



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar mataharnya melimpah dan bahan bakar sulit didapat dan relatif mahal.



Gambar 2.1 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)¹

Dalam teknologi pembangkit listrik tenaga surya diperlukan beberapa komponen penting untuk menghasilkan listrik yakni salah satunya sel surya (panel surya), Energi matahari dapat dikonversikan pada energi listrik oleh panel surya Karena Sel surya dapat tereksitasi dan terbuat dari material semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri dari dua jenis

¹ <https://makassar.tribunnews.com/2022/04/16/plts-offgrid-selayar-terbesar>



lapisan sensitif yaitu lapisan positif (tipe-P) dan lapisan negatif (Tipe-N). Panel surya terbagi menjadi dua jenis yaitu tipe Polikristalin dan Monokristalin.

Komponen kedua yang sangat penting adalah *Solar Charge Controller* (SCC). SCC adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya ke dalam baterai (Aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain-lain. Dengan adanya *solar charge controller* maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya akan otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik. Kemudian dari SCC juga energi dari sel surya dapat digunakan langsung. Komponen ketiga adalah baterai. Baterai adalah alat untuk menyimpan muatan listrik. Jadi, pada saat sel surya mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik, maka energi listrik tersebut kemudian disimpan pada baterai yang kemudian akan digunakan. Secara garis besar, baterai atau aki dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksi. Untuk aplikasi, maka baterai dibedakan lagi yaitu untuk *engine starter* (otomotif) dan *cllep cryle*. Komponen keempat adalah *Inverter*.

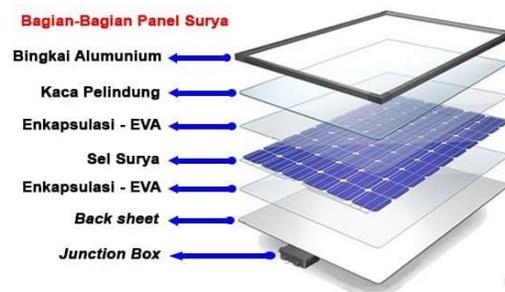
Secara teknologi, industri fotovoltaic (PV) di Indonesia baru mampu melakukan pada tahap hilir, yaitu memproduksi modul surya dan mengintegrasikannya menjadi PLTS, sementara sel surya nya masih impor. Padahal sel surya adalah komponen utama dan yang paling mahal dalam sistem PLTS. Harga yang masih tinggi menjadi isu penting dalam perkembangan industri sel surya. Berbagai teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lainnya.²

² <https://pasangpanelsurya.com/scc-solar-panel-pengertian-fungsi-spesifikasi-ideal/>



2.2 Bagian-Bagian PLTS

Sel surya saat ini sudah dibuat semakin tipis dan ringan, tetapi dari kekuatan materialnya sendiri bisa dikatakan rapuh dan mudah rusak jika terkena benturan yang terlalu keras. Berikut adalah bagian-bagian penting yang ada pada panel surya.



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Panel Surya³

1. Bingkai Alumunium

Bingkai pada panel surya berfungsi untuk melindungi bagian tepi laminasi dan juga sebagai rangka dari panel surya itu sendiri. Bingkai umumnya dibuat dari alumunium sehingga bobotnya ringan, tetapi dengan kekuatan yang mumpuni untuk menjaga dari angin yang kencang, tumbukan, atau gesekan.

2. Kaca Pelindung

Kaca pelindung atau tempered glass memiliki 2 sisi, yaitu depan dan belakang. Lembaran kaca sisi depan berfungsi untuk melindungi sel surya dari cuaca dan benturan dari hujan es atau puing-puing apapun yang ada di udara, sedangkan pada bagian sisi belakang kaca diberi lapisan anti reflektif supaya mengurangi kerugiandan meningkatkan transmisi cahaya.

3. Enkapsulasi-EVA

Enkapsulai, yaitu pelapisan pada sebuah material, sedangkan EVA adalah singkatan dari “Ethylene Vinyl Acetate”, yaitu lapisan polimer yang

³ <https://www.gesainstech.com/2021/09/bagian-bagian-utama-panel-surya.html>



sangat transparan, seperti plastik yang dirancang khusus untuk merangkum sel dan menahannya pada posisinya selama pembuatan. Bahan EVA harus memiliki spesifikasi, seperti tahan lama, toleran terhadap suhu, dan kelembaban ekstrem. Selain itu, bahan ini juga memiliki peran penting dalam kinerja jangka panjang dengan mencegah masuknya kelembaban dan kotoran. Laminasi perlu dilakukan di kedua sisi sel surya agar memberikan penyerapan kejutan, membantu melindungi sel surya dan kabel interkoneksi dari getaran, dan dampak buruk lain dari benturan.

4. Sel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik adalah hal bagian paling penting dari panel surya. Karena pada sel surya inilah tempat terjadinya konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik atau biasa disebut dengan proses fotovoltaik.

Jenis-jenis panel surya beserta kelebihan dan kekurangannya.

- Monocrystalline Silicon



Gambar 2.3 *Monocrystalline Silicon*⁴

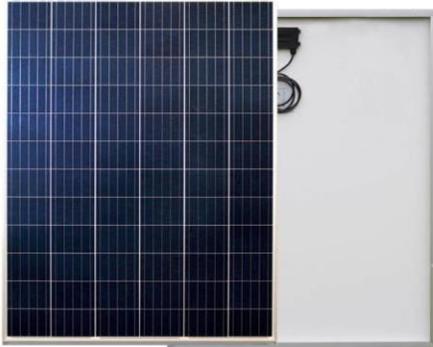
Sel surya ini terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Untuk kelebihannya, jenis sel surya satu ini ini bisa disebut sebagai salah satu sel surya yang paling efisien digunakan. Hal ini disebabkan karena penampangannya dapat menyerap

⁴ <https://sunenergy.id/blog/jenis-jenis-panel-surya>



cahaya matahari dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan sel surya yang lainnya.

- Polycrystalline Silikon



Gambar 2.4 *Polycrystalline Silicon*⁵

Teknologi panel surya ini merupakan teknologi panel yang terbuat dari batang silikon yang kemudian dicairkan. Teknologi panel ini memiliki kelebihan dari segi susunannya yang lebih rapi dan lebih rapat. Jika dibandingkan dengan efisiensi monocrystalline, polikristalin silikon ini memiliki efisiensi yang lebih rendah. Oleh karena itu untuk menghasilkan tenaga listrik dengan jumlah yang sama, jenis panel tenaga surya yang satu ini akan diperlukan penampang yang lebih besar.

⁵ <https://sunenergy.id/blog/jenis-jenis-panel-surya>



- Thin Film Solar Cell



Gambar 2.5 Thin Film Solar Cell⁶

Teknologi panel solar yang dibuat dengan menggunakan sel surya yang tipis yang kemudian dipasangkan pada sebuah lapisan dasar. Teknologi solar panel yang satu ini memiliki ukuran yang sangat tipis, hal ini menyebabkan solar panel yang satu ini memiliki bobot yang lebih ringan dan memiliki sifat yang lebih fleksibel. Tetapi, efisiensi yang dimiliki oleh panel suryayang satu ini memang cukup rendah sebesar 8,5%.

- Compound Thin Film Triple Junction Photovoltaic



Gambar 2.6 Compound Thin Film Triple Junction Photovoltaic⁷

⁶ <https://sunenergy.id/blog/jenis-jenis-panel-surya>

⁷ <https://sunenergy.id/blog/jenis-jenis-panel-surya>



Panel ini merupakan jenis panel yang digunakan untuk perangkat yang diterbangkan ke angkasa luar. Perangkat ini merupakan perangkat yang mampu menghasilkan daya listrik hingga 45%, akan tetapi biasanya jenis solar panel yang satu ini memiliki bobot yang sangat berat dan juga sangat rapuh jika dibandingkan dengan teknologi solar panel yang lainnya.

5. Back Sheet

Back sheet adalah lapisan paling belakang dari panel surya. Berfungsi untuk memberikan perlindungan mekanis dan isolasi listrik. Secara umum, bahannya terbuat dari berbagai polimer atau plastik termasuk PP, PET, dan PVF yang menawarkan berbagai tingkat perlindungan, stabilitas termal, dan ketahanan UV jangka panjang.

6. Junction Box

Junction box berfungsi untuk menyembunyikan kumpulan jaringan kabel sehingga terlihat jauh lebih rapi. Selain itu, junction box juga membuat kabel-kabel terhindar dari korsleting, karat, ataupun gangguan lainnya.

2.3 Jenis-Jenis PLTS

Secara teknologi, industri fotovoltaic (PV) di Indonesia baru mampu melakukan pada tahap hilir, yaitu memproduksi modul surya dan mengintegrasikannya menjadi PLTS, sementara sel suryanya masih impor. Padahal sel surya adalah komponen utama dan yang paling mahal dalam sistem PLTS. Harga yang masih tinggi menjadi isu penting dalam perkembangan industri sel surya. Berbagai teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lainnya.⁸

⁸ <https://sunenergy.id/blog/jenis-jenis-panel-surya>



Tabel 2.1 Jenis-jenis PLTS

	PLTS off-Grid	PLTS on-Grid	PLTS Hybrid
Deskripsi	Sistem PLTS yang output daya listriknya secara mandiri mensuplai listrik ke jaringan distribusi pelanggan atau tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN	Bisa beroperasi tanpa baterai karena output listriknya disalurkan ke jaringan distribusi yang telah disuplai pembangkit lainnya(misal: jaringan PLN)	Gabungan dari sistem PLTS dengan pembangkit yang lain(misal: PLTB,PLTMH)
Baterai	Dibutuhkan. Agar bisa memberikan suplai sesuai kebutuhan beban	Tidak dibutuhkan	Bisa off-grid(dengan baterai) atau on-grid(tanpa baterai)
Manfaat	Menjangkau daerah yang belum ada jaringan PLN	Berbagi beban atau mengurangi beban pembangkit lain yang terhubung pada jaringan yang sama	Memaksimalkan penyediaan energy dan berbagai potensi sumber daya yang ada
PLTS Terpusat	PLTS yang memiliki sistem jaringan distribusi untuk menyalurkan daya listrik ke beberapa rumah pelanggan. Keuntungan dari PLTS terpusat adalah penyaluran daya listrik dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban yang berbeda-beda di setiap hunian pelanggan		
PLTS Tersebar/ Terdistribusi	PLTS yang tidak memiliki sistem jaringan distribusi sehingga setiap rumah pelanggan memiliki sistem PLTS tersendiri. contoh PLTS off-Grid tersebar: Solar Home System (SHS) serta contoh PLTS on-Grid tersebar: Solar PV Rooftop ⁹		

⁹ <https://pasangpanelsurya.com/pengertian-plts/>



2.4 Komponen Utama PLTS

2.4.1 Jaringan Listrik PLN

Jaringan listrik PLN Jaringan listrik PLN adalah saluran kabel untuk menyalurkan/ memasok listrik dari pembangkit hingga pada akhirnya sampai ke ke pelanggan (pabrik, rumah sakit, tempat ibadah, kantor dan rumah tangga)

Listrik 1 Phase adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat phase (L) dan yang kedua sebagai kawat neutral (N). Umumnya listrik 1 phase bertegangan 220 – 240 Volt yang digunakan banyak orang.

2.4.2 Panel Surya

Panel Surya atau solar sel adalah suatu elemen aktif yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, dengan prinsip yang disebut efek photovoltaic. Panel surya adalah salah satu komponen utama yang diperlukan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya dimana berfungsi sebagai pengubah energi cahay matahari menjadi energi listrik yang di salurkan kepada sistem control. Berikut merupakan Panel Surya pada Gambar 2.1



Gambar 2.7 Panel Surya¹⁰

¹⁰ <https://www.pngwing.com/en/free-png-prnvt>



Apabila beberapa modul surya dirangkai, maka akan terbentuk suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya. Kualitas sebuah modul surya, antara lain dinilai berdasarkan efisiensinya untuk mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi listrik DC. Namun karena banyak beban listrik yang membutuhkan suplai listrik AC, maka listrik DC yang dihasilkan oleh modul surya harus dikonversi oleh inverter menjadi listrik AC. Terkait dengan hal ini, sistem charging baterai pada sistem PLTS off-grid bisa berupa DC-Coupling atau AC-Coupling.

Modul surya yang efisiensinya lebih tinggi akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar dibandingkan modul surya yang efisiensinya lebih rendah untuk luasan modul yang sama. Efisiensi modul surya antara lain bergantung pada material sel fotovoltaik dan proses produksinya. Secara umum, sel fotovoltaik terbuat dari material jenis crystalline dan non-crystalline (film tipis). Di Indonesia, panel surya yang banyak di pasaran adalah jenis crystalline, baik dalam format monocrystalline maupun polycrystalline. Jenis monocrystalline harganya relative lebih mahal, tetapi efisiensi sekitar 15-20%. Adapun polycrystalline, harganya lebih murah namun efisiensi 1-2% lebih rendah dari monocrystalline. Ketika iradiasi matahari meningkat hingga 1000 W/m², maka modul surya akan membangkitkan listrik DC hingga kapasitas yang tertera pada "nameplate"-nya (misal: 250 Wp). Namun demikian, output listrik sesungguhnya dari susunan panel bergantung pada kapasitas sistem, iradiasi matahari, orientasi arah (azimuth) dan sudut panel, dan berbagai faktor lainnya.¹¹

¹¹ <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>



2.4.3 Controller

Keduanya mempunyai fungsi berbeda, namun tidak bisa dipisahkan. Solar Charge Controller (SCC) atau Solar Charge Regulator (SCR) merupakan otak dari berjalan tidaknya PLTS.



Gambar 2.8 Solar charge controller¹²

Adapun fungsinya mengatur pelepasan energy yang dilakukan panel surya dan melakukan fungsi control secara keseluruhan. Untuk sistem Off-Grid DC- Coupling Solar Charge Controller (SCC), atau Solar Charge Regulator (SCR), berfungsi membatasi arus listrik yang masuk maupun keluar dari baterai. SCC/SCR mencegah pengisian daya (charging) yang berlebihan serta melindungi baterai dari tegangan berlebih.

Selain itu, SCC/SCR juga mencegah baterai agar energi listrik yang tersimpan di dalamnya tidak terkuras (discharged) sampai habis. Beberapa tipe SCC/SCR dapat secara otomatis dan terkontrol memutus tegangan suplai beban, untuk mencegah baterai dari kondisi deep discharge yang bisa memperpendek umur pakai baterai.

¹² <https://www.sanspower.com/solar-charge-control-untuk-panel-surya-1>



Salah satu fitur pada SCC/SCR yang paling bermanfaat untuk charging adalah sistem MPPT (Maximum Power Point Tracker), Dengan adanya sistem ini, baterai lebih cepat terisi karena modul PV akan selalu beroperasi pada output Titik Daya Maksimal yang bervariasi sesuai dengan iradiasi matahari. Modul PV hanya berhenti menghasilkan daya maksimal ketika baterai sudah mendekati batas maksimum charging. Dengan menggunakan MPPT, keuntungan lainnya adalah sistem tegangan rangkaian seri modul PV tidak perlu sama dengan sistem tegangan baterai. Misal sistem tegangan baterai 24 Vdc, maka sistem tegangan modul PV bisa 36 Vdc atau lainnya. SCC/SCR dapat berupa sebuah unit alat terpisah, atau dapat pula terintegrasi dengan unit DC/AC inverter.

2.4.4 *Balance of System*

Merupakan komponen pelengkap seperti jaringan distribusi, kabel, konektor, proteksi, MCB/MCCB, surge arrester, pentanahana, penyangga panel surya dan kelengkapan lain yang dapat mendukung berfungsinya sistem PLTS.



Gambar 2.9 MCB dan Kabel¹³

¹³ <https://blog.ecoflow.com/us/what-is-balance-of-system-solar-power/>



- a. Jaringan Distribusi. Jaringan distribusi merupakan penghubung antara PLTS terpusat dan konsumen. Listrik yang masuk ke jaringan distribusi merupakan tegangan listrik AC yang keluar dari inverter dan transformator. Pada umumnya, jaringan distribusi menggunakan saluran udara. Namun, apabila menghendaki distribusi melewati bawah tanah, maka kabel dapat ditanam langsung atau dilewatkan ke dalam suatu saluran. Contohnya, apabila kabel melewati bawah jalan raya, saluran beton digunakan untuk melindungi kabel. Pemilihan penggunaan saluran udara atau saluran bawah tanah ditentukan berdasarkan peraturan yang berlaku serta perhitungan ekonomi. Selain itu, meter pengukur produksi listrik dan sirkuit peralatan proteksi biasanya dipasang antara penyulang keluar dari transformator dan titik interkoneksi (Point of Interconnection - POI). Titik ini merupakan titik dimana penjualan listrik diukur, biasanya berlaku untuk sistem PLTS On-Grid. Dalam perencanaan PLTS terpusat, harus dipertimbangkan pula kemungkinan penyambungan fasilitas PLTS terpusat ke jaringan listrik PLN. Persyaratan penyambungan ke jaringan PLN akan mengacu kepada persyaratan interkoneksi yang dimiliki oleh PLN.
- b. Panel Distribusi. Panel ini dibutuhkan untuk membagi beban output inverter sesuai dengan kapasitas masing-masing beban. Panel ini juga bisa dilengkapi proteksi arrester, untuk memproteksi lonjakan tegangan dari eksternal, misalnya induksi sambaran petir.
- c. Panel Combiner. Panel ini dibutuhkan untuk menggabungkan rangkaian parallel modul surya ataupun baterai. Biasanya dibutuhkan untuk sistem PLTS dengan total daya besar, ataupun sistem PLTS yang menggunakan modul surya dengan kapasitas kecil (misalnya terkait pertimbangan transportasi ke daerah



terisolasi), sehingga membutuhkan rangkaian paralel yang cukup banyak.

- d. Grounding System. Sistem ini dibutuhkan untuk mengamankan sistem kelistrikan secara keseluruhan agar salah satu output inverter (AC) memiliki potensial yang sama dengan potensial bumi (sebagai referensi titik netral).
- e. Penangkal Petir. Sistem ini dibutuhkan untuk mengamankan sistem PLTS keseluruhan agar bila terjadi gangguan petir di kawasan PLTS, hanya disalurkan ke bumi (tidak mengarah ke peralatan PLTS).
- f. Kabel PLTS. Untuk sistem PLTS ground-mounted, kabel yang dipilih direkomendasikan untuk menggunakan jenis kabel instalasi bawah tanah.
- g. Kabel Distribusi. Kabel distribusi bertujuan untuk mengalirkan listrik dari PLTS ke konsumen/beban. Kabel harus dipilih berdasarkan SNI, dan sesuai dengan kapasitas beban. Apabila ada beban yang terpisah dan jauh dari rumah daya, digunakan instalasi saluran udara.
- h. Meter Pengukuran. Meter pengukur dapat digunakan untuk pengukuran tagihan. Sistem inverter juga menghitung pembangkitan sistem, namun demikian, titik ini mungkin bukan merupakan metode dan lokasi yang disepakati antara pembeli dan penjual (meter pengukur pendapatan biasanya ditempatkan pada titik interkoneksi atau POI, yang biasanya ada bagian hilir inverter).
- i. Sistem Proteksi, Sistem proteksi seperti sekering, sirkuit pemutus dan saklar dipasang di antara penyulang yang keluar dari transformator dan POL. Oleh karena itu, petugas PLTS terpusat



dapat melepas hubungan pembangkit dan jaringan jika sewaktu-waktu diperlukan.

- j. Sistem Remote Monitoring. Sistem ini membantu pemantauan terhadap sebuah sistem PLTS dari jarak jauh, terkait dengan kinerja PLTS. Sistem ini membutuhkan sarana telekomunikasi agar kinerja PLTS dapat dipantau dari jarak jauh. Apabila tidak ada sarana telekomunikasi untuk remote monitoring, maka dapat digunakan monitoring lokal yang dilakukan secara periodik oleh pihak yang bertanggung jawab.¹⁴

2.4.5 Baterai

Baterai panel surya adalah komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk menyimpan energi yang dihasilkan panel surya selama mendapat sinar matahari.



Gambar 2.10 Baterai¹⁵

Tidak hanya berfungsi menyimpan energi sementara, baterai panel surya juga akan memasok listrik saat panel surya tidak menghasilkan energy.

Baterai menjadi komponen penting yang mempengaruhi sistem PLTS terpusat secara keseluruhan. Perawatan baterai, masa pakai,

¹⁴ <https://blog.ecoflow.com/us/what-is-balance-of-system-solar-power/>

¹⁵ <https://haistart.com/Kq3>



daya dan efisiensi merupakan parameter baterai yang mempengaruhi kinerja PLTS terpusat. Baterai yang paling tepat untuk sistem PLTS adalah yang memiliki jenis karakter Deep Discharge.

Untuk Menentukan masing masing nilai energi baterai dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

1. Kapasitas daya baterai/aki

$$P_{baterai} = V_{in \text{ rata - rata Baterai}} \times \text{kapasitas AH} \times 80\% \dots (2.1)$$

Keterangan:

1. P = kapasitas daya baterai
2. Total AH baterai
3. 80% total energi dari aki yang bisa digunakan

2. Lama pengisian aki/baterai:

$$T1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%) \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

1. I= Arus pengisian (Ampere)
2. C =Kapasitas (Ampere Hours)
3. T1 = Waktu yang diinginkan (hours)
4. 20%= (% De-efisiensi)

3. Lama Penggunaan Energi baterai:

$$T_{baterai} = \frac{\text{kapasitas daya baterai}}{\text{rata rata daya beban perjam}} \times 80\% \dots \dots \dots (2.3)^{16}$$

¹⁶ Iskandar, Rusiana Handoko. (2020). "Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya".



2.5 Photocell Sensor LDR 10 A 12 V



Gambar 2.11 Photocell Sensor LDR 10 A 12 V¹⁷

Photocell atau disebut juga dengan Photocontrol dan LDR (Light Dependent Resistance) adalah sebuah komponen elektronika yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya yang diterimanya.

Photocell berfungsi untuk Penerangan Jalan Umum (PJU) yang bekerja secara otomatis dnengan menggunakan sensor intensitas cahaya yang disebut dengan Photocell (photocontrol). Photocell merupakan pengganti Switch (saklar) manual ke Switch yang bekerja secara otomatis.

Cara kerja daro Photocell yaitu memutuskan sumber listrik menuju lampu saat intensitas cahaya terang, sehingga lampu akan mati, begitu sebaliknya, photocell akan terhubung dan mengalirkan sumber listrik menuju lampu saat intensitas cahaya kurang (gelap), sehingga lampu akan menyala. Photocell tersebut terhubung dan terputus secara otomatis.

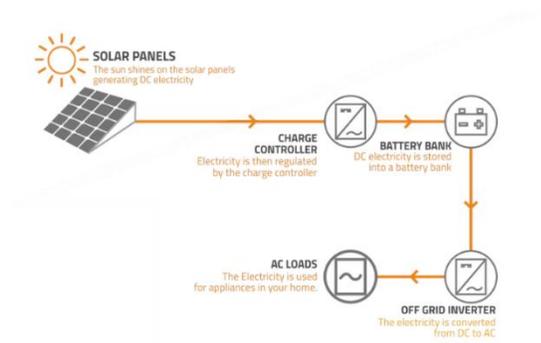
2.6 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off Grid

PLTS Off Grid adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem yang mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi.

¹⁷ <https://www.amazon.com/photo-cells/s?k=photo+cells>



Sehingga berbeda dengan tipe on-grid, tipe ini tidak disinkronkan dengan listrik PLN. Biasanya sebagai cadangan, didukung dengan genset atau baterai untuk menyimpan energi.



Gambar 2.12 Sistem PLTS *Off Grid*¹⁸

Sistem yang juga disebut dengan Stand Alone PV (Photovoltaic) ini sangat cocok untuk gedung yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN, karena sifatnya yang mandiri dan mengandalkan baterai. Kementerian ESDM menyarankan penggunaan baterai dengan cadangan minimal 3 hari sebagai bentuk antisipasi cuaca yang kurang mendukung dengan intensitas cahaya matahari rendah.



Gambar 2.13 Block Diagram Perancangan

Pada kedua gambar diatas merupakan simulasi serta blok diagram Perancangan Pembangkit listrik *off grid* PLTS–Sumber cahaya matahari dengan modul surya sebagai alat penyerap sumber energi utama, yaitu cahaya

¹⁸ <https://powersurya.co.id/plts-offgrid>



matahari. Cahaya matahari yang diserap oleh modul surya akan disimpan di baterai dengan *Solar charge controller* (SCC) sebagai pengaturnya. SCC akan melakukan pengisian baterai saat kapasitas baterai tersisa sebesar 20% dari kapasitas totalnya dan akan menghentikan pengisian apabila kapasitas baterai telah terisi penuh. Energi yang disimpan pada baterai bertegangan DC akan disalurkan ke beban secara langsung.

Sumber energi yang disimpan dalam baterai akan digunakan pada saat sore sampai pagi hari. Hal ini ditujukan agar pengisian baterai saat siang hari dapat lebih optimal apabila saat pengisian baterai energi yang disimpan tidak langsung disalurkan ke beban.

2.7 Perhitungan Daya

2.6.1 Daya Output Solar Panel

Satuan dasar beda potensial adalah volt (V), karena satuan beda potensial V sering disebut sebagai voltage atau tegangan. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 2.1, sedangkan nilai rata-rata daya yang dihasilkan titik pengujian.¹⁹

$$P = V.I \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

P = Daya Keluaran (Watt)

V = Tegangan Keluaran (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_n}{N} \dots \dots \dots (2.5)$$

¹⁹ <https://www.gesainstech.com/2021/05/cara-menghitung-kebutuhan-plts>



Keterangan:

- P1 = Daya pada Waktu Pengujian 1
 P2 = Daya pada Waktu Pengujian 2
 P3 = Daya pada Waktu Pengujian 3
 Pn = Daya pada Waktu Pengujian n
 N = Jumlah P1 s/d n

Sedangkan untuk perhitungan total daya keluaran 1 hari panel menggunakan rumus:

$$P_{out\ total} = \frac{P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6+P_n}{n} \times 5 \text{ jam} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- $P_{out\ total}$ = Daya total Perhari
 5 jam adalah waktu efisien sinar matahari

2.6.2 Daya Konsumsi Beban

Untuk menentukan besarnya konsumsi beban dari sebuah plts dapat menggunakan rumus dibawah:

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6+P_7}{7} \times \frac{24 \text{ jam}}{1000} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

1. $P_{rata-rata}$ = daya konsumsi rata rata perhari
2. P1, P2, P3, Pn = daya konsumsi tiap jam
3. $\frac{24 \text{ jam}}{1000}$ = satuan kwh untuk 1 hari 1 malam

2.8 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya matahari yaitu besar kecilnya sudut datang sinar Matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus



menempuh lapisan atmosfir yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.