

BAB II

TINAJUAN

PUSTAKA

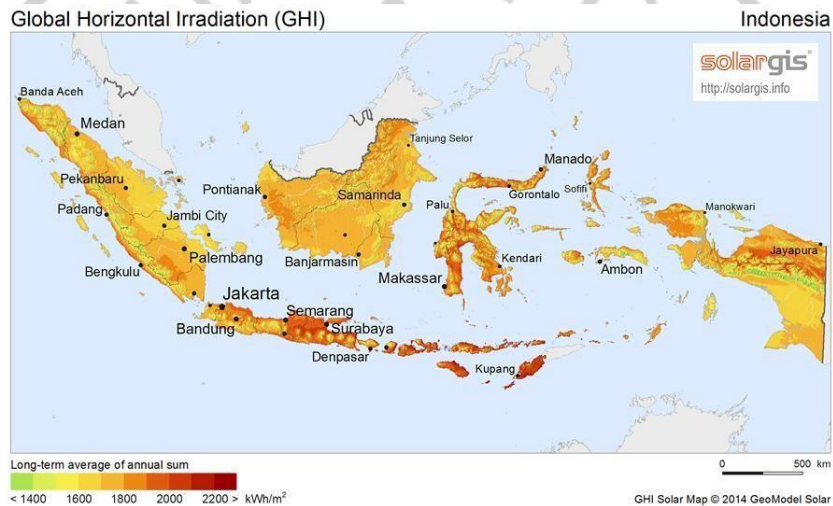
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengubah energi foton dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel-sel *Photovoltaic*. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan yang besar, baik secara mandiri, maupun secara hibrida, baik dengan metoda desentralisasi satu rumah satu pembangkit maupun dengan metode sentralisasi secara terpusat.

2.2. Potensi Energi Surya di Indonesia

Indonesia memiliki potensi besar di sektor pembangkit listrik tenaga surya. Dengan wilayah yang luas dan intensitas cahaya matahari yang tinggi, pasokan listrik dari tenaga surya bisa menjadi andalan. Sesuai data Outlook Energi Indonesia, BPPT, tahun 2015 menyebutkan bahwa potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4,8 KWh/m² atau setara 112.000 GWp. Sedangkan yang telah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Untuk meningkatkan percepatan

pengembangan energi surya ini maka pemerintah telah mengeluarkan roadmap yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 mencapai 0,87 GW atau sekitar 50 MWp per tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya pada masa datang.



Gambar 2.1 Potensi Tenaga Surya di Indonesia
(sumber : <https://solargis.com>)

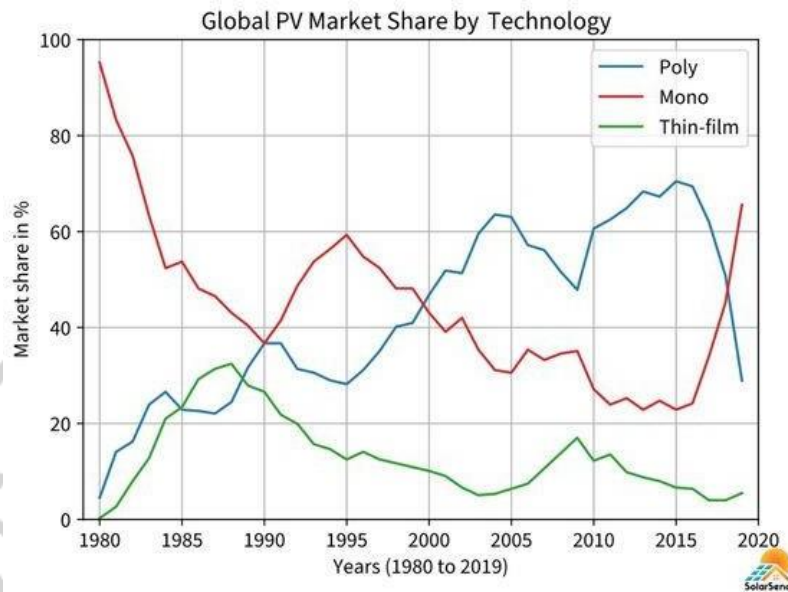
2.3. Gambaran Umum PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi matahari menjadi listrik. Sinar matahari secara langsung dimanfaatkan sebagai energi termal (panas) atau melalui penggunaan sel fotovoltaik dalam panel surya dan kaca fotovoltaik transparan. Teknologi *solar-electric* atau yang umum disebut *photovoltaics* (PV) mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. PV dapat menyediakan listrik dalam arus DC atau dikonversi menggunakan *inverter* menjadi arus AC untuk bangunan perumahan dan komersial, termasuk daya untuk lampu keamanan dan sistem pendingin. Dewasa ini

menurut Kumparan, teknologi PV telah digunakan untuk untuk memompa air, penerangan jalan dan sebagai PLTS atap untuk mengurangi biaya energi.

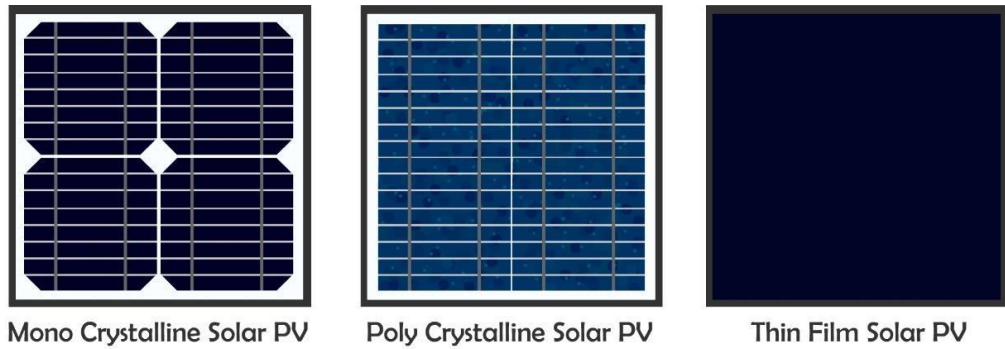
Menurut Safitri et al dalam Buku *Photovoltaic*, 2019 Terdapat 2 (dua) jenis panel surya yang umum dijumpai di pasaran, yaitu panel monokristalin dan polikristalin, selain kedua jenis tersebut terdapat pula jenis lain yang agak jarang digunakan yakni panel *thin film*. Panel surya *monokristalin* dibuat dengan *wafer* silikon yang dipotong dari kristal tunggal, oleh sebab itu disebut dengan *monokristalin*.

Panel surya jenis ini umumnya mampu menyediakan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel polikristalin karena panel surya jenis ini biasanya menggunakan tingkat silikon yang lebih tinggi. Panel surya *polikristalin*, seperti juga jenis *monokristalin*, juga terbuat dari silikon. Perbedaan utama adalah bahwa sel surya polikristalin dibuat dengan melelehkan banyak fragmen silikon dan bukan dari kristal silikon tunggal. Kekurangan panel surya polikristalin adalah umumnya efisiensi panel jenis ini lebih rendah dari panel jenis *monokristalin*, namun harga mereka cenderung lebih ekonomis.



Gambar 2.2 Pangsa Pasar Global Panel Surya Polikristalin, Monokristalin dan Thin Film Periode Tahun 1980 sd 2020 (sumber : SolarSena.com, 2021)

Panel surya jenis lainnya, yakni *thin film* terbuat dari film tipis semikonduktor yang diaplikasikan pada kaca, plastik, atau logam. Film-filmnya sangat tipis,seringkali hingga 20 (dua puluh) kali lebih tipis dari wafer silikon kristal yang digunakan untuk panel *monokristalin* dan *polikristalin*. Proses pembuatan ini membuat panel surya ini cenderung lebih fleksibel dan ringan dibandingkan jenis panel surya lainnya. Apabila dilakukan komparasi, modul atau panel surya yang terbuat dari wafer kristal silikon memiliki efisiensi yang lebih bagus daripada jenis *thin film*. Hal tersebut menyebabkan penggunaan panel surya *thin film* akan membutuhkan lebih banyak panel dan lebih banyak luasan area untuk menghasilkandaya yang sama dengan panel surya berbasis kristal silikon. Menurut Yuliarto (2011), dalam laman arsip berita KESDM RI, panel surya monokristalin dan polikristalin lebih sering dijumpai di pasaran.



Mono Crystalline Solar PV

Poly Crystalline Solar PV

Thin Film Solar PV

greensarawak.com

Gambar 2.3 Perbedaan Tampilan Fisik Panel Surya Monokristalin dan Polikristalin serta *Thin Film* (Sumber: greensarawak.com/2018)

Tabel 2.1 Keunggulan dan Kelemahan Panel Surya Monokristalin, Polikristalin & *Thin Film*

No	Jenis Panel	Keunggulan	Kelemahan
----	-------------	------------	-----------

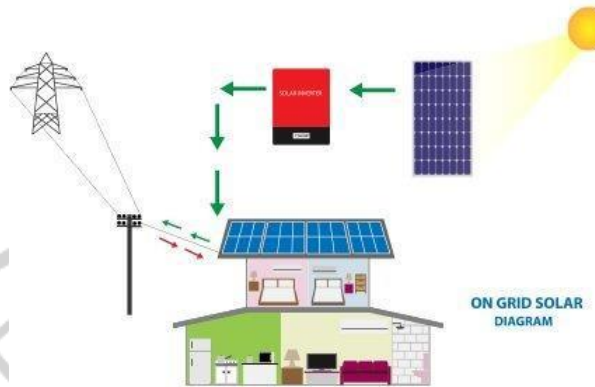
1.	Monokristalin	• Efisiensi energi tertinggi (17-22%) • Hemat tempat • Daur hidup umumnya lebih lama • Cenderung lebih efisien pada suhu yang panas/ iklim hangat	Cenderung lebih mahal daripada jenis panel lainnya
2.	Polikristalin	• Lebih mudah dibuat • Biaya cenderung lebih rendah • Mampu mempertahankan efisiensi di suhu yang tinggi	• Efisiensi hanya berkisar di angka 14% sd 16% • Lebih tidak efisien tempat bila dibandingkan <i>Monokristalin</i> • Cenderung tidak estetik bila dibandingkan jenis <i>monokristalin</i> dan <i>thin film</i>
3.	<i>Thin Film</i>	• Lebih mudah diproduksi secara massal • Warna seragam sehingga lebih estetik • Fleksibel • Temperatur tinggi dan <i>shading</i> cenderung lebih tidak berdampak dibandingkan jenis panel • surya lain	• Efisiensi area dan energi paling rendah • Daur hidup cenderung lebih rendah dibandingkan jenis panel lain • Cenderung mempunyai garansi paling rendah dibandingkan jenis panel lainnya • Efisiensi 10-13%

(sumber: <https://osceolaenergy.com/2019>)

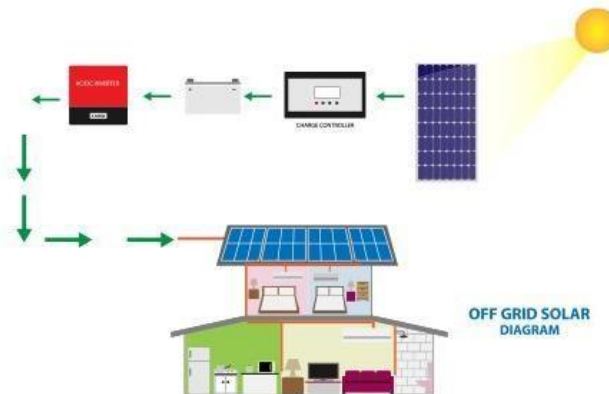
Panel surya dapat bertahan antara 25 hingga 30 tahun atau bahkan lebih. Kisaran waktu tersebut bukan merupakan daur hidup, dimana tidak serta merta berarti bahwa panel surya akan berhenti menghasilkan listrik setelah beberapa dekade. Namun kisaran waktu tersebut hanya menunjukkan bahwa produksi

energi panel akan menurun di bawah efisiensi yang dapat diterima dari penggunaan yang paling umum. Menurut Gumintang et al, 2020 dalam buku *Design and Control of PV Hybrid System in Practice*, terdapat 2 (dua) sistem utama pembangkit listrik PV adalah pada sistem *on grid* dan *off grid*, meskipun ada jenis sistem lain yang merupakan sistem hibrida (*hybrid*) yang secara harfiah menggabungkan sistem *on* dan *off grid* sebagai sebuah kesatuan sistem PLTS.

PLTS dengan sistem *on-grid* mempunyai makna mengintegrasikan sistem PLTS dengan jaringan utama penyediaan listrik, di Indonesia berarti menyambungkan dengan jaringan PT. PLN. Secara harfiah energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS anda akan dialirkan ke jaringan utama untuk memenuhi kebutuhan listrik anda, atau bila berlebih dapat “dijual” ke perusahaan penyediaan listrik yang anda gunakan, tergantung regulasi di masing-masing negara. Sistem *ongrid* tidak membutuhkan fasilitas penyimpanan daya dikarenakan daya yang dihasilkan dialirkan melalui jaringan utama penyediaan listrik. Sedangkan sistem PLTS *off grid* merupakan sistem mandiri yang terpisah dari jaringan utama penyediaan listrik. Sistem ini jelas membutuhkan fasilitas penyimpanan daya, karena daya yang dihasilkan tidak dialirkan kepada jaringan manapun selain jaringan listrik internal gedung atau bangunan yang terpasang sistem PLTS tersebut.



Gambar 2.4 Skema PLTS *On Grid* (sumber : solarwc.co.za/2020)



Gambar 2.5 Skema PLTS *Off Grid* (sumber: solarwc.co.za/2020)



Gambar 2.6 Skema PLTS *Hybrid* (sumber: www.builder.id)

Tabel 2.2 Perbandingan Sistem PLTS *On Grid*, *Off Grid* dan *Hybrid*

<i>PLTS On Grid</i>	<i>PLTS Off Grid</i>	<i>PLTS Hybrid</i>
Sistem beroperasi tanpabaterai	Sistem beroperasi menggunakan baterai	Sistem beroperasi menggunakan baterai

Tersambung dengan jala-jala PLN	Tidak tersambung jala-jala PLN	Tersambung dengan jala-jala PLN
Tidak memberikan daya Cadangan selama pemadaman	Memberikan daya cadangan Selama pemadaman	Memberikan daya cadangan Selama pemadaman
Lokasi yang telah terpasang Kwh meter exim atau yang akan dan sedang dalam pengurusan pengembangan Kwh meter exim	Lokasi yang jauh, terpencil, pulau terluar dan kepulauan, perbatasan, pedalaman hutan, yang tidak memiliki sumber listrik mandiri	Lokasi yang telah terpasang Kwh meter exim atau yang akan dan sedang dalam pengurusan pengembangan Kwh meter exim

2.4. Komponen – Komponen PLTS

PLTS *On-Grid* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini memungkinkan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau dijual ke PLN. Untuk dapat berfungsi dengan baik, PLTS *On-Grid* membutuhkan beberapa komponen utama, yaitu:

1. Panel Surya (Solar Panel) yaitu Mengubah energi matahari menjadi energi listrik DC (*Direct Current*).
2. Inverter yaitu Mengubah arus listrik DC dari panel surya menjadi arus listrik AC (*Alternating Current*) yang sesuai dengan jaringan PLN.
3. Meteran PLN *Bi-Directional* yaitu Mengukur jumlah listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan yang digunakan dari jaringan PLN. Meteran ini akan mencatat kelebihan listrik yang dihasilkan dan akan dikreditkan ke tagihan listrik.
4. Struktur Pendukung (*Mounting System*) yaitu Menopang panel surya agar terpasang dengan kuat dan menghadap ke arah matahari secara optimal.
5. Kabel yaitu Menghubungkan komponen-komponen PLTS, seperti panel surya, *inverter*, dan meteran.
6. Peralatan Proteksi yaitu Melindungi sistem PLTS dari kerusakan akibat kelebihan arus, tegangan, atau gangguan

lainnya.

7. Sistem Monitoring (Opsional) yaitu Memantau kinerja PLTS secara *real-time*, seperti produksi energi, status komponen, dan lain-lain.

2.5. Perancangan PLTS Atap berbasis *On Grid* Skala Kecil

Dewasa ini telah banyak tersedia perangkat lunak untuk merancang PLTS *on grid*, terutama model PLTS Atap. Beberapa perangkat lunak tersebut bahkan menggunakan *platform web application*, sehingga bisa diakses tanpa perlu mengunduh perangkat lunak dimaksud dan sangat mudah digunakan. Perangkat lunak tersebut yang umum dikenal antara lain PV Syst, PV SOL dan Helioscope, namun untuk pengaplikasian yang sederhana *software* Helioscope merupakan perangkat yang paling mudah untuk digunakan. Secara umum dalam perencanaan PLTS atap, dua langkah utama yang perlu dilakukan adalah:

- 1) Analisa lokasi pengembangan panel surya pada bangunan milik pelanggan PLN. Langkah ini merupakan langkah yang sangat penting untuk memastikan efektif atau tidaknya pengembangan PLTS atap oleh pelanggan PLN.
- 2) Analisa sistem kelistrikan untuk menjadi pelanggan PT. PLN (Persero) dengan PLTS atap. Proses ini termasuk di dalamnya berkonsultasi atau mengkomunikasikan rencana pengembangan PLTS atap kepada PLN. Mengingat, setiap PLN wilayah yang melayani pengajuan pengembangan PLTS atap dapat memiliki kebijakan atau persyaratan tertentu.

Beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam tahapan analisa pengembangan panel surya antara lain analisa tipe dan

struktur atap, analisa bayangan dan analisa luas area yang tersedia.

2.6. Cara Kerja PLTS Atap berbasis *On Grid* Skala Kecil

PLTS *On-Grid* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung langsung ke jaringan listrik PLN. Sistem ini memungkinkan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau dijual ke PLN. Berikut adalah cara kerja PLTS *On-Grid* secara sederhana :

1. Panel Surya Menangkap Sinar Matahari

Sinar matahari yang mengenai panel surya akan diubah menjadi energi listrik dengan arus searah (DC).

2. Inverter Mengubah Arus Listrik

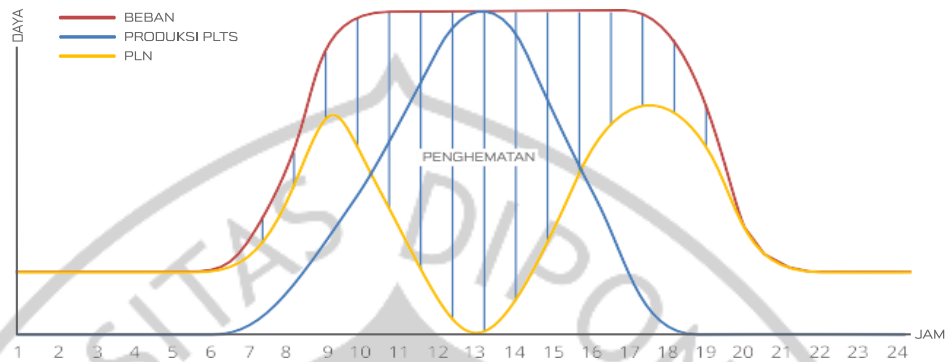
Listrik DC dari panel surya kemudian diubah menjadi listrik AC (arus bolak-balik) oleh *inverter*. Listrik AC ini memiliki karakteristik yang sama dengan listrik yang dihasilkan oleh PLN.

3. Listrik Disalurkan ke Jaringan PLN

Listrik AC hasil konversi inverter disalurkan ke jaringan PLN melalui meteran listrik khusus. Meteran ini akan mencatat jumlah listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan yang digunakan dari jaringan PLN.

4. Penggunaan Listrik

- a. Listrik yang dihasilkan oleh PLTS akan digunakan terlebih dahulu untuk memenuhi kebutuhan listrik di rumah atau bangunan Anda.
- b. Jika produksi listrik PLTS lebih besar dari kebutuhan, kelebihan listrik akan dialirkan ke jaringan PLN.
- c. Sebaliknya, jika produksi listrik PLTS kurang dari kebutuhan, kekurangan listrik akan dipasok dari jaringan PLN



Gambar 2.8 Kurva Beban vs Produksi Listrik (sumber : www.hexamitra.com)

Kurva di atas mengasumsikan aktivitas penggunaan beban listrik terbesar terjadi di siang hari pada saat matahari bersinar. Seluruh produksi energi PLTS *On Grid* akan dipakai sendiri yang akan mengurangi konsumsi listrik PLN dan berdampak pada pengurangan tagihan bulanan listrik (penghematan). Kurva beban tersebut akan menentukan kapasitas PLTS yang sesuai dan efisien secara biaya (ekonomis). PLTS Atap (*On-grid*) memiliki beberapa kelebihan, diantaranya :

1. Tidak memerlukan baterai: PLTS *On-Grid* tidak memerlukan baterai untuk menyimpan energi, sehingga biaya investasi lebih rendah.
2. Integrasi dengan jaringan: PLTS *On-Grid* dapat terintegrasi dengan jaringan listrik utama, sehingga dapat memanfaatkan kelebihan energi untuk dijual atau digunakan saat diperlukan.
3. Lebih mudah diinstal: PLTS *On-Grid* umumnya lebih mudah diinstal dibandingkan dengan PLTS *Off-Grid*.

PLTS Atap (*On-grid*) memiliki kekurangan yaitu sangat bergantung pada jaringan Listrik. Jika terjadi pemadaman listrik, PLTS *On-Grid* tidak dapat berfungsi sebagai sumber daya

cadangan.

2.7. Software Simulasi

Software simulasi PLTS adalah alat bantu yang digunakan untuk merancang, menganalisis, dan memprediksi kinerja suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dengan menggunakan *software* ini, kita dapat mengoptimalkan desain PLTS, memperkirakan produksi energi, dan melakukan analisis ekonomis sebelum sistem tersebut benar-benar dibangun.

a. Tujuan Diperlukan Software Simulasi PLTS

1. Mendesain Sistem yang Optimal: Membantu menentukan konfigurasi sistem yang paling efisien, seperti pemilihan jenis modul, inverter, dan tata letak panel.
2. Menganalisis Kinerja: Memprediksi produksi energi, faktor kehilangan energi, dan kinerja sistem secara keseluruhan.
3. Evaluasi Ekonomi: Melakukan analisis biaya-manfaat untuk mengevaluasi kelayakan investasi dalam PLTS.
4. Mengelola Risiko: Membantu mengidentifikasi potensi risiko dan kendala yang mungkin terjadi dalam operasi PLTS.

b. Fitur Umum Software Simulasi PLTS

1. Pemodelan 3D: Memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D dari lokasi instalasi PLTS, termasuk topografi, bangunan, dan objek penghalang lainnya.
2. Simulasi Radiasi Matahari: Menghitung intensitas dan durasi penyinaran matahari di lokasi tertentu.

3. Analisis *Shading*: Menganalisis efek bayangan yang disebabkan oleh bangunan, pohon, atau objek lainnya terhadap produksi energi.
4. Optimasi Tata Letak: Membantu menentukan tata letak panel surya yang optimal untuk memaksimalkan produksi energi.
5. Analisis Kinerja Komponen: Memprediksi kinerja komponen PLTS, seperti modul surya, *inverter*, dan baterai.
6. Analisis Ekonomi: Menghitung biaya investasi, biaya operasi, dan pendapatan dari sistem PLTS.

c. Contoh Software Simulasi PLTS

Beberapa software simulasi PLTS yang populer antara lain:

1. *PVsyst*: Merupakan salah satu software simulasi PLTS yang paling banyak digunakan. *PVsyst* menawarkan fitur yang lengkap, mulai dari perhitungan produksi energi hingga analisis ekonomi.
 - a. Kelebihan: Fitur yang lengkap, akurat, dan banyak digunakan dalam industri. Cocok untuk berbagai jenis proyek PLTS.
 - b. Cocok untuk: Pengguna yang membutuhkan analisis yang lebih mendalam dan fleksibel.
2. *Helioscope*: *Software* berbasis web yang mudah digunakan dan memiliki antarmuka yang intuitif. *Helioscope* memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D dari lokasi instalasi dan melakukan analisis shading secara visual.
 - a. Kelebihan: Antarmuka yang sangat *user-friendly*, visualisasi 3D yang intuitif, dan kemampuan untuk melakukan analisis shading secara detail.

- b. Cocok untuk: Pengguna pemula dan proyek-proyek skala kecil hingga menengah.
- 3. HOMER: Selain untuk PLTS, HOMER juga dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem energi hibrida. *Software* ini sangat berguna untuk menganalisis sistem *off-grid* atau sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi.
 - a. Kelebihan: Selain untuk PLTS, HOMER juga dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem energi hibrida. Cocok untuk proyek *off-grid* atau sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi.
 - b. Cocok untuk: Proyek yang kompleks dan membutuhkan analisis sistem energi secara keseluruhan.
- 4. PVSOL: *Software* ini menawarkan fitur yang komprehensif untuk perancangan dan simulasi sistem PLTS, termasuk analisis *shading* dan optimasi tata letak.
 - a. Kelebihan: Fitur yang komprehensif untuk perancangan dan simulasi sistem PLTS, termasuk analisis *shading* dan optimasi tata letak.
 - b. Cocok untuk: Pengguna yang membutuhkan alat yang fleksibel dan dapat disesuaikan.
- 5. RETScreen: Alat analisis proyek energi bersih yang dikembangkan oleh *Natural Resources Canada*. RETScreen dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan teknis dan finansial dari proyek PLTS.
 - a. Kelebihan: Alat analisis proyek energi bersih yang gratis dan dikembangkan oleh pemerintah Kanada.
 - b. Cocok untuk: Evaluasi kelayakan teknis dan finansial dari proyek PLTS.

d. Faktor yang Perlu Dipertimbangkan Saat Memilih Software

1. Fitur: Pilih *software* yang memiliki fitur yang sesuai dengan kebutuhan Anda.
2. Kemudahan Penggunaan: Antarmuka yang *user-friendly* akan memudahkan Anda dalam menggunakan *software*.
3. Akurasi: Pastikan *software* tersebut menggunakan model matematis yang akurat untuk memprediksi kinerja PLTS.
4. Biaya: Pertimbangkan biaya lisensi dan biaya tambahan lainnya.
5. Dukungan Teknis: Pastikan tersedia dukungan teknis yang baik jika Anda mengalami kesulitan.

e. Kelebihan Helioscope Dibandingkan Software Simulasi PLTS Lainnya

Helioscope telah menjadi salah satu pilihan populer dalam dunia perancangan dan simulasi sistem PLTS. Keunggulannya yang signifikan membuatnya menonjol di antara kompetitornya. Mari kita bahas lebih dalam tentang kelebihan Helioscope:

1. Antarmuka Pengguna yang Intuitif dan Sederhana
 - a. Desain yang Ramah Pengguna: Helioscope menawarkan antarmuka yang sangat *user-friendly*, bahkan bagi pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis yang kuat. Dengan tampilan yang intuitif, pengguna dapat dengan mudah membuat model 3D dari lokasi instalasi PLTS.
 - b. *Drag-and-Drop*: Fitur *drag-and-drop* memungkinkan pengguna untuk dengan cepat menempatkan komponen PLTS pada model 3D, seperti modul surya, inverter, dan kabel.
2. Visualisasi 3D yang Menarik
 - a. Model 3D Realistik : Helioscope memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D yang sangat realistis

dari lokasi instalasi, termasuk bangunan, pohon, dan objek penghalang lainnya.

- b. Analisis Shading Interaktif: Pengguna dapat dengan mudah melihat bagaimana bayangan yang ditimbulkan oleh objek di sekitar mempengaruhi produksi energi PLTS.

3. Analisis *Shading* yang Detail

- a. Algoritma Shading yang Canggih: Helioscope menggunakan algoritma shading yang canggih untuk menghitung dengan akurat jumlah cahaya matahari yang mencapai modul surya.
- b. Visualisasi *Shading* Interaktif: Pengguna dapat memvisualisasikan area yang terkena shading pada setiap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun.

4. Integrasi dengan *Google Earth*

Data Geografis Akurat: Helioscope dapat mengimpor data geografis langsung dari *Google Earth*, sehingga pengguna dapat dengan mudah membuat model 3D yang akurat dari lokasi instalasi.

5. Laporan yang Komprehensif

- a. Laporan Kustom: Helioscope menghasilkan laporan yang komprehensif, termasuk data produksi energi dan visualisasi hasil simulasi.
- b. Format yang Fleksibel: Laporan dapat diekspor dalam berbagai format, seperti PDF dan Excel.

6. Komunitas Pengguna yang Aktif

Dukungan Komunitas: Helioscope memiliki komunitas pengguna yang aktif, sehingga pengguna dapat dengan mudah menemukan bantuan dan berbagi pengalaman.

7. Perkembangan yang Cepat

Pembaruan Berkala: Helioscope secara berkala diperbarui dengan fitur-fitur baru dan peningkatan kinerja.

8. Kapan Harus Menggunakan Helioscope

- a. Proyek Skala Kecil hingga Menengah: Helioscope sangat cocok untuk proyek-proyek residensial dan komersial skala kecil hingga menengah.
 - b. Visualisasi dan Presentasi: Jika Anda membutuhkan alat untuk membuat presentasi yang menarik dan mudah dipahami, Helioscope adalah pilihan yang tepat.
 - c. Analisis Shading yang Detail: Jika *shading* merupakan faktor yang sangat penting dalam proyek Anda, Helioscope dapat memberikan hasil yang akurat.
9. Helioscope menawarkan kombinasi yang unik antara kemudahan penggunaan, visualisasi yang menarik, dan fitur yang komprehensif. Meskipun ada beberapa *software* simulasi PLTS lain yang memiliki fitur yang sama, Helioscope menonjol karena antarmuka yang sangat user-friendly dan kemampuannya untuk menghasilkan visualisasi 3D yang sangat realistis.

Catatan : Meskipun Helioscope memiliki banyak kelebihan, penting untuk memilih *software* yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek Anda. Beberapa proyek mungkin memerlukan fitur-fitur yang lebih advanced yang hanya tersedia pada *software* lain.

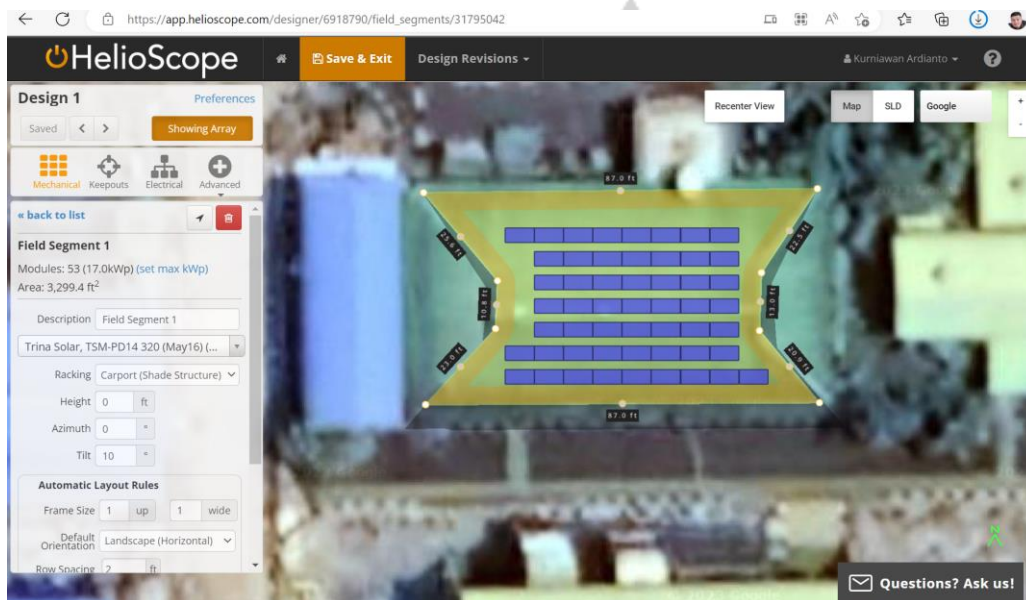
2.8. **Software Helioscope**

Pada penelitian akan dilakukan perancangan menggunakan aplikasi Helioscope berbasis *website*. Aplikasi HelioScope yang dibuat oleh Folsom Labs yang dapat digunakan untuk melakukan simulasi perencanaan

pengembangan PLTS termasuk PLTS Atap dengan tampilan bersifat *geotagging* yang dapat dilakukan beberapa analisis termasuk potensi *shading* dari bangunan sekitar dan pohon/vegetasi serta performa dari komponen penyusun PLTS tersebut meliputi jenis panel dan inverter yang digunakan. Parameter yang dibutuhkan perangkat lunak ini meliputi spesifikasi teknis komponen penyusun PLTS dimaksud antara lain seperti jenis dan jumlah modul surya dan jenis inverter serta parameter non komponen seperti lokasi dan koordinat PLTS, jenis atap data meteorologi dan potensi *shading*. Helioscope memiliki fitur yang sangat membantu dalam melakukan desain PLTS di sebuah atap Gedung, Adapun fitur yang terdapat pada perangkat lunak Helioscope sangat membantu dalam melakukan desain PLTS di sebuah atap gedung, adapun fitur yang terdapat pada perangkat lunak Helioscope diantaranya dapat merancang simulasi elektrikal dengan menampilkan *single line diagram* (SLD), menghasilkan laporan yang secara otomatis dan dapat menentukan tata letak modul surya berdasarkan kondisi lahan, atap dan penghalang di sekitarnya. Parameter-parameter dasar yang perlu diatur pada awal perancangan menggunakan Helioscope adalah: tipe PLTS yang akan dirancang yakni skala rumah tangga, komersial atau bahkan pembangkit (*utility*) dan unit ukuran yang akan digunakan yakni *US metric* atau *international metric*.

Parameter output yang dihasilkan perangkat lunak Helioscope antara lain estimasi produksi energi dari sistem PLTS Atap per bulan, perangkat lunak ini juga dapat memprediksi sistem rugi daya dan parameter mana yang paling mempengaruhi rugi daya tersebut. Hal ini tentu sangat membantu dalam melakukan perancangan terutama pada PLTS

Atap skala kecil.



Gambar 2.9 Tampilan Software Helioscope

2.9. Tantangan dan keunikan penerapan PLTS di industri minyak dan gas

Terkait penerapan PLTS skala kecil (*on-grid*) di industri minyak dan gas terdapat beberapa tantangan dan keunikan yang perlu diperhatikan, diantaranya :

a. Tantangan Teknis

1. Kebutuhan Energi yang Besar dan Berkelanjutan. Industri minyak dan gas memiliki kebutuhan energi yang besar untuk mendukung operasional, seperti kompresor gas, pompa, dan peralatan lainnya, sehingga PLTS kapasitas kecil mungkin perlu dipadukan dengan sumber energi lain.
2. Integrasi dengan Sistem *On-Grid*. Tantangan dalam mengintegrasikan PLTS ke jaringan listrik yang sudah ada, termasuk kebutuhan stabilitas daya dalam operasi migas.

3. Lokasi Remote. Banyak fasilitas migas berada di daerah terpencil yang memerlukan solusi PLTS yang dapat beroperasi di lingkungan yang ekstrem.

b. Tantangan Ekonomi

1. Biaya Awal yang Tinggi. Kendala investasi awal untuk membangun PLTS atap di fasilitas industri.
2. Perbandingan Tarif dengan Sumber Energi Lain. Industri migas sering memiliki akses ke tarif listrik yang lebih murah (misalnya dari pembangkit gas alam), sehingga perlu justifikasi kuat terkait keekonomian PLTS.

c. Tantangan Regulasi dan Kebijakan

1. Kepatuhan pada Regulasi Energi Terbarukan. Diskusikan bagaimana penerapan PLTS di industri migas dapat memenuhi target bauran energi nasional.
2. Insentif Pemerintah. Sertakan kebijakan atau insentif yang relevan yang dapat memotivasi perusahaan migas untuk mengadopsi PLTS.

d. Keunikan penerapan PLTS di industri minyak dan gas

1. Lokasi Operasional yang Terpencil
 - a. Banyak fasilitas minyak dan gas, seperti stasiun pengumpul minyak, stasiun kompresor gas, dan terminal distribusi, berada di lokasi terpencil yang jauh dari jaringan listrik utama.
 - b. PLTS dapat menjadi solusi energi alternatif, terutama di daerah terpencil, dengan mengurangi ketergantungan pada genset diesel yang sering digunakan untuk kebutuhan energi.

2. Kebutuhan Energi Besar dan Stabil

- a. Industri minyak dan gas memiliki kebutuhan energi yang besar untuk menjalankan peralatan berat, seperti pompa, kompresor, dan sistem pemrosesan.
- b. Stabilitas daya menjadi faktor penting karena fluktuasi atau gangguan energi dapat mengganggu operasional.
- c. PLTS atap perlu diintegrasikan dengan jaringan listrik *on-grid* atau sistem *hybrid* (misalnya, PLTS + genset) untuk memastikan pasokan energi stabil.

3. Efisiensi Operasional dan Penghematan Biaya

- a. PLTS dapat mengurangi biaya operasional, terutama untuk fasilitas yang menggunakan listrik dari PLN atau bahan bakar fosil. Energi matahari sebagai sumber energi terbarukan mampu memberikan efisiensi jangka panjang dengan biaya variabel yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar diesel atau gas alam.
- b. Di fasilitas yang sudah memiliki beban listrik tinggi, PLTS dapat mengurangi tagihan listrik melalui skema *net metering* atau pengurangan beban puncak.

4. Potensi Pengurangan Emisi Karbon

- a. Industri minyak dan gas sering mendapat tekanan untuk mengurangi emisi karbon sebagai bagian dari komitmen keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan.
- b. PLTS menjadi pilihan yang efektif untuk mengurangi jejak karbon operasional, membantu perusahaan memenuhi standar lingkungan internasional dan target nasional terkait energi terbarukan.
- c. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, potensi pengurangan emisi karbon dengan

menggunakan PLTS adalah sebagai berikut :

$$\text{CO}_2 \text{ Reduced} = \text{Energi yang dihasilkan (kWh)} \times \text{Emisi rata-rata pembangkit konvensional (kg CO}_2\text{/kWh)} \dots\dots\dots(1)$$

Misalnya, jika energi yang dihasilkan dari PLTS adalah 25 MW/tahun dan rata-rata emisi pembangkit fosil adalah 0.85 kg CO₂/kWh, maka: 25,000,000 × 0.85 = 21,250,000 kg CO₂/tahun ≈ 21,250 ton CO₂/tahun

5. Skala dan Kapasitas yang Fleksibel

Di fasilitas minyak dan gas, kapasitas PLTS sering kali disesuaikan dengan kebutuhan spesifik fasilitas tertentu. Sebagai contoh:

1. Untuk stasiun pengumpul minyak yang kecil, PLTS berkapasitas kecil (10–100 kWp) mungkin sudah mencukupi.
2. Untuk fasilitas yang lebih besar seperti terminal gas, diperlukan PLTS berkapasitas menengah hingga besar (100 kWp ke atas).

6. Penggunaan Lahan yang Optimal

- a. Penerapan PLTS atap (*rooftop solar*) sangat sesuai untuk fasilitas minyak dan gas karena tidak memerlukan lahan tambahan. Atap dari fasilitas penyimpanan, gudang, atau kantor dapat dimanfaatkan untuk pemasangan PLTS.
- b. Selain itu, PLTS dapat diaplikasikan pada lahan tidak produktif di sekitar fasilitas.

2.10. Perkembangan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan aplikasinya di sektor energi

1. Inovasi Teknologi PLTS Terkini

- a. Panel Surya Berbasis Tandem: Teknologi ini menggabungkan dua jenis sel fotovoltaik, seperti silikon dan *perovskite*, untuk meningkatkan efisiensi konversi energi hingga lebih dari 30%, melebihi panel konvensional yang berkisar antara 15–20%.
- b. Panel Surya Transparan: Inovasi ini memungkinkan pemasangan pada jendela dan permukaan kaca lainnya, cocok untuk aplikasi di lingkungan urban.
- c. Teknologi Baterai Canggih: Perkembangan baterai *lithium-ion*, termasuk varian *lithium-sulfur* dan *solid-state*, menawarkan kapasitas penyimpanan lebih tinggi dan umur pakai lebih panjang, mendukung efisiensi penyimpanan energi surya.

2. Aplikasi PLTS di Berbagai Sektor

- a. PLTS untuk Pembangkit Listrik *On-Grid*
 1. Fungsi: Menghasilkan listrik dari panel surya dan menyuplai energi langsung ke jaringan listrik utama (*on-grid*).
 2. Aplikasi :
 - a. Digunakan oleh perusahaan energi untuk meningkatkan kapasitas energi terbarukan pada jaringan nasional.
 - b. Berfungsi sebagai sumber energi tambahan yang membantu mengurangi ketergantungan pada

pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil.

3. Contoh di Indonesia: PT PLN memasang PLTS terapung di Waduk Cirata, Jawa Barat, untuk mendukung bauran energi terbarukan.

b. PLTS di Fasilitas Minyak dan Gas

1. Fungsi : Memberikan daya untuk operasional fasilitas migas, terutama di lokasi terpencil atau yang memerlukan stabilitas energi.
2. Aplikasi :
 - a. Menyediakan energi untuk stasiun kompresor, stasiun pengumpul minyak, dan fasilitas distribusi gas.
 - b. Digunakan untuk pengisian daya peralatan komunikasi dan monitoring di lapangan minyak terpencil.
3. Contoh: Total Energies menerapkan PLTS di fasilitas produksinya di Timur Tengah untuk mengurangi jejak karbon dan menurunkan biaya operasional.

c. PLTS untuk Fasilitas Industri

1. Fungsi: Mengurangi biaya listrik untuk operasional pabrik atau fasilitas industri.
2. Aplikasi:
 - a. Digunakan di pabrik yang memiliki konsumsi energi besar untuk mengurangi beban tagihan listrik.
 - b. Industri semen, baja, dan kimia sering memanfaatkan PLTS sebagai solusi hemat energi.
3. Contoh: Beberapa pabrik besar di Indonesia seperti Coca-Cola Amatil telah memasang PLTS atap untuk mengurangi ketergantungan pada listrik PLN.

2.11. Analisis Kelemahan Teknologi PLTS

Terdapat beberapa kelemahan atau keterbatasan dari berbagai teknologi PLTS, diantaranya :

a. Kelemahan Panel Surya

1. Panel *Monocrystalline*:

- a. Biaya awal tinggi dibandingkan teknologi lain.
- b. Efisiensi menurun secara signifikan pada suhu tinggi, sehingga kurang ideal untuk lingkungan dengan suhu ekstrim.

2. Panel *Polycrystalline*:

- a. Efisiensi lebih rendah dibandingkan *monocrystalline*.
- b. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk menghasilkan output energi yang sama.

3. Panel *Thin-Film*:

- a. Efisiensi lebih rendah dibandingkan *monocrystalline* dan *polycrystalline*.
- b. Umur pakai lebih pendek.

b. Keterbatasan *Inverter*

1. *Inverter* Sentral:

- a. Jika terjadi kerusakan, seluruh sistem PLTS berhenti beroperasi.
- b. Kurang fleksibel untuk sistem yang tersebar (*decentralized*).

2. *Inverter* Mikro:

- a. Biaya awal lebih mahal dibandingkan *inverter* sentral.
- b. Perawatan lebih kompleks karena setiap panel memiliki *inverter* terpisah.

c. Penyimpanan Energi (*Battery Storage*)

1. Baterai *Lithium-Ion*:

- a. Biaya tinggi, terutama untuk kapasitas besar.
- b. Keterbatasan umur siklus (*life cycle*) yang bergantung pada frekuensi pengisian dan pengosongan.

2. Baterai *Lead-Acid*:

- a. Daya tahan lebih rendah dan membutuhkan perawatan rutin.
- b. Tidak efisien untuk aplikasi jangka panjang di fasilitas industri.

d. Sistem Kontrol dan Monitoring

- 1. Kompleksitas dalam integrasi sistem PLTS dengan jaringan *on-grid* atau sistem *hybrid*.
- 2. Kebutuhan perangkat lunak canggih untuk memantau kinerja dan mendeteksi kerusakan.

Tabel 2.3 Kelebihan dan kelemahan masing-masing teknologi PLTS

Teknologi	Kelebihan	Kelemahan
<i>Monocrystalline Panel</i>	Efisiensi tinggi, umur panjang	Biaya awal tinggi, penurunan efisiensi suhu
<i>Polycrystalline Panel</i>	Lebih murah dibanding <i>monocrystalline</i>	Efisiensi lebih rendah, membutuhkan ruang lebih besar
<i>Thin-Film Panel</i>	Ringan, fleksibel	Efisiensi rendah, umur pakai lebih pendek
<i>Lithium-Ion Battery</i>	Efisiensi tinggi, lebih kompak	Biaya mahal, umur siklus terbatas
<i>Lead-Acid Battery</i>	Biaya murah	Perawatan tinggi, daya tahan rendah

Source : <https://www.esdm.go.id>

2.12. Dampak Ekonomi dari Penerapan PLTS di Industri

Terkait implementasi PLTS pada sektor industri terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

a. Memahami Dampak Ekonomi yang Lebih Dalam

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di industri migas bukan hanya sekadar peralihan ke energi bersih, tetapi juga membawa transformasi signifikan pada aspek ekonomi perusahaan. Untuk memahami lebih dalam mengenai dampak ini, mari kita telusuri berbagai literatur dan penelitian yang telah dilakukan.

b. Alasan Industri Migas Membutuhkan PLTS

Industri migas, yang selama ini identik dengan konsumsi energi fosil dalam jumlah besar, memiliki beberapa alasan kuat untuk beralih ke PLTS:

1. **Fluktuasi Harga Energi Fosil** : Harga minyak dan gas yang fluktuatif dapat mengganggu stabilitas keuangan perusahaan. PLTS menawarkan solusi yang lebih stabil dengan biaya operasional yang cenderung lebih rendah dalam jangka panjang.
2. **Regulasi Lingkungan** : Tekanan global untuk mengurangi emisi karbon mendorong perusahaan migas untuk mencari sumber energi alternatif yang lebih bersih.
3. **Ketersediaan Energi di Lokasi Terpencil** : Banyak fasilitas produksi migas berada di lokasi terpencil yang sulit dijangkau jaringan listrik. PLTS menawarkan solusi mandiri untuk memenuhi kebutuhan energi di lokasi tersebut.

c. Dampak Ekonomi Penerapan PLTS di Industri Migas

Beberapa dampak ekonomi utama dari penerapan PLTS di industri migas antara lain:

1. Penghematan Biaya :

- a. **Pengurangan Tagihan Listrik** : PLTS dapat menghasilkan listrik sendiri, sehingga mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik umum dan menurunkan tagihan listrik.
- b. **Stabilitas Biaya Energi** : PLTS memberikan ketahanan

terhadap fluktuasi harga energi fosil.

2. Peningkatan Pendapatan :

- a. Penjualan Surplus Energi : Perusahaan dapat menjual kelebihan energi yang dihasilkan ke jaringan listrik.
- b. Insentif Pemerintah : Banyak pemerintah memberikan insentif fiskal, seperti pajak pertambahan nilai (PPN) yang ditanggung pemerintah, untuk mendorong penggunaan PLTS.

3. Peningkatan Nilai Aset :

- a. Nilai Jual Aset : Fasilitas produksi migas dengan PLTS cenderung memiliki nilai jual yang lebih tinggi.
- b. Citra Perusahaan : Perusahaan yang menggunakan PLTS dianggap lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, yang dapat meningkatkan citra merek.

4. Dampak Ekonomi Luas:

- a. Penciptaan Lapangan Kerja : Industri PLTS menciptakan lapangan kerja baru dalam bidang instalasi, pemeliharaan, dan produksi komponen.
- b. Pertumbuhan Ekonomi Lokal : Investasi dalam PLTS dapat mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui peningkatan aktivitas bisnis.

2.13. Analisis Keekonomian (Kelayakan Investasi) pada PLTS Skala Kecil

Analisis ekonomi dilakukan dengan menghitung biaya energi dan analisis terhadap kelayakan investasi PLTS *rooftop*. Biaya energi PLTS *rooftop* yang dihitung meliputi biaya investasi awal, biaya pemeliharaan dan operasional, biaya siklus hidup (*life cycle cost*), faktor pemulihan modal (*capital recovery factor*), dan biaya energi (*cost of energy*). Sedangkan untuk analisa kelayakan investasi PLTS *rooftop* ditentukan dengan metode net present value (NPV), *profitability index* (PI), dan *discount payback*

period (DPP).

Kalkulasi ekonomi dilakukan dengan menghitung potensi produksi energi di lokasi pemasangan dimana seluruh produksi PLTS digunakan pada siang hari, maka *break even point* (BEP) dari akumulasi penghematan karena adanya PLTS *On-grid* diproyeksikan terjadi sekitar tahun ke 5 sampai ke 10. Makin besar kapasitas PLTS *On-grid*, makin cepat BEP tercapai. Untuk kapasitas besar, BEP dapat tercapai di bawah 5 tahun. Beberapa parameter terkait Analisa kelayakan, diantaranya :

1. *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilaisekarangkan atas dasar faktor diskonto (*discount factor*). Teknik ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal yang ditanamkan (Santiari, 2011). Untuk menghitung *Net Present Value*(NPV) dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NFC_t}{(1+i)^t} - II \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

NFC_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai ke-n. II = Investasi awal (*Initial Investment*)

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi).

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut :

- a. Investasi dinilai layak, apabila *Net Present Value* (NPV) bernilai positif (> 0).
- b. Investasi dinilai tidak layak, apabila *Net Present Value* (NPV) bernilai negatif (< 0).

2. *Profitability Index (PI)*

Profitability Index merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Teknik ini juga sering disebut dengan model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*). Teknik *Profitability Index* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \text{NFC}_t (1+i)^{-t}}{\text{II}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

NFC_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-

1 sampai ke-n. II = Investasi awal (*Initial Investment*)

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut :

1. Investasi dinilai layak, apabila *Profitability Index (PI)* bernilai lebih besar dari satu (>1).
2. Investasi dinilai tidak layak, apabila *Profitability Index (PI)* bernilai lebih kecil dari satu (<1).

3. *Discounted Payback Period (DPP)*

Payback Period adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Sedangkan *Discounted Payback Period* adalah periode pengembalian yang didiskontokan. *Discounted Payback Period (DPP)* dapat dicari dengan menghitung

berapa tahun kas bersih nilaisekarang (PVNCF) kumulatif yang ditaksir akan sama dengan investasi awal dengan rumus sebagai berikut :

$$DPP = \text{year before recovery} + \frac{\text{Investment Cost}}{\text{NPV Kumulatif}}$$

.....(4)

Dimana :

Year before recovery : Jumlah tahun sebelum tahun pengembalian final

Investment Cost : Biaya investasi awal

NPV Kumulatif : Jumlah kas bersih nilai

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah:

1. Investasi dinilai layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (periode *cut off*).
2. Investasi dinilai tidak layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek (periode *cut off*).

4. **Internal Rate of Return (IRR)**

IRR adalah tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai NPV sama dengan nol (karena nilai sekarang dari arus kas masuk sama dengan investasi awal).

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{X_t}{(1 + IRR)^t} \quad \text{.....(5)}$$

Dimana :

X_t = *Cashflow* di tahun ke-t IRR =

Rate of Return IRR = *Rate of*

Return

Apabila IRR digunakan untuk membuat keputusan diterima- ditolak, kriteria keputusan adalah sebagai berikut:

1. Jika IRR lebih besar dari biaya modal, proyek diterima
2. Jika IRR lebih kecil dari biaya modal, proyek ditolak

Suatu Proyek investasi dianggap layak apabila nilai IRR investasi tersebut

5. **Benefit Cost Ratio (BCR)**

BCR adalah Ratio yang didapatkan dari hasil atau nilai ekivalen manfaat (*Present value*) terhadap nilai ekivalen biaya (*Present value*). Ukuran dari nilai ekivalen yang diterapkan berupa nilai saat ini, nilai tahunan, atau nilai investasinya. Rumus untuk menghitung nilai dari metode BCR ialah sebagai Berikut (ZUHRI, 2020) :

$$BCR = \frac{PV \text{ (Benefit)}}{PV \text{ (Cost)}} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

PV Benefit = *Present Value of Benefit*

PV Cost = *Present Value of Cost*

6. **Levelized Cost of Electricity (LCOE)**

Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), factor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi PLTS (Kossi, 2018). Faktor pemulihan modal dapat dihitung dengan persamaan sebagai Berikut :

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan :

- CRF = Faktor Pemulihan Modal
 i = Tingkat diskonto
 n = Periode dalam tahun (umur investasi)

Menurut Hidayat dkk, 2019, biaya energi (*Cost of Energy*) PLTS diperoleh dengan persamaan 6 sebagai Berikut :

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AkWh} \dots\dots\dots(8)$$

Dengan :

- COE = *Cost of Energy* atau Biaya Energi (Rp. kWh)
 LCC = Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*)
 CRF = Faktor Pemulihan Modal
 AkWh = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

2.14. Keterbatasan Pembahasan Mengenai Regulasi Lokal

Pembahasan regulasi dapat mencakup kebijakan, peraturan, atau pedoman yang relevan dengan penerapan PLTS di Indonesia, khususnya dalam sektor minyak dan gas. Beberapa poin penting yang perlu dipertimbangkan adalah:

a. Regulasi Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia

1. Permen ESDM No. 49 Tahun 2018 (dan perubahannya pada Permen ESDM No. 13 Tahun 2019):
 - a. Mengatur penggunaan PLTS atap untuk konsumen listrik PLN, termasuk mekanisme ekspor-impor energi melalui skema *net metering*.
 - b. Bahas bagaimana skema ini dapat mendukung penerapan PLTS di fasilitas industri, termasuk fasilitas minyak dan gas.
2. Rencana Umum Energi Nasional (RUEN):
 - a. Target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025.

- b. Bahas bagaimana pengembangan PLTS di sektor minyak dan gas dapat mendukung pencapaian target ini.
- 3. Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Penghentian PLTU dan mengatur langkah-langkah untuk mempercepat transisi energi, termasuk pengembangan PLTS.

b. Regulasi Khusus untuk Sektor Minyak dan Gas

- 1. Peraturan Menteri ESDM No. 29 Tahun 2017 tentang Perizinan di Sektor Minyak dan Gas Bumi:
Pemasangan PLTS di lingkungan minyak dan gas bumi tidak memerlukan izin khusus berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 29 Tahun 2017. Namun, proyek PLTS ini mungkin memerlukan izin tambahan atau penyesuaian terkait perizinan fasilitas migas dan regulasi energi terbarukan lainnya.
- 2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional: Fokus pada efisiensi energi dan peningkatan kontribusi energi terbarukan dalam sektor migas.

c. Kebijakan Insentif

- 1. Insentif Pajak: Diskusikan insentif fiskal atau pajak untuk penerapan energi terbarukan, seperti pengurangan Pajak Penghasilan (PPh) untuk investasi di energi terbarukan.
- 2. Dukungan Pemerintah Daerah: Sebutkan inisiatif daerah tertentu yang mendorong pengembangan energi terbarukan, misalnya di Jawa Barat atau Sumatera Selatan.

Tabel 2.4 Tabel Perbandingan Regulasi

Regulasi	Isi Utama	Dampak pada PLTS
Permen ESDM No. 49 Tahun 2018	Skema net metering untuk PLTS atap	Memungkinkan pengurangan tagihan listrik
Peraturan Presiden No. 112/2022	Percepatan transisi dari energi fosil ke energi terbarukan	Mendukung pengembangan PLTS di sektor industri
PP No. 79 Tahun 2014	Efisiensi energi dan peningkatan energi terbarukan	Mendorong investasi PLTS di sektor energi

Source : <https://www.esdm.go.id>

d. Dampak Regulasi terhadap Penerapan PLTS

Regulasi dan kebijakan yang ada memiliki dampak yang signifikan terhadap penerapan PLTS di industri migas, antara lain:

1. Insentif: Adanya berbagai insentif fiskal dan non-fiskal dapat mendorong perusahaan migas untuk berinvestasi dalam PLTS.
2. Perizinan: Proses perizinan yang cepat dan mudah akan mempercepat pengembangan PLTS.
3. *Net Metering*: Mekanisme net metering memungkinkan perusahaan migas menjual kelebihan listrik ke PLN, sehingga meningkatkan daya tarik investasi.
4. Standar Teknis: Adanya standar teknis yang jelas akan memberikan kepastian bagi investor dan pelaku usaha.
5. Keterbatasan: Beberapa regulasi yang terlalu ketat atau tidak jelas dapat menghambat pengembangan PLTS.

