

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berikut ini adalah beberapa rujukan yang pernah diteliti oleh peneliti sebelumnya, antara lain:

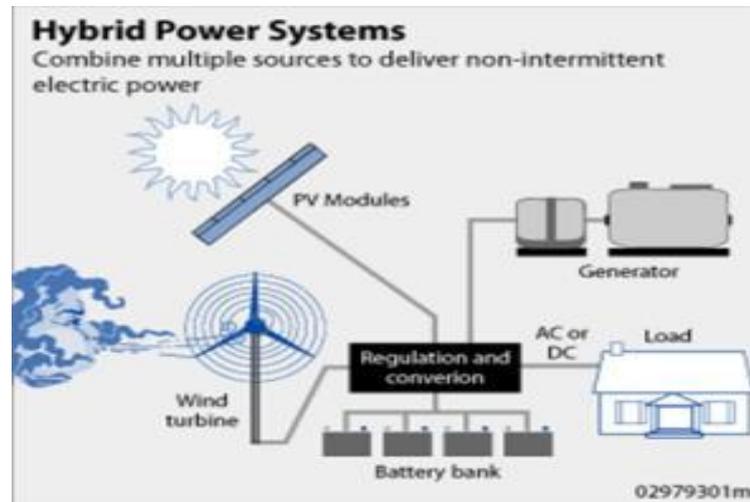
1. Naim Muhammad dan Setyo Wardoyo (2017) melakukan penelitian yang berjudul tentang “*Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS ON GRID 1500 W dengan Back Up Battery di Desa Timampu Kecamatan Towuti*”. Dari penelitian yang mereka lakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa rancangannya adalah PLTS ON GRID 1500 W dengan enam buah *photovoltaic* berkapasitas 250 Wp, *solar charge controller* jenis MPPT berkapasitas 1500 W, aki basah 2 x 100 Ah dan 2 x 60 Ah dengan tegangan 24 V dan kapasitas 160 Ah, inverter jenis *pure sine wave* dengan kapasitas 1500 W dan Kwh meter jenis piringan dengan dua arah putaran.
2. Togar Timotheus Gultom (2015) melakukan penelitian tentang “*Pemamfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya*”. Dari hasil penelitian tersebut dapat diperoleh sebuah kesimpulan berupa energi ini sangat ramah lingkungan dan tidak memerlukan perawatan khusus secara periodik. Energi ini hanya memerlukan cahaya matahari yang jumlahnya tak terbatas, tersedia di mana-mana, dan tidak memerlukan bahan bakar lain seperti bensin, gas, atau yang lain. Namun, energi ini memiliki satu kelemahan yaitu hanya bisa digunakan dalam jangka waktu setengah hari atau selama sinar matahari masih terpancar.
3. Eriyanto (2017) melakukan penelitian tentang “*Evaluasi Pemamfaatan PLTS Terpusat Siding Kabupaten Bengkayang*”. Dan hasil analisis kelayakan investasi menunjukkan bahwa investasi PLTS sebagai sumber tenaga listrik di Kecamatan Siding termasuk layak untuk dilaksanakan. Dengan memaksimalkan pemamfaatan PLTS terpusat Siding melalui penambahan beban sehingga terjadi penambahan pemakaian energi harian sebesar 226,24 Kwh/hari, akan menurunkan biaya energi PLTS Siding sebesar Rp 4.600/Kwh menjadi 3.500/Kwh.

Adapun penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian yang berjudul “*Analisis keandalan Komponen-Komponen Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di PLTH Bayu Baru Pantai Baru Bantul DI Yogyakarta*”. Pada penelitian ini penulis mengumpulkan data-data di PLTH Bayu Baru Bantul DI Yogyakarta dengan metode-metode tertentu dan akan menganalisis dan merancang sebuah skema perawatan pembangkit listrik tenaga surya atau PLTS.

2.2 Landasan Teori

Penelitian ini di lakukan di PLTH Bayu Baru yang terletak di pantai baru Bantul DI Yogyakarta, sistem pembangkit listrik tenaga hibrida adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang menggabungkan dua atau bahkan lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda atau berlainan yang bertujuan untuk menggabungkan keunggulan masing-masing pembangkit, dengan demikian secara otomatis akan menutupi kekurangan yang di sebabkan oleh kondisi tertentu dari setiap pembangkit listrik yang di kombinasikan, sehingga harapannya sistem pembangkitan listrik dapat berjalan dengan baik dan efisien dalam berbagai aspek termasuk aspek ekonomi.

Pembangkit listrik tenaga hibrida juga merupakan salah satu sistem pembangkit listrik alternatif yang sangat tepat untuk di aplikasikan pada daerah-daerah yang belum tersentuh oleh listrik PLN, seperti halnya daerah pesisir pantai yang menggabungkan pembangkit listrik tenaga surya dengan pembangkit listrik tenaga angin yang pada siang hari energi terbesar di dapat dari cahaya matahari dan pada malam hari energi terbesar di dapat dari turbin angin yang di putar oleh angin laut yang jauh lebih besar dari angin darat pada siang hari. Untuk lebih jelasnya dapat di perhatikan skema sistem pembangkit listrik tenaga hibrida yang menggabungkan antar pembangkit listrik tenaga angin dan pembangkit listrik tenaga angin di bawah ini:



Gambar 2.1 Skema sistem pembangkit listrik tenaga hibrida

(Sumber: <http://solarsuryaindonesia.com/info/sistem-off-grid-on-grid-tie>)

Pembangkit listrik tenaga hibrida yang berasal dari energi terbarukan ini memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut

- a. Dapat memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat di daerah-daerah yang belum tersentuh oleh listrik dari PLN.
- b. Dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di daerah-daerah terpencil.
- c. Menjadi salah satu solusi untuk mengatasi krisis bahan bakar fosil.
- d. Tidak adanya pencemaran lingkungan dan tidak menimbulkan limbah atau dalam bahasa lain sangat ramah lingkungan.
- e. Lebih ekonomis dalam hal pengoperasian dan perawatan maupun dalam hal biaya produksi listrik atau *cost of energy* per tahun.

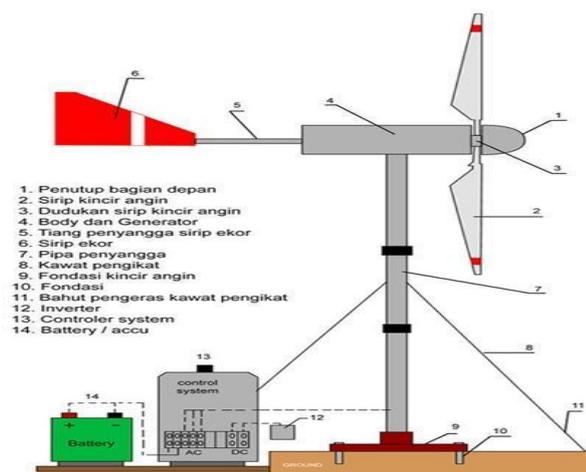
Selain ada kelebihan tentu ada kekurangan pada pembangkit listrik tenaga surya ini, adapun kekurangannya adalah sebagai berikut:

- a. Biaya investasi awal yang relatif mahal.
- b. Sangat tergantung pada keadaan alam.
- c. Sulit dalam menangani ketika terjadi beban puncak tanpa menyimpan listrik.

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin adalah sistem pembangkitan yang memanfaatkan energi angin untuk membangkitkan energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan yang memanfaatkan hembusan angin sebagai sumber energi penghasil listrik merupakan sumber energi alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi terbarukan yang bersih, aman, ramah lingkungan dan tidak terbatas di alam.

Prinsip kerja dari pembangkit ini adalah udara yang bergerak membawa suatu bentuk energi yang dikenal sebagai energi kinetik. Energi kinetik ini memiliki potensial untuk diubah menjadi bentuk energi lain yang lebih bermanfaat seperti energi listrik. Untuk tujuan ini, sebuah sistem yang mampu mengubah energi gerak atau energi kinetik yang dibawa oleh angin, menjadi energi listrik akan di perlukan. Turbin angin atau kincir angin yang dilengkapi dengan sebuah generator listrik merupakan bentuk teknologi yang di desain untuk tujuan ini. Tenaga yang dibawa oleh angin akan ditangkap oleh baling-baling atau propeler, yang berputar ketika ditiup angin. Kemudian tenaga putaran ini dipergunakan untuk memutar turbin generator yang membangkitkan tenaga listrik. Berikut adalah skema pembangkit listrik tenaga angin:



Gambar 2.2 Skema sistem pembangkit listrik tenaga angin
(sumber : <http://www.kincirangin.info/plta-gbr.php>)

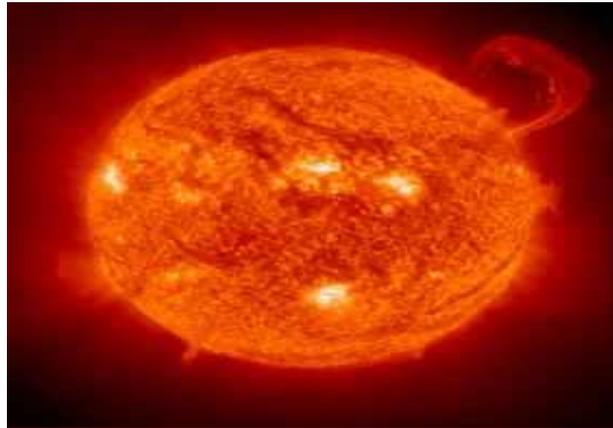
Namun ada salah satu tantangan terbesar dalam pemanfaatan tenaga angin untuk membangkitkan energi listrik adalah faktor intermitency, yaitu kenyataan bahwa angin bertiup dengan ke kuatan yang berbeda-beda dari saat ke saat. Adakalanya angin bertiup kencang sehingga mampu membangkitkan listrik dalam jumlah yang cukup besar. Namun pada saat yang lain angin bertiup terlalu lemah untuk membangkitkan listrik dalam jumlah yang cukup. Karena faktor intermitency dari tiupan angin inilah yang menyebabkan stabilitas jumlah energi yang di bangkitkan oleh sebuah turbin angin tidak dapat diandalkan.

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

a. Matahari

Sebelum masuk ke pembahasan tentang pembangkit listrik tenaga surya perlu rasanya membahas matahari terlebih dahulu berhubung matahari adalah sumber utama dari pembangkit jenis ini, matahari adalah sebuah bintang yang menjadi pusat dari tata surya dan terdiri dari plasma panas yang bercampur dengan medan magnet dan berbentuk nyaris bulat. Diameternya 109 kali diameter bumi yaitu sekitar 1.392.684 km dan bermassa sekitar 2×10^{30} kg yang mewakili 99,86% massa total tata surya kita terdiri dari elemen-elemen berat seperti oksigen, karbon, neon, besi, dan lain-lain.

Matahari memancarkan energi yang sangat besar. Suhu di permukaan matahari sangat luar biasa tinggi, mencapai angka 6000 °C. Semakin ke bagian dalam suhunya semakin tinggi. Para peneliti serta para ahli memperkirakan bahwa suhu pada titik pusat matahari mencapai angka 18.000.000 °C.



Gambar 2. 3 Matahari

(Sumber: <http://www.anashir.com/astronomi/matahari-sebagai-pusat-tata-surya/>)

Proses radiasi yang membuat energi panas atau cahaya matahari sampai ke bumi, Radiasi adalah proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara, karena antara bumi dan matahari terbentang luas ruang hampa maka proses radiasi tersebut akan terjadi dengan sangat baik sehingga sinar matahari sampai ke bumi.

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dirambatkan dalam bentuk medan magnet dan medan listrik yang mampu merambat dengan sangat cepat tanpa harus memerlukan media perantara dan siang hari adalah waktu ketika jumlah energi paling tinggi yang sampai ke bumi.

Jenis radiasi yang masuk ke permukaan bumi secara ilmiah dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu, yang pertama radiasi langsung tanpa melewati hambatan atau yang biasa di sebut *direct irradiation*, ada juga radiasi yang dipantulkan yang biasa disebut *reflected irradiation*, sedangkan radiasi yang di serap biasanya disebut *absorbed irradiation*, ada juga radiasi yang dibelokkan yang disebut *diffused irradiation*, kemudian radiasi yang dipantulkan oleh permukaan bumi (tanah) yang disebut *ground-reflected irradiation*, dan yang terakhir adalah radiasi total yang diterima atau *global irradiation*.

Matahari meradiasikan gelombang elektromagnetik ke segala arah pada awal proses penyinarannya, hanya sebagian kecil saja yang dapat diterima atau sampai ke bumi karena sebagian besar energi hilang di alam semesta, radiasi

elektromagnetik yang diemisikan pada panjang gelombang yang sangat pendek yang dipancarkan oleh matahari yang biasanya dinyatakan dalam satuan mikron ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$).

Daerah cahaya tampak terletak pada panjang gelombang 0,4 μm hingga 0,7 μm yang disebut cahaya violet, sedangkan ultra violet adalah radiasi yang panjang gelombang lebih pendek dari 0,4 μm dan radiasi inframerah adalah radiasi dengan panjang gelombang lebih besar dari 0,7 μm . Radiasi matahari akan berkurang intensitas radiasinya atau yang disebut dengan istilah atenuasi yang disebabkan oleh adanya hamburan atau penyerapan oleh molekul debu dan partikel awan sehingga hal inilah yang menyebabkan sedikit saja dari radiasi atau energi panas matahari sampai ke bumi.

Awan juga dapat menghambat penjaran radiasi matahari sampai ke bumi, hal ini disebabkan oleh dimensi yang lebih besar daripada gelombang radiasi yang terdapat pada tetes air atau kristal es pada awan yang menyebabkan difusi awan secara praktis tidak bergantung pada panjang gelombang. Hanya sebagian kecil dari radiasi yang sampai ke permukaan bumi dan sebagian besarnya lagi dihamburkan hilang ke alam semesta.

Waktu perambatan cahaya matahari dari matahari ke bumi adalah sekitar delapan menit dua puluh detik, secara teori matematikanya dapat dijelaskan bahwa bumi mengorbit matahari pada jarak sekitar 150 juta km sedangkan cahaya bergerak dengan kecepatan 300.000 km/detik, $150.000.000$ dibagi dengan 300.000 adalah 500 detik atau sama dengan 8 menit 20 detik, namun karena orbit bumi yang mengelilingi matahari berbentuk elips yang jaraknya dimulai dari 147.000.000 km hingga 152.000.000 km dengan demikian pada titik terdekat matahari dengan bumi cahaya matahari membutuhkan waktu hanya sekitar 490 detik dan pada titik terjauh sekitar 500 detik

Sebagai sumber dari kehidupan peradaban di bumi matahari tentunya memiliki banyak sekali manfaat bagi keberlangsungan hidup di bumi, beberapa manfaat dari matahari dalam kehidupan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Suhu yang pas dari Panas matahari memungkinkan kelangsungan hidup organisme di bumi, energi matahari dalam jumlah yang pas yang diterima oleh bumi membuat air tetap berbentuk cair, yang mana seperti kita ketahui air adalah salah satu sumber kehidupan yang sangat penting. Selain itu panas matahari juga yang mempengaruhi cuaca atau iklim dan memungkinkan adanya angin, siklus hujan, cuaca, dan iklim.
2. Proses fotosintesis pada tumbuhan juga memerlukan cahaya matahari tanpa matahari tumbuhan tidak akan bisa melakukannya dan seperti yang kita ketahui tumbuhan adalah penghasil oksigen untuk bernafas manusia dan hewan tidak bisa kita bayangkan apabila cahaya matahari yang pas tidak ada di permukaan bumi maka tidak akan ada kehidupan di permukaan bumi.
3. Adanya pergantian siang dan malam di bumi yang disebabkan oleh pergerakan rotasi bumi sehingga ada bagian yang menerima sinar matahari dan ada yang tidak, hal ini memudahkan manusia membagi waktu beraktifitas dan waktu untuk istirahat dan mengetahui jadwal sahur dan berbuka.
4. Tersusunnya planet-planet di tata surya bima sakti dan berrotasi sesuai jalurnya sendiri tanpa bertabrakan antara satu dengan yang lainnya hal ini di sebabkan oleh gaya gravitasi dari matahari.
5. Cahaya matahari sekarang juga menjadi energi alternatif untuk pembangkit energi listrik yang sangat ramah lingkungan yang merupakan sumber energi terbarukan yang bisa menjadi sumber energi listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil yang belum merasakan listrik dari pemerintah dan juga bisa dijadikan sebagai sumber energi listrik di perkotaan untuk mendapatkan listrik dengan gratis seperti untuk lampu jalan industri skala besar maupun perumahan. Prinsip panel surya adalah menangkap sinar matahari dengan menggunakan sel surya atau sel *photovoltaic* yang terbuat dari silikon. Manfaat matahari inilah yang akan di bahas dalam pembahasan di bawah.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah sebuah perwujudan dari inovasi energi terbarukan yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber utama untuk membangkitkan energi listrik atau dengan kata lain mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pembangkitan energi listrik ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung dengan menggunakan fotovoltaik atau dengan cara tidak langsung dengan pemusatan energi surya, fotovoltaik mengubah langsung dari energi cahaya menjadi energi listrik dengan menggunakan efek fotolistrik sedangkan dengan cara tidak langsung dengan pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin yang dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan cahaya matahari ke satu titik.

Indonesia memiliki letak geografis yang strategis yang dilewati oleh garis katulistiwa, dengan keadaan tersebut tentunya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sangat potensial sekali diaplikasikan di berbagai daerah di Indonesia dengan daya rata-rata mencapai 4kWh/m², kawasan barat Indonesia saja berpotensi memiliki distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m²/hari.

Pemanfaatan potensi energi surya dapat diterapkan dalam 2 teknologi. Teknologi pertama adalah teknologi energi surya termal yang pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air sedangkan teknologi yang kedua yaitu teknologi pemanfaatan radiasi matahari berarti *photovoltaic* atau mengkonversi cahaya menjadi listrik.

Sederhananya, proses pada PV menggunakan bahan semikonduktor yang dapat melepaskan elektron untuk membentuk dasar listrik. Kemudian PV tersebut dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin dan alat-alat elektronik lainnya.

Sebelum membahas lebih jauh tentang pembangkit listrik tenaga surya, penting juga rasanya mengetahui sejarah dari sel surya dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya. Tenaga listrik yang berasal dari cahaya atau energi matahari pertama kali ditemukan pada tahun 1839 oleh ahli kimia.

Seorang peneliti membuat sel surya untuk pertama kalinya yang di rancang dari selenium yang mana selenium ini adalah bahan semi konduktor pada sekitaran tahun 1894 nama peneliti ini adalah Charles Fritts, namun karena tingkat efisiennya masih sangat rendah yaitu hanya sekitar 1% sehingga juga belum layak untuk di aplikasikan.

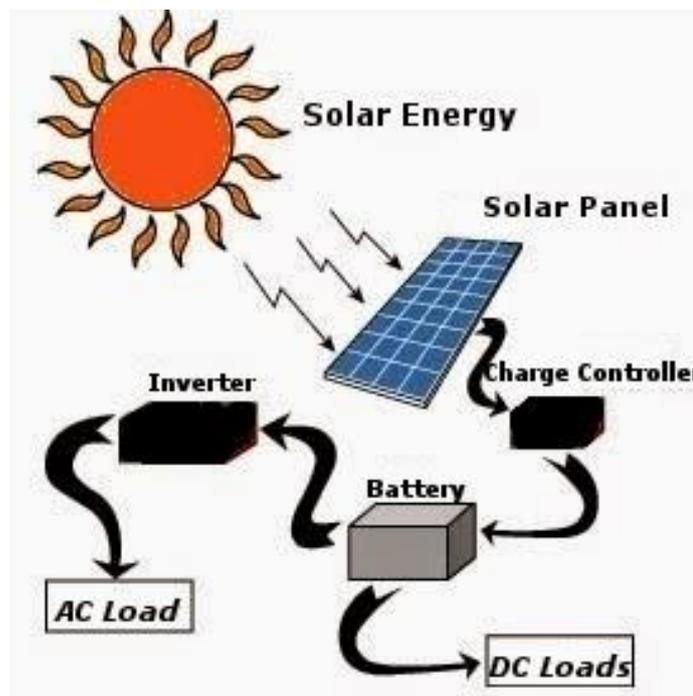
Pada tahun 1905 Albert Einstein seorang ilmuwan ternama didunia yang terkenal dengan teori relativitasnya ini mengatakan bahwa cahaya terdiri dari quanta of energy atau paket-paket tertentu yang sekarang sering kita sebut *photon* dalam sebuah karya tulisnya yang membahas tentang photoelectric effect, berdasarkan hal ini Hans Tholstrup seorang ilmuwan berkebangsaan Australia mampu menciptakan dan mengendarai mobil bertenaga suryanya sejauh 4.000 km selama 20 hari dengan kecepatan 72 km/jam.

Kemudian di tahun 2007 sebuah universitas mampu mencatatkan namanya di sejarah panjang sel surya karena mampu mencapai efisiensi energi mencapai 41,8% dan penemuan ini dikomersialkan untuk di aplikasikan sebagai sumber energi listrik, dan universitas ini adalah Universitas of Delaware yang berdiri tahun 1743 di Amerika Serikat dan terkenal dengan program sains dan tekniknya.

Di Indonesia sendiri pembangkit listrik tenaga surya ini juga memiliki sejarah yang cukup menarik, pada tahun 1987 adalah awal di mulainya pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia dengan dimulainya program pemasangan 80 unit pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah-rumah di desa Sukatani Jawa Barat dan program ini di rancang oleh BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).

Kemudian barulah setelah itu pada tahun 1991 dilanjutkan dengan proyek bantuan presiden (banpres listrik tenaga surya masuk desa) untuk pemasangan 13445 unit SHS yang dilaksanakan pada 15 provinsi diseluruh Indonesia. Sambutan yang sangat luar biasa datang dari masyarakat pedesaan yang selama ini belum merasakan hidup dengan listrik.

Prinsip kerja dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah dengan menangkap photon pada cahaya matahari melalui panel surya yang akan di ubah menjadi arus listrik DC proses ini di namakan fotovoltaik yang kemudian sebelum energi listrik di simpan pada baterai, arus akan di kontrol dulu dengan SCC atau solar control charge yang berfungsi untuk menstabilkan arus yang akan masuk ke baterai, hal ini perlu agar baterai lebih awet dan tahan lama kemudian arus listrik akan di alirkan ke beban DC, untuk beban AC maka arus akan di searahkan terlebih dahulu yaitu merubah dari arus DC ke AC atau dari arus searah ke arus bolak balik dengan menggunakan inverter, setelah itu barulah arus listrik akan di alirkan ke beban AC. Untuk lebih jelasnya dapat di perhatikan pada gambar berikut dibawah ini:



Gambar 2.4 Skema prinsip kerja PLTS

(Sumber: <http://krisnaenergi.com/cara-kerja-pembangkit-listrik-tenaga-matahari/>)

2.2.3 Jenis-jenis sel surya

Sejak ini ada banyak jenis panel surya yang berhasil di kembangkan oleh para peneliti, secara garis besar jenis-jenis dari panel surya ini dapat di bagi

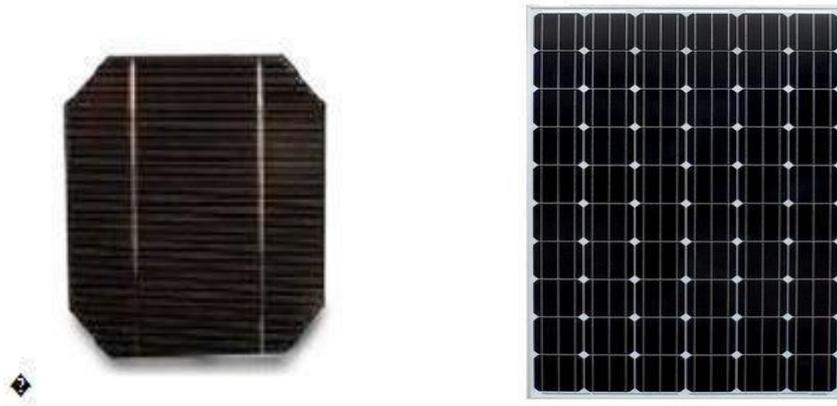
menjadi tiga jenis yaitu panel surya generasi pertama, generasi kedua dan generasi ketiga, berikut adalah ketiga jenis panel surya tersebut.

a. Generasi Pertama

Panel surya generasi pertama memanfaatkan silikon sebagai bahan utama dalam penyusunan sel surya dan panel surya generasi pertama ini disebut tipe *cristtalline*, Tipe *cristaalline* ini terbagi kedalam dua jenis panel surya sebagai berikut:

1. Monokristal

Sel surya yang tersusun dari *p-n Junction* monokristal silikon atau yang biasa kita sebut dengan *monocrystalline PV* yang memiliki tingkat kemurnian sangat tinggi yaitu sekitar 99,999% selain efisien sel fotovoltaik jenis silikon monokristal ini memiliki efisiensi konversi yang cukup tinggi juga yaitu sekitar 16% sampai 17%. Berikut ini adalah contoh dari modul fotovoltaik (PV) jenis monokristal seperti yang terlihat pada gambar 2.4 di bawah:



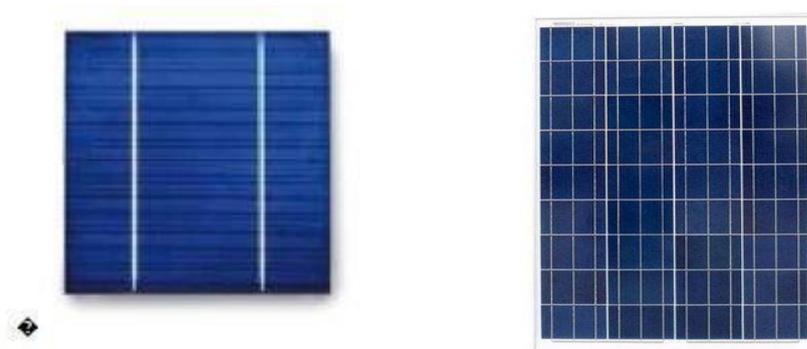
(a) Sel Fotovoltaik

(b) Modul Fotovoltaik

Gambar 2.5 Sel dan Modul Fotovoltaik (PV) Jenis Monokristal
(Sumber : id.fmuser.net dan generasisolar.com)

2. Polikristal

Polikristal PV atau sel surya yang bermateri polokristal dikembangkan dari pertimbangan atas mahalnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis silikon polikristal memang lebih kecil jika di bandingkan dengan jenis mokristal yaitu berkisar sekitar antara 12% hingga 15% saja. Berikut adalah contoh modul fotovoltaik jenis polikristal seperti yang terlihat pada gambar 2.5 di bawah:



(a) Sel Fotovoltaik

(b) Modul Fotovoltaik

(Sumber : id.fmuser.net dan genarasisolar.com)

Gambar 2. 6 Sel dan Modul Fotovoltaik (PV) Jenis Polikristal

b. Generasi Kedua

Panel surya generasi kedua ini disebut dengan thin-film solar cell atau solar sel lapisan tipis, di bandingkan dengan bahan baku untuk tipe silikon sebelumnya, teknologi ini hanya menggunakan kurang dari 1% bahan baku silikon yang bertujuan untuk mengurangi biaya pembuatan solar sel, berikut adalah beberapa jenis panel surya lapisan tipis berdasarkan material penyusunnya ini:

1. *Cadmim Telluride (CdTe)*

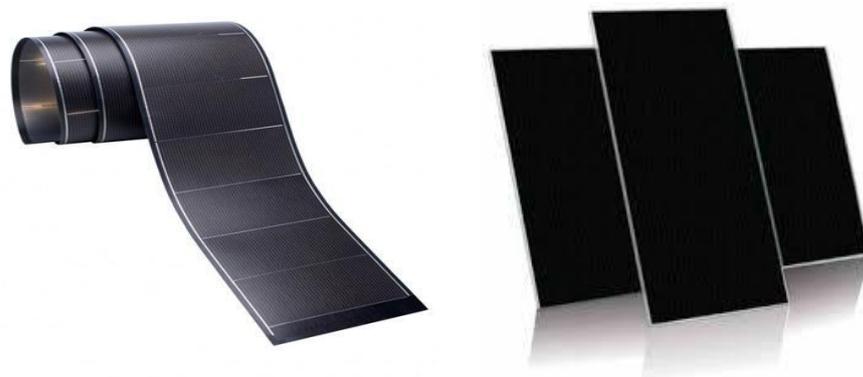
Panel surya *CdTe* ini memiliki efisiensi yang tinggi yaitu sekitar 9-11% dan bisa di katakana yang paling efisien di kelasnya atau yang paling efisien di anatara material sejenis.

2. *Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS)*

Struktur sel surya CIGS biasanya terdiri dari lima lapisan tipis antara lain *substrat*, *back contact*, *absorber*, *buffer* dan *fron contact*. CIGS memiliki efisiensi sebesar 20,8%.

3. *Amorfous*

Sel surya dengan jenis atau bahan *amorfous* silikon ini, awal penerapannya banyak diaplikasikan pada kalkulator dan jam tangan bahkan *power bank hend phone*. Namun seiring dengan perkembangan teknologi mengakibatkan pengaplikasiannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut “*stacking*” (susun lapis), dimana beberapa lapisan amorfous silikon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6%-8%, walaupun tidak sebaik jenis sebelumnya. Berikut adalah contoh fotovoltaiik jenis amorfous seperti yang terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Modul Fotovoltaiik Jenis *Amorfous*
(Sumber : www.enersole.eu/prodotti/amorfous-silicon)

c. **Generasi Ketiga**

Panel surya pada generasi ketiga di susun dari banyak variasi material pada masing-masing panel suryanya, material seperti polimer atau di sebut juga sel surya organik dan sel surya elektrokimia hal ini bertujuan untuk menciptakan

panel surya yang lebih murah, berdasarkan material penyusunnya berikut adalah beberapa dari jenis-jenis panel surya generasi ketiga ini adalah sebagai berikut:

1. Organic Solar Cell

Sel surya organik terbuat dari bahan semikonduktor organik seperti *polyphenylene vinylene* dan *fullerene*.

2. Dye-sensitized Solar Cell

Dye-sensitized Solar Cell ini terbuat dari bahan semikonduktor yang sengaja dilapisi dengan zat warna dengan tujuan agar meningkatkan efisiensi konversi sinar matahari.

3. Perovskite Solar Cell

Material *perovskite* berfungsi sebagai elektrolit untuk menyerap cahaya matahari yang akan mengeksitasi *hole* (muatan positif) dan elektron (muatan negatif). Elektron akan menuju *Electron Transport Material* (ETM) yang bertindak sebagai *n-type* semikonduktor, efisiensi tertinggi dari *Perovskite Solar Cell* ini adalah sekitar 20.2%.

2.2.4 Komponen Pendukung

Pada pengaplikasian sistem pembangkit listrik tenaga surya maka sangat di perlukan beberapa komponen pendukung agar sistem pembangkit listrik tenaga surya kerja dengan baik dan sesuai dengan harapan, setiap komponen pendukung memiliki fungsinya masing-masing dan berikut adalah komponen pendukung dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya:

a. Solar Charge Controller (SCC)

SCC adalah sebuah komponen elektronik yang mengatur arus searah atau arus DC yang masuk ke baterai dan mengontrol tegangan yang masuk ke baterai agar stabil dan tidak *over charging* atau *over voltage* karena energi yang di hasilkan oleh panel surya akan naik turun tergantung cahaya matahari yang di terima oleh panel surya. Berikut adalah gambar dari *solar charge controller* atau SCC:



Gambar 2.8 *solar charge controller (SCC)*

(Sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

SCC yang baik adalah yang mampu mendeteksi kapasitas baterai yang mana ketika baterai telah terisi penuh maka secara otomatis pengisian energi dari panel surya ke baterai akan di putus. SCC akan mengisi baterai hingga level tegangan tertentu dan ketika level tegangan jatuh maka baterai akan di isi kembali. SCC terbagi dua jenis sebagai berikut:

1. *Pulse Wide Modulation (PWM)*

PWM seperti namanya menggunakan lebar pulse dari *on* dan *off* elektrikl sesuai dengan namanya, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. PWM mampu melakukan penyesuaian dengan tegangan kerja baterai sehingga jika tegangan dari panel surya di bawah tegangan kerja baterai maka secara otomatis enegi dari panel tidak akan mengisi ke baterai. Berikut adalah gambar dari PWM:



Gambar 2.9 *Pulse Wide Modulation (PWM)*

(Sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

2. *Maximum Power Poin Tracker (MPPT)*

MPPT mampu memaksimalkan pengisian kapasitas baterai lebih besar, hal ini terjadi karena MPPT memiliki kemampuan untuk mendeteksi sekecil apapun daya yang dihasilkan panel surya. Berikut adalah gambar dari MPPT:



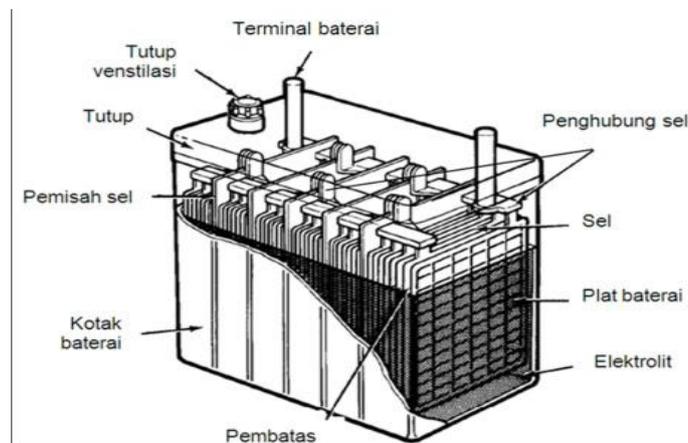
Gambar 2.10 *Maximum Power Poin Tracker (MPPT)*

(Sumber : <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

Dari kedua jenis SCC ini yang sering digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya adalah yang jenis MPPT hal ini disebabkan karena bila dilihat dari kualitas pengisian beban jenis MPPT memiliki keunggulan dari jenis PWM yaitu mampu mendeteksi daya yang dihasilkan panel surya sekecil apapun sehingga MPPT lebih efisien.

b. Penyimpanan Energi

Sistem penyimpanan energi yang biasanya dipakai pada sel surya adalah baterai atau aki, baterai atau aki adalah komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya ke rangkaian listrik, sampai saat ini baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada sistem pembangkit listrik, kendaraan dan alat-alat elektronik.



Gambar 2. 11 Baterai atau aki
(Sumber: <https://panelsinarsurya.wordpress.com>)

Dari segi penggunaannya baterai dapat diklasifikasikan atau terbagi menjadi 2 jenis yaitu:

1. Baterai Primer

Baterai primer adalah baterai yang hanya digunakan atau di pakai sekali saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda akan larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.

2. Baterai Sekunder

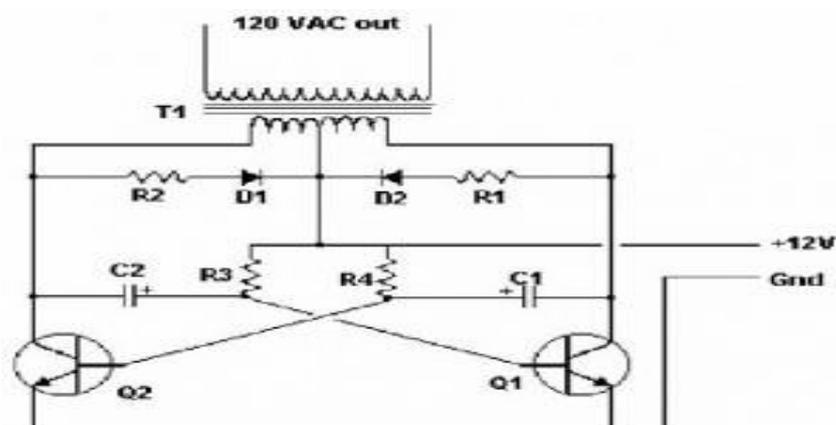
Baterai sekunder adalah kebalikan dari baterai primer yaitu baterai yang dapat digunakan kembali dan kembali dimuati artinya apabila energi listrik di baterai sudah habis maka bisa di isi ulang hal ini memungkinkan di lakukan karena elektroda pada baterai dapat di kembalikan dengan arus kebalikannya yang sebelumnya pada proses discharge elektron akan mengalir dari negatif ke positif dan ketika di charge elektron akan mengalir dari positif ke negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai.

Baterai skunder inilah yang di aplikasikan sebagai komponen pendukung pada sistem pembangkit listrik tenaga surya karena baterai skunder dapat di isi lagi atau dapat di charge secara berulang-ulang oleh energi yang di hasilkan oleh panel surya.

c. Inverter

Inverter secara bahasa berasal dari bahasa inggris yang berarti pembalik yang sering didengar ketika berbicara soal elektronika atau kelistrikan, dalam artian *inverter* merupakan peralatan elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang nantinya akan di aliri ke beban AC. Tegangan yang keluar dapat bernilai tetap atau berubah-ubah sesuai kebutuhan.

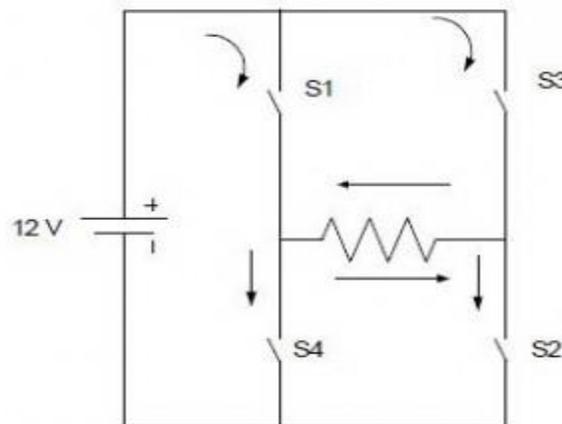
Rangkaian sederhana dari *inverter* dapat di lihat seperti gambar 2.10 berikut di bawah ini:



Gambar 2.12 rangkaian sederhana *inverter*
(Sumber:<http://elektronika-dasar.web.id>)

Bentuk gelombang keluaran dari *inverter* idealnya berbentuk gelombang sinus tetapi pada kenyataannya tidak demikian karena adanya harmonisa atau arus yang memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamentalnya yang disebabkan oleh penggunaan beban-beban *non linier* pada sistem tenaga yang menimbulkan *distorsi* pada bentuk gelombang sinus sehingga bentuk gelombang tidak sinus lagi

Prinsip kerja dari *inverter* bisa dijelaskan dengan menggunakan empat sakelar yaitu S1, S2, S3 dan S4, apabila sakelar S1 dan S2 berada dalam kondisi *on* dan sakelar S3 dan S4 dalam keadaan *off* maka arus DC akan mengalir ke beban R dari arah kiri ke arah kanan dan apabila sebaliknya apabila sakelar S3 dan S3 dalam keadaan *on* dan S1 dan S2 berada dalam keadaan *off* maka arus DC ke beban dari arah kanan ke kiri, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut di bawah ini:



Gambar 2.13 contoh sederhana cara kerja *inverter*
(Sumber:<http://elektronika-dasar.web.id>)