

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merujuk pada suatu teknologi pembangkit yang mentransformasikan energi foton dari matahari menjadi energi listrik. Proses konversi ini terjadi di modul PV yang terdiri dari sel surya. Sel surya tersebut terdiri dari lapisan tipis silikon (Si) murni dan bahan semi konduktor lainnya. Saat bahan tersebut menerima energi foton, elektron dalam ikatan atomnya terstimulasi, berpindah ke keadaan yang bebas bergerak, dan pada akhirnya menghasilkan tegangan listrik dengan arus searah. (Afrida *et al.*, 2021)

PLTS sering digunakan di daerah pedesaan dan pulau-pulau kecil yang belum memiliki akses listrik dari PLN, dengan tingkat elektrifikasi di Indonesia masih sekitar 75%. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahardjo dan Fitriana pada tahun 2016, terdapat intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 4,8 kWh per hari per meter persegi di seluruh wilayah Indonesia. Oleh karena itu, PLTS menjadi solusi yang populer sebagai alternatif pembangkit listrik, terutama di wilayah-wilayah tersebut. Hal ini dikarenakan harga bahan bakar minyak yang mahal, sehingga PLTS menjadi pilihan yang lebih ekonomis (Rahardjo, Irawan; Fitriana, 2016). Karena biaya bahan bakar minyak yang tinggi dan berdampak pada biaya yang lebih besar, PLTS telah menjadi alternatif utama sebagai pembangkit listrik konvensional yang menggunakan sumber energi berbahan bakar. Ini

disebabkan oleh keekonomisan PLTS yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar minyak (Winardi, Nugroho and Dolphina, 2019).

Cahaya matahari yang terpancar akan diserap dan diterima oleh panel surya. Salah satu komponen penting dalam PLTS adalah BCU (Battery Control Unit) yang berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan proses pengisian baterai dari panel surya. Melalui BCU, dapat diatur persentase muatan maksimum dan minimum dari baterai, sehingga umur baterai dapat dipertahankan. Energi yang tersimpan dalam baterai kemudian dialirkan ke beban, baik beban berupa arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC) (Sihotang, 2019).

Perencanaan yang baik sangat penting dalam pembangkit listrik tenaga surya karena ketergantungan yang tinggi pada sinar matahari. Proses perencanaan melibatkan beberapa faktor berikut:

1. Menentukan jumlah daya yang dibutuhkan dalam pemakaian sehari-hari, yang diukur dalam watt. Hal ini melibatkan estimasi kebutuhan daya untuk peralatan dan beban listrik yang akan digunakan.
2. Menghitung berapa besar arus yang dihasilkan oleh panel sel surya, yang diukur dalam ampere hour. Perhitungan ini mempertimbangkan jumlah panel surya yang harus dipasang untuk menghasilkan daya yang cukup sesuai dengan kebutuhan.
3. Menentukan jumlah baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan, serta mempertimbangkan penggunaan energi ketika tidak ada sinar matahari. Kapasitas baterai diukur dalam ampere hour.

Instalasi pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan perencanaan yang matang mengenai kebutuhan daya, jumlah panel surya, dan jumlah baterai yang diperlukan untuk memastikan ketersediaan energi yang memadai dalam kondisi sinar matahari yang bervariasi (Putri, Meliala and Zuraida, 2020).

Untuk mencapai keluaran energi listrik yang maksimum, panel surya perlu selalu menghadap ke arah matahari. Di Indonesia, energi listrik yang optimal dapat dicapai dengan mengatur sudut kemiringan modul surya sesuai dengan lintang geografis lokasi PLTS tersebut.

Dengan mengatur sudut kemiringan panel surya sesuai dengan lintang geografis lokasi, dapat memaksimalkan paparan sinar matahari yang diterima oleh panel surya sepanjang tahun. Sudut kemiringan yang tepat memungkinkan panel surya untuk menyerap sinar matahari dengan efisiensi yang lebih tinggi, meningkatkan produksi energi listrik secara keseluruhan.

Dengan mengoptimalkan penyesuaian sudut kemiringan, PLTS dapat memaksimalkan potensi energi surya yang tersedia di lokasi tersebut dan meningkatkan efisiensi konversi energi foton menjadi energi listrik.

Tabel 2. 1 Posisi Kemiringan Instalasi Panel Surya

Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0-15°	15°
15-25°	25°
25-30°	30°

30-35°	40°
35-40°	45°
40-90°	65°

Namun dalam penentuan besaran PLTS harus disesuaikan dengan total energi yang digunakan (Rohmat, YN;B, Badruzzaman;T, Endramawan;Witri, Yani;CR, 2021). Dalam menentukan jumlah panel surya yang digunakan menggunakan persamaan 2.1:

$$Pv = \frac{W}{wp} \quad (2.1)$$

Dimana: Pv = Panel surya

W = Daya (Watt)

Wp = Watt Peak

2.2.1 Photovoltaic

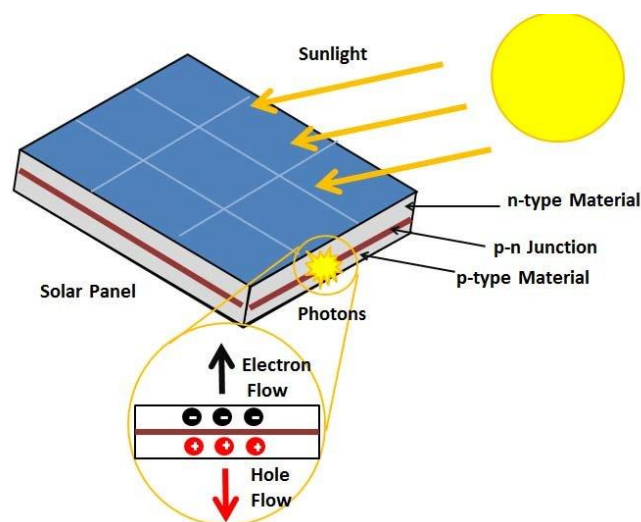
PV atau Photovoltaic adalah sebuah alat yang dapat mengubah energi radiasi matahari menjadi listrik arus searah. Penemuan PV dimulai pada tahun 1839 ketika Edmond Becquerel menemukan efek photovoltaic. Kemudian, pada tahun 1883, Charles Fritts menciptakan panel surya pertama dengan melapisi selenium dengan lapisan tipis emas. Pada tahun 1950-an, Bell Laboratory berhasil menciptakan panel surya seperti yang kita kenal sekarang berkat kontribusi dari Daryl Chapin, Calvin Fuller, dan Gerald Pearson.

Seiring berjalannya waktu, penggunaan PV semakin beragam. PV digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemanas air rumah tangga, pengering hasil panen, kompor masak, destilasi air laut, dan sebagai pembangkit listrik. Di

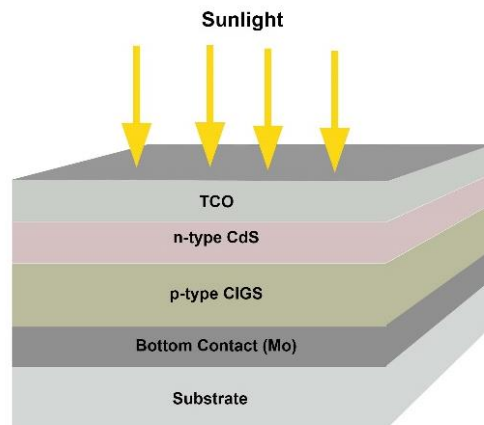
Indonesia, PV lebih banyak dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Komponen terkecil dalam *photovoltaic* adalah sel surya, yang pada dasarnya adalah sebuah fotodiode yang besar dan dapat menghasilkan daya listrik. PV terdiri dari dua jenis bahan yang berbeda yang disambungkan melalui suatu bidang junction. Ketika sinar matahari jatuh pada permukaan PV, energinya akan diubah menjadi listrik arus searah (Sianipar, 2017).

Ada 2 (dua) jenis PV yang paling populer dan biasa digunakan untuk PLTS yaitu jenis *crystalline silicon* dan *thin film*. Jenis *crystalline silicon* terbuat dari bahan *silicon*. Sedangkan *thin film* sebagian besar terbuat dari bahan kimia. Jenis *crystalline* terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu tipe *monocrystalline* (Gambar) dan *polycrystalline* (Gambar). Masing-masing jenis memiliki efisiensi berbeda yaitu *monocrystalline* 14-16%, *polycrystalline* 13 – 15%. Struktur dari PV Crystalline dan PV Thin Film ditunjukkan pada gambar 2.1 dan 2.2.

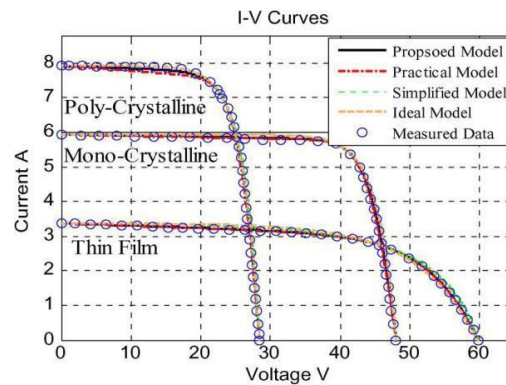


Gambar 2.1 Struktur PV Crystalline



Gambar 2.2 Struktur *PV Thin Film*

Pada percobaan yang telah dilakukan pada keadaan tanpa halangan daya maksimal yang didapatkan dari panel *polycrystalline*. Sedangkan keadaan dengan adanya halangan seperti air, pasir, dan daun semua percobaan menyatakan bahwa daya yang terbesar dihasilkan oleh *monocrystalline*. Sehingga dapat disimpulkan untuk keadaan tanpa halangan dimana bila *solar cell* akan ditempatkan pada daerah yang disinari matahari sepanjang tahun lebih optimal menggunakan *polycrystalline*. Sedangkan untuk daerah yang lebih real lebih baik menggunakan *monocrystalline* (Wardani, Andriawan and Basyarach, 2019).



Gambar 2.3 Kurva I – V Dimodelkan dan Diukur Untuk Modul PV Monocrystalline, Polycrystalline, dan Thin Film.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Mahmoud and El-Saadany, 2015) menyatakan bahwa evaluasi dilakukan dengan membandingkan model kurva I – V dari model yang diusulkan dengan kurva I – V dihasilkan oleh model praktis. Perbandingan dilakukan dengan mengacu pada pengukuran yang disediakan dalam lembar data pabrikan dari berbagai teknologi PV yang tersedia di industri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Kurva ini juga bisa digunakan dalam membandingkan kemampuan dan optimalisasi dari masing-masing jenis PV.

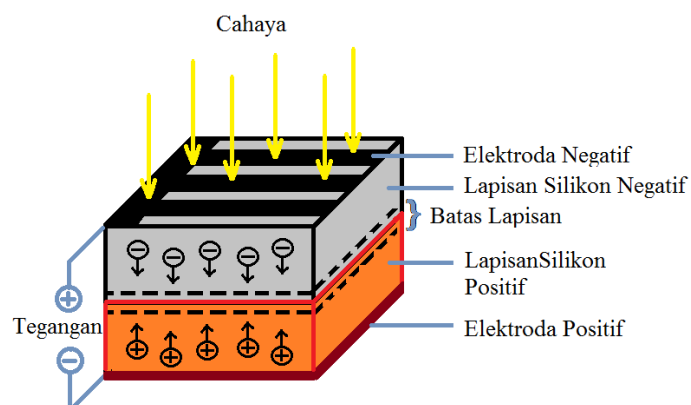
Pemilihan jenis PV yang digunakan berdasarkan kurva pada gambar 2.3 serta hasil percobaan dari Wardani menunjukkan jika untuk PLTS integrasi lebih disarankan menggunakan jenis PV *polycrystalline*.

2.2.2 Prinsip Kerja Panel Surya

Prinsip kerja sel surya silikon didasarkan pada konsep p-n junction dalam semikonduktor. Sel surya terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, dan substrat logam untuk mengalirkan arus dari lapisan tipe-n (elektron) dan tipe-p (hole).

Semikonduktor tipe-n terbentuk dengan mendoping silikon dengan unsur dari golongan V, yang menghasilkan kelebihan elektron valensi dibandingkan dengan atom sekitarnya. Di sisi lain, semikonduktor tipe-p terbentuk dengan doping oleh unsur dari golongan III, yang menyebabkan kekurangan satu elektron valensi dibandingkan dengan atom sekitarnya. Ketika dua tipe material ini berkontak, kelebihan elektron dari tipe-n akan difusi ke tipe-p. Akibatnya, area doping-n akan memiliki muatan positif, sementara area doping-p akan memiliki muatan negatif. Medan elektrik yang terbentuk di antara keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole kembali ke daerah-p. Proses ini menghasilkan p-n junction.

Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n, sebuah dioda terbentuk. Dalam konteks sel surya, dioda ini berfungsi untuk mengarahkan arus listrik yang dihasilkan oleh foton yang mengenai sel surya. Ketika cahaya matahari jatuh pada sel surya, energi fotonnya merangsang elektron dalam lapisan tipe-n untuk melompat ke lapisan tipe-p, menciptakan arus listrik searah.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Panel Surya

Ketika junction disinari, photon yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron

dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir. Skema cara kerja sel surya dapat dilihat dari gambar (Hasan, 2012).

2.2. Baterai/Penyimpanan

Baterai, yang juga dikenal sebagai sel, merupakan suatu perangkat elektrokimia yang terdiri dari sepasang elektroda (katoda dan anoda) serta elektrolit. Fungsinya adalah sebagai sumber energi listrik yang dihasilkan melalui konversi energi kimia melalui reaksi redoks (reduksi dan oksidasi).

Dalam baterai, elektroda-anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi, di mana elektron dilepaskan, sementara elektroda-katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi, di mana elektron diterima. Elektroda-anoda dan elektroda-katoda dipisahkan oleh elektrolit, yang memungkinkan perpindahan ion antara elektroda.

Ketika baterai digunakan, reaksi redoks antara elektroda-anoda dan elektroda-katoda menghasilkan aliran elektron melalui sirkuit eksternal, yang kemudian dapat digunakan untuk melakukan kerja seperti menggerakkan perangkat elektronik. Reaksi redoks ini akan terus berlangsung sampai zat kimia dalam baterai yang terlibat dalam reaksi menjadi habis atau terlalu sedikit untuk menghasilkan arus listrik yang signifikan (Harahap, 2016).

Dengan demikian, baterai berperan penting dalam menyediakan sumber energi portabel yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari perangkat elektronik kecil hingga kendaraan listrik, dengan mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik yang dapat digunakan.

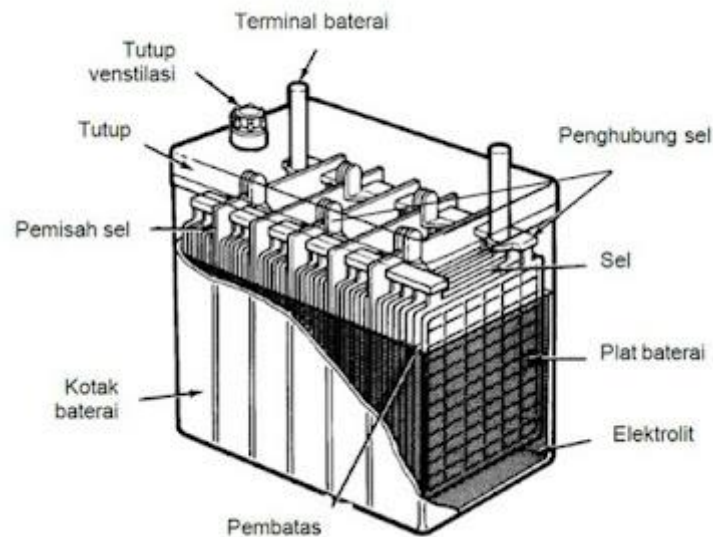
Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), terutama pada tipe Off Grid, diperlukan adanya media penyimpanan energi sementara untuk mengatasi kekurangan energi saat panel surya tidak mendapatkan sinar matahari yang cukup atau saat digunakan pada malam hari. Salah satu komponen penting dalam sistem tersebut adalah baterai.

Baterai pada sistem PLTS berperan sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Ketika sinar matahari mencukupi dan panel surya menghasilkan energi listrik yang lebih dari yang dibutuhkan pada saat itu, kelebihan energi tersebut disimpan dalam baterai. Baterai akan mengisi dirinya dengan energi listrik yang tersedia dan menyimpannya secara sementara.

Ketika panel surya tidak dapat menghasilkan energi listrik yang cukup, misalnya saat cuaca buruk atau pada malam hari, baterai akan berfungsi sebagai sumber energi cadangan. Energi yang telah disimpan dalam baterai dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik pada saat tersebut. Hal ini memungkinkan sistem PLTS untuk terus menyediakan listrik bahkan ketika panel surya tidak aktif.

Dengan adanya baterai dalam sistem PLTS Off Grid, penggunaan listrik dapat dipertahankan secara mandiri dan tidak tergantung sepenuhnya pada pasokan energi matahari. Baterai memainkan peran penting dalam menjaga ketersediaan energi listrik yang stabil dan dapat diandalkan dalam sistem PLTS, sehingga

memungkinkan penggunaan listrik yang kontinu sepanjang waktu (Diantari Aita Retno, Erlina, 2018).



Gambar 2.5 Struktur Pada Baterai

Fungsi baterai adalah didalam PLTS pada umumnya untuk keperluan menyimpan listrik yang dibangkitkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari dan digunakan untuk memasok listrik ke beban pada malam hari. Terdapat banyak jenis baterai yang pada dasarnya disesuaikan untuk keperluan tertentu. Jenis baterai yang sudah terbukti handal untuk keperluan PLTS adalah baterai stasioner dari jenis lead acid.

Selain itu penentuan jumlah baterai ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_b = \frac{\text{Daya Jam (Wh)}}{V_{\text{Baterai}} \times Ah_{\text{Baterei}}} \quad (2.2)$$

Dimana:

N_b = Jumlah baterai

V_b = Voltase baterai (Volt)

Ah = Arus Baterai (Ampere)

Wh = Daya jam (wh)

2.3.1 Charger Control

Pengisi baterai, juga dikenal sebagai charge controller, merupakan perangkat elektronik yang berfungsi mengatur aliran arus searah (DC) saat pengisian baterai dan saat pengambilan energi dari baterai ke beban. Charge controller memiliki peran penting dalam menjaga kondisi optimal baterai dan melindunginya dari overcharging (pengisian berlebihan) dan kelebihan tegangan (overvoltage) yang berasal dari panel surya.

Ketika panel surya menghasilkan energi listrik, charge controller bertugas mengatur arus yang diisi ke baterai. Fungsi utama charge controller adalah untuk mencegah baterai dari overcharging. Ketika baterai sudah mencapai tingkat pengisian penuh, charge controller akan menghentikan aliran arus ke baterai, sehingga mencegah baterai dari kerusakan akibat pengisian berlebihan. Hal ini penting untuk menjaga umur baterai agar tetap optimal.

Selain itu, charge controller juga bertugas mengatur kelebihan tegangan yang mungkin terjadi dari panel surya. Misalnya, saat kondisi sinar matahari sangat kuat, panel surya dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dari yang diperlukan oleh baterai. Charge controller akan menurunkan tegangan tersebut ke tingkat yang aman bagi baterai, sehingga mencegah kerusakan akibat overvoltage.

Dengan mengatur aliran arus dan tegangan yang masuk ke baterai, charge controller membantu memperpanjang umur baterai dalam sistem PLTS. Menghindari overcharging dan overvoltage akan mengurangi risiko kerusakan pada

baterai dan menjaga kinerjanya yang optimal. Oleh karena itu, penggunaan charge controller sangat penting dalam sistem PLTS untuk melindungi baterai dan memastikan ketersediaan energi yang handal (Dzulfikar and Broto, 2016)

Menerapkan teknologi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk memaksimalkan daya yang didapat. Besaran Arus SCC (I_{sc}) yang digunakan dalam PLTS dapat disesuaikan menggunakan rumus yang berkaitan dengan jumlah PV (N_{pv}), Daya (w) dan tegangan (v) seperti rumus berikut.

$$I_{sc} = N_{pv} \frac{W}{V} \quad (2.3)$$

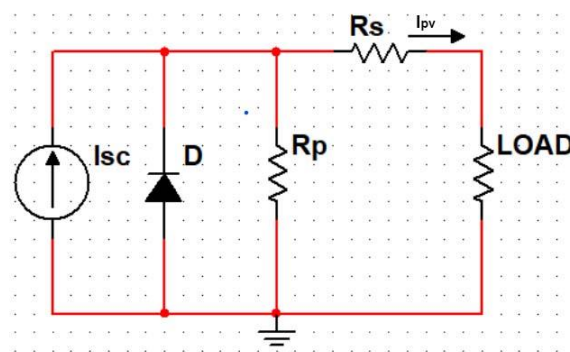
Dimana:

I_{sc} = Arus SCC (Ampere)

N_{pv} = Jumlah PV yang digunakan

W = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)



Gambar 2. 6 Rangkaian Ekuivalen Solar Cell

Sedangkan, I_{sc} adalah arus yang dihasilkan oleh sel surya hasil konversi dari energi matahari, R_s adalah hambatan ekuivalen yang tersusun seri pada array sel

surya, dan R_p adalah hambatan ekuivalen yang tersusun paralel. Keluaran dari sel surya adalah arus I_{pv} dan tegangan Load

2.3.2 Jenis-Jenis Baterai

1. Baterai Asam

Baterai asam yang bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (sulfuric acid = H_2SO_4). Didalam baterai asam, elektroda- elektrodanya terdiri dari plat-plat timah peroksida PbO_2 sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni Pb sebagai katoda (kutub negatif) (Hidayat *et al.*, 2016).

2. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari:

- a. Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery.
- b. Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd

Battery Pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali admium (NiCd).

2.3.3 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai yaitu kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12-volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel baterai yang

ada di dalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (discharging) selama waktu tertentu (Hasan, 2012).

Pada saat baterai diisi (charging), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam ampere jam (Ampere hour). Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini:

$$N = i x t \quad (2.4)$$

Dimana: N = Kapasitas Baterai

I = Arus

T = Waktu

2.3.4 Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir melalui suatu penghantar akan berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan padanya. Dalam kata lain, semakin besar beda potensial, maka arus listrik yang mengalir juga semakin besar.

Arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang melewati suatu titik dalam sirkuit listrik dalam satu unit waktu. Satuan yang digunakan untuk mengukur arus listrik adalah Coulomb per detik atau Ampere.

Dalam kehidupan sehari-hari, contoh arus listrik bervariasi mulai dari arus yang sangat lemah dalam satuan mikro Ampere (μA), seperti arus yang terjadi

dalam jaringan tubuh, hingga arus yang sangat kuat dalam rentang 1-200 kiloAmpere (kA), seperti arus yang terjadi saat petir.

Tahanan, beban, atau resistansi adalah komponen elektronik yang dirancang untuk menghambat aliran arus listrik dengan menghasilkan penurunan tegangan di antara dua salurannya sesuai dengan arus yang mengalir melaluinya. Dalam sirkuit listrik, tahanan digunakan untuk mengontrol aliran arus dan membatasi energi yang diubah menjadi panas oleh arus listrik yang melewatinya, berdasarkan hukum Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.5)$$

Keterangan: R = Ohm (Tahanan)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.3. Inverter

Inverter merupakan perangkat yang berperan dalam mengubah arus dan tegangan listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh PV array menjadi arus dan tegangan listrik bolak-balik (AC) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Fungsi utama inverter adalah mengkonversi energi listrik dari bentuk DC menjadi bentuk AC yang dapat digunakan oleh perangkat dan beban listrik di rumah atau gedung.

Pemilihan inverter yang tepat sangat tergantung pada kebutuhan beban yang akan dialiri listrik dan juga tergantung pada apakah inverter akan digunakan dalam sistem yang terhubung ke jaringan listrik utama atau sistem yang berdiri sendiri (off-grid). Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama: square wave, modified sine wave, dan true sine wave.

Inverter square wave menghasilkan gelombang kotak dengan bentuk gelombang yang paling sederhana. Namun, jenis inverter ini jarang digunakan untuk keperluan domestik karena gelombangnya memiliki harmonik yang tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan sensitif dan tidak efisien dalam mengaliri beberapa jenis beban.

Inverter modified sine wave (gelombang sinus yang dimodifikasi) merupakan bentuk gelombang yang lebih halus dibandingkan dengan square wave. Meskipun masih terdapat sedikit distorsi gelombang, inverter ini lebih umum digunakan dalam sistem off-grid untuk mengaliri berbagai jenis beban elektronik seperti peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, dan alat-alat listrik lainnya.

Inverter true sine wave (gelombang sinus asli) menghasilkan gelombang sinus yang serupa dengan arus listrik yang diperoleh dari jaringan listrik utama. Gelombang sinus ini memiliki kualitas yang sangat baik dan mendekati gelombang sinus murni. Inverter jenis ini sangat direkomendasikan untuk penggunaan dalam sistem terhubung ke jaringan listrik utama, serta untuk beban sensitif seperti peralatan elektronik yang rumit, peralatan medis, dan sistem tenaga yang memerlukan kualitas daya yang tinggi (Khabou, Souissi and Aitouche, 2018).

Pemilihan jenis inverter yang sesuai sangat penting untuk memastikan kompatibilitas dengan beban listrik yang akan digunakan dan meminimalkan risiko kerusakan pada peralatan (Abit Duka, Setiawan and Ibi Weking, 2018) .

Ada beberapa kriteria untuk menentukan inverter yang tepat sebagai berikut:

1. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal Input.
2. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
3. Sinewave ataupun square wave output AC.

Saat ini, seluruh inverter menggunakan komponen elektronika di bagian dalamnya. Teknologi terkini suatu inverter telah menggunakan *IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor)* sebagai komponen utamanya menggantikan komponen lama *BJT, MOSFET, J-FET, SCR* dan lainnya. Karakteristik *IGBT* adalah kombinasi keunggulan antara *MOSFET* dan *BJT* (Sianipar, 2017).

Pemilihan jenis *inverter* dalam merencanakan PLTS disesuaikan dengan desain PLTS yang akan dibuat. Jenis inverter untuk PLTS disesuaikan apakah PLTS *On Grid* atau *Off Grid* atau *Hybrid*. Inverter untuk sistem *On Grid (On Grid Inverter)* harus memiliki kemampuan melepaskan hubungan (*islanding system*) saat grid kehilangan tegangan. Inverter untuk sistem PLTS Parallel harus mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu inverter ini lebih populer disebut *bi-directional inverter*. *Inverter* memiliki beberapa kualitas berdasarkan mutu daya keluarannya. Ada yang sinus murni, *modified square wave* atau *square wave*.

Inverter memainkan peran kunci dalam pembangkit listrik PV. Dengan demikian, ada banyak konsep teknologi yang berbeda, masing-masing dengan penerapan yang unik. Mempertimbangkan instalasi utilitas yang besar, topologi inverter sentral adalah metode yang lebih disukai. Ini dikaitkan dengan biaya sistem

terdistribusi, yang bisa 60% lebih tinggi daripada biaya inverter terpusat. Oleh karena itu, sistem yang diusulkan mengadopsi topologi inverter terpusat.

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan listrik DC (direct current) yang dihasilkan PV array menjadi arus dan tegangan listrik AC (alternating current) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter di kelompokkan menjadi tiga yaitu square wave, modified sine wave, true sine wave (Abit Duka, Setiawan and Ibi Weking, 2018).

Ada beberapa kriteria untuk menentukan inverter yang tepat sebagai berikut:

4. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal Input.
5. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
6. Sinewave ataupun square wave output AC.

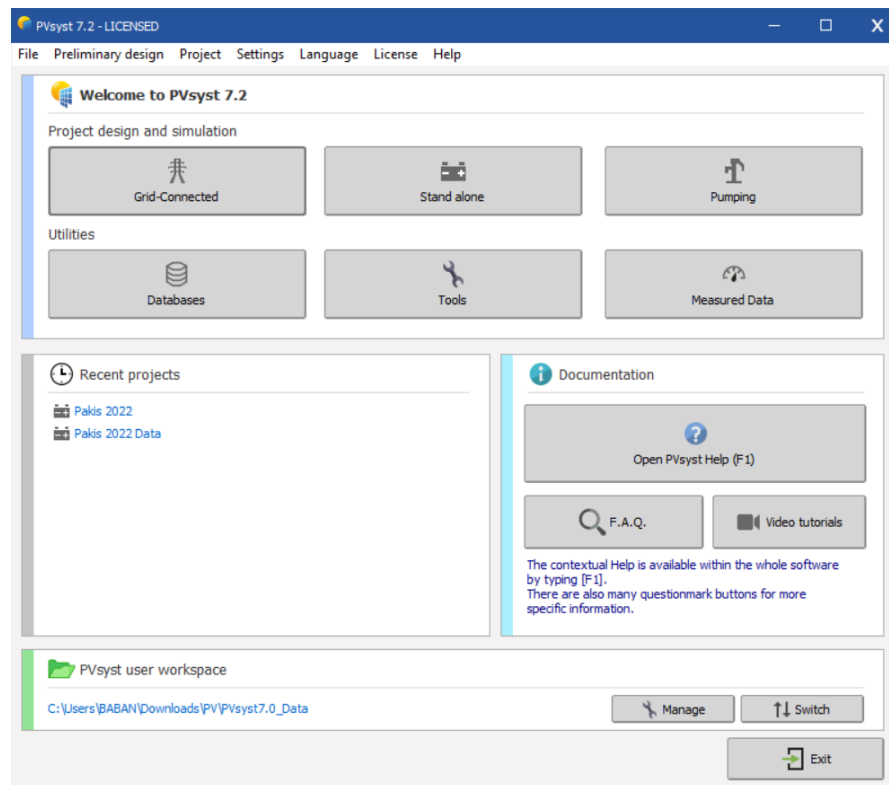
Saat ini, seluruh inverter menggunakan komponen elektronika di bagian dalamnya. Teknologi terkini suatu inverter telah menggunakan *IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor)* sebagai komponen utamanya menggantikan komponen lama *BJT, MOSFET, J-FET, SCR* dan lainnya. Karakteristik *IGBT* adalah kombinasi keunggulan antara *MOSFET* dan *BJT* (Sianipar, 2017).

Pemilihan jenis *inverter* dalam merencanakan PLTS disesuaikan dengan desain PLTS yang akan dibuat. Jenis inverter untuk PLTS disesuaikan apakah PLTS *On Grid* atau *Off Grid* atau *Hybrid*. Inverter untuk sistem *On Grid (On Grid Inverter)* harus memiliki kemampuan melepaskan hubungan (*islanding system*) saat grid kehilangan tegangan. Inverter untuk sistem PLTS Parallel harus mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu inverter ini lebih populer disebut *bi-directional inverter*. *Inverter* memiliki beberapa kualitas berdasarkan mutu daya keluarannya. Ada yang sinus murni, *modified square wave* atau *square wave*.

Inverter memainkan peran kunci dalam pembangkit listrik PV. Dengan demikian, ada banyak konsep teknologi yang berbeda, masing-masing dengan penerapan yang unik. Mempertimbangkan instalasi utilitas yang besar, topologi inverter sentral adalah metode yang lebih disukai. Ini dikaitkan dengan biaya sistem terdistribusi, yang bisa 60% lebih tinggi daripada biaya inverter terpusat. Oleh karena itu, sistem yang diusulkan mengadopsi topologi inverter terpusat.

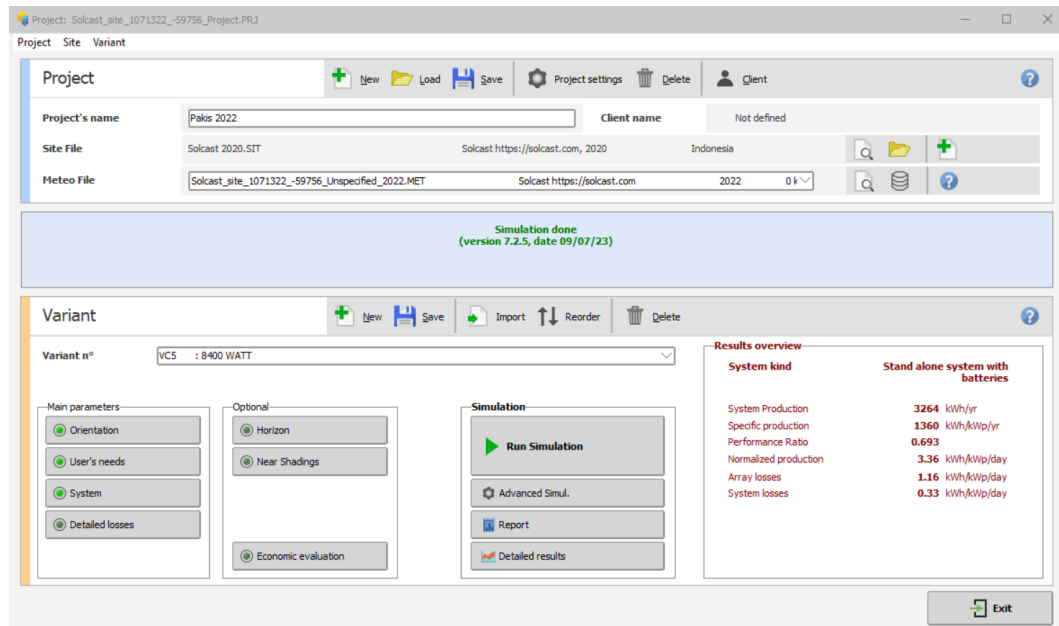
2.4. PVsyst 7.2.5

PVSyst merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari perencanaan sistem PLTS. PVSyst dikembangkan oleh Universitas Genewa, yang terbagi ke dalam sistem terinter-koneksi jaringan (*gridconnected*), sistem berdiri sendiri (*stand alone*) dan sistem pompa (*pumping*). Tampilan awal dari software PVsyst 7.2.5 dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Tampilan Awal Software PVsyst 7.2.0

PVsyst juga dilengkapi database dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen PLTS. Beberapa contoh sumber data meteorologi yang dapat digunakan pada PVSyst yaitu bersumber dari Meteonorm 8 (2010-2014), NASA-SSE, PVGIS TMY. Fitur desain proyek pada software PVsyst digunakan untuk menganalisis potensi produksi energi dan unjuk kerja sistem PLTS. Pada fitur ini, simulasi akan dijalankan dengan cara membuat desain sistem PLTS sesuai dengan yang ingin direncanakan.



Gambar 2. 8 Tampilan Awal PLTS Stand Alone