

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dengan semakin menipisnya sumber energi fosil yang tersedia di Indonesia ini, banyak cendekiawan memikirkan solusi untuk mengatasi permasalahan sumber energi fosil tersebut. Salah satu solusi yang ada yaitu dengan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan yang ramah lingkungan yaitu sumber energi dari matahari atau bisa disebut tenaga surya. Beberapa penelitian yang membahas mengenai pembangkit listrik yang menggunakan tenaga surya antara lain:

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moh Faza Rosyada (2015), yang membahas mengenai perancangan sistem energi tenaga surya pada bangunan gedung pusat Universitas Gadjah Mada melalui integrasi *photovoltaic* terhadap bangunan. Dimana diperoleh hasil daya puncak sebesar 4,8 kWp dengan kapasitas baterai total 1525 Ah, yang dapat membangkitkan listrik sebesar 245 MWh per tahun dan terletak pada gedung pusat Universitas Gadjah Mada

Lalu berdasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan dan Rangkuti pada tahun (2016), pada makalahnya di Seminar Nasional Cendekiawan pada tahun 2016 melakukan penelitian mengenai perencanaan tentang sistem pembangkit listrik tenaga surya yang direncanakan di atap gedung Harry Hartanto yang bertempat pada Universitas Trisakti. Perencanaan PLTS yang direncanakan terhubung dengan jaringan listrik tersebut dengan mengukur area terukur seluas 855m² yang terletak pada gedung Harry Hartanto tersebut. Area yang terukur tersebut dapat dipasang panel surya yang berkapasitas 300 Wp sebanyak 312 buah serta menggunakan inverter sebanyak 5 buah yang berkapasitas 20 kW. Berdasarkan dari hasil perhitungan yang dilakukan, diperoleh daya *output* yang dihasilkan perbulan sebesar 10786,2 kWh.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Martin Djamin pada tahun (2012), yang melakukan pembahasan mengenai pengujian kinerja dari pembangkit listrik tenaga surya yang menggunakan panel dengan kapasitas 50 Wp dan kapasitas baterai sebesar 70 Ah. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil yaitu 162Wh/hari pada bulan Maret hingga bulan Agustus serta diperoleh hasil energi

rata-rata dari modul yang digunakan yaitu sebesar 160 Wh/hari. Kondisi tersebut dapat terjadi dikarenakan pada musim penghujan radiasi matahari yang dihasilkan nilainya lebih rendah dibandingkan nilai radiasi yang dihasilkan pada saat kondisi musim kemarau. Dari pengukuran yang dilakukan juga diperoleh nilai radiasi rata-rata harian dari kabupaten Kolaka sebesar 5,16 kWh/m²/hari.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Suriadi dan Syukri pada tahun (2010), yang membuat perencanaan mengenai PLTS terpadu pada komplek perumahan yang terletak di kota Banda Aceh menggunakan software PVSYST. Perencanaan PLTS yang dilakukan tersebut memiliki kebutuhan daya sebesar 26927 Wh/hari serta membutuhkan sejumlah 60 panel surya yang memiliki kapasitas masing-masing 200 Wp, 30 unit baterai yang memiliki total kapasitas 1500 Ah, solar charge controller yang memiliki kapasitas 500 A serta inverter yang memiliki kapasitas 12kW. Energi listrik yang dihasilkan dari panel surya tertinggi menghasilkan energi sebesar 65928 Wh dan nilai yang dihasilkan panel surya terendah menghasilkan energi 29620 Wh

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dengan ini akan dilakukan penelitian mengenai potensi tenaga surya dan perancangan PLTS yaitu analisis potensi tenaga surya dan perancangan PLTS fotovoltaik pada Pantai Parangtritis kabupaten Bantul yang menggunakan software simulator PVSYST. Untuk penggunaan spesifikasi dari alat yang direncanakan bergantung dari desain perancangan sistem yang nantinya akan digunakan pada sistem PLTS.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem PLTS Fotovoltaik

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan sistem pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *photovoltaic* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya yang bersumber dari matahari. *Photovoltaic* mengubah secara langsung energi cahaya yang bersumber dari matahari menjadi bentuk energi listrik yang memanfaatkan efek *Photoelectric* dari matahari. Pemusatan sumber energi yang berasal dari

matahari dapat menggunakan sistem lensa ataupun cermin yang dikombinasikan dengan menggunakan sistem pelacak yang berfungsi untuk memusatkan energi yang bersumber dari matahari menuju ke satu titik yang selanjutnya berfungsi sebagai penggerak dari mesin kalor.

Sumber energi matahari atau yang diketahui dengan sumber energi surya telah dimanfaatkan pada banyak belahan dunia serta apabila dilakukan eksplorasi secara tepat, maka energi ini memiliki potensi yang dapat menjadi solusi penyedia kebutuhan konsumsi energi dunia pada saat ini dalam waktu yang lebih lama jika dibandingkan sumber energi lain yang ada di bumi. Matahari yang menyinari bumi ini dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi energi listrik atau dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu bahan atau bahkan dapat digunakan untuk mendinginkan suatu bahan. Potensi masa depan yang dimiliki dari energi surya hanya terbatas pada keinginan untuk memanfaatkan kesempatan yang tersedia. Terdapat banyak cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan energi yang bersumber dari matahari. Seperti contoh yang dapat dilihat pada kehidupan sehari-hari yaitu tumbuhan yang mengubah sinar matahari menjadi energi kimia yang dikenal sebagai proses fotosintesis pada tumbuhan.

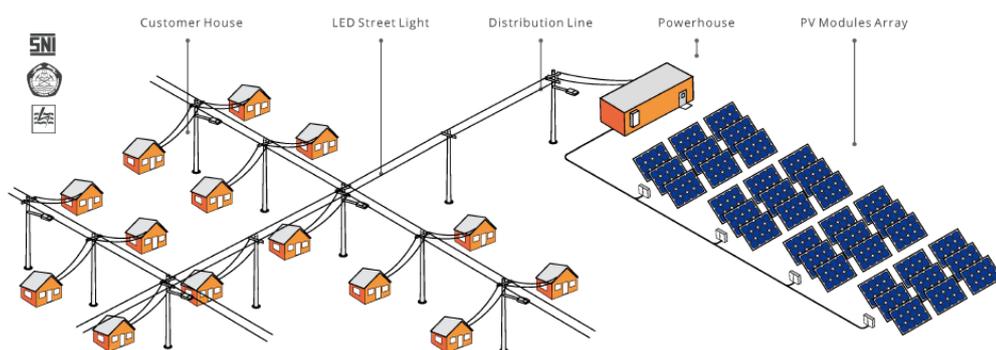
Bagaimanapun kondisinya, istilah yang kita kenal dengan “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar yang bersumber dari matahari secara langsung menjadi panas ataupun energi listrik untuk memenuhi suatu kebutuhan manusia. Dua tipe dasar dari penggolongan pemanfaatan tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “photovoltaic” (*photo* = cahaya, *voltaic* = tegangan). *Photovoltaic* tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya yang bersumber dari sinar matahari. Proses dari kondisi ini dapat terjadi berdasarkan penggunaan bahan semi konduktor yang digunakan pada proses ini untuk melepas elektron, partikel bermuatan negatif inilah yang menghasilkan energi listrik.

Untuk bahan semi konduktor yang biasa digunakan dalam sel yang terdapat pada panel *photovoltaic* terbuat dari bahan silikon, suatu elemen atau komponen yang biasa ditemukan pada butiran pasir. Keseluruhan dari sel pada komponen *photovoltaic* memiliki setidaknya dua lapis dari semikonduktor yang

terdiri dari, sebuah lapisan yang memiliki muatan positif serta satu lapisan yang memiliki muatan negatif. Ketika sinar matahari memancar dan mengenai pada lapisan semi konduktor, maka muatan elektron yang dihasilkan berpindahbergerak saling menyeberang diantara kedua lapisan semikonduktor tersebut sehingga listrik dapat berpindah tempat atau mengalir, menghasilkan listrik dengan arus searah DC (*direct current*). Dengan semakin kuatnya intensitas dari cahaya matahari yang diterima, maka akan semakin besar pula listrik yang mengalir dan dihasilkan pada panel.

Untuk sistem dari *photovoltaic* itu sendiri pada kenyataannya tidak terlalu membutuhkan intensitas cahaya dari matahari yang terik agar dapat beroperasi. Dikarenakan sistem yang digunakan ini dapat juga menghasilkan energi listrik pada saat cuaca hari tersebut mendung, dengan kondisi tersebut maka energi dihasilkan memiliki nilai yang sebanding berdasarkan intensitas cahaya yang terjadi pada hari tersebut. Berdasarkan pantulan dari sinar matahari yang terhalang oleh awan, pada saat cuaca hari tersebut mendung maka akan didapatkan hasil nilai energi listrik yang rendah apabila dibandingkan pada kondisi ketika langit pada hari tersebut sedang benar-benar cerah.

Gambar 2.1. merupakan contoh gambar dari sistem PLTS Fotovoltaik terpusat:



Gambar 2.1. Sistem PLTS Fotovoltaik Terpusat

(Sumber: solarenergisolusi.co.id)

Sedangkan untuk melakukan perhitungan dari kapasitas PLTS Fotovoltaik sendiri dapat menggunakan rumus perhitungan kapasitas PLTS berikut:

Rumus perhitungan kapasitas PLTS .

$$P = \frac{W}{t \times kef \times \text{eff.modul}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan ,

P = Kapasitas dari PLTS fotovoltaik (kWp)

W = Total kebutuhan beban (kWh)

Eff. Modul = Nilai efisiensi modul *photovoltaic*

t = Kelas iradiasi lama waktu efektif (h)

kef = Nilai koefisien dari PLTS

Pada perhitungan kapasitas PLTS Fotovoltaik yang digunakan terdapat nilai efisiensi modul panel surya yang digunakan. Nilai efisiensi modul panel surya sendiri yaitu sebesar 0,85 atau 85% (Bagus F. Ramadani, 2018) sedangkan untuk nilai koefisien dari PLTS yaitu 0,8 (Photovoltaics Systems Engineering Second Edition, 2003). Untuk kelas iradiasi waktu efektif sinar matahari mengacu pada standar SNI IEC 04-6394-2000 yang menjelaskan tentang lama waktu penyinaran matahari berdasarkan beberapa kategori.

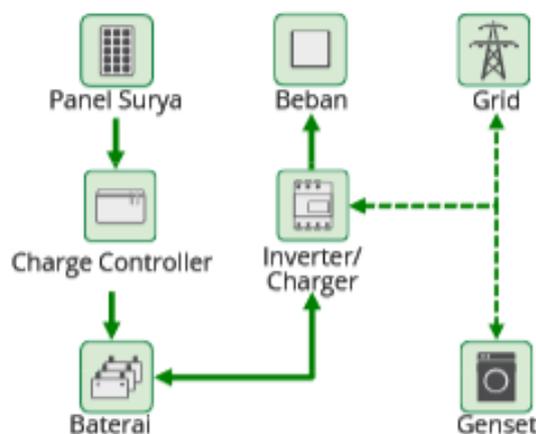
2.2.2. Konfigurasi Sistem PLTS fotovoltaik

Untuk PLTS Fotovoltaik sendiri, konfigurasi yang dapat digunakan secara umum terbagi menjadi 2 tipe konfigurasi yaitu konfigurasi *DC coupling* serta konfigurasi *AC coupling*. Sedangkan pengertian dari *coupling* itu sendiri merujuk kepada titik-titik koneksi yang digunakan sistem tersebut. Sistem PLTS Fotovoltaik terdiri dari dua sistem listrik yang berbeda, sistem listrik DC dan sistem listrik AC. Ketika sistem yang digunakan menggunakan baterai, maka terdapat dua poin dari koneksi yang dapat dibuat dari keluaran panel surya. Keluaran tersebut dapat dihubungkan langsung menuju ke sisi DC dari sistem listrik atau menuju ke sisi AC. Untuk pengaplikasian dari kedua sistem

konfigurasi ini akan dapat membedakan perencanaan dari perangkat yang akan digunakan pada sistem selanjutnya. Untuk penggunaan dari sistem konfigurasi AC maka akan membutuhkan perencanaan perangkat yang lebih banyak dibandingkan dengan perencanaan DC. Hal tersebut terjadi karena energi listrik yang dihasilkan oleh panel yaitu energi listrik DC, maka jika akan digunakan pada sistem konfigurasi AC harus dilakukan konversi dari energi listrik DC menuju energi listrik AC yang tentu membutuhkan jumlah perangkat yang lebih banyak. Penggolongan dari sistem pembebanan dari panel surya dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini,

A. Sistem DC Coupling

Untuk sistem *DC Coupling* sendiri energi listrik yang dihasilkan dari panel surya langsung dialirkan ke *solar charge controller*, lalu energi listrik dari *solar charge controller* digunakan untuk melakukan pengisian pada baterai yang digunakan. Setelah energi listrik tersimpan pada baterai, maka energi listrik yang dialirkan menuju *inverter* untuk dirubah dari tegangan DC menjadi tegangan AC yang selanjutnya dapat tersambung dan digunakan oleh beban. Namun *inverter* sendiri juga dijadikan sebagai charger untuk baterai yang digunakan, yang bersumber dari *grid* atau dari jaringan PLN dan juga bersumber dari *genset*. Jadi baterai menyimpan energi listrik yang bersumber dari panel surya, *grid* atau jaringan PLN dan dari *genset*. Sistem *DC Coupling* dapat dilihat pada gambar 2.2 tentang DC Coupling.

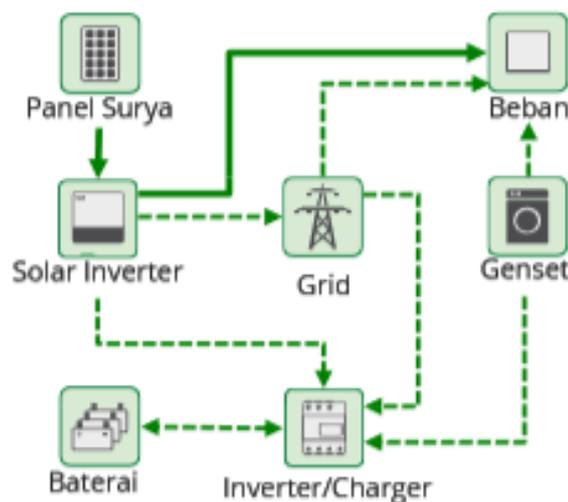


Gambar 2.2. DC Coupling

(Sumber: hexamitra.co.id)

B. Sistem AC Coupling

Lalu untuk sistem *AC Coupling* energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dialirkan menuju *solar inverter*, dan dari *solar inverter* langsung dapat dihubungkan ke beban. Karena *output* dari *solar inverter* sudah berupa tegangan AC. Sedangkan *inverter* yang digunakan selain berfungsi sebagai *converter* dua arah, yang dapat merubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC dan juga dapat digunakan sebagai *charger* dari baterai yang bersumber dari *grid* atau jaringan PLN dan *genset*. Untuk gambaran dari sistem *AC Coupling* dapat dilihat pada gambar 2.3. tentang AC Coupling.

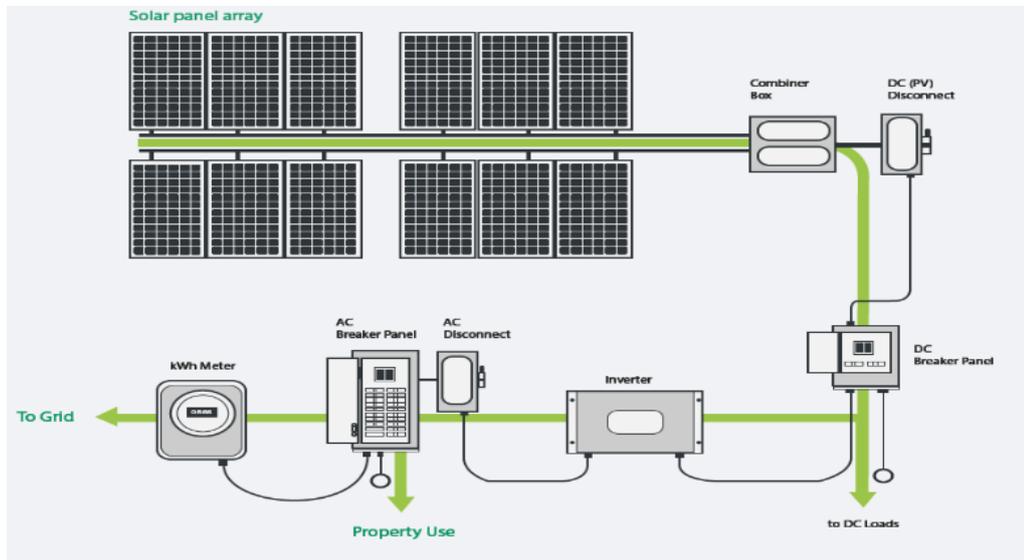


Gambar 2.3. AC Coupling
(Sumber: hexamitra.co.id)

C. Sistem Grid Connected Solar Systems

Ada beberapa keuntungan untuk mempertahankan sistem *grid connected solar systems*. Sistem ini memungkinkan untuk mengalirkan energi matahari yang akan terpakai secara langsung ke jaringan listrik. Dengan sistem ini, maka dapat melakukan penghematan dikarenakan rangkaian ini berhubungan juga secara langsung dengan jaringan listrik utama, sehingga tagihan listrik dapat dikurangi dengan menggunakan sistem dari panel surya.

Gambar sistem *grid connected solar systems* dapat dilihat pada gambar 2.4.



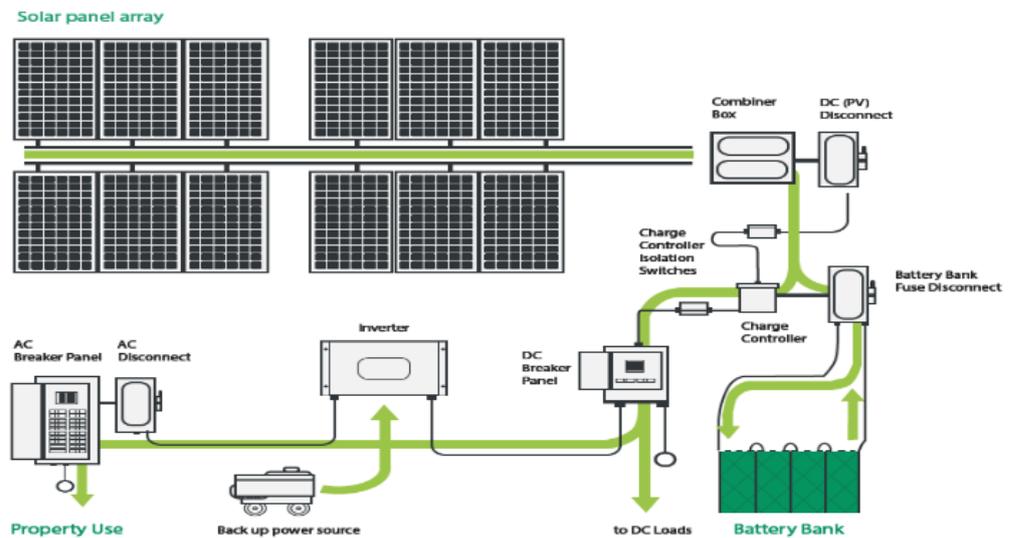
Gambar 2.4. Sistem *grid connected solar systems*

(Sumber: solarcalculator.com.au)

D. Sistem Off Grid Solar Systems

Sistem *off grid* benar-benar berguna jika berada pada area yang terbatas atau biasa diterapkan pada daerah-daerah terpencil. Pada sistem ini membutuhkan beberapa peralatan yang lebih banyak yaitu baterai atau penyimpan energi lainnya. Namun, sistem ini juga dapat menjadi suatu hal yang kurang efektif apabila sistem penyimpanan energi listrik yang digunakan terlalu kecil, sehingga energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya hanya akan terbuang sia-sia dan tidak tersimpan pada penyimpan energi seperti baterai. Sistem *off grid* sendiri dapat dikatakan sistem *stand-alone pv*, dikarenakan hanya menggunakan sumber energi dari matahari sebagai sumber utamanya, tanpa menggunakan sumber energi dari jaringan listrik utama.

Gambar sistem *off grid* dapat dilihat pada gambar 2.5.

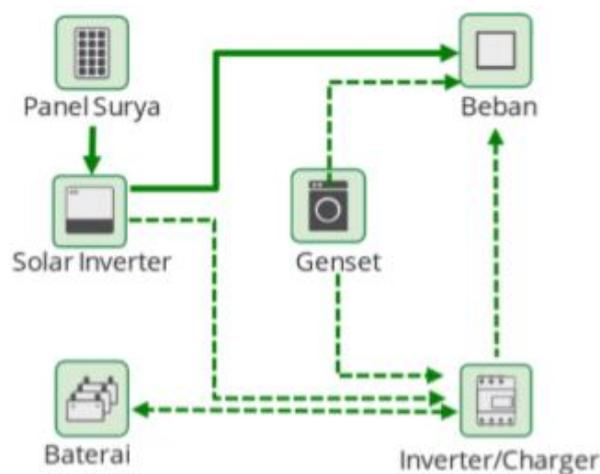


Gambar 2.5. Sistem *off grid solar systems*

(Sumber: solarcalculator.com.au)

E. Sistem *Hybrid Solar System*

Untuk sistem *hybrid solar system* sendiri merupakan sistem yang menggabungkan antara sistem *grid connected systems* dengan sistem *off grid*, sistem ini secara umum sama seperti *grid connected systems* namun ditambahkan baterai sebagai penyimpanan energinya. Pada gambar 2.6. merupakan gambar dari sistem *hybrid*.



Gambar 2.6. Sistem *hybrid solar systems*

(Sumber: hexamitra.co.id)

2.3. Sistem Pemasangan Dari Panel Surya

2.3.1. Pengukuran Nilai Iradiasi Matahari

Untuk melakukan perancangan serta memastikan nilai dari kapasitas pembangkit listrik tenaga surya yang tepat dan sesuai, maka arah dari penyinaran matahari harus diukur serta ditentukan berdasarkan dengan lokasi yang direncanakan untuk ditempati pembangkit listrik tenaga surya tersebut. Untuk penjelasan mengenai istilah yang diketahui pada saat menentukan nilai iradiasi yang ada di permukaan bumi dapat dilihat pada penjelasan berikut ini,

1. *Direct normal irradiance* (DNI) atau nilai iradiasi normal secara langsung adalah jumlah nilai dari iradiasi matahari yang diterima ataupun diperoleh pada setiap satuan luas di permukaan bumi yang berposisi selalu tegak lurus atau normal terhadap sinar yang bersumber dari matahari yang datang dalam garis lurus dari arah matahari. Nilai yang diperoleh ini dapat berfungsi untuk memaksimalkan jumlah nilai iradiasi yang dihasilkan setiap tahunnya yang diterima oleh permukaan bumi dengan menjaganya agar tetap berposisi normal terhadap nilai iradiasi yang masuk. Jumlah dari nilai yang dihasilkan ini sangat berguna untuk memusatkan perencanaan dari instalasi panel surya yang dapat digunakan untuk melacak penyinaran matahari yang lebih maksimal.

2. *Diffuse horizontal irradiance* (DHI) atau nilai iradiasi yang menyebar secara horizontal adalah jumlah dari nilai iradiasi yang diterima pada setiap satuan luas yang tidak dapat sampai secara langsung dari matahari menuju ke permukaan bumi, akan tetapi telah tersebar oleh molekul serta partikel yang terdapat pada atmosfer yang datang bersamaan dari segala arah.

3. *Global horizontal irradiance* (GHI) atau nilai iradiasi global yang menyebar secara horizontal adalah jumlah nilai dari total iradiasi gelombang pendek yang diterima oleh permukaan bumi dari atas yang sampai hingga permukaan horizontal ke permukaan bumi. Nilai yang diperoleh ini penting untuk diperhatikan pada saat melakukan perencanaan instalasi panel surya yang tidak menggunakan alat penjejak penyinaran matahari karena nilai GHI mencapai cakupan baik nilai *direct normal irradiance* serta nilai *diffuse horizontal irradiance*.

2.3.2. Instalasi Perencanaan Pemasangan Panel Surya

A. Tata Letak Panel Surya

Untuk tata letak panel surya yang nantinya akan dipasang akan berdampak langsung pada temperatur yang terdapat pada panel. Sedangkan posisi ditematkannya panel surya sangat penting untuk diperhatikan, karena akan menambah nilai dari suhu tertinggi pada saat melakukan perancangan desain dari rangkaian panel *array*.

B. Posisi Sudut Kemiringan

Pada penentuan posisi sudut dari kemiringan memiliki pengaruh yang besar terhadap nilai dari iradiasi matahari pada masing-masing permukaan pada panel surya. Untuk melakukan pemasangan panel surya dengan posisi sudut kemiringan yang tetap (*fixed position*), maka daya maksimum yang dihasilkan selama satu tahun yang terukur akan diperoleh ketika posisi sudut kemiringan dari panel surya posisinya sama dengan lintang lokasi.

C. Tata Letak Arah Panel Surya

Penentuan tata letak arah panel surya yang dilakukan mengikuti nilai dari *azimuth* berdasarkan lokasi yang ditentukan. Nilai *azimuth* yang diperoleh merupakan besarnya sudut yang diapit oleh garis yang ditentukan berdasarkan garis lintang utara dan lintang selatan (penentuan dihitung berdasarkan gerak perputaran jarum jam yang dimulai dari titik utara dengan limit nilai 0°-360°).

Maka untuk melakukan perhitungan jarak antar panel array, jarak bayangan maksimal, dan ketinggian array dapat menggunakan rumus berikut:

$$h = X_x \sin (\Theta) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$D' = \frac{h}{\tan(\alpha)} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$D = D' \times \cos (\Psi) \dots \dots \dots (2.4)$$

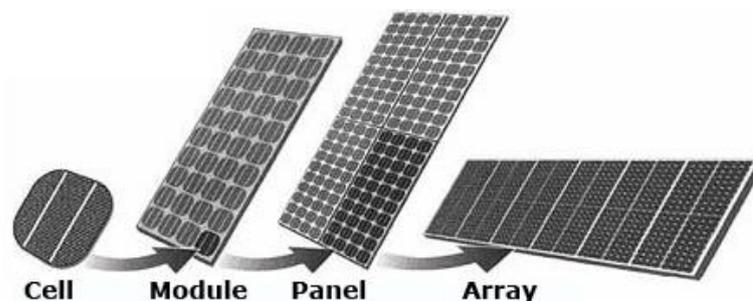
2.4. Komponen Dari Sistem PLTS Fotovoltaik

2.4.1. Panel Surya (*Solar Panel*)

Penjelasan dari panel surya itu sendiri yaitu panel yang terdiri dari rangkaian dari beberapa *cell* surya yang terhubung dengan seri ataupun dirangkai

secara paralel serta diposisikan sedemikian rupa sehingga dapat berbentuk persegi atau persegi panjang, lalu dilaminasi dan dilapisi menggunakan kaca yang khusus sehingga diberikan penguat pada rangka atau *frame* yang diposisikan pada keempat sisinya. Untuk masing-masing panel surya dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memiliki nilai daya puncak yang spesifik. Ketika memperoleh pancaran sinar matahari pada umumnya setiap satu sel pada panel surya dapat menghasilkan tegangan listrik arus searah (DC) sebesar 0,5 volt sampai dengan 1 volt, dan juga nilai arus *short-circuit*. Besar kecilnya nilai dari tegangan dan juga nilai kuat arus tersebut tidak dapat untuk diaplikasikan secara langsung. Oleh sebab itu sejumlah sel pada panel surya disusun secara seri dan juga disusun secara paralel sehingga rangkaian pada beberapa sel ini akan membentuk sebuah set atau susunan yang dapat disebut dengan panel surya.

Kebanyakan, untuk panel surya yang terdapat dipasaran terdiri dari 28 hingga 72 sel surya, dimana setiap panel suryanya dapat menghasilkan tegangan arus searah DC dari 12 volt hingga tegangan 38 volt dalam kondisi sinar matahari standar. Pada sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya kumpulan dari panel surya dikonfigurasi secara seri maupun dikonfigurasi secara paralel hingga membentuk sistem pembangkit yang disebut dengan panel array. Untuk memperjelas penjelasan dari panel surya, dapat dilihat pada gambar 2.7. yang merupakan gambar dari susunan panel surya mulai dari *cell* hingga menjadi *array*.



Gambar 2.7. Susunan panel surya

(Sumber: sunmetrix.com)

Untuk menentukan jumlah total panel surya yang digunakan harus diketahui jumlah kapasitas total dari sistem. Sehingga akan mempermudah dalam melakukan perhitungan jumlah panel yang akan digunakan. Penentuan total panel yang digunakan pada sistem PLTS Fotovoltaik dapat menggunakan rumus perhitungan jumlah panel surya yang digunakan seperti berikut ini:

Rumus perhitungan jumlah panel surya,

$$\text{Jumlah Panel} = \frac{\text{Kapasitas total PLTS}}{\text{Kapasitas panel surya}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk kapasitas panel surya yang digunakan tergantung dari nilai kapasitas panel yang digunakan dalam satuan Wp (*Watt Peak*), sedangkan untuk kapasitas total PLTS juga dalam satuan Wp (*Watt Peak*) agar dapat dilakukan perhitungan secara langsung. *Watt Peak* sendiri merupakan satuan yang digunakan untuk menjelaskan jumlah daya yang dihasilkan oleh oleh panel surya dalam satu jam.

2.4.2. Solar Charge Controller

Solar charge controller sendiri berfungsi sebagai pengendali atau pengatur dari daya serta tegangan yang masuk menuju ke baterai yang bersumber dari panel surya. Perangkat ini memastikan baterai yang digunakan tidak terisi secara berlebihan pada siang hari, serta daya tidak bergerak mundur menuju ke panel surya pada malam hari sehingga menyebabkan baterai menjadi terkuras.

Sedangkan untuk menentukan kapasitas total inverter dalam sistem PLTS yang digunakan dapat menggunakan rumus perhitungan jumlah SCC berikut ini:

Rumus perhitungan jumlah SCC yang digunakan,

$$\text{SCC} = \frac{\text{Kapasitas Total PLTS}}{\text{Ouput SCC (kW)}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Nilai ISc yaitu nilai arus *short circuit* dari panel surya yang digunakan, untuk berapa besar nilai arus yang digunakan tergantung dari komponen panel

surya yang digunakan. Karena setiap panel surya memiliki kapasitas arus *short circuit* yang berbeda.

Untuk memperjelas bentuk dari *solar charge controller* dapat dilihat pada gambar 2.8. yang merupakan contoh dari *solar charge controller*.



Gambar 2.8. *Solar Charge Controller (SCC)*
(Sumber: <http://www.outbackpower.com>)

2.4.3. Inverter

Perangkat *inverter* merupakan perangkat elektronik yang dapat digunakan serta berfungsi untuk mengubah listrik arus searah (DC) sehingga menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Perangkat *inverter* sendiri mengkonversi listrik arus searah (DC) yang bersumber dari perangkat seperti baterai, ataupun panel surya yang menghasilkan listrik arus bolak-balik (AC). Umumnya pada sistem PLTS, perangkat *inverter* biasa digunakan untuk mengubah tegangan listrik DC yang tersimpan pada komponen baterai untuk selanjutnya dirubah menjadi tegangan listrik AC yang selanjutnya tegangan listrik yang sudah

dirubah menjadi tegangan listrik AC terhubung menuju ke beban sehingga dapat digunakan langsung oleh pelanggan.

Pada gambar 2.9. merupakan contoh gambar dari perangkat *inverter* yang biasa digunakan untuk merubah listrik tegangan DC menjadi listrik tegangan AC.



Gambar 2.9. *Inverter*

(Sumber: <https://www.sma.de/en/products/solarinverters.com>)

2.4.4. Baterai

Komponen baterai sendiri merupakan sebuah komponen elektro kimia yang memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang selanjutnya disimpan dalam bentuk kimia. Untuk komponen baterai sendiri digolongkan menjadi dua jenis yaitu baterai primer serta baterai sekunder. Untuk baterai yang digunakan pada sistem PLTS sendiri menggunakan baterai jenis sekunder. Hal tersebut dikarenakan untuk baterai jenis sekunder merupakan jenis baterai yang dapat dilakukan pengisian ulang atau biasa disebut dengan *rechargeable battery*.

Baterai yang digunakan pada sistem PLTS harus memenuhi tujuan dari sistem yaitu berfungsi untuk menyimpan kelebihan dari daya yang dihasilkan dari PLTS untuk selanjutnya dapat digunakan untuk memberikan pasokan daya listrik menuju kepada sistem apabila terjadi suatu kondisi dimana daya listrik tidak lagi dihasilkan pada panel surya. Untuk melakukan pemilihan dari baterai biasanya yang harus dilakukan yaitu baterai tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan dari keseluruhan beban yang dihitung dengan menggunakan jumlah otonomi dari sistem yang diharuskan.

Perhitungan dari kapasitas baterai yang dibutuhkan menggunakan rumus perhitungan seperti berikut ini:

Rumus perhitungan kapasitas baterai dalam kWh

$$\text{Baterai} = \frac{\text{Otonomi sistem} \times \text{Total kebutuhan (MWh)}}{\text{Efisiensi}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan,

Otonomi = Cadangan baterai 2 hari jika tidak ada sinar matahari

Efisiensi = Efisiensi baterai x Efisiensi Penghantar

Efisiensi baterai = 0,85 (Bagus F.Ramadani, 2018)

Efisiensi penghantar = 0,98 (Photovoltaics Systems Engineering Second Edition, 2003)

Rumus konversi dari kWh ke Ah

$$\text{Baterai (Ah)} = \text{Baterai (MWh)} \frac{1000}{\text{Nominal tegangan baterai}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Rumus perhitungan kapasitas baterai yang digunakan sistem

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{\text{Baterai (Ah)}}{\text{DOD}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan,

DOD = *Depth of Discharge* (80%) Permen ESDM No.36 Tahun 2018

Jika melakukan perhitungan kapasitas baterai penting untuk diperhitungkan juga nilai otonomi sistem, yaitu cadangan baterai dalam satuan hari untuk mengantisipasi apabila dalam beberapa hari sinar matahari tidak optimal. Sehingga jika nilai otonomi sistem telah diperhitungkan maka apabila sinar matahari tidak optimal ataupun tidak ada, sistem tetap dapat memiliki cadangan listrik pada baterai. Sedangkan untuk nilai DOD sudah diatur dalam permen ESDM nomor 36 tahun 2018

Pada jenis baterai sekunder yang lebih sering digunakan serta memiliki nilai kapasitas yang besar yaitu baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) dimana selain baterai VRLA juga terdapat baterai jenis yang lain yaitu SLA (*Sealed Lead Acid*) serta jenis Li-Ion (*Lithium-Ion*). Baterai yang ada dipasaran umumnya memiliki tegangan kerja mulai dari 2V sampai dengan 12V untuk setiap buahnya. Untuk memperjelas dari penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 2.10. ini merupakan contoh gambar dari baterai VRLA yang biasa digunakan pada sistem PLTS.



Gambar 2.10. VRLA Battery
(Sumber: gae.co.id)