

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik dengan menggunakan modul surya atau solar panel. Energi surya tergolong energi terbarukan karena tidak menghasilkan emisi karbon dan tersedia sepanjang waktu selama ada sinar matahari.

PLTS dapat dipasang di atap bangunan (*rooftop*) dan dihubungkan ke jaringan listrik (sistem on-grid) atau berdiri sendiri (off-grid). Sistem on-grid memungkinkan ekspor dan impor energi listrik dengan PLN melalui mekanisme *net-metering* yang diatur dalam Permen ESDM No. 26 Tahun 2021.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop merupakan sistem pembangkit listrik berbasis energi surya yang modul fotovoltaihnya dipasang pada atap bangunan. Jenis bangunan yang umum digunakan antara lain bangunan hunian, gedung perkantoran, fasilitas pendidikan, serta bangunan komersial. PLTS rooftop memanfaatkan area atap yang tersedia sehingga tidak memerlukan pembebasan lahan tambahan, yang menjadi kendala utama pada pembangunan pembangkit listrik konvensional di wilayah perkotaan. Karakteristik utama PLTS rooftop adalah kedekatannya dengan pusat beban listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat langsung digunakan oleh bangunan tempat sistem tersebut dipasang. Dengan demikian, rugi-rugi transmisi dan distribusi dapat diminimalkan. Selain itu, PLTS rooftop bersifat modular sehingga kapasitas sistem dapat disesuaikan dengan luas atap dan kebutuhan energi pengguna.

Berdasarkan keterhubungannya dengan jaringan listrik, PLTS rooftop umumnya diklasifikasikan sebagai sistem on-grid, off-grid, atau hybrid. Pada sistem on-grid, PLTS terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN dan tidak menggunakan baterai penyimpanan energi. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya akan digunakan

terlebih dahulu untuk memenuhi beban gedung, sementara kelebihan energi dapat dialirkan ke jaringan listrik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pada sistem off-grid, PLTS rooftop bekerja secara mandiri dengan menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi. Sementara itu, sistem hybrid merupakan kombinasi sistem on-grid dan off-grid, di mana baterai digunakan sebagai cadangan energi untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik. Dalam praktiknya, penerapan PLTS rooftop di gedung institusi dan perkantoran lebih banyak menggunakan sistem on-grid karena lebih sederhana dan ekonomis.

2.1.1.1 Mekanisme Efek Fotovoltaik

Efek fotovoltaik merupakan proses dasar yang memungkinkan panel surya mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Ketika foton dari cahaya matahari mengenai permukaan sel surya, energi foton tersebut diserap oleh material semikonduktor seperti silikon. Penyerapan energi ini menyebabkan elektron dalam pita valensi terangkat ke pita konduksi sehingga terbentuk pasangan elektron-hole. Pada sel surya, sambungan p-n junction menghasilkan medan listrik internal yang bertugas memisahkan pasangan elektron-hole tersebut. Elektron terdorong menuju sisi n-type, sementara hole menuju sisi p-type. Ketika rangkaian luar dihubungkan, aliran elektron ini menghasilkan arus listrik DC (Direct Current). Besarnya arus listrik dipengaruhi oleh intensitas radiasi, suhu modul, dan sifat material semikonduktor. Semakin tinggi radiasi matahari, semakin besar pembangkitan elektron sehingga produksi energi meningkat. Proses konversi ini sangat bergantung pada bandgap material, kualitas permukaan modul, serta penggunaan lapisan anti-reflektif yang membantu meningkatkan penyerapan cahaya. Selain itu, shading parsial, kotoran, suhu lingkungan, dan degradasi modul (seperti LID dan PID) juga turut memengaruhi efisiensi mekanisme fotovoltaik.

2.1.1.2 Sistem PLTS On-Grid

Sistem PLTS on-grid merupakan sistem yang terhubung langsung ke jaringan listrik PLN. Energi yang dihasilkan panel surya dikonversi oleh inverter grid-tied menjadi arus AC yang sinkron dengan tegangan dan frekuensi jaringan. Sistem ini tidak menggunakan baterai sehingga seluruh energi yang dihasilkan disalurkan untuk kebutuhan beban dan jika ada kelebihan energi, dapat diekspor ke jaringan PLN bergantung pada regulasi setempat. Inverter pada sistem on-grid dilengkapi fitur anti-islanding sehingga sistem otomatis berhenti bekerja jika jaringan PLN padam demi keamanan teknisi.

Keunggulan sistem on-grid meliputi biaya investasi yang relatif rendah, efisiensi tinggi, dan penghematan signifikan untuk beban siang hari. Namun sistem ini tidak mampu beroperasi ketika PLN padam karena ketergantungan penuh pada jaringan

2.1.1.3 Sistem PLTS Off-Grid

Sistem PLTS off-grid adalah sistem yang beroperasi mandiri tanpa koneksi ke jaringan PLN. Pada sistem ini, energi dari panel disalurkan ke charge controller yang kemudian mengatur pengisian baterai. Inverter off-grid mengubah arus DC dari baterai menjadi AC untuk beban rumah atau fasilitas. Seluruh ketersediaan energi bergantung sepenuhnya pada kapasitas baterai dan jumlah panel yang terpasang.

Sistem off-grid sangat cocok untuk daerah tanpa akses listrik, seperti desa terpencil atau pulau kecil. Namun, sistem ini memiliki biaya lebih tinggi karena kebutuhan baterai dan memiliki risiko blackout jika kapasitas penyimpanan tidak mencukupi. Selain itu, umur baterai terbatas sehingga memerlukan pergantian per beberapa tahun.

2.1.1.4 Sistem PLTS Hybrid

Sistem hybrid menggabungkan keunggulan sistem on-grid dan off-grid. Sistem ini menggunakan baterai sekaligus terhubung ke PLN sehingga mampu menyimpan energi untuk digunakan saat beban tinggi atau ketika terjadi pemadaman listrik. Pada siang hari, panel surya menyuplai beban sekaligus mengisi baterai. Jika baterai penuh dan energi berlebih tetap tersedia, beberapa sistem memungkinkan ekspor energi ke jaringan PLN.

Sistem hybrid menawarkan fleksibilitas tinggi, efisiensi penggunaan energi yang lebih baik, serta kemampuan menyediakan daya cadangan (backup power) saat PLN padam. Namun, sistem ini memiliki biaya investasi paling tinggi karena penggunaan baterai dan inverter hybrid yang lebih kompleks. Pemilihan komponen harus mempertimbangkan integrasi antara inverter, baterai, dan jaringan.

Secara teknis, sistem on-grid memiliki efisiensi tertinggi karena minimnya komponen penyimpanan. Sistem off-grid menawarkan kemandirian energi tetapi membutuhkan manajemen baterai yang baik. Sistem hybrid berada di tengah-tengah dengan fleksibilitas maksimal namun biaya dan kompleksitas lebih tinggi. Pemilihan sistem bergantung pada kebutuhan beban, kondisi lokasi, stabilitas jaringan PLN, dan tujuan instalasi PLTS.

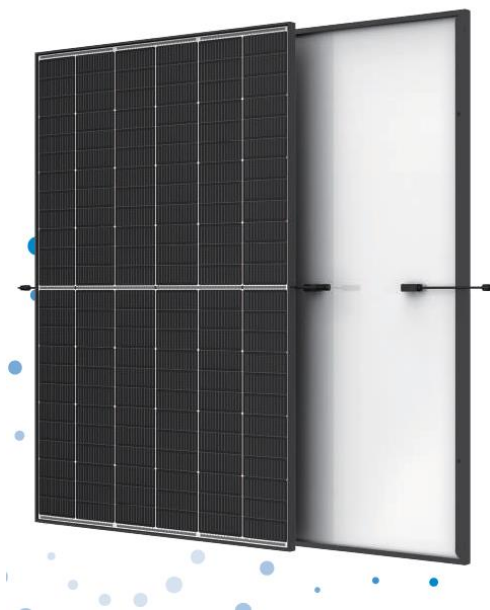
Dengan memahami mekanisme efek fotovoltaik dan karakteristik masing-masing sistem, perancangan PLTS dapat dilakukan secara lebih akurat sehingga menghasilkan kinerja optimal sesuai kebutuhan pengguna.

2.1.2 Komponen Utama Sistem PLTS Rooftop

Sistem PLTS rooftop terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

1. Modul Surya (Solar Panel)

Modul surya berfungsi mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) melalui efek fotovoltaiik. Kinerja modul surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari, sudut pemasangan, orientasi terhadap matahari, serta temperatur lingkungan. Modul surya biasanya diproduksi dalam berbagai kapasitas daya yang dinyatakan dalam satuan Watt-peak (Wp). Untuk harga pasasar Modul Trina Solar, TSM-445NED9R.28 (445W) adalah kurang lebih Rp 2.500.000.



Gambar 2.1 Trina Solar, TSM-445NED9R.28

2. Inverter

Inverter berfungsi mengonversi energi listrik DC yang dihasilkan modul surya menjadi energi listrik AC agar dapat digunakan oleh beban atau disalurkan ke jaringan listrik. Selain itu, inverter dilengkapi dengan fungsi Maximum Power Point Tracking (MPPT) yang bertujuan untuk mengoperasikan modul surya pada titik daya maksimum sehingga energi yang dihasilkan menjadi optimal. Untuk harga pasasar Sunny Tripower STP24000TL-US-10 24KW Inverter adalah kurang lebih Rp 90.000.0000



Gambar 2.2 Sunny Tripower STP24000TL-US-10 24KW Inverter

3. Sistem Kelistrikan dan Proteksi

Sistem ini meliputi kabel DC dan AC, panel distribusi, pemutus arus, serta sistem pentanahan. Komponen proteksi diperlukan untuk menjaga keamanan sistem serta melindungi peralatan dari gangguan listrik.

a. Kabel DC (PV Cable)

Kabel DC digunakan untuk mengalirkan energi listrik dari modul surya menuju inverter atau combiner box. Kabel standar PV1-F atau H1Z2Z2-K digunakan karena memiliki insulasi tahan panas, UV, dan kelembapan. kabel DC 10 AWG dengan harga Rp 93.000–100.000 per meter.

b. Kabel AC

Kabel AC digunakan pada sisi keluaran inverter untuk menyalurkan listrik AC menuju panel distribusi gedung. Jenis kabel yang umum digunakan adalah NYY atau NYFGbY dengan isolasi yang kuat, kabel AC yang berada di kisaran Rp 25.000–70.000 per meter.

c. Konektor MC4

Konektor MC4 berfungsi memastikan sambungan kabel DC antar-modul terpasang konektor MC4 seharga Rp 28.000 per pasang dengan aman, kokoh, dan kedap air (IP67).



Gambar 2.3 Konektor MC4

d. Combiner Box (Kotak Penggabung DC)

Combiner box digunakan untuk menggabungkan beberapa string modul surya sebelum masuk ke inverter. Di dalamnya terdapat fuse DC, MCB DC, SPD, serta busbar.

g. Sistem Grounding (Pembumian)

Grounding bertujuan menyalurkan arus gangguan ke tanah untuk melindungi peralatan dan keselamatan pengguna.

h. AC Distribution Box (ACDB)

ACDB menerima keluaran AC dari inverter sebelum disalurkan ke panel listrik gedung. Di dalamnya terdapat MCB/MCCB AC, SPD AC, dan terminal kabel.



Gambar 2.6 AC Distribution Box

4. Struktur Penyangga dan Sistem Mekanik

Struktur penyangga berfungsi menopang modul surya di atas atap bangunan dengan sudut kemiringan dan orientasi tertentu. Struktur ini harus dirancang kuat dan tahan terhadap beban angin, hujan, serta kondisi lingkungan lainnya. Untuk Struktur Penyangga harga per modulnya adalah sebesar Rp 200.000.

2.1.3 Prinsip Kerja PLTS Rooftop

Prinsip kerja PLTS rooftop dimulai dari modul surya yang menerima cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik arus DC. Energi listrik DC tersebut kemudian dialirkan ke inverter untuk dikonversi menjadi arus AC. Arus AC selanjutnya disalurkan ke beban listrik gedung atau ke jaringan PLN.

Pada sistem on-grid, apabila daya listrik yang dihasilkan PLTS melebihi kebutuhan beban, maka kelebihan daya tersebut dapat diekspor ke jaringan PLN (export energy). Sebaliknya, jika energi yang dihasilkan kurang, maka sistem akan menarik daya tambahan dari PLN (import energy).

Sistem ini bekerja dengan menangkap energi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi listrik melalui proses fotovoltaiik.

1. Panel Surya Menyerap Energi Matahari:

Panel surya terdiri dari sel fotovoltaiik yang menyerap foton dari sinar matahari dan menghasilkan arus listrik searah (DC).

2. Inverter Mengubah DC menjadi AC:

Arus DC yang dihasilkan panel tidak bisa langsung digunakan oleh peralatan rumah tangga sehingga inverter mengubahnya menjadi arus bolak-balik (AC). Inverter juga menyelaraskan tegangan dan frekuensi dengan jaringan PLN.

3. Distribusi Energi ke Beban Rumah:

Listrik AC digunakan langsung untuk memenuhi kebutuhan listrik bangunan. Jika produksi PLTS cukup besar, konsumsi listrik PLN berkurang secara signifikan.

4. Penyaluran Energi Berlebih:

Jika energi yang diproduksi melebihi kebutuhan, energi dapat disalurkan ke jaringan PLN (net metering) atau dibatasi agar tidak masuk ke PLN (zero export).

5. Sistem Penyimpanan Energi (Opsional):

Sistem PLTS dapat ditambah baterai untuk menyimpan energi berlebih sehingga dapat digunakan saat malam hari atau ketika PLN padam.

6. Mekanisme Kerja On-Grid:

Jika produksi PLTS sama dengan beban, listrik sepenuhnya berasal dari PLTS. Jika produksi lebih besar, kelebihannya masuk ke PLN atau baterai. Jika produksi kurang, PLN menyuplai kekurangannya. Saat PLN padam, PLTS on-grid otomatis berhenti bekerja demi

keselamatan teknisi jaringan. PLTS rooftop menjadi pilihan populer karena dapat menghemat biaya listrik, ramah lingkungan, serta mudah dipasang pada berbagai jenis bangunan.

2.1.4 Energi PLTS

Untuk menghitung energi yang dihasilkan oleh PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), Anda perlu mengetahui beberapa informasi terkait sistem PLTS tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi produksi energi dari PLTS antara lain ukuran panel surya, lokasi geografis, kemiringan panel surya, orientasi panel surya, kondisi cuaca, dan waktu operasi.

Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada luasan area PLTS, efisiensi panel surya, potensi energi radiasi dan performa dari sistem PLTS itu sendiri. Persamaan energi listrik yang dihasilkan dari PLTS adalah:

$$E_{\text{grid}} = A \times \eta_{\text{STC}} \times G_{\text{Eff}} \times (\text{Tot Losses}) \quad (2.1)$$

Di mana:

E_{grid} = energi (kWh)

A = total luas panel (m²)

η_{STC} = efisiensi panel (%)

G_{Eff} = iradiasi efektif pada bidang modul (kWh/m²)

Tot Losses = mewakili seluruh rugi-rugi sistem (pv dan inverter)

2.1.5 Performance Ratio

Performance ratio atau rasio performa adalah rasio antara energi efektif yang dihasilkan/digunakan dengan energi yang dihasilkan jika sistem PLTS tersebut secara kontinu digunakan pada keadaan efisiensi nominal STC (1000 W/m², 25°C, tiap kWh/m² dari iradiasi akan menghasilkan 1 kWh energi listrik). Performance Ratio secara spesifik adalah rasio keluaran energi aktual dan yang mungkin dapat dihitung secara teoritis. Performance ratio tidak bergantung pada orientasi pembangkit PV dan insiden penyinaran matahari pada pembangkit PV. Alasannya, rasio kinerja dapat digunakan untuk

membandingkan pembangkit PV yang memasok jaringan di lokasi yang berbeda semua seluruh dunia.

Performance ratio yang baik biasanya berkisar antara 70-80%, meskipun angka ini dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis, kondisi cuaca, dan ukuran dan kualitas sistem PLTS yang digunakan. Semakin tinggi performa ratio, semakin efisien dan produktif sistem PLTS tersebut.

Performance ratio (PR) sudah meliputi rugi-rugi cahaya, rugi-rugi rangkaian PV, dan rugi-rugi sistem PLTS. Persamaan performance ratio (2) sistem PLTS adalah:

$$\text{Performace Ratio} = \frac{E_{\text{Grid}}}{G_{\text{Eff}} \times P_{\text{nomPV}}} \quad (2.2)$$

Dimana:

PR = rasio performa sistem

E_{Grid} = energi listrik yang dihasilkan dari PLTS (kWh)

G_{Eff} = iradiasi efektif pada bidang modul (kWh/m²)

P_{nomPV} = kapasitas daya total PV (kWp)

2.1.6 Analisis Teknis PLTS Menggunakan Aplikasi PVSyst

PVSyst merupakan perangkat lunak (software) simulasi sistem fotovoltaik yang banyak digunakan dalam perencanaan dan analisis teknis PLTS. Aplikasi ini mampu melakukan analisis potensi energi surya, perhitungan produksi energi tahunan, serta evaluasi kinerja sistem PLTS berdasarkan data iradiasi, lokasi geografis, dan konfigurasi sistem.

Langkah-langkah umum dalam analisis PLTS menggunakan PVSyst antara lain:

1. Menentukan lokasi dan data meteorologi, termasuk koordinat geografis dan data radiasi matahari.
2. Menentukan orientasi panel, meliputi sudut kemiringan (*tilt angle*) dan arah hadap (*azimuth*).

3. Menentukan konfigurasi sistem, seperti kapasitas inverter, jumlah panel, jenis modul surya, dan layout sistem.
4. Menjalankan simulasi energi, untuk memperoleh hasil estimasi energi listrik yang dihasilkan setiap bulan dan setiap tahun.
5. Analisis kerugian sistem (*system losses*), seperti *temperature loss*, *wiring loss*, *inverter loss*, dan *soiling loss*.
6. Evaluasi performa sistem, melalui parameter *Performance Ratio (PR)*, *Specific Yield (kWh/kWp)*, dan total energi tahunan.

Dengan menggunakan PVSyst, hasil perhitungan teknis akan lebih akurat karena memperhitungkan faktor geografis, cuaca, efisiensi sistem, dan komponen pendukung secara menyeluruh.

Analisis ekonomis merupakan bagian penting dalam studi kelayakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena hasil perhitungan teknis harus sejalan dengan pertimbangan biaya dan manfaat yang diperoleh. Tujuan analisis ekonomis adalah untuk mengetahui apakah investasi PLTS rooftop layak untuk diterapkan pada Gedung PLN Pusdiklat secara finansial.

Aplikasi PVSyst tidak hanya digunakan untuk analisis teknis dan simulasi produksi energi, tetapi juga menyediakan fitur untuk analisis ekonomis. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memperkirakan biaya investasi awal (*Capital Expenditure / CapEx*), biaya operasional dan pemeliharaan (*Operational Expenditure / OpEx*), serta penghematan energi listrik yang dihasilkan selama umur sistem.

Hasil simulasi dari PVSyst memberikan output berupa energi listrik tahunan (kWh/year), yang dapat dikonversi menjadi nilai ekonomi berdasarkan tarif listrik yang berlaku. Dengan demikian, penghematan tahunan dapat dihitung untuk menentukan nilai keuntungan dan periode pengembalian modal.

1. Biaya Investasi (*Capital Expenditure / CapEx*)

Biaya investasi awal mencakup seluruh komponen sistem PLTS rooftop, antara lain:

- a. Modul surya (solar panel)
- b. Inverter
- c. Struktur penopang atau mounting system

- d. Kabel DC dan AC
- e. Panel proteksi (Combiner Box & Distribution Panel)
- f. Biaya instalasi dan commissioning

PVSyst memungkinkan pengguna memasukkan total biaya investasi ini secara manual berdasarkan spesifikasi proyek yang direncanakan. Nilai CapEx ini menjadi dasar dalam perhitungan kelayakan ekonomi.

2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan (Operational Expenditure / OpEx)

Biaya operasional meliputi biaya rutin untuk pemeliharaan sistem PLTS, seperti pembersihan panel, inspeksi inverter, penggantian kabel, serta monitoring performa sistem.

3. Penghematan Energi (Energy Saving)

Dari hasil simulasi PVSyst, didapatkan nilai produksi energi tahunan (kWh/year). Nilai ini dikalikan dengan tarif listrik PLN (Rp/kWh) untuk memperoleh estimasi penghematan biaya listrik per tahun.

Rumus sederhana yang digunakan:

$$\text{Penghematan Tahunan (Rp)} = \text{Produksi Energi (kWh/year)} \times \text{Tarif Listrik (Rp/kWh)} \quad (2.3)$$

Penghematan energi ini menggambarkan besarnya pengurangan biaya listrik yang akan dirasakan oleh PLN Pusdiklat setiap tahunnya setelah penerapan sistem PLTS rooftop.

4. Analisis Pengembalian Modal (Payback Period)

PVSyst dapat menghitung periode pengembalian modal (Payback Period), yaitu waktu yang diperlukan agar total penghematan listrik menutupi biaya investasi awal.

Rumus yang digunakan

secara umum adalah:

$$\text{Payback Period (tahun)} = \frac{\text{Total Investasi (CapEx)}}{\text{Penghematan Tahunan}} \quad (2.4)$$

Semakin kecil nilai payback period, semakin layak proyek PLTS tersebut untuk direalisasikan.

2.2. Penelitian yang Relevan

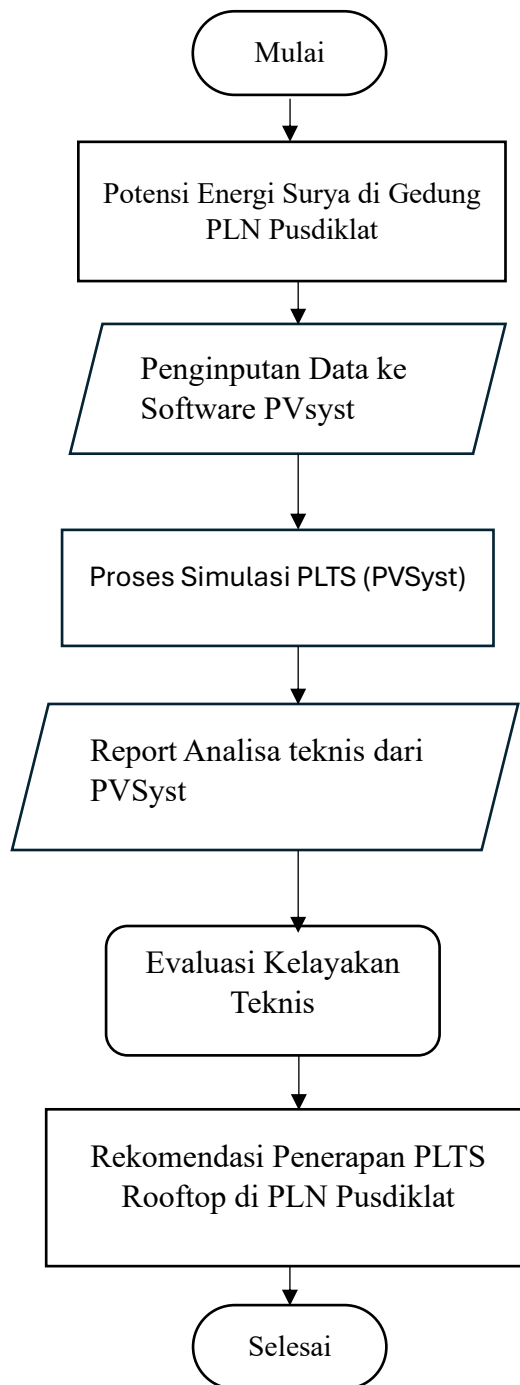
Pada penelitian ini penulis melakukan tinjauan literatur pada beberapa penelitian yang relevan untuk dijadikan referensi. Referensi dapat berasal dari jurna, artikel, skripsi, atau buku yang relevan. Beberapa referensi yang penulis dapatkan sebagai berikut :

1. Menurut Anak Agung Bagus Gede Kaler (2025) Dalam skripsi berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Sistem On-Grid di Gedung Pusat Politeknik Negeri Bali” dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan teknis dan ekonomis pemasangan PLTS atap. Metode yang digunakan meliputi analisis potensi energi surya, pemodelan sistem menggunakan perangkat lunak PVsyst, serta evaluasi finansial dengan metode Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Discounted Payback Period (DPP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan intensitas radiasi rata-rata 5,91 kWh/m²/hari dan luas atap memadai, sistem PLTS mampu memenuhi sebagian besar kebutuhan listrik gedung (± 3.160 kWh/bulan). Secara ekonomi, proyek dinyatakan layak karena NPV positif, IRR melebihi tingkat diskonto, dan periode pengembalian modal relatif singkat.
2. Menurut Eriko Arvin Karuniawan dkk. (2023) Dalam jurnal “Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dengan Perangkat Lunak PVsyst” dijelaskan bahwa penelitian ini fokus pada perhitungan potensi energi listrik dari PLTS atap menggunakan simulasi PVsyst. Hasil simulasi menunjukkan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp dengan produksi energi tahunan mencapai 9.321 kWh dan Performance Ratio (PR) sebesar 0,82, yang menandakan efisiensi sistem cukup tinggi. Penelitian ini menekankan pentingnya pemodelan teknis untuk memprediksi kinerja PLTS sebelum implementasi, meskipun belum mencakup analisis kelayakan ekonomi.

3. Menurut Masrur Alatas (2024) Dalam buku “Sistem & Teknologi PLTS: Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop” dijelaskan tahapan pemasangan PLTS atap mulai dari identifikasi potensi lokasi, analisis luas atap, perizinan, hingga instalasi komponen seperti modul surya, inverter, dan sistem proteksi. Buku ini juga membahas regulasi terkait Permen ESDM No. 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap, serta pentingnya monitoring sistem secara online untuk memastikan kinerja optimal. Meskipun tidak menyajikan simulasi teknis atau analisis ekonomi, referensi ini relevan sebagai panduan praktis dan regulasi dalam implementasi PLTS rooftop.

2.3. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran merupakan dasar berpikir yang menggambarkan alur logis penelitian dari latar belakang hingga penarikan kesimpulan. Dalam penelitian ini, kerangka pemikiran disusun untuk menjelaskan proses analisis teknis dan ekonomis sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang akan dipasang pada Gedung PLN Pusdiklat menggunakan bantuan perangkat lunak PVSyst.



Gambar 2.4 Flowchart Penelitian

Proses penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi potensi energi surya pada Gedung PLN Pusdiklat sebagai dasar penentuan kelayakan penerapan sistem PLTS

rooftop. Tahap ini meliputi pengumpulan data lokasi, orientasi bangunan, luas area atap yang tersedia, serta intensitas radiasi matahari di area tersebut. Selanjutnya, seluruh data teknis yang telah diperoleh diinput ke dalam perangkat lunak PVsyst sebagai media perancangan dan simulasi sistem PLTS. Setelah data dimasukkan secara lengkap, dilakukan proses simulasi menggunakan PVsyst untuk mendapatkan keluaran berupa performa sistem, estimasi energi yang dihasilkan, dan berbagai parameter teknis lainnya. Hasil simulasi tersebut kemudian digunakan untuk menyusun laporan analisis teknis dan ekonomis, yang mencakup evaluasi kinerja sistem, potensi produksi energi tahunan, dan analisis biaya investasi. Berdasarkan laporan tersebut, dilakukan evaluasi kelayakan baik dari sisi teknis maupun ekonomis untuk menilai apakah sistem PLTS rooftop layak diimplementasikan pada Gedung PLN Pusdiklat. Tahap akhir dari proses ini adalah penyusunan rekomendasi penerapan PLTS rooftop yang didasarkan pada hasil evaluasi, sehingga dapat memberikan landasan yang kuat bagi pengambil keputusan dalam menentukan langkah implementasi selanjutnya.