

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Profil Lembaga Perasyarakatan Kelas II B Kota Banjar

Lembaga perasyarakatan adalah suatu organisasi atau wadah untuk menampung kegiatan pembinaan bagi narapidana, baik pembinaan secara fisik maupun pembinaan secara rohani agar dapat hidup normal kembali ke masyarakat. Bangunan gedung lembaga perasyarakatan kelas II B Kota Banjar tampak dari atas terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Gedung lembaga perasyarakatan kelas II B Kota Banjar

Lembaga perasyarakatan kelas II B Kota Banjar adalah unit pelaksana teknis perasyarakatan di lingkungan kantor wilayah hukum dan HAM Jawa Barat yang berlokasi di Kota Banjar. Terletak di lingkungan sukamanah rt 04 rw 17 kelurahan pataruman kecamatan pataruman Kota Banjar tepatnya di atas bukit yang bernama pasir jengkol seluas 5 Ha. Diresmikan oleh direktur jendral perasyarakatan kementerian hukum dan HAM Republik Indonesia.

Lembaga perasyarakatan kelas II B Kota Banjar mempunyai visi “Masyarakat Memperoleh Kepastian Hukum”. Lembaga perasyarakatan

mempunyai tugas untuk melaksanakan permasyarakatann narapidana dengan fungsi melakukan pembinaan, bimbingan, mempersiapkan sarana dan mengelola hasil kerja, melakukan bimbingan sosial atau kerohanian, melakukan pemeliharaan keamanan dan tata tertib narapidana dan melakukan tata usaha rumah tangga.

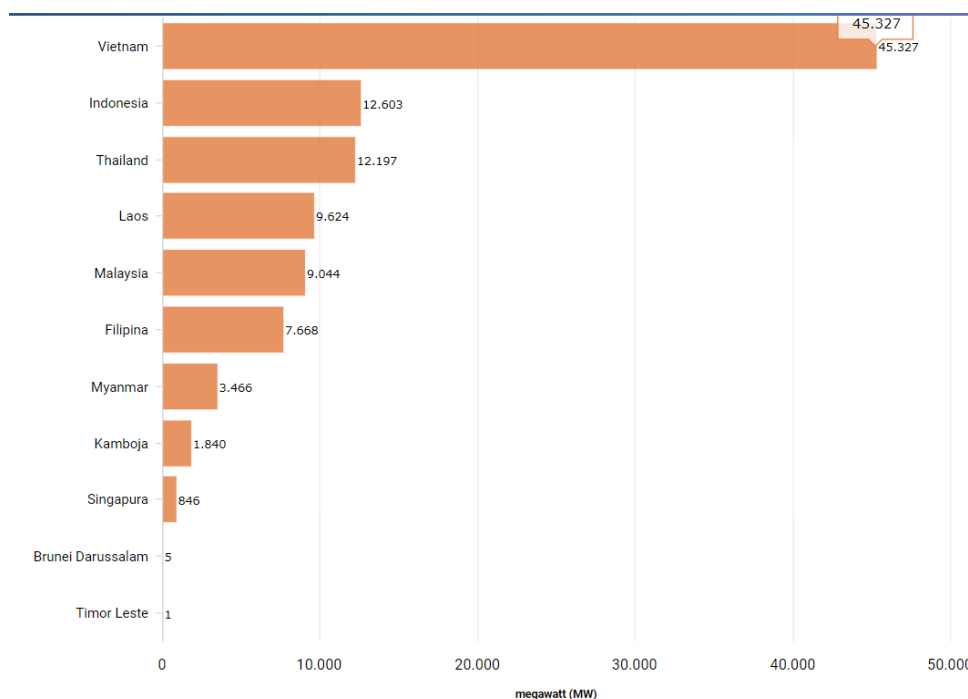
2.2 Energi Baru dan Terbarukan

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang energi, yang dimaksud dengan sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan. Sedangkan sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan.

Sumber energi ini umumnya dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan sumber energi konvensional yang mengandalkan bahan bakar fosil. Beberapa energi baru terbarukan diantaranya energi matahari (*solar*), energi angin (*wind*), energi air (*hydropower*), energi biomassa, energi geotermal, energi ombak/pasang surut, dan energi nuklir terbarukan.

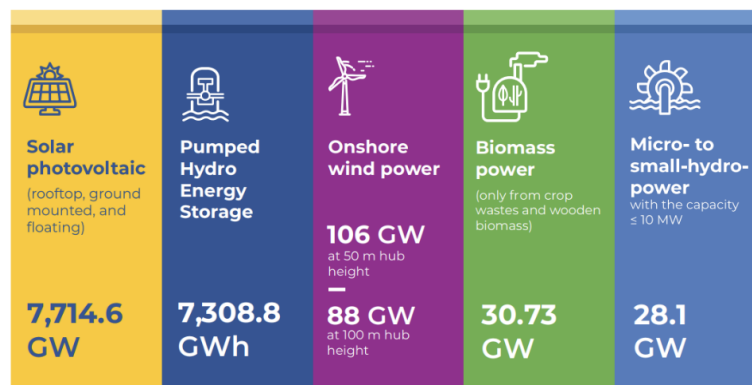
Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi sesuai PP No. 79 Tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional mendorong pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) dan mengerem penggunaan sumber energi fosil. target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang cukup besar untuk mencapai target bauran energi primer tersebut.

Menurut laporan *renewable energy statistics 2023* dari badan energi terbarukan internasional (IRENA), kapasitas energi terbarukan Indonesia merupakan yang terbesar kedua di asia tenggara pada tahun 2022. Kapasitas EBT Indonesia pada 2022 mencapai 12,6 ribu megawatt (MW) terlihat pada gambar 2.2, setara 12,28% dari total kapasitas EBT asia tenggara yang mencapai 102,62 ribu MW (Cindy Mutia Annur. (2023)).

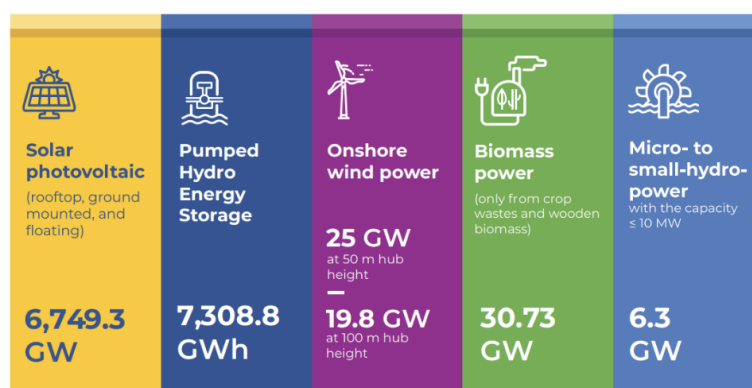


Gambar 2. 2 Kapasitas energi terbarukan di negara asia tenggara

Sedangkan menurut kajian *Institut for Essential Service Reform (IESR)* yang berjudul *Beyond 443 GW Indonesia's Infinite Renewable Energy Potential* yang berisikan data pemetaan potensi teknis energi terbarukan di Indonesia dengan menggunakan sistem informasi geografis terlihat pada gambar 2.3 (skenario 1) dan gambar 2.4 (skenario 2).



Gambar 2. 3 Skenario 1 total kapasitas potensi energi di Indonesia



Gambar 2. 4 Skenario 2 total kapasitas potensi energi di Indonesia

Data potensi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan yang tertera dalam dokumen Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), yakni sebesar 443 gigawatt karena potensi energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah, bahkan lebih dari yang dibutuhkan untuk mencapai dekarbonisasi mendalam atau target nol emisi 2050, selain itu data Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pun belum dimutakhirkan sejak 2014 (IESR, 2021).

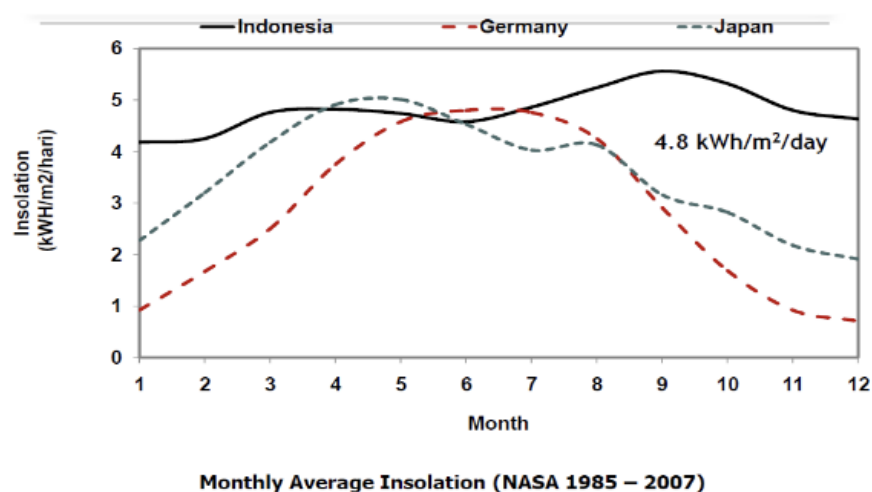
2.3 Energi Surya

Energi surya adalah energi yang berasal dari matahari. Sumber energi ini sangat melimpah di bumi dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau panas. Proses utama pemanfaatan energi surya melibatkan konversi sinar matahari menjadi bentuk energi yang dapat digunakan, seperti listrik melalui panel surya

fotovoltaik atau panas melalui kolektor surya. Energi surya memiliki beberapa kelebihan, termasuk sumber daya yang tidak terbatas, ramah lingkungan, dan dapat diakses di banyak lokasi di seluruh wilayah Indonesia.

2.3.1 Potensi Tenaga Surya

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang mempunyai potensi sumber energi surya yang cukup tinggi. Berdasarkan data pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), potensi pembangkitan energi surya di Indonesia diperkirakan dapat mencapai 207,89 GW dengan intensitas sebesar 4,8 kWh/m²/hari. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per m² (Widayana, G. 2012). Grafik distribusi penyinaran matahari di Indonesia terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Grafik distribusi penyinaran di Indonesia (Widayana, G. 2012)

Potensi energi surya di Indonesia tersebar secara merata hampir di seluruh provinsi yang ada di Indonesia. Potensi energi surya terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Peta potensi energi surya (P3TKEBTKE, 2017)

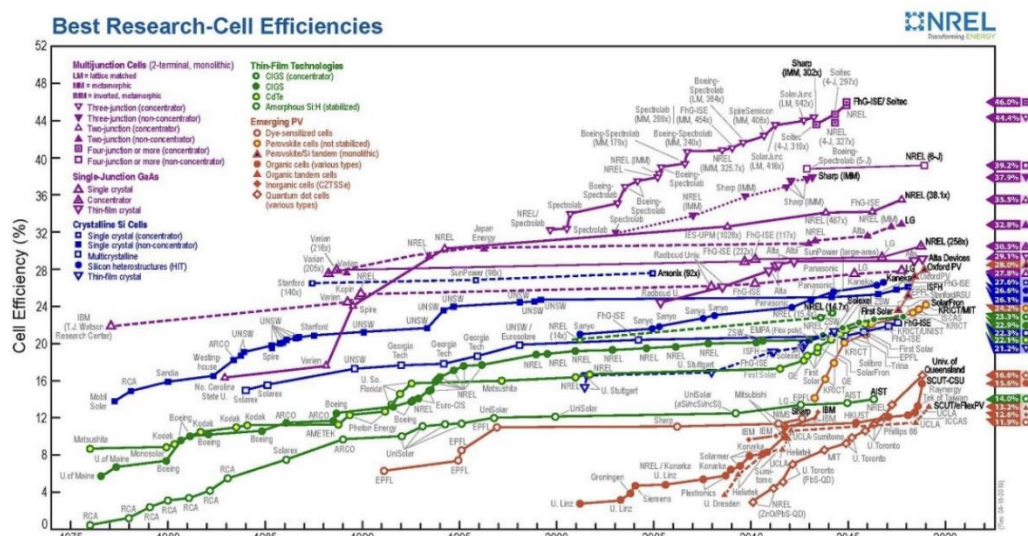
Kota Banjar sebagai lokasi penelitian merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi energi surya cukup baik dengan intensitas rata-rata cahaya matahari yang cukup tinggi. Sedangkan untuk temperatur rata-rata berkisar antara 24-32°C (Nasa, 2020).

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Transisi energi menjadi salah satu isu yang diangkat negara-negara di dunia dalam mewujudkan *Sustainable Development Goals (SDG's)*, tak terkecuali Indonesia yang telah menetapkan *Net Zero Emission (NZE)* pada tahun 2060 atau lebih cepat lagi. Laju transisi energi pun terus didorong guna mengejar pemanfaatan energi baru terbarukan sebesar 23% dari bauran energi nasional di tahun 2025, Salah satunya melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atau solar PV.

Perkembangan PV dari tahun ke tahun itu cukup meningkat dari segi efisiensinya, dimana pengamatan itu dilakukan dari tahun 1975 sampai 2020 itu diamati oleh Laboratorium Energi Terbarukan Nasional terlihat pada gambar 2.7. Perkembangan PV dari tahun 1975 itu mengalami kemajuan yang signifikan. Dimulai dari PV yang berjenis film tipis yang memiliki efisiensi kurang dari 10%,

kemudian berkembang menjadi PV yang dengan tipe *Crystalline* yang memiliki efisiensi sekitar 15% di tahun 1977, dan kemudian sel PV dengan tipe *Multijunction* yang memiliki efisiensi sekitar 16% di tahun 1983, kemudian pada tahun 2015 semua jenis PV itu mengalami efisiensi yang meningkat. Khususnya PV dengan tipe *Multijunction* itu mengalami peningkatan efisiensi sekitar 46%. (Hiron et al. 2021).



Gambar 2. 7 Perkembangan efisiensi PV dari tahun 1975 sampai 2020

PLTS memanfaatkan intensitas cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik menggunakan teknologi *photovoltaic* (PV), nama alatnya adalah sel surya atau lebih dikenal dengan istilah modul surya. Berdasarkan topologi jaringan pembangkit, sistem PLTS dibedakan menjadi sistem *on grid*, sistem *off grid* dan sistem *hybrid*. Sedangkan berdasarkan lokasi pemasangan modul sistem PLTS dibedakan menjadi PLTS atap, PLTS *ground mounting* dan PLTS terapung (P3TKEBT, 2023).

2.4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*Rooftop*)

Pembangkit Listrik tenaga surya *rooftop* terlihat pada gambar 2.8 adalah pembangkit tenaga listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding, atau bagian lain dari bangunan.



Gambar 2. 8 Pembangkit listrik tenaga surya *rooftop* (*SUN Energy*)

2.4.2 Prinsip Kerja PLTS

PLTS memiliki konsep kerja yang sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan sel surya dengan efek photovoltaik. PLTS menggunakan panel surya untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik. Panel surya menghasilkan arus searah (DC) yang kemudian dialirkan ke inverter untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Inverter dilengkapi dengan fitur monitoring dan kontrol yang memungkinkan pemantauan kinerja sistem PLTS. Melakukan perlindungan dari lonjakan tegangan, kelebihan arus, dan perlindungan terhadap suhu berlebih. Inverter juga berperan penting dalam monitoring konektivitas dengan jaringan listrik umum (*utility grid*) maupun dengan baterai. Prinsip kerja instalasi PLTS terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Prinsip kerja Instalasi PLTS *Hybrid*

2.4.3 Standar PLTS

Standar untuk PLTS telah ditetapkan Badan Standarisasi Nasional (BSN) dalam bentuk Standar Nasional Indonesia (SNI). Standar Nasional Indonesia terkait PLTS yang dikeluarkan Badan Standarisasi Nasional ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 SNI terkait PLTS (ESDM, 2020)

No.	Standar	Tentang
1	SNI 9121:2022	Metode perhitungan potensi energi surya
2	SNI 8395:2017	Panduan studi kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik
3	SNI 04-6391-2000	<i>Battery charge regulator (BCR)</i> prosedur uji dan persyaratan listrik
4	SNI IEC 62446:2016	Sistem PV terhubung ke jaringan listrik-persyaratan minimum untuk sistem dokumentasi, uji komisioning dan inspeksi (IEC 62446:2009, IDT)
5	SNI IEC/TS 61836:2018	Sistem energi fotovoltaik surya, istilah, definisi dan simbol (IEC/TS 61836:2016, IDT)
6	SNI IEC 61730-1:2016	Persyaratan konstruksi (IEC 61730-1:2013, IDT)
7	SNI 61730:2016	Persyaratan pengujian (IEC 61730-2:2012)

Selain Standar Nasional Indonesia, PT PLN juga memiliki standarisasi yang dikeluarkan dalam bentuk Standar PLN (SPLN). SPLN terkait PLTS yang dikeluarkan ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 SPLN terkait PLTS

No	Standar	Tentang
1	SPLN D5.005:2012	Panduan umum sistem pembangkit listrik tenaga surya
2	SPLN D6.001:2012	Persyaratan minimum uji komisioning dan inspeksi pembangkit listrik tenaga surya – PLTS
2	SPLN D5.005-1:2015	Persyaratan teknis interkoneksi sistem fotovoltaik (PV) pada jaringan distribusi tegangan rendah

2.4.4 Peraturan PLTS

Dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), melalui Peraturan Presiden No.79 tahun 2014, Pemerintah Indonesia menetapkan kebijakan peningkatan pangsa energi terbarukan dalam bauran energi nasional hingga 23% pada tahun 2025. Untuk mendukung upaya tersebut, terutama di bidang pemanfaatan energi. Pemerintah juga sudah menerbitkan serangkaian kebijakan dan regulasi yang mencakup peraturan presiden No. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional, undang-undang No. 30 tahun 2007 tentang energi, undang-undang No. 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan, PP No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional. Perpres No. 112 tahun 2022 tentang percepatan pengembangan energi terbarukan untuk

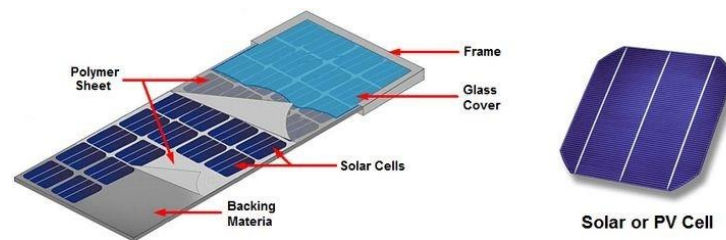
penyediaan tenaga listrik, dan peraturan menteri ESDM No. 2 tahun 2024 tentang PLTS atap yang terhubung pada jaringan tenaga listrik pemegang IUPTL.

2.5 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya :

2.5.1 Panel Surya

Panel surya terdiri dari sel PV yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari terlihat pada gambar 2.10. Sedangkan yang menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik adalah sel PV.

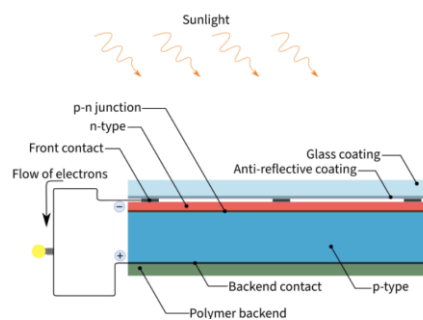


Gambar 2. 10 Struktur panel surya

Struktur sel PV terdiri dari komponen lapisan silikon yang bersifat semikonduktor. Pada dasarnya sel PV terdiri dari *n junction* dan *p junction* atau ikatan antara sisi positif dan negatif di dalam sebuah sistem semikonduktor. Mekanisme konversi cahaya terjadi akibat adanya perpindahan elektron bebas di dalam suatu atom.

Ketika foton dari suatu sumber cahaya menumbuk suatu elektron valensi dari atom semikonduktor, hal ini mengakibatkan suatu energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron tersebut terlepas dari struktur atomnya (efek fotolistrik). elektron yang terlepas menjadi bebas bergerak di

dalam bidang kristal dan diarahkan ke arah satu sisi sel, elektron tersebut menjadi bermuatan negatif dan berada pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Sementara itu akibat hilangnya elektron mengakibatkan terbentuknya suatu kekosongan pada strukturnya yang disebut dengan *hole* dan bermuatan positif. Struktural sel PV diilustrasikan pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Struktur sel PV

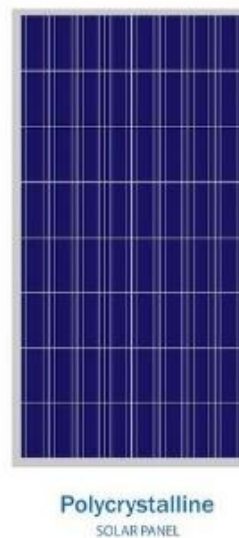
Daerah semikonduktor dengan elektron bebas dan bersifat negatif bertindak sebagai elektron, daerah ini disebut *n type*, sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif, daerah ini disebut *p type*. Ikatan dari kedua sisi positif dan negatif (*p-n junction*) menghasilkan energi listrik internal yang akan mendorong elektron bebas menuju hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi sisi negatif sedangkan hole bergerak menjauhi sisi positif, ketika *p-n junction* dihubungkan dengan beban maka akan tercipta sebuah arus listrik.

Jenis-jenis panel PV :

1. *Polycrystalline*

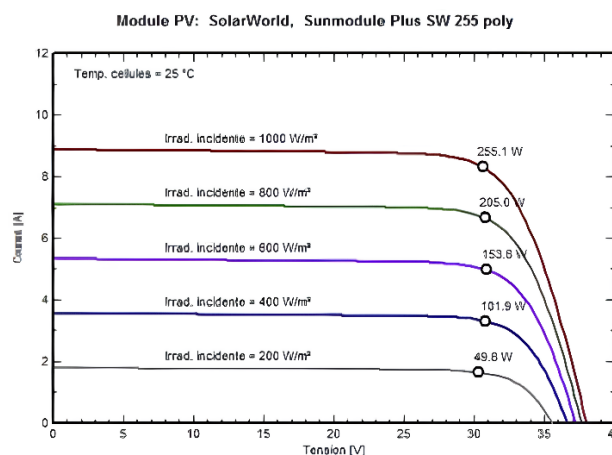
Jenis *polycrystalline* terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan berbentuk persegi. Memiliki toleransi terhadap suhu yang rendah, sehingga

dalam performanya *polycrystalline* tidak menyerap panas dan suhu permukaan tidak panas sehingga dapat bekerja secara maksimal. efisiensinya sekitar 13 – 16 %. Contoh panel PV *polycrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.12.

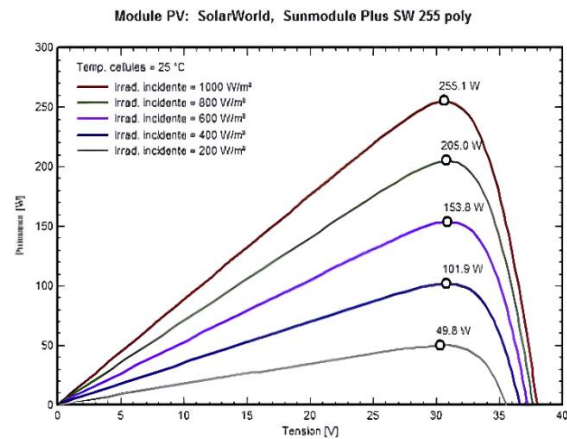


Gambar 2. 12 Panel PV *polycrystalline*

Karakteristik I-V *polycrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.13 dan karakteristik P-V keluaran panel *polycrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.14



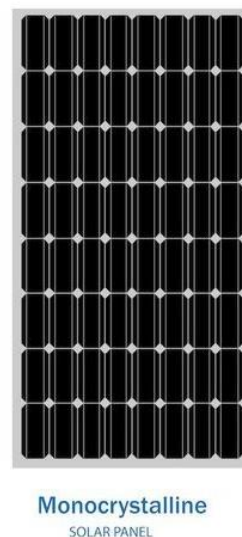
Gambar 2. 13 Karakteristik I-V keluaran panel PV tipe
polycrystalline



Gambar 2. 14 Karakteristik P-V keluaran panel PV tipe
polycrystalline

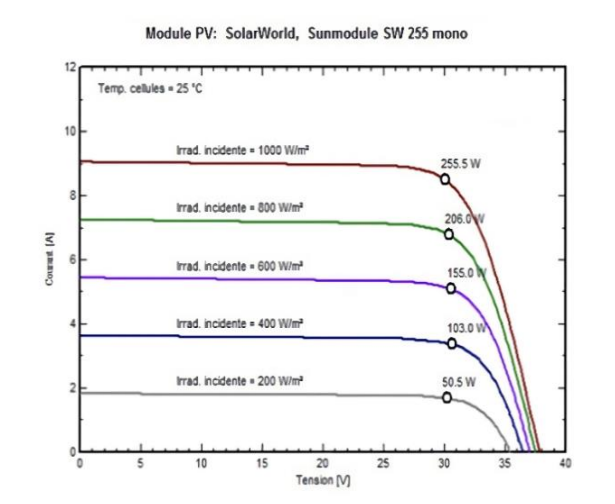
2. Monocrystalline

Jenis *monocrystalline* terbuat dari batangan kristal yang diiris tipis-tipis karena sel terbuat dari satu induk bahan kristal. *Monocrystalline* menyerap panas lebih banyak. Efisiensinya sekitar 15 – 20 %. Contoh panel PV *monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.15.

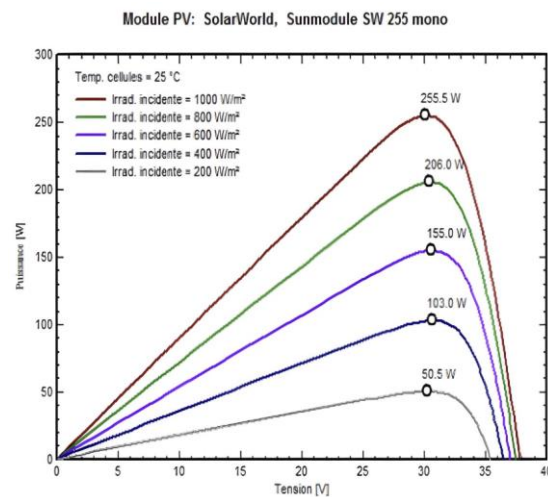


Gambar 2. 15 Panel PV *monocrystalline*

Karakteristik I-V *monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.16 dan karakteristik P-V keluaran panel *monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2. 16 Karakteristik I-V keluaran panel PV tipe *monocrystalline*

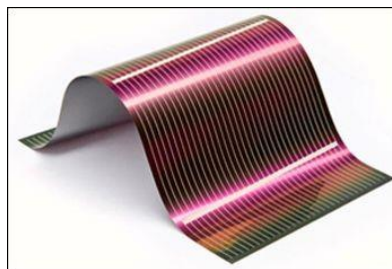


Gambar 2. 17 Karakteristik P-V keluaran panel PV tipe *monocrystalline*

3. *Thin film cell*

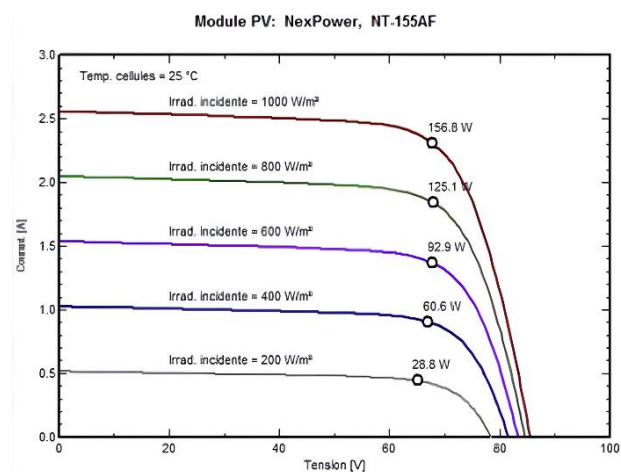
Thin film cell merupakan modul dua lapisan dengan struktur lapisan tipis *microcrystal silicon* dan *amorphous* dengan efisiensi

8.5 %. Berdasarkan materialnya, diklarifikasikan menjadi tiga yaitu *amorphous silicon (a-Si)*, *Cadmium Telluride (CdTe)*, dan *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)*. Inovasi terbarunya *thin film triple junction PV* yang memiliki efisiensi pada saat udara berawan menghasilkan energi listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang sama. Contoh panel PV *thin film cell* dapat dilihat pada gambar 2.18.

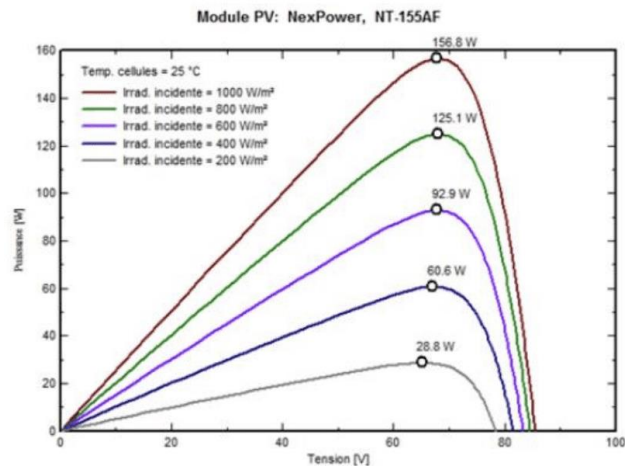


Gambar 2. 18 *Thin film cell*

Karakteristik I-V panel *thin film cell* dapat dilihat pada gambar 2.19 dan karakteristik P-V keluaran panel *thin film cell* dapat dilihat pada gambar 2.20.

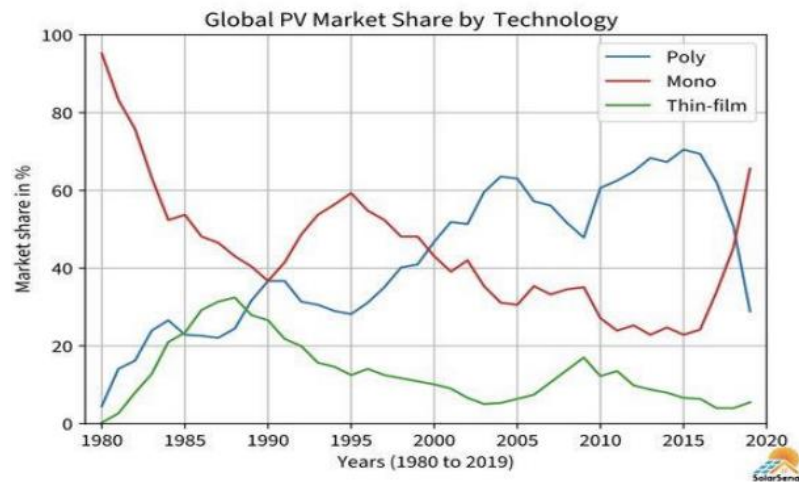


Gambar 2. 19 Karakteristik I-V keluaran panel PV tipe *thin film cell*



Gambar 2. 20 Karakteristik P-V keluaran panel PV tipe *thin film cell*

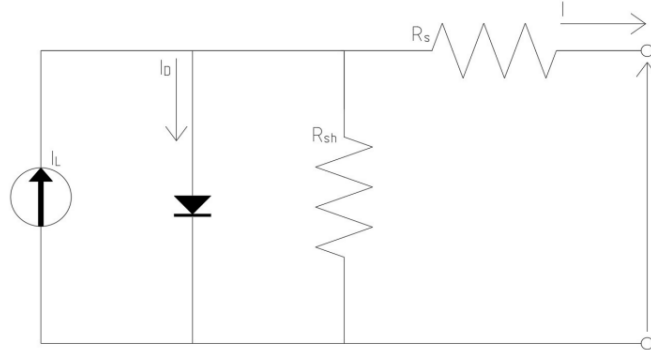
Penggunaan panel *monocrystalline* dan *polycrystalline* lebih sering dijumpai di pasaran. Gambar 2.21 menunjukkan pangsa pasar global panel surya.



Gambar 2. 21 Pangsa pasar global panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline* dan *thin film cell* periode tahun 1980 sd 2020 (sumber SolarSena.com, 2021)

Rangkaian ekivalen sel surya terdiri dari sumber arus (IL), arus dioda (ID), dan hambatan seri (Rs) (Satria, Muhammad Juan Arya. 2023).

Rangkaian pada gambar 2.22 digunakan untuk mendapatkan persamaan matematika sel surya, sehingga dapat digunakan untuk simulasi.



Gambar 2. 22 Rangkaian ekivalen *photovoltaic*

Dari gambar 2.22 I_L adalah arus yang dihasilkan langsung akibat penyinaran matahari pada sel surya. Hambatan R_s menunjukkan hambatan seri sel surya, sehingga menurut hukum kirchoff nilai arus *output* sel surya dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$I = I_L - I_D \quad (2.1)$$

Adapun rumus efisiensi dari gambar 2.19 dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\eta = \frac{P_{elektrik}}{P_{cahaya}} = \frac{V \times I}{A \times S_T} \quad (2.2)$$

Dimana :

V = Tegangan yang dibangkitkan photovoltaic (Volt)

I = Arus yang dibangkitkan photovoltaic (Ampere)

A = Luas Penampang photovoltaic (m^2)

S_T = Radiasi matahari (W/m^2)

Energi keluaran photovoltaic didapat dengan mengalirkan nilai *output* dengan *peak sun hour (SH)* dan dikalikan tegangan *output* dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$T_{out} = V \times I \times PSH \quad (2.3)$$

Keterangan :

E = Energi *output* photovoltaic (Wh)

PSH = Nilai efektif dalam satuan waktu (h)

Suhu panel yang normal adalah 25°C maka panel surya bisa beroperasi dengan maksimal. Setiap naiknya suhu sebesar 1°C dari 25°C menyebabkan kurangnya daya yang diproduksi sekitar 0,5%. Untuk mendapatkan keluaran yang maksimal, dalam pengoprasian panel surya salah satu faktor yang mempengaruhi adalah suhu, berkurangnya daya panel surya terjadi saat suhu mengalami kenaikan. Pengurangan daya panel surya tersebut ditunjukkan melalui persamaan 2.4.

$$P \text{ saat } t (^{\circ}\text{C}) \text{ naik} = 0.5\% \times P_{mpp} \times \Delta T \quad (2.4)$$

Keterangan :

P saat t ($^{\circ}\text{C}$) naik = Daya saat suhu naik dari suhu standart (W)

P_{mpp} = Daya keluaran maksimum panel (Wp)

ΔT = Kenaikan suhu dari temperatur standar ($^{\circ}\text{C}$)

Daya maksimum panel surya saat temperatur lingkungan naik dari temperatur standarnya ditunjukkan pada persamaan 2.5.

$$P_{mppsatt(^{\circ}\text{C})naik} = P_{mpp} - P_{saatt(^{\circ}\text{C})naik} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$P_{mppsatt(^{\circ}\text{C})naik}$ = Daya maksimum panel saat kenaikan suhu (W)

P_{mpp} = Daya keluaran maksimum panel (Wp)

$P_{saatt(^{\circ}C)naik}$ = Daya saat suhu naik dari suhu standar (W)

Dari persamaan 2.5 dapat digunakan untuk menghitung faktor koreksi suhu (*temperature correction factor*) ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$temperature\ correction\ factor = \frac{P_{mppsatt(^{\circ}C)naik}}{P_{mpp}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

$P_{mppsatt(^{\circ}C)naik}$ = Daya maksimum panel saat kenaikan suhu (W)

P_{mpp} = Daya keluaran maksimum panel (Wp)

Dalam menentukan luas area energi panel surya dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya ditunjukkan pada persamaan 2.7.

$$PV_{area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{sistem}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

PV_{area} = Luas area *array* (m²)

E_L = Pemakaian energi (kWh/day)

G_{av} = Radiasi matahari rata-rata harian (kWh/ m²/day)

η_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

TCF = Faktor koreksi suhu

η_{sistem} = Efisiensi sistem PLTS (%)

Besar daya panel surya yang dibangkitkan oleh luas area *array* panel dihitung menggunakan persamaan 2.8.

$$P\ watt\ peak = PV_{area} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (2.8)$$

Keterangan :

$P_{watt\ peak}$ = Daya panel yang dibangkitkan luas area *array* (Wp)

PV_{area} = Luas area *array* (m²)

PSI = *Peak Sun Insulation* (1000 W/m²)

η_{pv} = *Efesiensi* panel surya (%)

Dengan menggunakan persamaan 2.8, maka untuk menghitung jumlah panel yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9.

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{P_{watt\ peak}}{P_{mpp}} \quad (2.9)$$

Keterangan :

P = Daya panel yang dibangkitkan luass area *array* (Wp)

P_{mpp} = Daya keluaran maksimum panel (Wp)

2.5.2 KWH *Exim* (Export-import)

Meteran atau KWH *Exim* merupakan meteran khusus yang dipasang oleh PLN kepada pelanggan PLN yang menggunakan PLTS dengan sistem *on grid* atau tersambung dengan jaringan PLN. Fungsi dari KWH *Exim* adalah untuk eksport-import produksi energi PLTS ke jaringan PLN yang akan mengurangi tagihan listrik. Kwh *Exim* mampu mengukur dan memisahkan besaran KWH yang dipakai pelanggan dan juga KWH yang dikirim oleh pelanggan. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018 pada Bab III Pasal 6 Ayat 1, mengatakan bahwa untuk energi listrik pada pelanggan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap diekspor dan dihitung berdasarkan nilai kWh ekspor yang tercatat pada kWh-*Exim* dikali dengan 65% (ESDM, 2019). KWH *Exim* terlihat pada gambar 2.23.

Gambar 2. 23 KWH *Exim*

2.5.3 *Inverter*

Inverter adalah sebuah alat yang mengubah listrik DC dari baterai atau panel surya menjadi AC. Inverter terlihat pada gambar 2.24.



Gambar 2. 24 Inverter

Adapun hal yang harus dipertimbangkan dalam memilih inverter :

1. Kapasitas beban (watt)
2. Inputan DC 12 volt atau 24 volt
3. *Sinewave* atau bisa disebut *square wave output AC*

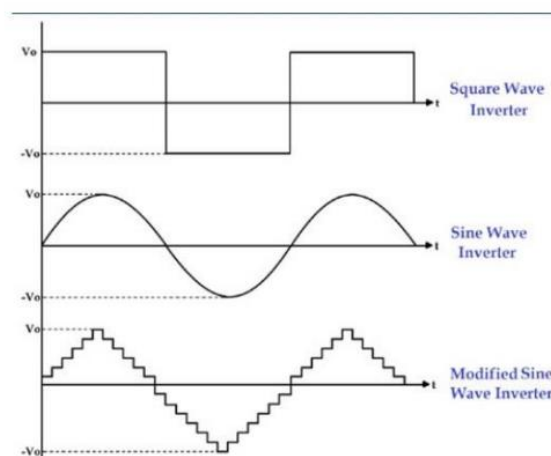
Berdasarkan desain terdapat tiga jenis sistem desain inverter yang dapat digunakan dalam pemasangan inverter, yaitu *central* inverter, *string* inverter dan *central* inverter *with optimizer*. Inverter untuk sistem PLTS memiliki

karakteristik yang berbeda. pada PLTS *grid-connected* inverter bisa menghasilkan kembali tegangan yang sama persis dengan tegangan jaringan pada saat yang sama, untuk memaksimalkan dan mengoptimalkan *output* energi yang dihasilkan oleh modul surya. Sedangkan untuk inverter PLTS *Stand alone* inverter harus mampu memberikan tegangan AC yang konstan untuk beradaptasi dengan perubahan keluaran modul surya.

Ada tiga macam bentuk gelombang inverter diantaranya :

1. Inverter gelombang *square*
2. Inverter gelombang *sinus*
3. Inverter gelombang termodifikasi

Adapun bentuk gelombang inverter ditunjukkan pada gambar 2.25



Gambar 2. 25 Bentuk gelombang inverter

Selanjutnya untuk menghitung inverter yang digunakan dapat menggunakan persamaan 2.10

$$\text{Jumlah inverter} = \frac{\text{kapasitas yang direncanakan}}{P_{\max Dc \text{ inverter}}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$P_{\max Dc \text{ inverter}}$ = Daya Dc maksimum input inverter (Watt)

2.5.4 *Mounting System*

Mounting adalah sistem atau struktur yang digunakan untuk memasang sistem energi surya pada atap atau permukaan lainnya. Sistem *solar mounting* dirancang untuk menyediakan dukungan kuat dan stabil agar dapat menghadapi kondisi cuaca dan lingkungan yang beragam.

Tujuannya adalah agar sistem energi surya terpasang dengan aman dan efisien, serta dapat menghasilkan energi listrik dari sinar matahari dengan optimal. *Solar mounting* juga memperhatikan faktor seperti orientasi, kemiringan dan kekuatan angin untuk memaksimalkan produksi energi surya.

Jenis-jenis *mounting* :

1. *Tile & tin mounting*

Mounting tile & tin biasanya digunakan pada atap genteng dan atap seng. Keduanya bekerja dengan cara menempelkan bracket mounting ke rangka atap, kemudian panel surya dipasang di atasnya. *Mounting tile & tin* terlihat pada gambar Gambar 2.26.



Gambar 2. 26 Jenis *mounting tile & tin*

2. *Ballast Mounting*

Ballast mounting biasanya digunakan pada atap beton atau atap datar yang tidak bisa ditusuk. *ballast mounting* ditempatkan di bawah panel surya untuk menstabilkan panel dan mencegah panel tertiuap angin. *ballast mounting* terlihat pada gambar Gambar 2.27.



Gambar 2. 27 Jenis *ballast mounting*

3. *Klip lok mounting*

Klip lok mounting biasanya digunakan pada atap metal seperti zincolume atau galvalume. *Mounting* dikaitkan pada *klip* khusus pada atap *klip* dan panel surya ditempatkan pada *klip* tersebut. *Klip lok mounting* terlihat pada gambar Gambar 2.28.

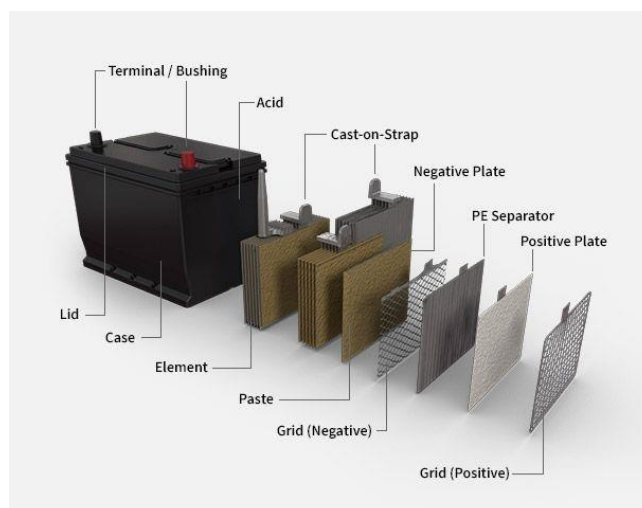


Gambar 2. 28 Jenis *klip lok mounting*

2.5.5 Baterai/Aki

Baterai adalah suatu perangkat penyimpanan energi listrik yang dapat menyimpan energi dalam bentuk kimia dan melepaskannya dalam bentuk listrik saat diperlukan. Baterai terdiri dari satu atau lebih sel listrik yang mengandung bahan kimia yang dapat bereaksi satu sama lain untuk menghasilkan potensial listrik. Prinsip dasar kerja baterai melibatkan reaksi kimia yang terjadi di dalam sel baterai. Ketika baterai discharge (diberi beban), reaksi kimia akan memberikan listrik yang dapat digunakan untuk memberi daya pada perangkat listrik. Saat baterai diisi ulang proses kimia akan dibalik sehingga baterai siap digunakan kembali.

Baterai solar cell mempunyai dua tujuan dalam sistem fotovoltaiik, pertama untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel-panel surya. Kedua adalah untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel setiap kali daya itu melebihi beban. Gambar 2.29 menunjukkan struktur baterai.



Gambar 2. 29 Struktur baterai untuk PLTS

Baterai *deep cycle* adalah baterai yang cocok untuk sistem *solar cell*, karena dapat discharge sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang cukup lama. Salah satu jenis baterai *deep cycle* yaitu Jenis *valve regulated lead acid battery* (VRLA), baterai yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah *valve* atau katub, yang akan terbuka jika tekanan gas hasil elektrolisa air melebihi suatu nilai tekanan tertentu, untuk melepaskan gas keluar dari box.

Penentuan kapasitas baterai ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.11

$$\text{Kapasitas Baterai} = \frac{W_{total} \times \text{Harian otonom}}{\eta \times DoD} \quad (2.11)$$

Dimana :

W_{total} = total kebutuhan energi harian (kWH)

η = Efisiensi baterai

DoD = *Depth Of Discharge*, minimum dipersyaratkan (45%)

Harian otonom diasumsikan dua hari dengan tambahan satu hari sebagai cadangan modul surya.

Untuk menghitung berapa banyak baterai yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan 2.12 dan kapasitas baterai menggunakan persamaan 2.13

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{\text{Daya jam}}{\text{Daya baterai}} \quad (2.12)$$

$$Nb = \frac{\text{Daya jam}(Wh)}{V \text{ baterai} \times Ah \text{ baterai}} \quad (2.13)$$

Dimana :

Nb = Kapsitas baterai

V baterai = Volume baterai (Volt)

Ah baterai = Arus baterai (Ampere)

Wh = Daya jam (Wh)

Untuk mengetahui waktu dan proses dalam proses pengisian baterai, dapat diketahui menggunakan persamaan 2.14 untuk lama pengisian arus dan persamaan 2.15 untuk lamanya pengisian daya.

Lama pengisian arus :

$$T_a = \frac{Ah}{A} \quad (2.14)$$

Keterangan :

T_a = lamanya pengisian arus (jam)

Ah = besarnya kapasitas baterai (ampere hours)

A = besarnya arus pengisian ke baterai (ampere)

Lama pengisian daya :

$$T_d = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}} \quad (2.15)$$

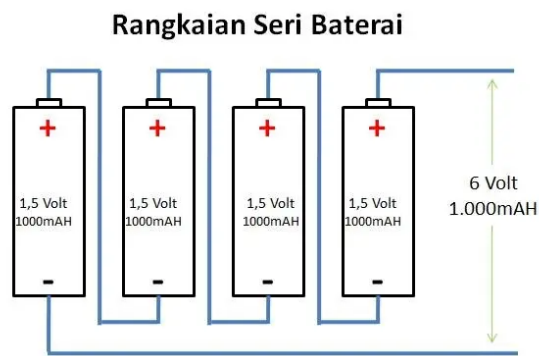
Dimana :

T_d = lamanya pengisian daya (jam)

Daya Ah = besarnya daya Ah x tegangan baterai (watt hours)

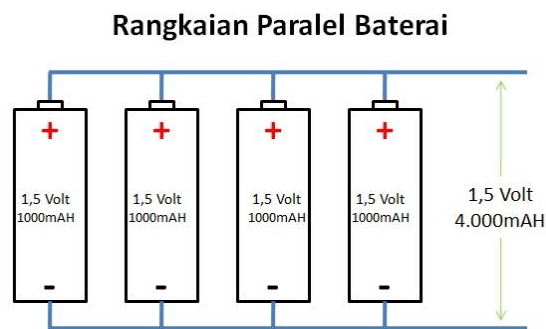
Daya A = besarnya daya A x besar tegangan baterai (watt)

Baterai juga memiliki 2 sambungan, yaitu sambungan paralel dan seri. Baterai seri untuk meningkatkan tegangan sistem baterai dengan mempertahankan nilai *amp-hours* yang sama. Rangkaian seri ditunjukkan pada gambar 2.30.



Gambar 2. 30 Rangkaian seri baterai

Sedangkan untuk rangkaian paralel untuk meningkatkan kapasitas *amp-hours* baterai, tetapi nilai tegangan tetap sama. Rangkaian paralel dapat ditunjukkan pada gambar 2.31.



Gambar 2. 31 Rangkaian paralel baterai

2.6 Sistem PLTS

Pada umumnya terdapat 3 jenis desain konfigurasi sistem PLTS, yaitu PLTS *on grid*, PLTS *off grid* dan PLTS *hybrid*.

2.6.1 PLTS *On Grid*

PLTS *On Grid* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung dengan jaringan PLN (*Grid*), PLTS *on grid* tidak menggunakan baterai, jadi hanya berfungsi ketika terdapat sinar matahari dengan tujuan utamanya adalah untuk mengurangi penggunaa listrik dari PLN

(penghematan tagihan listrik). Sistem PLTS *on grid* dapat di lihat pada gambar 2.32.



Gambar 2. 32 Sistem PLTS *on grid* (SUN Energi, 2023)

2.6.2 PLTS *Off Grid*

PLTS *off grid* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang tidak terhubung dengan jaringan PLN (independen). Energi listrik akan disimpan kedalam baterai dan akan digunakan secara full siang dan malam. Sistem PLTS *off grid* dapat dilihat pada gambar 2.33.



Gambar 2. 33 Sistem PLTS *off grid* (SUN Energi, 2023)

2.6.3 PLTS *Hybrid*

PLTS *hybrid* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung atau terinterkoneksi dengan jaringan PLN (*grid*), serta memiliki baterai untuk *backup* (*Critical Load*) ketika PLN padam. Fungsi utama PLTS *hybrid* ini adalah ketahanan sistem, karena selain dapat mengurangi penggunaan listrik dari PLN, PLTS juga memiliki baterai, untuk *backup* (*Critical Load*) pada saat listrik PLN padam. Sistem PLTS *hybrid* dapat dilihat pada gambar 2.34.



Gambar 2. 34 Sistem PLTS *hybrid* (SUN Energi, 2023)

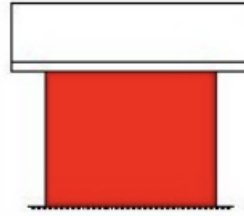
2.7 Jenis Bentuk *Rooftop*

Ada 4 jenis model *desain rooftop*

2.7.1 Model *Desain Rooftop* Pelana

Atap pelana seperti pada gambar 2.35 merupakan model atap yang paling umum kita jumpai digunakan pada ke banyak rumah dan sekolah. Bidang pada atap ini hanya terdiri dari 2 sisi yang bertemu di pada bubungan atap. Desain atap pelana memiliki kemiringan 35 derajat sehingga sangat efektif dalam kondisi cuaca panas atau pun hujan karena dapat panas sinar

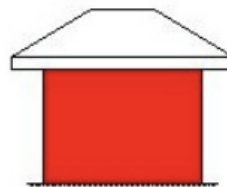
matahari dan juga dapat mengalirkan air hujan langsung ke bawah tanpa tertampung di atap.



Gambar 2. 35 Jenis atap pelana

2.7.2 Model Desain Rooftop Perisai

Atap perisai seperti pada gambar 2.36 merupakan pengembangan bentuk dari desain atap pelana. Atap perisai berupa sebuah bidang yang miring di semua sisinya yang terbentuk dari 2 bidang segi tiga dan 2 bidang trapesium. Sudut yang digunakan pada bagian atap perisai sekitar 30-40 derajat. Keunggulan dari atap ini adalah dapat melindungi semua luar bagian dinding dari sinar matahari maupun terpaan hujan deras. Dan karena bentuknya yang agak miring arah angin akan dibelokkan ke arah atas sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan dari struktur bangunan atap.

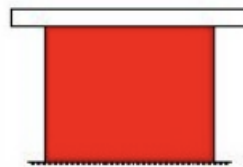


Gambar 2. 36 Jenis atap perisai

2.7.3 Model Desain Rooftop Datar

Atap datar seperti pada gambar 2.37 merupakan desain atap yang paling sederhana. Biasanya atap dengan desain seperti ini terbuat dari beton yang kuat yang langsung dicor ketika proses pembangunan sebuah rumah.

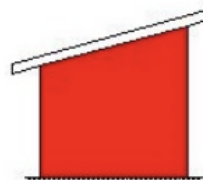
Selain itu dari segi biayanya juga bisa dibilang lebih murah karena lebih simpel. Atap model ini sering digunakan untuk membuat area rooftop yang dapat ditempati untuk bersantai. Akan tetapi apabila Anda menggunakan desain atap jenis ini maka kerugiannya adalah tidak bisa mengalirkan air ke bawah sehingga dapat berpotensi menyebabkan genangan yang bisa memicu kebocoran. Oleh karena itu, jika ingin menggunakan atap model ini maka sebaiknya juga menyediakan jalur keluar air dan arahkan kemiringan lantai pada jalur keluar air tersebut agar air dapat mengalir keluar, lantai atap juga sebaiknya di semen halus dan licin untuk mencegah air terserap masuk ke dalam.



Gambar 2. 37 Jenis atap datar

2.7.4 Model Desain Rooftop Standar

Desain model atap standar seperti pada gambar 2.38 biasanya digunakan pada bangunan tambahan seperti emperan ataupun selasar. Tetapi untuk saat ini model atap ini juga telah digunakan pada rumah yang mengusung tema konsep modern.

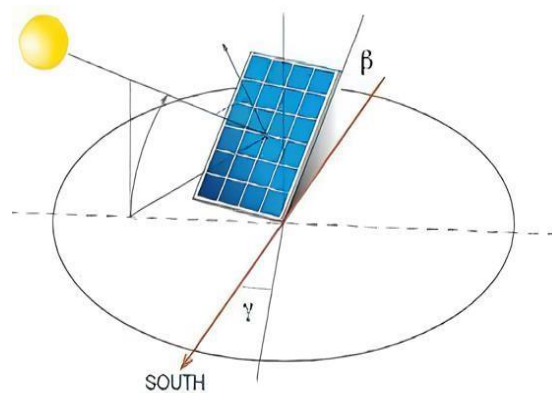


Gambar 2. 38 Jenis atap standar

2.8 Sudut Kemiringan PV

2.8.1 Sudut Kemiringan Panel Surya

Besarnya radiasi matahari yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar matahari datang dengan komponen tegak lurus bidang panel seperti pada gambar 2.39. Semakin tegak lurus sinar matahari mengenai panel, semakin tinggi intensitas energi yang diserap.

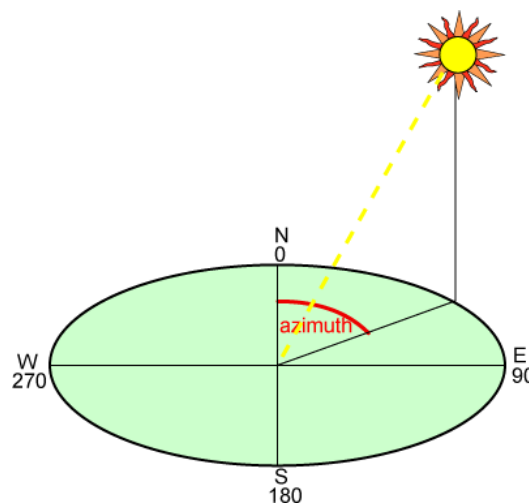


Gambar 2. 39 Sudut kemiringan modul surya (Ilham Lubis, 2018)

Menentukan arah sudut kemiringan modul surya harus disesuaikan dengan letak geografis lokasi pemasangan modul surya tersebut. Penentuan sudut pemasangan modul surya ini berguna untuk membenarkan penghadapan modul surya ke arah garis khatulistiwa. Pemasangan modul surya ke arah khatulistiwa dimaksudkan agar modul surya mendapatkan penyinaran yang optimal. Modul surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang = 0°) yang diletakan mendatar (tilt angle = 0°) (Ilham Lubis, 2018).

Terdapat beberapa parameter sudut-sudut yang penting dalam menentukan posisi matahari yaitu:

- a. Sudut *latitude* (ϕ) merupakan sudut lintang utara atau selatan dari garis ekuator, yang bernilai positif untuk lintang utara, ($-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$).
- b. Sudut deklinasi (δ), merupakan sudut posisi matahari saat solar noon (ketika matahari berada tepat di atas posisi lokal suatu daerah) terhadap garis ekuator/khatulistiwa, yang bernilai positif untuk saat matahari di wilayah utara, ($-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$).
- c. Sudut tilt/slope (β), merupakan sudut kemiringan suatu bidang terhadap garis horizontal, ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$) (Ilham Lubis, 2018).
- d. Sudut azimuth, merupakan arah mata angin dari mana cahaya matahari datang. Pada tengah hari, matahari selalu berada tepat di selatan di belahan bumi bagian utara dan tepat di utara di belahan bumi bagian selatan. Pada saat ekuinoks, matahari terbit tepat dari timur dan terbenam tepat di barat, terlepas dari derajat lintangnya, sehingga sudut azimuth adalah 90° pada matahari terbit dan 270° saat matahari tenggelam seperti pada gambar 2.40.



Gambar 2. 40 Sudut azimuth

2.8.2 Metode Penentuan Sudut Kemiringan

Pendekatan sederhana yang umum digunakan adalah dengan menyamakan sudut kemiringan panel dengan lintang lokasi:

$$\theta = \phi \quad (2.16)$$

Dimana:

θ = Sudut kemiringan Panel ($^{\circ}$)

ϕ = Lintang lokasi ($^{\circ}$)

Pendekatan lainnya bisa menggunakan model matematis dan simulasi berbasis data iklim dan posisi matahari menggunakan perangkat lunak *PVsyst*, *MATLAB*, atau *SolarGIS* yang dapat memberikan analisis yang akurat.

2.9 *HOMER (Hybrid Optimization Model For Energi Renewable)*

HOMER atau *Hybrid Oprimization Model For Energi Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic*, *microhidro*, *battery* serta kombinasi lainnya yang berfungsi melayani beban listrik maupun thermal (N. Rana, 2018).

Software *HOMER* sebagai pengolah data dan kalkulasi menghitung keluaran daya PV menggunakan persamaan 2.17.

$$W_p = V \cdot I \quad (2.17)$$

Dimana :

W_p = Daya pada PV ketika terkena radiasi matahari (watt)

V = Tegangan pada PV (V)

I = Arus pada PV (A)

HOMER memodelkan PV array sebagai keluaran dari sel surya menggunakan persamaan 2.18

$$P_{pv} = F_{pv} Y_{pv} \text{PSH} \quad (2.18)$$

Dimana :

P_{pv} = keluaran pada PV (kWh/d)

F_{pv} = PV *derating factor* (0,8 – 0,85)

Y_{pv} = Daya yang diijinkan dari PV array (kW)

PSH = *peak sun hour* (jam)

Densitas daya adalah perbandingan antara rata-rata daya dengan luasan proyeksi tempat instalasi. Untuk menghitung densitas daya menggunakan persamaan 2.19.

$$\rho = \frac{\text{rata-rata daya}}{PXL} \quad (2.19)$$

2.9.1 Prinsip kerja *HOMER*

HOMER bekerja berdasarkan 3 hal, yaitu, simulasi, optimasi dan analisis sensitivitas. *HOMER* melakukan simulasi dalam menganalisis potensi energi surya, biaya pembangunan energi terbarukan dan melakukan optimasi. Proses simulasi *HOMER* berguna mengetahui performansi dan karakteristik dari suatu pembangkit listrik. Proses optimasi berguna untuk konfigurasi dalam suatu pembangkit listrik yang layak dan bernilai ekonomis (A. A. Prayogi, 2018)

2.9.2 Simulasi

Perangkat lunak ini akan mensimulasikan pengoprasian pembangkit listrik tenaga hibrida dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam satu tahun. Untuk setiap jam, *HOMER*

membandingkan kebutuhan listrik ke sistem energi yang dapat memasok dalam jam tersebut, an menghitung energi yang mengalir dari dan ke setiap komponen dari sistem. Untuk sistem yang mencakup baterai atau bahan bakar – *powered generator*, *HOMER* juga memutuskan jam operasi generator, apakah akan mengosongkan biaya atau mengosongkan baterai (M. Sukmawidjaja, 2013).

2.9.3 Optimasi

Setelah disimulasi, selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan nilai sekarang bersih (*Net Present Value*) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

2.9.4 Analisis Sensitivitas

Ketika variabel sensitivitas ditambahkan, *HOMER* mengulangi proses optimasi setiap sensitivitas variabel yang menentukan untuk hasil yang lebih bagus. Kelebihan *software* ini adalah penggunaannya mudah, bisa mensimulasikan, mengoptimalisasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya terendah sekarang (*NPC*).

2.10 Aspek Ekonomi

2.10.1 Net Present Cost (NPC)

Total biaya bersih saat ini (*NPC*) dari sebuah sistem adalah nilai sekarang dari semua biaya yang dikeluarkan sistem selama masa pakainya, dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakainya. Biaya termasuk biaya modal, biaya penggantian, biaya *O&M*,

biaya bahan bakar, denda emisi, dan biaya pembelian daya dari jaringan listrik. Pendapatan termasuk nilai sisa dan pendapatan penjualan jaringan. *HOMER* menghitung total *NPC* dengan menjumlahkan total arus kas yang didiskonkan di setiap tahun selama masa proyek.

Total *NPC* adalah *output* ekonomi utama *HOMER*, nilai yang digunakan untuk menentukan peringkat semua konfigurasi sistem dalam hasil optimasi, dan dasar untuk menghitung total biaya tahunan dan biaya energi yang diratakan. *Net Present Cost* dapat diketahui dengan persamaan 2.20.

$$NPC = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} - \text{Salvage} \quad (2.20)$$

Dimana :

Capital Cost = biaya komponen

Replacement Cost = biaya ganti komponen

O\&M Cost = biaya operasional dan perawatan

Salvage = biaya yang tersisa dari komponen

2.10.2 *Cost Of Energi (COE)*

Cost Of Energi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. *Cost Of Energi* dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit hibrid. Nilai *Cost Of Energi* dapat diketahui dengan persamaan 2.21.

$$\text{Cost Of Energi} = \frac{\text{Total Annualized Cost}}{\text{Etot Sarved}} \quad (2.21)$$

Dimana :

Total *Annualized Cost* = biaya total tahunan pembangkit hibrid (satuan)

Etot Served = total energi tahunan untuk beban (kWh)

2.10.3 Return On Investment (ROI)

Return on Invesrment atau laba atas investasi. Dimana nilai yang dicari adalah persentase keuntungan dari investasi berdasarkan laba keseluruhan dan biaya yang dikeluarkan. *ROI* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.22.

$$\text{Return on Investment} = \frac{(\text{pendapatan investasi} - \text{biaya investasi})}{\text{biaya investasi}} \times 100\% \quad (2.22)$$

2.10.4 Payback Periode (PP)

Metode Payback Period (PP) dapat diartikan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi. Metode Payback Period (PP) mencoba mengukur seberapa cepat investasi bisa kembali. Satuan hasil dari Payback Period (PP) bukan persentase, tetapi satuan waktu. Apabila Payback Period (PP) ini lebih pendek dari yang diisyaratkan, maka proyek dikatakan menguntungkan. PP dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.23.

$$PP = \frac{\text{investasi awal}}{\text{process (arus kas)}} \times \text{Itahun} \quad (2.23)$$

Dimana :

Process = nilai yang dikeluarkan setelah investasi dilakukan

2.11 Beban

Beban merupakan suatu peralatan yang mengkonsumsi daya yang dihasilkan oleh sumber daya. Beban ini misalnya seperti lampu, kipas, alat elektronik dll. pada keseluruhan sistem, total daya adalah jumlah semua daya aktif dan reaktif yang dipakai oleh peralatan yang menggunakan energi listrk. Jadi total beban listrik adalah semua daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik tersebut

yang aktif, karena dalam kondisi mati peralatan tersebut tidak menggunakan daya listrik. Beban total inilah yang akan digunakan untuk perencanaan sistem PLTS pada penelitian ini.

Analisa beban dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu :

1. Berdasarkan daya listrik peralatan rumah/kantor

Jika memungkinkan, perhitungan dilakukan secara detail berdasarkan jenis, jumlah, dan durasi pemakaian peralatan listrik yang ada. Melihat tingkat kedetailannya, maka pendekatan ini lebih cocok dilakukan oleh pelanggan rumah tangga.

2. Berdasarkan catatan kWh meter

Cara ini merupakan cara pendekatan yang paling lebih mudah dan sederhana yang dapat digunakan pada bangunan kantor (gedung yang cukup luas dengan kegiatan (peralatan listrik) yang kompleks).

2.12 Penelitian Terkait

Tabel 2. 3 Review penelitian terkait

No	Judul	Penulis, Tahun	Pembahasan
1	<i>Optimal sizing and energy management of a grid-connected microgrid using HOMER software</i>	H.shahinzadeh, M.Moazzami, S. H. Fathi and G.B. Gharehpetian, (2016)	Pada penelitian ini membahas tentang pembangkit hybrid dimana yang diteliti meliputi angin, matahari dan mikro turbin sebagai sumber daya utama serta baterai sebagai unit penyimpanan. Data beban yang digunakan sesuai

			dengan sistem uji standar, dan data kecepatan angin dan radiasi matahari berasal dari kota Nain, yang terletak di pusat Iran. Hasil simulasi menunjukkan keefektifan pendekatan yang diusulkan untuk ukuran optimal dan manajemen energi.
2	<i>Study Of Hybrid “Photovoltaic And Wind Turbine” System Using Homer Program For Regional Cidahu Central – District Kuningan</i>	Agus Adi Nursalim, And Dani Rusirawan (2017)	Pada Penelitian Ini Membahas Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Photovoltaic Dan Turbin Angin Sehingga Tidak Mengandalkan Pasokan Listrik Dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Kondisi Cuaca Di Wilayah Tersebut Menghasilkan Suhu Udara Rata-Rata Per Tahun 25,57°C, Kecepatan Angin 3,44 M/S, Kelembaban Udara 81%, Dan Radiasi Matahari 5,08 Kwh/M ² /Hari. Kebutuhan Beban Untuk Daerah Tersebut Adalah 80 Kwh/day 8,22 Kw Peak Dengan

			Menggunakan Energi Terbarukan Berupa Fotovoltaik, Turbin Angin, Konverter Dan Baterai. Studi Teknologi <i>Hybrid</i> Ini Menggunakan Program <i>Homer</i> , Didapatkan Nilai <i>COE</i> Tertinggi 1.75 \$/Kwh, Terendah 1.73 \$/Kwh Dan Nilai <i>NPC</i> Tertinggi 659.703 \$.
3	<i>Modelling and Power quality analysis of a Grid-connected Solar PV System</i>	S.V. Swarna Kumary, V.Arangarajan Aman Maung Than Oo, GM Shafiullah, Alex Stojcevski (2014)	Mengkaji sistem PV yang terhubung ke jaringan Sistem PV yang terhubung ke jaringan dengan mempertimbangkan jaringan perumahan di wilayah Geelong (38°.09' LS dan 144°.21' BT) dan mengeksplorasi tingkat dampaknya mempertimbangkan profil beban musim panas dengan perubahan tingkat integrasi.
4	<i>Design, Implementation and Techno-Economic</i>	H. Wicaksana, M. M. Muslim, S. F. Hutapea,	Perencanaan implementasi sistem hibrida sebagai hasil dari optimalisasi ukuran dan strategi

	<i>Analysis of Hybrid PV-Diesel for Off-Grid System in Sebira Island</i>	A. Purwadi and Y. Haroen (2016)	operasional sistem hibrida Sistem penyimpanan PV-Baterai-Diesel di Pulau Sebira, Kepulauan Seribu untuk sistem kelistrikan di Pulau Sebira. disimulasikan dengan perangkat lunak <i>HOMER Pro</i> yang kemudian dianalisis secara teknis dalam perangkat lunak <i>PVSyst</i> . Desain yang paling optimal Desain yang paling optimal yang dipilih mempertimbangkan nilai <i>levelized cost of energy (LCOE)</i> dari hasil simulasi.
5	<i>Optimization and Management Strategy of Grid Connected Hybrid Renewable Energy Sources</i>	N. Uddin and M. S. Islam (2019)	Optimasi dan strategi manajemen energi dari sumber energi terbarukan yang terhubung dengan jaringan untuk multi-rumah. Metode optimasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak <i>HOMER</i> untuk menghasilkan ukuran optimal dari sumber energi terbarukan dan

			komponen lainnya untuk strategi manajemen. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang strategi manajemen energi untuk mengoptimalkan biaya dan meminimalkan kerugian daya yang diekstraksi dari sumber energi terbarukan.
6	Studi Kasus Kelayakan Penerapan Sistem <i>Hybrid Building Applied Photovoltaics</i> (BAPV)-PLN Pada Atap Gedung Politeknik Aceh	Rachmad Ikhsan, Ira Devi Sara, Dan Rakhmad Syafutra Lubis, (2017)	Penelitian Ini Mengkaji Penerapan Sistem BAPV Pada Gedung Instansi Dari Segi Teknis Dan Segi Ekonomis, Dalam Hal Ini Gedung Yang Dijadikan Sebagai Studi Kasus Adalah Gedung Politeknik Aceh. Metode Yang Digunakan Pada Kajian Teknis Yaitu Perhitungan Secara Teori Dan Juga Simulasi Menggunakan <i>Software Helioscope</i> , Sedangkan Metode Yang Digunakan Untuk Kajian Ekonomis Yaitu Menggunakan Metode Analisis Biaya Manfaat (<i>Cost Benefit Analysis</i>). Metode

			Tersebut Digunakan Untuk Mencari Nilai <i>Net Present Value (NPV)</i>, <i>Payback Periode (PP)</i>, <i>Internal Rate Of Return (IRR)</i>, Dan <i>Benefit Cost Ratio (BCR)</i>. Jika Nilai Rata-Rata Radiasi Matahari Yang Mencapai 4,79 Kwh/M2/Hari Dan Rata-Rata Kebutuhan Energi Perhari Nya Adalah 592 Kwh, Maka Energi Yang Dihasilkan Dari Sistem Hibrid BAPV-PLN Pada Atap Gedung Politeknik Aceh Yaitu Sebesar 237 Mwh/Tahun. Jenis Panel Yang Digunakan Berjenis Monocrystalline. Dari Segi Ekonomis Didapatkan Nilai NPV Sebesar Rp. 20.022.106.937, PP Selama 5,2 Tahun, IRR Sebesar 36% Dan BCR Sebesar 3,49.
7	Analisis Teknik Dan Ekonomi Power Hibrida	Ir. Soeprapto, M.T., Liky Saputra Mulia., Ir. Mahfudz	Pada Penelitian Ini Dilakukan Analisis Teknik Sistem Pembangkit Listrik Hibrida

	(<i>Photovoltaic</i>-Pln) Di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Brawijaya Malang	Shidiq, M.T., (2014)	(Photovoltaic-PLN) Dan Didapatkan Konfigurasi Teknik Sistem Berupa, 6 Panel Surya 205Wp, 8 Baterai Bank 12V 110AH, 1kw Konverter Bi-Directional. Berdasarkan Analisis Ekonomi Konfigurasi Dipilih Berdasarkan Total Net Present Cost (NPC) Yaitu \$2.575, Dengan Initial Capital Cost \$2.257 Dan <i>Cost Of Energy (COE)</i> \$0.152/Kwh. Jika Di Akumulasikan Dalam Rupiah Maka Akan Didapatkan Total <i>Net Present Cost (NPC)</i> Yaitu Rp 29.143.850,00 Dengan Initial Capital Cost Rp 25,544.726,00 Dan <i>Cost Of Energy (COE)</i> Rp 1.720,00/Kwh. Untuk Hasil Simulasi <i>Renewable Fraction</i>, Homer Mendapatkan Nilai Sebesar 81%.
--	---	------------------------------------	---

8	Analisis Pembangkit Listrik Sistem <i>Hybrid Grid Connected</i> Di Villa Peruna Saba, Gianyar-Bali	Gordon Arifin Sinaga, Made Mataram, Tjok Gede Indra Partha, (2019).	Penelitian Ini Bertempat Di Villa Peruna Saba, Gianyar-Bali Yang Menggunakan Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Grid Connected. Sistem Ini Menggabungkan Antara <i>Photovoltaic</i> Dan Genset Yang Terhubung Dengan Jaringan Pln Dalam Menyuplai Beban Listrik. Analisis Dilakukan Terhadap Karakteristik Beban Rata - Rata, Kontribusi Masing-Masing Sumber Daya Listrik Dan Cara Kerja Pembangkit Listrik Sistem <i>Hybrid Grid Connected</i>. Hasil Penelitian Ini Menunjukkan Bahwa Kontribusi Daya Yang Berasal Dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Adalah Sebesar 561,27 Kw Atau 22,41% Pada Bulan April 2018 Dan 510,72 Kw Atau 20,71% Pada Bulan Mei 2018.
---	---	--	---

9	Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpadu Pada Lembaga Permasyarakatan Kelas I Cipinang Jakarta	Dewi Rahmawaty, Nadiroh, Achmad Husen, Agung Purwanto, Hernita Rahmayanti, (2022).	Dalam Perencanaan Ini Dilakukan Perhitungan Untuk Kebutuhan Distribusi Listrik Rumah Tangga Sebesar 26,927 Kwh Perharinya Dengan Menggunakan <i>Software</i> <i>Pvsyst</i> . Karakteristik Modul Surya Yang Digunakan Berkapasitas 200 Wp Baterai Sebanyak 30 Unit Dengan Kapasitas 100 Ah, Baterai <i>Charge Regulator</i> (Bcr) Dengan Kapasitas Arusnya Sebesar 500 A Dan Inverter Dengan Kapasitas Daya 12 Kw. Sistem Plts Ini Akan Mampu Melayani 10 Blok Dengan Daya Sambung 6 A.
10	Pemanfaatan <i>Solar</i> <i>Cell</i> Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal	Hasyim Asy'ari, Abdul Rozaq, Feri Setia Putra, (2014)	Penelitian Ini Melakukan Pemanfaatan <i>Solar Cell</i> Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal Dengan Pemanfaatan Sel Surya Dengan Kapasitas 200 Wattpeak Mampu Menghasilkan Energi Listrik Untuk Mensuplai Beban

			Penerangan, Rerata Energy Yang Dimanfaatakan Adalah 1027 Watt Jam Atau 1,027 Kwh.
11	Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell - Baterai – Pln Menggunakan Programmable Logic Controllers	Raharjo, Puloeng, Sujanarko, Bambang, Hardianto, Triwahju, (2015)	Merancang Sistem Hibrid Antara Solar Cell, Baterai, Pln Untuk Mensuplai Beban Dc 12v. Sistem Ini Menggunakan Solar Cell Sebesar 100wp Dan Mengalami Keadaan Puncak Pada Pukul 13.00 Dengan Menghasilkan Tegangan 20,03v, Arus 4,52a Dan Daya Sebesar 90,52w. Semua Sistem Dikontrol Dengan Plc Menggunakan Bahasa Ladder Diagram, Input Yang Digunakan Adalah Sensor Tegangan Untuk Mengetahui Tegangan <i>Solar Cell</i> Dan Tegangan Baterai.
12	Analisis Dampak Pemasangan Grid Tie Inverter Pada interkoneksi Antara Jaringan PLN Dan	Jessica Eda, Melisa Mulyadi, Budi Kartadinata, Harlianto	Penelitian Ini Bertujuan Untuk Menganalisis Dampak Penggunaan GTI Pada Jaringan Utama, Baik Ditinjau Dari Nilai Harmonisa Yang Akan

	Solar Cell Terhadap Faktor Daya Dan Harmonisa Sistem	Tanudjaja, (2017)	Mengindikasikan Distorsi Yang Terjadi, Maupun Dari Besar Faktor Daya Total. Pengukuran Dilakukan Dengan Alat <i>Power Quality Meter</i> Dengan Membandingkan Besaran Pengukuran Pada Kondisi PLN Tanpa <i>Solar Cell</i> Dan Kondisi PLN Dengan <i>Solar Cell</i> . Dari Analisis Yang Dilakukan, Nilai Distorsi Tegangan Sistem PLN Dengan <i>Solar Cell</i> Lebih Kecil Dari Distorsi Tegangan PLN Karena Adanya Filter Pada GTI Yang Digunakan.
13	Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (Pltspltb-Pln) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal	Rocky Alfan, Fadjar Maulana K, Heri Haryanto (2015)	Penelitian Ini Bertujuan Merancang Dan Membangun Sistem Penyedia Energi Listrik Tenaga Surya Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal Pada Skema Pembangkit Listrik Hibrida Plts-Pltb-Pln. Hasil Penelitian Menunjukkan Telah

			Dirancang Sistem Plts Pada Skema Pembangkit Hibrida Plts-Pltb-Pln Dengan Kapasitas Inverter 1000w Dengan Gelombang Kotak Termodifikasi, Baterai 17,28ah, Pembangkitan Panel Surya Sebesar 92,11wp. menunjukkan Besarnya Energi Optimal Yang Dihasilkan Plts Adalah Sebesar 297wh/Hari Atau Sebesar 5,25% Sedangkan Kontribusi Pltb 0,33%.
14	Studi Komparatif 2 Model Pembangkit Listrik Sistem Hibrid Plts Dan Pln/Genset	Indrajaya Mansyur (2012)	Penelitian Ini Membahas Perbandingan Pada Dua Model Pembangkit Tenaga Listrik Sistem Hibrida Yaitu Plts Dan Pln/Genset, Dari Konfigurasi Sistem Hybrid Membentuk Model 1 Dan Model 2 (Baik Seri Maupun Paralel), Dapat Disimpulkan Bahwa Kinerja Kedua Model Tersebut Pada Perinsipnya Memiliki Keandalan Yang Sama Dalam Menjaga Kontinuitas Suplai Daya Ke

			Beban, Namun Dari Sisi Kesederhanaan Peralatan Sistem, Model 1 Lebih Sederhana Dibandingkan Dengan Model 2, Dan Jika Dilihat Dari Kesiapan Matahari Untuk Menyuplai Daya Ke Beban, Model 2 Jauh Lebih Baik Dari Model 1, Sedangkan Dari Segi Investasi, Model 2 Jauh Lebih Mahal Dari Model 1.
15	PERENCANAAN PENGUNAAN PLTS DI STASIUN KERETA API CIREBON JAWA BARAT	Zalmadi Syamsudin, Syarif Hidayat, Muslimin Nur Effendi, (2017)	Penelitian ini membahas tentang penggunaan sistem PLTS khususnya di stasiun kereta untuk memenuhi kebutuhan listriknya tidak menguntungkan secara ekonomis. Hal ini karena tingginya biaya investasi sistem PLTS dibandingkan dengan biaya listrik yang dibeli dari sumber konvensional. Namun analisis sensitivitas yang dilakukan menunjukkan sistem PLTS

			menjadi layak pada beberapa kondisi.
--	--	--	--------------------------------------

Tabel 2.3 menunjukan hasil *review* penelitian terkait mengenai pembangkit listrik tenaga surya, yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terkait yaitu lokasi dilaksanakannya penelitian, menggunakan panel surya *Canadiansolar Hiku 77 ERC 640W* dan menggunakan *type battery enersys powersafe SBS 190F*. Penelitian ini untuk mengetahui potensi energi baru terbarukan, mengetahui hasil simulasi menggunakan *software HOMER* dan mengetahui nilai *payback periode* dari perencanaan PLTS *rooftof hybrid* (PV-PLN) di lembaga permasyarakatan kelas II B Kota Banjar.