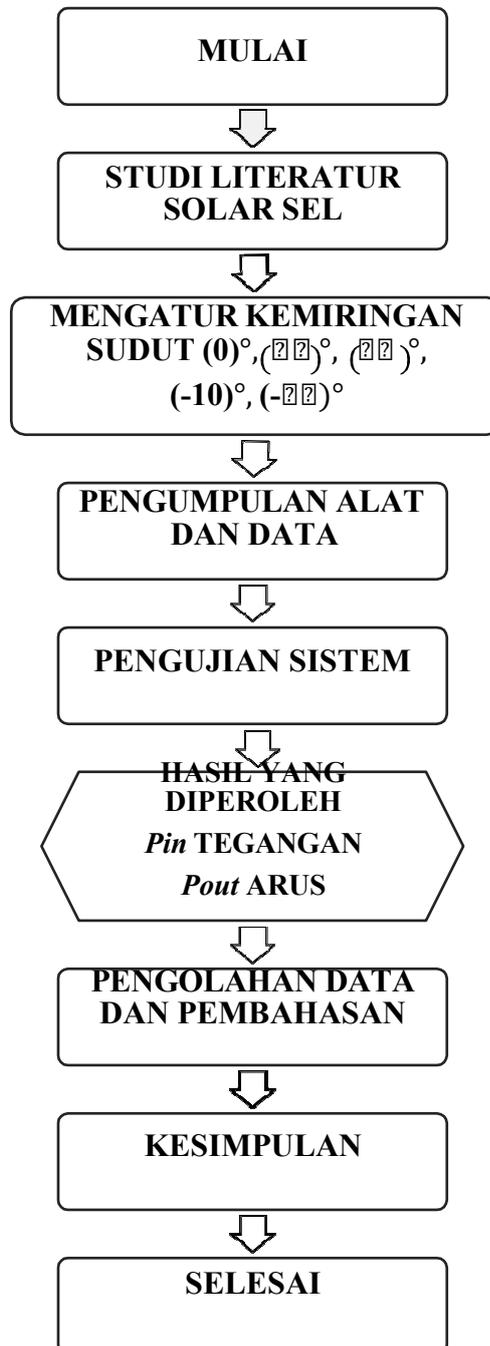
Adapun penelitian ini berlangsung pada bulan mei – juli 2023 dilaksanakan di Universitas HKBP Nommensen, Jl Sutomo No.4A, Perintis, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara – 20235.

3.2 Metode penelitian

Pengaruh sudut kemiringan panel surya merupakan hal yang akan dibahas pada penelitian kali ini, yaitu energy matahari merupakan sumber energy alternative penghasil energy listrik. Pengujian pada penelitian kali ini akan dilakukan untuk memperoleh data yang akan di analisa, proses pengujian dilakukan dengan cara mengkinerjakan sistem tersebut. Metode yang dipakai dalam penelitian ini ialah metode ekperimental.

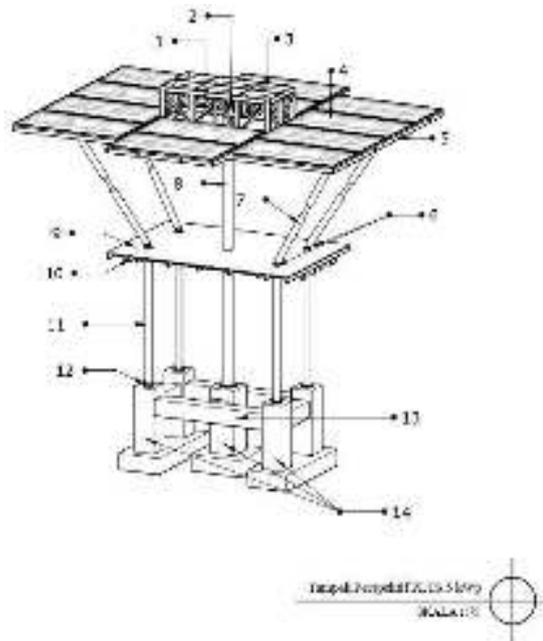
3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Berikut gambaran alur prosedur penelitian :



Gambar 3.1 bagan alir penelitian

3.4 Rancangan sistem PLTS 5 Kwp



Gambar 3.2 Rancangan sistem PLTS 5 Kwp

Keterangan angka gambar :

1. Bearing (untuk rangka)
2. As
3. Plat dudukan bearing
4. Panel
5. Rangka (frame panel dan penopang panel)
6. Tiang utama (penopang rangka panel)
7. Hidraulik \
8. Tiang utama (penopang rangka panel)
9. Plat lantai dua
10. Rangka platlantai dua
11. Tiang (penopang hidraulik)
12. Angkur
13. Balok sloof
14. Pondasi

3.5 Tahapan pengumpulan Data

3.5.1 Alat Penelitian

Ada beberapa alat yang berguna menunjang pada saat proses penelitian beserta fungsinya :

1. Panel surya

Panel surya (photovoltaic) berperan sebagai media pengkonversian energy surya menjadi energy listrik dengan cara menangkap sel surya yang terkandung pada sinar matahari, cara kerja panel surya cukup sederhana, yakni menyerap energy matahari yang kemudian disimpan di dalam sebuah baterai.

Spesifikasi :

Panel : 12 buah

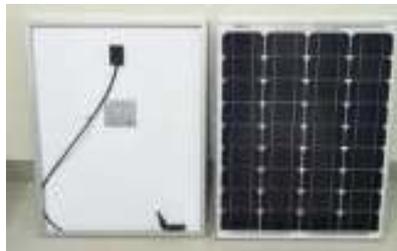
Peak power (Pmax) : 430 W / buah

$$430 \times 12 = 5.160 \text{ W}$$

Luas panel : $2,12 \times 1.095 = 2,32 \text{ m}^2$

$$= 2,32 \times 12$$

$$= 27,84 \text{ m}^2$$



Gambar 3.3 Panel Surya

2. *Solar charger controller*

Solar charger controller adalah alat yang ada pada sistem panel surya yang berguna untuk mengatur proses *charging batteray* dengan cara mendeteksi baterai saat mencapai daya rendah sehingga memerlukan pengisian. Dan juga sebagai pengatur kestabilan arus yang dihasilkan panel surya.



Gambar 3.4 Solar Charger Controller

3. Inverter

Inverter merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak balik (DC ke AC) serta frekuensi yang dapat diatur. Dengan kata lain, ini adalah adaptor daya. Inverter yang dipakai ialah smart inverter 5KVA.



Gambar 3.5 Inverter

4. Aki/Baterai

Penggunaan baterai dalam sistem tenaga surya kali ini untuk cadangan energi yaitu arus dan tegangan yang dihasilkan dari proses Photovoltaic. Energi listrik cadangan dalam baterai berguna untuk menyuplai kebutuhan energi, sumber energi yang berisi cairan kimia yang menyimpan energi kimia dan mengeluarkan kembali dalam bentuk listrik.

Ukuran baterai : $12\ 200\ \text{Ah} = 2400\ \text{Wh} \times 8\ \text{buah}$
 $= 19.200\ \text{Wh}$



Gambar 3.6 Baterai

5. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada saat pengujian.



Gambar 3.7 Multimeter

6. Digital power sun meter

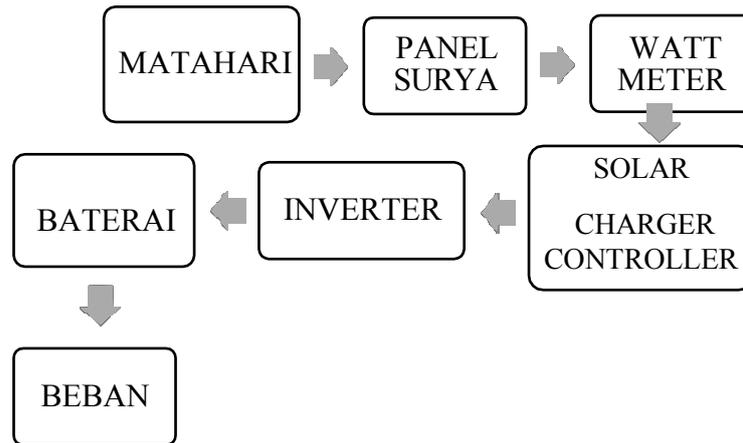
power sun meter adalah suatu alat ukur yang bisa mengukur besaran-besaran listrik, alat ini digunakan untuk mengetahui intensitas radiasi matahari yang dihasilkan dari pancaran sinar matahari pada saat pengujian dilakukan.



Gambar 3.8 Digital power sun meter

3.6 Blok Diagram Sistem Tenaga Surya

Menurut Aldo Pratama (2020), Blok diagram merupakan bagian yang terpenting dalam perancangan alat. Proses jalannya sistem panel surya sebagai sumber listrik, dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini.



Gambar 3.9 Blok Diagram Sistem Panel Surya

Panel surya bertugas mengkonversi energi yang dialirkan dari pancaran energi matahari dan menghasilkan listrik. Hasil energi listrik dari proses pengkonversian *solar cell* dipindahkan ke dalam baterai melalui proses *charging* yang telah diambil melalui proses control *solar charge controller*, sebelum ke *Solar Charge Controller* arus listrik dari panel surya melalui watt meter yang berguna untuk melihat berapa arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan sumber tenaga dari baterai perlu pengubahan arus DC menjadi AC dengan menggunakan inverter, fungsinya sebagai penyimpan tenaga listrik arus searah (DC) dari tenaga surya sebelum dimanfaatkan ke beban.

3.6.1 Langkah-Langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah pengujian PLTS adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian panel surya yang mendapat sinar matahari, pengujian dilakukan dari jam 08.00 wib hingga 17.00 wib.
2. Mengukur intensitas radiasi matahari yang dihasilkan pancaran sinar matahari.
3. Mencatat hasil pengujian panel surya pada sudut kemiringan.

Setelah pengujian dilakukan kebersihan pada lokasi penelitian dan mengumpulkan alat-alat yang digunakan saat penelitian.