



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik adalah bagian dari alat industri yang berfungsi untuk memproduksi atau membangkitkan energi listrik. Alat ini dapat diaktifkan dengan menggunakan berbagai macam sumber energi. Adapun sumber energi tersebut bisa berasal dari dua jenis, yaitu energi terbarukan (tenaga angin, tenaga surya, tenaga air) dan energi tak terbarukan (bahan bakar fosil).

Jenis-jenis pembangkit listrik:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Air / PLTA

Untuk dapat menghasilkan energi, biasanya dilakukan dengan membuat bendungan untuk menampung air. Air dalam bendungan tersebut kemudian digabungkan dengan pipa air yang diarahkan menuju turbin. Semakin banyak air yang mengalir pada turbin, maka energi yang dihasilkan juga akan semakin besar.

2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya / PLTS

Sumber listrik menggunakan energi matahari ini, menggunakan alat yang bernama panel surya. Hanya saja untuk memasang panel surya ini membutuhkan biaya yang tidak sedikit untuk membangun reaktornya.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) / PLTB

Energi ini juga dianggap ramah lingkungan, sehingga sudah banyak dikembangkan di beberapa negara.

4. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi / PLTP

Negara Indonesia adalah negara terbesar kedua penghasil listrik energi panas bumi di dunia.

5. Pembangkit Listrik Tenaga Uap / PLTU

Pembangkit ini menggunakan energi uap dari hasil kinerja pompa air yang akan berkumpul dengan batu bara serta minyak. Hasil pemanasan yang bertujuan untuk mendapatkan suhu tinggi tersebut kemudian dibakar dan disemprotkan menjadi energi uap. Energi uap itu selanjutnya akan menggerakkan turbin hingga berkumpul untuk menjadi energi listrik yang disimpan pada generator.

6. Pembangkit Listrik Tenaga Gas / PLTG



Pembangkit listrik yang memanfaatkan bahan bakar fosil sebagai sumber energinya. Bahan bakar ini nantinya dibakar bersama dengan gas, dan hasil pembakaran tersebut kemudian disaring melalui filter udara khusus agar dapat masuk dan menggerakkan turbin atau generator.

7. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel / PLTD

Pembangkit ini menggunakan tenaga diesel berupa bahan bakar solat untuk mendapatkan energi listrik dan menggerakkan turbin. Jika turbin sudah bergerak, maka mesin diesel akan memproduksi energi murni yang mekanis untuk menggerakkan turbin generator hingga menghasilkan daya listrik.

8. Pembangkit Listrik Tenaga Ombak / PLTO

Pembangkit ini termasuk sangat ramah lingkungan, namun dalam menggunakannya sangat membutuhkan anggaran yang cukup besar untuk membangun reaktornya.

9. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah / PLTSa

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan 12 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) bisa menghasilkan 234 Megawatt (MW).

10. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir / PLTN

PLTN dapat bekerja dengan baik ketika daya keluarannya konstan turun hingga setengah dayanya ketika malam hari. Daya yang dibangkitkan per unit pembangkit berkisar dari 40 MWe hingga 1000 MWe. PLTN tidak cocok di Indonesia dikarenakan yang memiliki gunung merapi yang aktif dan rawan gempa.

11. Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut / PLTPS

Energi pasang surut merupakan energi yang terbarukan. prinsip kerjanya sama dengan pembangkit listrik tenaga air, yaitu air yang dimanfaatkan untuk memutar turbin dan menghasilkan energi listrik.⁸

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya / PLTS

2.2.1 Pengertian PLTS

⁸ Blog raja listrik: “ 11 Jenis Pembangkit Listrik”, <https://blog.rajalistrik.com/11-jenis-pembangkit-listrik/>, diakses tanggal 13 juni 2023

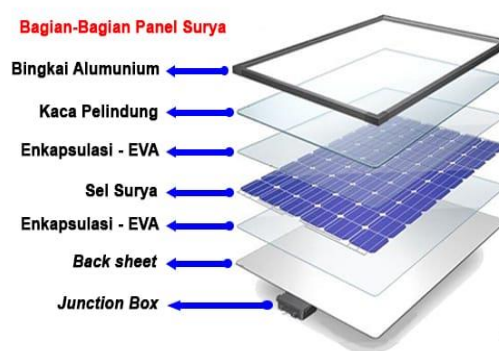


Kepanjangan dari PLTS adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang dapat didefinisikan sebagai rangkaian komponen yang berfungsi untuk mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik, dibangun untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik melalui serangkaian cara kerja sistematis melibatkan komponen lainnya. PLTS menggunakan panel surya untuk menyerap dan mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik yang ramah lingkungan.⁹

Mengutip dari energy.gov, energi listrik tersebut dapat langsung digunakan atau disimpan dalam baterai untuk digunakan dikemudian hari. PLTS memiliki sistem penyimpanan termal. Selain menyimpan energi listrik dalam baterai, PLTS juga biasanya memiliki sistem penyimpanan termal. Menyadur dari U.S. Energy Information Administration, energi panas yang disimpan tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan listrik di malam hari atau saat cuaca berawan serta hujan. Tidak semua radiasi matahari diubah menjadi energi listrik karena panel surya memiliki efisiensinya masing-masing.

2.2.2 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. 1 Bagian-Bagian Panel Surya (Sumber :

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

⁹ Pasangpanelsurya:” Pengertian PLTS: Manfaat, Cara Kerja, Komponen, Jenis-jenis”, <https://pasangpanelsurya.com/pengertian-plts/>, diakses tanggal 13 Juni 2023



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 kerugian dan meningkatkan transmisi cahaya.

3. Enkapsulasi-EVA

Enkapsulai, yaitu pelapisan pada sebuah material, sedangkan EVA adalah singkatan dari “Ethylene Vinyl Acetate”, yaitu lapisan polimer yang 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. 2 Monocrystalline Silicon (Sumber :

<https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>)

Sel surya ini terbuat dari silikon yang diiris tipis-tipis dengan menggunakan mesin. Untuk kelebihan, jenis sel surya satu ini ini bisa disebut sebagai salah satu sel surya yang paling efisien digunakan. Hal ini disebabkan karena penampangannya dapat menyerap cahaya matahari dengan lebih efisien dibandingkan dengan bahan sel surya yang lainnya. Efisiensi konversi cahaya matahari menjadi listrik yang dimiliki oleh bahan sel surya ini adalah sekitar 15%. Jenis solar panel yang satu ini akan membutuhkan cahaya yang sangat terang ketika beroperasi. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung.

- Polycrystalline Silikon



Gambar 2. 3 Polycrystalline Silicon (Sumber : <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>)

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.

- Thin Film Solar Cell



Gambar 2. 4 Thin Film Solar Cell (Sumber : <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>)

Teknologi panel solar yang dibuat dengan menggunakan sel surya yang tipis yang kemudian dipasangkan pada sebuah lapisan dasar. Dengan begitu jika dilihat secara fisik, solar panel ini merupakan film solar sel yang memiliki dua lapisan. 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 surya yang satu ini memang cukup rendah sebesar 8,5%.

- Compound Thin Film Triple Junction Photovoltaic



Gambar 2. 5 Compound Thin Film Triple Junction Photovoltaic (Sumber : <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>)

Panel ini merupakan jenis panel yang digunakan untuk perangkat yang diterbangkan ke angkasa luar. Oleh karena itu, kemampuan dan efisiensi yang



dimilikinya sangat tinggi. Perangkat ini merupakan perangkat yang mampu menghasilkan daya listrik hingga 45%, lebih besar dibandingkan dengan jenis-jenis tenaga surya yang lainnya. 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.¹⁰

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.¹¹

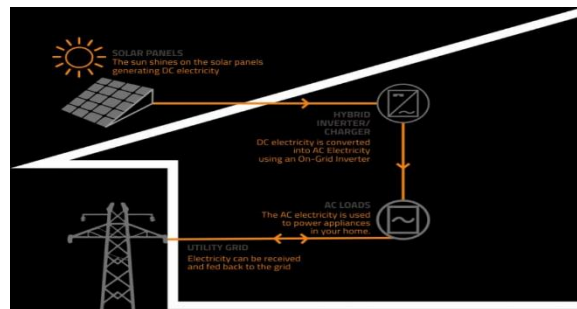
2.2.3 Jenis-Jenis PLTS

1. PLTS On Grid

PLTS On Grid adalah istilah untuk menyebut sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang pada umumnya digunakan pada bangunan rumah, kantor, atau pabrik. Salah satu solusi paling efektif untuk efisiensi biaya listrik karena mampu menghemat biaya listrik bulanan secara signifikan. PLTS tipe ini dipasang pada bagian atap atau gedung, supaya dapat menerima panas matahari secara optimal. Nantinya panas yang diterima akan diubah menjadi arus listrik searah DC dan oleh inverter diubah menjadi arus bolak-balik AC. Setelahnya baru kemudian disinkronkan dengan arus listrik dari PLN.

¹⁰ sanspower :” Jenis-Jenis Panel Surya yang Bagus”, <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>, diakses tanggal 13 Juni 2023

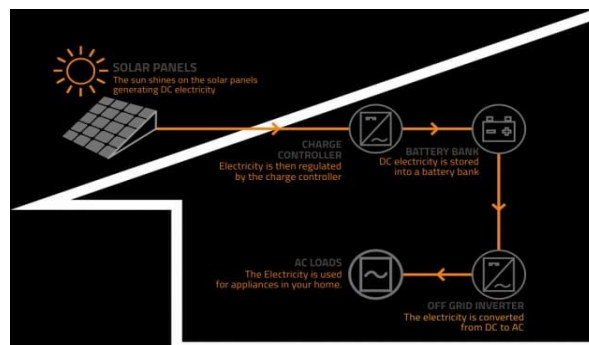
¹¹ gesainstech : ”Bagian-Bagian Utama Panel Surya”, <https://www.gesainstech.com/2021/09/bagian-bagian-utama-panel-surya.html?m=1>, diakses tanggal 13 Juni 2023



Gambar 2. 6 PLTS On Grid (Sumber : <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>)

2. PLTS Off Grid

PLTS Off Grid adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem yang mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi. Sehingga berbeda dengan tipe on-grid, tipe ini tidak disinkronkan dengan listrik PLN. Biasanya sebagai cadangan, didukung dengan genset atau baterai untuk menyimpan energi. 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.



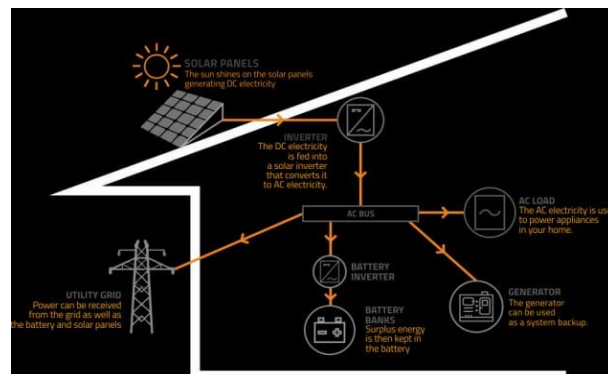
Gambar 2. 7 PLTS Off Grid (Sumber : <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>)

3. PLTS Hybrid

PLTS Hybrid adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didukung oleh teknologi Hybrid, sistem listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan listrik dari PLN. Listrik yang dihasilkan nantinya akan disimpan ke dalam



baterai cadangan atau secara otomatis akan dicadangkan listrik dari PLN.¹²



Gambar 2. 8 PLTS Hybrid (Sumber : <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>)

2.2.4 Manfaat dan Fungsi PLTS

1. Meningkatkan Kemandirian

Dengan membuat pembangkit listrik sederhana, akan meningkatkan kemandirian suatu daerah untuk bisa membangkitkan tenaga listrik secara mandiri.

2. Menghentikan Ketergantungan Dari Energi Fosil

Saat ini energi listrik Indonesia masih bersumber pada energi fosil yang sifatnya akan mudah habis seiring berkembangnya dengan waktu dan seiring dengan kebutuhan akan listrik yang semakin besar dan meningkat.

3. Menjadi Pasokan Energi Di Masa Mendatang

Saat energi listrik yang bersumber pada energi fosil telah habis, manfaat pembangkit listrik sederhana akan menjadi penyangga di masa mendatang. Sifatnya yang bisa diperbarui membuat energi listrik ini bisa digunakan.

4. Ramah Lingkungan

Hal itu dikarenakan tidak berpotensi mengeluarkan karbondioksida yang bisa merusak lingkungan.

5. Mensejahterakan Masyarakat

Pembangkit listrik ini biasanya sudah dilakukan oleh masyarakat pedesaan.

6. Tersedianya Listrik Di Daerah-Daerah Terpencil

¹² Sedayu: "Perbedaan On Grid Off Grid dan Hybrid Pada PLTS", <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>, diakses tanggal 13 Juni 2023



Tidak hanya di pedesaan saja, listrik di daerah terpencil dan tidak terjangkau dengan kabel listrik pemerintah kini bisa menikmati terangnya listrik di rumah mereka. Hal itu dikarenakan masyarakat daerah terpencil atau masyarakat pedalaman mulai bisa membangkitkan energi listrik dengan manfaat pembangkit listrik.

7. Menyelamatkan Lingkungan Hidup

Lingkungan perlu dijaga dan dilestarikan, sayangnya berkat bahan bakar fosil yang digunakan dalam energi listrik bisa merusak lingkungan dan kelestariannya.

8. Mengatasi Dampak Buruk Bahan Bakar Fosil

Dampak buruk dari bahan bakar fosil yang digunakan dalam pembangkit energi listrik sederhana tidak hanya untuk lingkungan saja, namun juga bisa berdampak ke yang lainnya. Untuk mencegah dampak buruk terjadi, pemerintah seharusnya mulai menggalakkan pembangkit listrik sederhana.

9. Meningkatkan Produktivitas Industri Perumahan

Manfaat pembangkit listrik sederhana bisa digunakan dalam berbagai sektor salah satunya industri rumah digunakan untuk penerangan tempat tinggal atau jalan raya.

10. Dimanfaatkan Dalam Industri Kecil Dan Menengah

Biaya atau pajak listrik yang mahal setiap bulannya bisa memberatkan bagi pelaku industri kecil menengah. Oleh sebab itu pembangkit listrik sederhana dipercaya bisa meringankan industri kecil dan menengah.¹³

2.2.5 Metode dan Prinsip Kerja PLTS

Secara umum ada dua metode yang digunakan PLTS untuk menghasilkan listrik, yaitu cara langsung seperti Photovoltaic (PV) sementara cara tidak langsung seperti Solar Heating & Cooling (SHC) dan Concentrating Solar Power (CSP).

Photovoltaic atau fotovoltaik menghasilkan listrik langsung dari sinar matahari melalui proses elektrik dengan memusatkan energi matahari menggunakan panel surya. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk memberi menyalakan berbagai barang elektronik kecil hingga besar seperti kalkulator, lampu jalan, mesin cuci, hingga mesin industri. Pembangkit listrik fotovoltaik

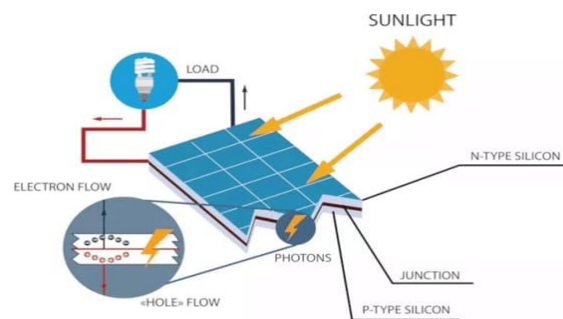
¹³ Manfaat.co.id: "Manfaat Pembangkit Listrik Sederhana", <https://manfaat.co.id/manfaat-pembangkit-listrik-sederhana>, diakses 13 Juni 2023



menggunakan sel-sel fotovoltaik yang terbuat dari bahan silikon. Sel ini seringkali dikenal sebagai solar cell atau sel surya.

Sementara Solar Heating & Cooling (SHC) dan Concentrating Solar Power (CSP) menggunakan pengumpul panas yang dihasilkan oleh matahari untuk memanaskan fluida atau cairan bergerak dalam sistem SHC, juga bisa untuk menjalankan turbin pembangkit listrik konvensional dalam sistem CSP.

Prinsip Kerja PLTS Menghasilkan Listrik. PLTS memiliki dua prinsip kerja, yaitu menghasilkan listrik dengan panel surya dan cermin pemusat panas.



Gambar 2. 9 Prinsip Kerja PLTS (Sumber :

<https://pasangpanelsurya.com/pengertian-metode-dan-prinsip-kerja-plts/>)

1. PLTS dengan Panel Surya

Prinsip kerja PLTS dengan panel surya adalah mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik menggunakan panel fotovoltaik atau panel surya. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya dimulai saat radiasi sinar matahari mengenai bahan semikonduktor yang kemudian menghasilkan energi kinetik dan menyebabkan pelepasan elektron ke pita konduksi yang mengalir menjadi arus listrik searah (DC). Sel-sel semikonduktor tersebut melepaskan elektron-elektronnya saat dihangatkan oleh energi panas matahari. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka energi kinetik yang dihasilkan akan makin besar, terlebih saat siang. Proses tersebut dikenal sebagai efek fotovoltaik. Ringkasan prinsip kerja tersebut, dapat diuraikan per poin sebagai berikut:

- Sinar matahari mengenai sel silikon diteruskan secara berturut-turut ke semikonduktor tipe n dan tipe p.
- Sinar matahari yang membawa radiasi dan cahaya memberi energi bergerak



(kinetik) dari sambungan semikonduktor n dan p

- Energi kinetik bergerak bebas melepaskan elektron ke pita konduksi
- Pita konduksi mengalirkan arus listrik searah (DC)

Sampai pada tahap ini sebenarnya listrik sudah bisa dipakai, namun terbatas untuk kebutuhan perangkat elektronik arus DC.

2. PLTS dengan Fluida

Ada pula PLTS dengan prinsip kerja berbeda, prinsip kerja PLTS dengan fluida adalah menggunakan cermin untuk memusatkan panas sinar matahari, menghasilkan uap panas, dan memutar turbin listrik. Untuk memanaskan fluida sampai bersuhu tinggi diperlukan banyak cermin yang dipusatkan, fluida atau zat cair yang sudah panas akan dipakai untuk menghasilkan uap panas.

Prinsip kerja PLTS dengan fluida dimulai saat zat cair atau fluida mengalir melewati cermin, lensa, atau menara surya. Sinar matahari yang dipusatkan dengan panel parabola dipakai untuk memanaskan fluida yang sedang mengalir, fluida kemudian mentransfer panasnya ke air untuk menghasilkan panas.

Uap ini digunakan untuk memutar turbin pembangkit listrik dan putaran energi mekanik diubah generator menjadi listrik. PLTS jenis ini mirip dengan pembangkit listrik bahan bakar fosil yang memutar turbin dengan gas, batu bara, dan minyak bumi, bedanya PLTS dengan fluida memanfaatkan sinar matahari yang dipusatkan untuk memanaskan cairan/fluida.¹⁴

2.2.6 Kelebihan dan Kekurangan PLTS

Kelebihan Panel Surya :¹⁵

1. Sumber Energi Terbarukan

Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di semua wilayah di dunia dan tersedia setiap hari.

2. Mengurangi Tagihan Listrik

¹⁴ Pasangpanelsurya.com: “Pengertian Metode dan Prinsip Kerja PLTS”, <https://pasangpanelsurya.com/pengertian-metode-dan-prinsip-kerja-plts/>, diakses tanggal 13 Juni 2023

¹⁵ tekno.tempo: “Kelebihan dan Kekurangan Panel Surya di Rumah Sebagai Sumber Listrik”, <https://tekno.tempo.co/read/1618182/kelebihan-dan-kekurangan-panel-surya-di-rumah-sebagai-sumber-listrik>, diakses tanggal 13 Juni 2023



Banyak tagihan tergantung pada ukuran panel surya dan penggunaan listrik.

3. Aplikasi Beragam

Energi matahari dapat digunakan untuk menghasilkan listrik di daerah yang tidak memiliki akses ke jaringan energi, untuk menyuling air di daerah dengan pasokan air bersih yang terbatas dan untuk menggerakkan satelit di luar angkasa.

4. Biaya Perawatan Rendah

Sistem energi surya umumnya tidak membutuhkan banyak perawatan hanya perlu menjaganya tetap bersih, jadi membersihkannya beberapa kali dalam setahun sudah cukup.

5. Pengembangan Teknologi

Inovasi dalam fisika kuantum dan nanoteknologi berpotensi dapat meningkatkan efektivitas panel surya dan menggandakan, atau bahkan tiga kali lipat, input listrik dari sistem tenaga surya.

Kekurangan Panel Surya :

1. Biaya

Biaya awal untuk membeli tata surya cukup tinggi. Ini termasuk pembayaran panel surya, inverter, baterai, kabel, dan untuk pemasangan.

2. Tergantung Cuaca

Meskipun energi matahari masih dapat dikumpulkan selama hari mendung dan hujan, efisiensi tata surya menurun. Panel surya bergantung pada sinar matahari untuk mengumpulkan energi matahari secara efektif.

3. Penyimpanan Energi Surya Mahal

Energi matahari harus segera digunakan, atau dapat disimpan dalam baterai yang dapat diisi daya pada siang hari sehingga energinya digunakan pada malam hari, tetapi juga cukup mahal.

4. Menggunakan Banyak Ruang

Semakin banyak listrik yang ingin kamu hasilkan, semakin banyak panel surya yang dibutuhkan,

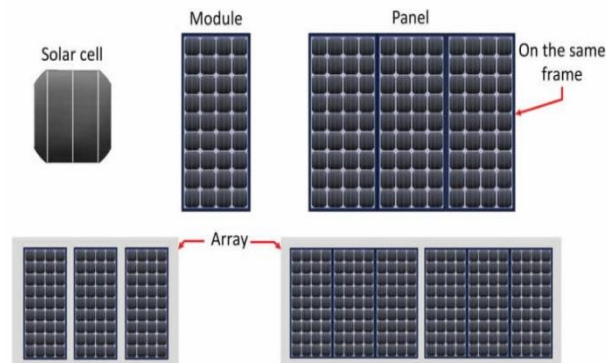
5. Terkait dengan Polusi

Transportasi dan pemasangan tata surya telah dikaitkan dengan emisi gas rumah kaca.



2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya / PLTS

2.3.1 Panel Surya



Gambar 2. 10 Panel Surya (Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>)

1. Sel Surya

Bahan semikonduktor yang menyerap paparan radiasi sinar matahari.

2. Modul Surya

Suatu rangkaian arus listrik berisi sekumpulan sel surya yang saling terhubung dan berfungsi mengubah cahaya menjadi listrik.

3. Panel Surya

Rangkaian beberapa modul surya yang disusun dalam sebuah struktur kerangka, terdiri atas tiga modul surya dalam satu bingkai.

4. Array Surya

Array surya adalah kumpulan beberapa modul surya atau panel surya yang punya struktur terpisah tetapi terhubung dengan kabel dalam satu jaringan elektrik

2.3.2 Frame



Gambar 2. 11 Frame (Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>)



Frame ini berguna untuk menempelkan panel surya ke atap. menyesuaikan kebutuhan tempat pemasangan misalnya untuk diatas tanah.

2.3.3 Solar Charge Controller (SCC)



Gambar 2. 12 Solar Charge Controller (SCC) (Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>)

Perangkat elektronik yang dipakai untuk mengoptimalkan pengisian baterai dan mengontrol muatan energi. SCC dipasang diantara panel surya dan bank baterai untuk mencegah pengisian baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan tingkat pengisian baterai. SCC juga dapat mencegah baterai terkuras habis untuk menjaga kesehatan dan masa pakai baterai.

2.3.4 Inverter



Gambar 2. 13 Inverter (Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>)



Komponen tenaga surya yang berfungsi mengubah listrik DC yang dihasilkan panel surya menjadi listrik 240V AC. Arus listrik AC inilah yang dapat digunakan untuk menyalakan tv, kulkas, dan mesin cuci di rumah. Inverter termasuk peralatan tenaga surya yang bekerja terus-menerus selama sumber energi tenaga surya dipakai untuk mengaliri listrik dirumah.

2.3.5 Baterai



Gambar 2. 14 Baterai (Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>)

Komponen tenaga surya yang digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan pada siang hari agar nantinya dapat digunakan sepanjang malam saat sistem tidak lagi menghasilkan daya.¹⁶

2.3.6 Output

1. Beban Resistif

Beban resistif adalah sebuah peralatan listrik yang didalamnya terdapat komponen yang bekerja dengan sistem resistansi. Jadi, jenis beban ini hanya mengonsumsi daya aktif. Beban resistif tidak akan mengakibatkan perubahan pada faktor daya, sehingga memiliki nilai cos phi yang tetap. Diantara contoh alat-alat listrik dari beban resistif seperti setrika, solder listrik, penanak nasi, lampu dan lainnya. Mudahnya bisa dikenali dari peralatan yang beroperasi dengan menggunakan elemen pemanas.

¹⁶ Pasangpanelsurya.com: “ 5 Komponen Penting Untuk Membangun PLTS”, <https://pasangpanelsurya.com/5-komponen-penting-untuk-membangun-plts/>, diakses tanggal 13 Juni 2023



2. Beban Induktif

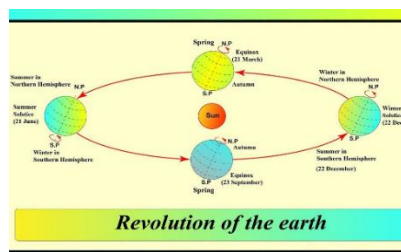
Beban induktif adalah alat listrik yang menggunakan beban induktif biasanya beroperasi dengan prinsip kerja induksi. Tidak hanya itu saja, alat listrik yang menggunakan beban induktif juga memakai kawat penghantar. Contoh aplikasi beban induktif dalam peralatan listrik bisa ditemui pada mesin las listrik, lampu hemat energi, trafo dan sejenisnya. Ciri utamanya yaitu alat-alat yang bekerja dengan sistem induksi dalam rangkaianannya.

3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah alat-alat listrik yang bekerja dengan beban kapasitif biasanya memiliki kemampuan kapasitansi yakni tingkat kemampuan penyerapan energi listrik sementara. Jadi nantinya daya aktif akan diserap dan sebaliknya daya reaktif ini akan dihilangkan. Contoh alat listrik yang bekerja dengan sistem beban kapasitif adalah kapasitor.¹⁷

2.4 Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya / PLTS

Energi dari panel surya sering dijadikan sebagai energi alternatif yang berasal dari energi matahari. Secara letak geografis, Indonesia berada di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia sangat kaya akan sumber energi surya dengan intensitas radiasi matahari. Tetapi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pengoptimalan daya keluaran panel surya seperti kondisi geografis saat ini yang menyebabkan perubahan intensitas cahaya, penurunan atau kenaikan suhu, serta pemasangan panel surya yang tepat.



Gambar 2. 15 Perputaran Bumi (Sumber : <https://geography4u.com/rotation-of-earth/>)

¹⁷ Thecityfoundry: “Beban Listrik”, <https://thecityfoundry.com/beban-listrik/>, diakses tanggal 13 Juni 2023

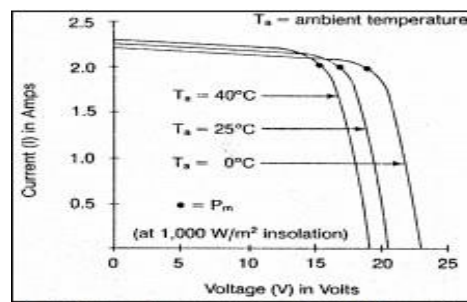


Pada Maret dan September, setiap tahunnya Matahari berada di atas garis khatulistiwa. Hal ini menyebabkan Indonesia akan merasakan matahari begitu panas. Sementara itu, saat Juni posisi Matahari berada di 23,5 derajat lintang selatan. Lalu, pada Desember, posisi Matahari berada di 23,5 derajat lintang utara.¹⁸

Pengoperasian maximum sel surya sangat tergantung pada:

1. Ambient air temperature

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25 derajat celsius), kenaikan temperature lebih tinggi dari temperatur normal pada photovoltaic (PV) akan melemahkan voltage (Voc). Setiap kenaikan temperature sel surya 1 derajat Celsius (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10⁰C.

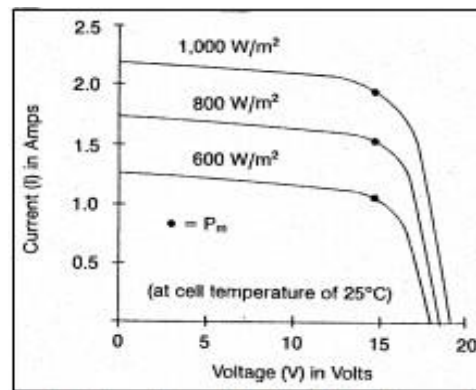


Gambar 2. 16 Effect Of Cell Temperature On Voltage (V) (Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-temperature-on-the-current-voltage-characteristics-of-a-solar-cell_fig1_231007995)

2. Radiasi Solar Matahari

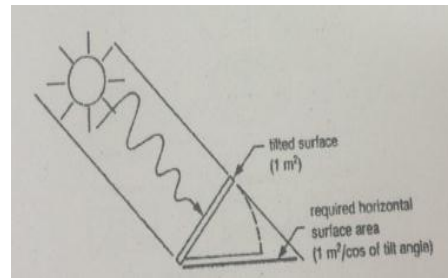
Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spectrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) sedikit pada tegangan. (lihat gambar diagram)

¹⁸ Kumparan : “ Gerak Semu Matahari Terhadap Bumi”, <https://kumparan.com/berita-unik/gerak-semu-matahari-terhadap-bumi-ini-prosesnya-1w2DmUcyrww>, diakses tanggal 13 Juni 2023



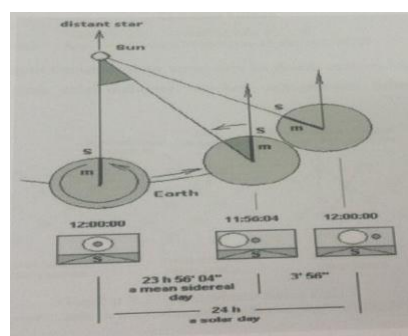
Gambar 2. 17 Effect Of Insulation Intensity On Current (V) (Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-insulation-intensity-to-current-3_fig2_331431062)

3. Kecepatan tiap angin disekitar lokasi PV dapat membantu mendinginkan permukaan temperature kaca-kaca PV.
4. Keadaan atmosfer bumi-berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara(Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV.
5. Orientasi dari rangkaian PV ke arah matahari secara optimum
Orientasi dari rangkaian PV kearah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energy maximum, selain arah orientasi, sudut orientasi (tilt angle) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maximum (lihat pekerjaan tilt angle). Sebagai catatan: untuk lokasi yang terletak dibelahan utara latitude, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat dapat menghasilkan sejumlah energi matahari optimum.
6. Sudut orientasi matahari
Sudut orientasi matahari mempertahankan sinar matahari jatuh kesebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maximum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 Kw/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurusan antara sinar matahari dengan bidang PV, maka extra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari).



Gambar 2. 18 Extra Luasan Panel PV dalam Posisi datar (Sumber : http://www.amazon.com/dp/0963738321/ref=cm_sw_r_pi_dp_tjhevb1TF2 FXA)

Solar panel PV pada equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (tilt angle=0) akan menghasilkan energy maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan tilt angle yang optimum. Bumi membuat suatu putaran lengkap 360° dalam waktu 24 jam atau sehari. Jadi dalam waktu satu jam bumi berputar membentuk sudut sebesar 15° putaran 1° akan menyebabkan waktu tempatan bertambah sebanyak 4 menit. Pergerakan sudut matahari itulah yang menyebabkan adanya pergantian siang dan malam. Perjalanan matahari seperti itu sebenarnya bukanlah gerak matahari yang sebenarnya akan tetapi terjadi akibat adanya perputaran bumi pada porosnya (rotasi) selama sehari semalam.¹⁹



Gambar 2. 19 Perputaran sudut bumi terhadap matahari selama 24 Jam (360°) (Sumber : <https://www.goodsfortheplanet.com/the-solar-electric-house-by-steven-j-strong-w-william-g-scheller.html>)

¹⁹ Strong.com: “ The Solar Electric House”, <https://strong.com/blog/the-solar-electric-house/>, diakses tanggal 13 Juni 2023



2.5 Daya Pada Panel Surya

Wp adalah singkatan dari Watt-peak yang merupakan istilah yang biasa digunakan dalam sektor energi surya. Wp biasanya menggambarkan besarnya nominal watt yang dapat dihasilkan dari panel surya. Penambahan peak pada Wp karena terpaan energi surya yang bisa berubah-ubah dalam satu hari. Jika digambarkan dalam bentuk grafik, hal ini akan berbentuk seperti gelombang dan memiliki puncak tertinggi (peak) serta puncak terendah yang terlihat seperti lembah. Intensitas cahaya menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan sel surya. Jika luas permukaan sel surya (A) dengan intensitas tertentu, maka daya masukan sel surya adalah ²⁰ :

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana

P_{in} = daya yang diterima akibat irradiance matahari (watt)

I_r = Intensitas Cahaya (W/m^2)

A = Luas permukaan sel surya (m^2)

Besar daya keluaran sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubungan singkat (I_{sc}), dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihubungkan dengan rumus

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada sel surya (ampere)

FF = *Fill Factor* (faktor pengisi)

Tegangan sirkuit terbuka atau Open-circuit voltage (V_{oc}) adalah tegangan maksimum yang dapat dihasilkan panel surya tanpa beban (load). V_{oc} diukur menggunakan multimeter melalui kabel yang terpasang ke panel surya. Short-

²⁰ Sunterra: “ Kenali WP Pada Panel Surya”, <https://www.sunterra.id/kenali-wp-pada-panel-surya/>, diakses tanggal 13 Juni 2023



circuit current adalah arus yang mengalir keluar dari panel ketika kabel positif dan negatif disambungkan bersamaan. Arus dapat diukur dengan melewati tegangan menggunakan multimeter yang dikonfigurasi untuk mengukur amp (pengukuran ini tidak merusak panel surya, tetapi harus hati-hati untuk menghindari terjadinya percikan api).

Faktor pengisi (*fill factor, FF*) merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc}). Semakin dekat FF kepada 1, semakin banyak daya yang dapat diberikan oleh panel. Nilai umum biasanya berkisar antara 0,7 dan 0,8.²¹

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

V_{mp} = Tegangan pada P_{max}

I_{mp} = Arus pada P_{max}

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

Tegangan pada daya maksimum (V_{mp}) adalah tegangan saat keluaran daya paling besar. V_{mp} yang sebenarnya hasilnya bervariasi selama satu hari tergantung kondisi, suhu, bayangan, debu dan kotoran yang menempel permukaan panel. I_{mp} adalah arus (amp) saat keluaran daya paling besar. I_{mp} adalah arus listrik sebenarnya bergantung seberapa bagus sinar yang menerpa panel surya. P_{max} merupakan nilai maksimum dari keluaran daya panel surya, dimana kombinasi volt dan amp menghasilkan watt yang paling tinggi dengan beban (load) yang bervariasi dan kemudian menyesuaikan input panel untuk menyeimbangkan volt dan amp.²²

2.5.1 Arus dan Tegangan

Arus dan Tegangan Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom

²¹ Onnocenter : “ Parameter Panel Surya,
https://lms.onnocenter.or.id/wiki/index.php/WNDW:_Parameter_panel_surya, diakses tanggal 14 juni 2023

²² Suryautamaputra :” Kinerja Panel Surya Efisiensi Versus Daya Maksimum,
<https://suryautamaputra.co.id/blog/2016/05/30/kinerja-panel-surya-efisiensi-versus-daya-maksimum/>, diakses tanggal 15 juni 2023



terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton, dan neutron dalam berbagai gabungan. Elektron adalah muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang terluar suatu atom disebut elektron valensi.

Apabila energi eksternal seperti energi kalor, cahaya, atau listrik diberikan pada materi, elektron valensinya akan memperoleh energi dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan telah cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi terluar tadi akan meninggalkan atomnya dan statusnya pun berubah menjadi elektron bebas. Gerak atau aliran elektron disebut arus (I), dengan satuan ampere. Sebagian atom kehilangan elektron dan sebagian atom lainnya memperoleh elektron. Keadaan ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain.

Besaran muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron dibandingkan dengan jumlah proton dalam suatu objek. Simbol untuk besaran muatan elektron ialah Q dan satuannya adalah coulomb. Besarnya muatan $1\text{ C} = 6,25 \times 10^{18}$ elektron. Kemampuan muatan listrik untuk mengerahkan suatu gaya dimungkinkan oleh keberadaan medan elektrostatik yang mengelilingi objek yang bermuatan tersebut. Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk melakukan kerja akibat tarikan atau tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatiknya.

Kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial. Apabila satu muatan berbeda dari muatan lainnya, di antara kedua muatan ini pasti terdapat beda potensial. Satuan dasar beda potensial adalah volt (V). karena satuan inilah beda potensial V sering disebut sebagai voltage atau tegangan. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus.

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

dengan:

P = Daya keluaran (Watt)

V = Tegangan keluaran (Volt)

I = Arus (Ampere)



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

dengan :

P_{rerata} = Daya rata-rata (Watt)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P_n = Daya pada titik pengujian ke n

2.5.2 Efisiensi Pada Sel Surya

Energi cahaya yang diterima oleh sel surya dapat diubah menjadi energi listrik. Semakin besar energi cahaya yang diserap maka semakin besar energi listrik yang dapat di hasilkan. Maka konversi energi inipun memiliki nilai efisiensi didalam nya. Efisiensi keluaran maksimum (η) didefinisikan sebagai presentase keluaran daya optimum terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai berikut (Amalia, Satwiko, 2010 :160) :

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

η = Efisiensi sel surya (%)

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (watt)

P_{in} = daya yang di terima akibat *irradiance* matahari (watt)