

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teoritis**

##### **1. Potensi Daya**

Potensi daya listrik dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Indonesia sangat besar, terutama mengingat lokasinya yang berada di daerah tropis dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi sepanjang tahun. Penelitian menunjukkan bahwa energi surya dapat dimanfaatkan secara efektif dengan menerapkan sistem PLTS, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun aplikasi skala kecil di masyarakat, seperti untuk penerangan masjid dan fasilitas umum (Anugrah et al., 2022). Sebagai contoh, simulasi sistem PLTS atap yang dilakukan di kota Surabaya menunjukkan hasil yang positif, mengindikasikan bahwa PLTS dapat memenuhi sebagian kebutuhan listrik domestik dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil (Tarigan, 2022).

PLTS tidak hanya menyediakan sumber energi baru, tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Dalam pengembangan PLTS, tantangan seperti biaya investasi awal yang tinggi dan kebutuhan untuk pelatihan masyarakat agar mampu menginstal dan memelihara sistem tersebut perlu diatasi. Proyek PLTS memerlukan perencanaan yang matang dan penggunaan metode seperti *Critical Path Method* untuk mengoptimalkan kapasitas dan waktu pelaksanaan (Sepriyanna et al., 2021). Hal ini juga sejalan dengan pemahaman bahwa PLTS dapat menjadi solusi untuk masalah terkait ketahanan energi nasional serta sebagai bagian dari upaya untuk mendiversifikasi

sumber energi dengan memanfaatkan sumber daya yang lebih bersih (Sepriyanna et al., 2021). Potensi PLTS di Indonesia dapat dioptimalkan untuk menghadapi tantangan energi di masa depan dan mendorong transisi ke sistem energi yang lebih berkelanjutan.

## **2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) beroperasi berdasarkan prinsip konversi energi matahari menjadi listrik melalui penggunaan panel fotovoltaik. Fenomena fotovoltaik ini memungkinkan pembangkitan listrik ketika panel terkena cahaya matahari. Saat sinar matahari mengenai permukaan panel surya, bahan semikonduktor di dalamnya akan menghasilkan arus listrik. Proses ini berlangsung terus-menerus selama panel terpapar sinar matahari, menjadikannya sebagai salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan bebas dari polusi (Ruliyanta et al., 2024).

Komponen utama dari PLTS terdiri dari panel surya, *inverter*, dan sistem penyimpanan. Panel surya berfungsi untuk mengonversi energi matahari langsung menjadi energi listrik. *Inverter* memiliki peran penting dalam mengubah arus DC yang dihasilkan oleh panel menjadi arus AC yang sesuai untuk digunakan dalam rumah tangga atau jaringan listrik. Sistem penyimpanan, yang biasanya berupa baterai, memungkinkan pengguna untuk menyimpan energi berlebih untuk digunakan saat matahari tidak bersinar. Penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem penyimpanan ini sangat mempengaruhi ketersediaan energi, terutama pada saat permintaan puncak (Mulya et al., 2021). Berikut adalah gambar pemasangan PLTS pada atap sebuah bangunan.



Gambar 2. 1 Pemasangan PLTS pada atap sebuah bangunan.  
Sumber : (Mbscctv.com, 2024)

### 3. Jenis-jenis PLTS

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terdiri dari beberapa jenis, yaitu PLTS On-Grid yang terhubung dengan jaringan listrik, PLTS Off-Grid yang beroperasi secara mandiri, dan sistem Hybrid yang menggabungkan kedua sistem tersebut.

#### a. PLTS ON-Grid

PLTS on-grid adalah sistem yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Dalam sistem ini, energi yang dihasilkan oleh panel surya disalurkan ke jaringan listrik, dan setiap kWh yang dihasilkan dapat diukur serta dibayar oleh PLN melalui skema net metering. Kelebihan utama dari sistem ini adalah tidak memerlukan penyimpanan energi dalam bentuk baterai, sehingga mengurangi biaya investasi awal. Penelitian menunjukkan bahwa pemasangan PLTS on-grid dengan kapasitas tertentu dapat mengurangi tagihan listrik dan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon (Febriani, 2024; Anwar & Rijanto, 2023). Namun, ketergantungan pada jaringan listrik juga menjadi kelemahan, terutama di daerah yang belum memiliki infrastruktur listrik yang memadai (Halim, 2022).

#### b. PLTS OFF-Grid

PLTS off-grid beroperasi secara independen dari jaringan listrik utama. Sistem ini biasanya dilengkapi dengan baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan selama siang hari, sehingga dapat digunakan pada malam hari atau saat cuaca buruk (Syafii et al., 2020). PLTS off-grid sangat ideal untuk lokasi terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. Namun, keandalan sistem ini sangat bergantung pada ketersediaan cahaya matahari dan dapat mengharuskan pengguna untuk mempertimbangkan ukuran serta kapasitas penyimpanan baterai guna menjaga kontinuitas pasokan energi (Syafii et al., 2020; Hutajulu et al., 2022). Evaluasi keandalan sistem off-grid menunjukkan bahwa peralatan harus dapat beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi cuaca untuk menjamin efektivitasnya dalam menghasilkan listrik (Adrianti, 2016).

#### c. PLTS Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *hybrid* yang mengintegrasikan sistem *on-grid* dan *off-grid* merupakan solusi yang menjanjikan dalam penyediaan energi yang efisien dan berkelanjutan. Sistem ini dirancang untuk mengatasi tantangan dalam penyediaan energi yang berfluktuasi, serta meningkatkan fleksibilitas dan keandalan pasokan listrik di berbagai wilayah, baik yang terhubung dengan jaringan listrik nasional maupun yang tidak. Dari segi struktur, sistem PLTS *hybrid* beroperasi dengan menggabungkan panel surya yang terhubung ke jaringan listrik dan menggunakan baterai untuk penyimpanan energi, sehingga memungkinkan pemanfaatan energi cadangan saat jaringan PLN mengalami pemadaman atau saat permintaan meningkat (Sulistiawati et al., 2024).

Sistem *on-grid* berfungsi untuk menyuplai listrik ke jaringan dan mengalirkan kelebihan produksi listrik ke PLN, sementara sistem *off-grid* berperan ketika jaringan PLN tidak tersedia, dengan energi yang disimpan dalam baterai untuk digunakan saat diperlukan (Harijanto & Junus, 2021).

Berdasarkan analisis teknis, sistem *hybrid* dapat memanfaatkan keunggulan dari kedua model ini, menjadikannya lebih adaptif terhadap kondisi lokal dan pola penggunaan energi yang bervariasi. Dalam penelitian yang dilakukan di lokasi yang menerapkan kedua sistem ini, ditemukan bahwa dengan menggunakan perangkat tambahan seperti *Automated Transfer Switch* (ATS), sistem dapat dengan cepat beralih antara mode *on-grid* dan *off-grid* sesuai kebutuhan (Herwandi, 2021). Hasilnya, tidak hanya meningkatkan keamanan pasokan listrik, tetapi juga mengurangi biaya operasional jangka panjang yang terkait dengan pemakaian energi dari PLN.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan sistem PLTS *on-grid*. PLTS *on-grid* dipilih karena memiliki biaya instalasi yang lebih rendah, tidak memerlukan baterai, dan memungkinkan pengguna untuk menjual kelebihan listrik ke jaringan PLN. Selain itu, sistem ini lebih sederhana dan cocok untuk area yang terhubung dengan jaringan listrik, sehingga lebih efisien dalam penggunaan energi.

#### **4. Sel Surya**

Sel surya merupakan perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Proses ini terjadi ketika foton dari sinar matahari mengenai bahan semikonduktor di dalam sel surya, menghasilkan pasangan *electron-hole* yang kemudian menghasilkan arus listrik. Dalam konteks perkembangan teknologi sel surya, terdapat beberapa jenis yang umum digunakan,

di antaranya adalah sel surya berbahan silikon monokristalin dan polikristalin.

d. Monokristalin

Sel surya monokristalin dibuat dari satu kristal silikon tunggal. Proses produksinya melibatkan teknik pemurnian silikon yang kompleks, yang menghasilkan silikon berkualitas tinggi dengan struktur kristal yang sangat teratur. Kelebihan dari jenis ini adalah efisiensinya yang tinggi, umumnya berkisar antara 15% hingga 22%, sehingga lebih optimal dalam menghasilkan listrik dibandingkan jenis lainnya (Palevi et al., 2022). Selain itu, sel monokristalin juga memiliki daya tahan yang baik dan lebih efisien dalam ukuran yang lebih kecil karena dapat menghasilkan lebih banyak energi dari jumlah area yang sama.

b. Polikristalin

Sementara itu, sel surya polikristalin terbuat dari beberapa kristal silikon yang terbentuk bersamaan dalam proses pembuatan. Meskipun proses pembuatan sel ini lebih sederhana dan biaya produksi lebih rendah, efisiensi dari sel polikristalin biasanya sedikit lebih rendah, berkisar antara 13% hingga 16% (Parada Palevi et al., 2022). Kelebihan dari sel polikristalin adalah bahwa mereka lebih ramah lingkungan dalam proses produksinya karena memerlukan lebih sedikit energi untuk dibuat. Namun, mereka cenderung memiliki lebih banyak cacat dalam struktur kristalnya, yang menyebabkan efisiensi konversi energi mereka sedikit lebih rendah dibandingkan dengan sel monokristalin



Gambar 2. 2 Modul Photovoltaic  
Sumber : (Sanspower.com, 2020)

Pada penelitian ini panel surya yang digunakan adalah panel surya dengan tipe monokristalin. Memilih sel surya tipe monokristalin dibandingkan dengan tipe polikristalin umumnya disebabkan oleh efisiensi yang lebih tinggi dalam mengubah energi matahari menjadi listrik, yang dapat mencapai 20% atau lebih. Selain itu, panel monokristalin memerlukan ruang yang lebih sedikit untuk menghasilkan daya yang sama, menjadikannya pilihan ideal untuk area terbatas. Panel monokristalin juga memiliki umur yang lebih panjang dan kinerja yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah, sehingga lebih dapat diandalkan dalam berbagai situasi. Meskipun biaya awalnya lebih tinggi, efisiensi yang lebih baik dan penghematan energi jangka panjang sering kali membuatnya lebih ekonomis dalam penggunaan. Di sisi lain, panel polikristalin, meskipun lebih murah, memiliki efisiensi yang lebih rendah (sekitar 15-20%) dan memerlukan lebih banyak ruang untuk menghasilkan daya yang sama, yang dapat menjadi pertimbangan penting dalam proyek energi surya.

## 5. Grid Inverter

*Inverter* jaringan, atau yang lebih dikenal dengan istilah *grid inverter*, adalah perangkat kunci dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang

berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang sesuai dengan standar jaringan listrik. Proses konversi ini krusial karena sebagian besar jaringan listrik, termasuk yang ada di rumah tangga dan industri, beroperasi dengan arus AC. Oleh karena itu, penggunaan inverter jaringan menjadi sangat vital dalam memastikan bahwa energi matahari dapat digunakan secara efisien di dalam koperasi energi berskala besar maupun di sistem distribusi energi lokal.

Pada penelitian ini menggunakan inverter dengan merek *Sunny Tripower*. *Inverter Sunny Tripower* dirancang untuk mencapai efisiensi tinggi, yang sangat penting untuk memaksimalkan hasil energi dari panel surya. Penelitian telah melaporkan efisiensi yang mencapai hingga 98,84% dalam kondisi optimal, yang menunjukkan metrik kinerja inverter *Sunny Tripower* (Syamsuddin, 2023). Tingkat efisiensi tersebut dapat menghasilkan biaya operasional yang lebih rendah dan periode pengembalian investasi yang lebih singkat untuk investasi tenaga surya. Seri *Sunny Tripower* diakui karena konstruksinya yang tahan lama dan keandalannya, sehingga memastikan umur pakai yang panjang dalam instalasi luar ruangan. Fitur-fitur tersebut meminimalkan kebutuhan akan pemeliharaan atau penggantian yang sering, sehingga memperkuat efektivitas biaya dalam jangka panjang (Cuong & Y, 2020).



Gambar 2. 3 Grid Inverter

Sumber : Datasheet Sunny Tripower

## 6. Aplikasi PVsyst

*PVsyst* adalah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk analisis dan simulasi sistem pembangkit listrik tenaga surya. Aplikasi ini digunakan oleh insinyur dan perencana untuk mengevaluasi kinerja sistem, menghitung kebutuhan energi, serta memperkirakan biaya yang terkait dengan instalasi PLTS. Dengan *PVsyst*, pengguna dapat memasukkan berbagai parameter, seperti lokasi, sudut kemiringan panel, dan orientasi terhadap matahari, untuk mendapatkan analisis yang akurat mengenai potensi output energi dari sistem fotovoltaik yang dirancang (Ruliyanta et al., 2024).

Metodologi penggunaan *PVsyst* dalam penelitian sebelumnya mencakup pengumpulan data meteorologi dan geospasial yang penting untuk pemodelan sistem tenaga surya. Dalam beberapa studi, *PVsyst* digunakan untuk menganalisis berbagai konfigurasi sistem, termasuk ukuran panel dan jumlah *inverter*, guna meningkatkan efisiensi pembangkit. Sebagai contoh, penelitian mengenai sistem atap surya menunjukkan bahwa pengaturan sudut dan orientasi panel sangat

penting dalam mengoptimalkan produksi energi, di mana simulasi di PVSyst memberikan hasil yang mencerminkan kinerja nyata dari sistem tersebut (Ishak et al., 2025).

Berdasarkan hasil studi yang ada, PVSyst tidak hanya berguna untuk analisis teknis, tetapi juga untuk pendidikan dan peningkatan kesadaran tentang energi terbarukan. Beberapa institusi pendidikan telah mengintegrasikan penggunaan PVSyst ke dalam kurikulum mereka, terutama dalam program energi terbarukan, untuk memberikan pengalaman praktis kepada siswa tentang cara mendesain dan menganalisis sistem tenaga surya secara efektif (Sutopo & Rossieta, 2023). Dengan demikian, PVSyst berfungsi ganda sebagai alat analisis teknis dan sebagai platform pendidikan yang mendukung perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi ramah lingkungan di kalangan akademisi.

## 7. Google Earth

Google Earth merupakan alat yang sangat berguna dalam menentukan luas bidang yang akan dipasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dengan menggunakan fitur "*Add Polygon*", pengguna dapat menggambar batas wilayah yang diinginkan dan secara otomatis menghitung luas area tersebut. Sebagai contoh, dalam penelitian oleh Oktavia et al., penggunaan fungsi ini pada *Google Earth* menghasilkan luas sebuah sekolah menjadi 0,47 hektar (Malinda et al., 2024). Kemampuan untuk menentukan luas dengan presisi tinggi ini sangat krusial dalam perencanaan dan penempatan PLTS, di mana setiap meter persegi dapat berpengaruh pada efisiensi tenaga yang dihasilkan.

Selain fitur dasar tersebut, *Google Earth* juga memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan data geografis secara komprehensif dengan memanfaatkan

teknologi informasi dan pemetaan geografis. Menurut Putri dan Nazhifah, Google Earth memberikan fitur digitasi yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan informasi dalam bentuk titik, garis, atau poligon, yang semuanya dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan merencanakan lokasi pemasangan PLTS (Putri & Nazhifah, 2022). Fitur ini memungkinkan pengguna untuk melihat konteks geospasial dari lokasi yang ditentukan, memperhitungkan faktor-faktor seperti sinar matahari, kemiringan tanah, dan kedekatan dengan infrastruktur lainnya.

## **8. Laboratorium Terpadu**

Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun terletak di Jl. bab Suwarno, Kanigoro, Madiun, Jawa Timur, Indonesia. Lokasi ini strategis karena berada di pusat kota Madiun, yang memudahkan akses bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti. Dengan koordinat geografis  $7^{\circ}37'12''\text{LS}$  dan  $111^{\circ}33'45''\text{BT}$ , laboratorium ini berada pada elevasi sekitar 65 meter di atas permukaan laut. Lingkungan sekitar laboratorium didominasi oleh bangunan pendidikan dan fasilitas umum, yang menciptakan suasana akademik yang kondusif. Madiun memiliki iklim tropis dengan radiasi matahari harian rata-rata sekitar  $5,2 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$  dan lebih dari 2.600 jam sinar matahari per tahun (Globalsolaratlas.info, 2025), lokasi ini sangat ideal untuk memanfaatkan energi matahari. Hal ini memungkinkan sistem PLTS untuk beroperasi secara optimal dan menghasilkan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik laboratorium. Dengan lokasi yang strategis dan kondisi lingkungan yang mendukung, Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun memiliki potensi besar untuk pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Penerapan PLTS tidak hanya akan mengurangi biaya operasional listrik, tetapi juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan dan pengurangan jejak karbon institusi.

## B. Analisa Teknik

### a. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan Panel (*Wattpeak*)

Untuk menentukan besar daya yang dibangkitkan oleh Panel (*Wattpeak*) dari perhitungan area *array* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{Wattpeak} : area_{array} \times PSI \times \eta_{pv} \quad 2.1$$

Dimana :

$P_{Wattpeak}$  : Besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*)

$PSI$  : *Peak Sun Insolation* adalah 1000 W/m<sup>2</sup>

$\eta_{pv}$  : Efisiensi Panel

(Syamsudin et al., 2017)

### b. Menghitung Jumlah Panel Surya

Untuk menghitung jumlah panel surya yang akan dipasang, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Jumlah\ Panel\ Surya : \frac{P_{Wattpeak}}{P_{mpp}} \quad 2.2$$

Dimana :

$P_{Wattpeak}$  : Daya maksimum panel surya (Wp)

$P_{mpp}$  : Daya yang dihasilkan (Wp)

(Syamsudin et al., 2017)

### c. Konversi kWh ke rupiah

Untuk mengkonversi kWh ke rupiah dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Biaya\ Listrik = Konsumsi\ Listrik\ (kWh) \times Tarif\ Listrik\ (Rp / kWh) \quad 2.3$$

(Sunenergy.com, 2024)

### **C. Kajian Empiris**

#### **1. Potensi Pembangkit Listrik Alternatif Tenaga Surya Di Atap Kampus Lombok Institute Of Technology Kabupaten Lombok Timur (Hermawan & Juherwin, 2024)**

Penelitian ini secara empiris mengeksplorasi potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap di Kampus Lombok Institute of Technology (LIT) untuk memenuhi kebutuhan energi listrik Yayasan AS-SYAMIL. Melalui observasi lapangan yang meliputi pengukuran luas atap dan observasi penggunaan listrik, serta simulasi menggunakan aplikasi PVsyst 7.3, ditemukan bahwa dengan 36 modul surya, kebutuhan energi harian sebesar 96.164 kWh/m<sup>2</sup>/hari dapat terpenuhi. Data meteonorm 8.1 digunakan untuk menentukan orientasi kemiringan modul yang optimal (15 derajat menghadap utara) dan mengidentifikasi kondisi meteorologi lokal seperti Global Horizontal Irradiance (GHI) rata-rata tahunan 5.58 kWh//hari. Sistem yang dirancang menggunakan 36 unit modul surya 540 Wp (total 19.44 kWp), 3 unit SCC MPPT, dan 54 unit baterai Li-Ion 13V 100Ah (total 77V 927Ah). Hasil simulasi menunjukkan Performance Ratio (PR) sebesar 0.880 dan Solar Fraction (SF) sebesar 1.000, mengindikasikan efisiensi tinggi dan kemampuan sistem untuk sepenuhnya mengandalkan energi matahari, sehingga dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk kebutuhan energi listrik di lokasi tersebut.

#### **2. Simulasi Sistem PLTS Atap dan Harga Satuan Energi Listrik untuk Skala Rumah Tangga di Surabaya (Tarigan, 2022)**

Jurnal ini membahas simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap untuk skala rumah tangga di Surabaya, dengan tujuan memberikan

gambaran penggunaan PLTS atap sesuai regulasi, mengetahui potensi daya dan energi keluaran, serta memperkirakan harga satuan energi listriknya. Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak SolarGIS Pvplanner menunjukkan bahwa sistem PLTS atap berkapasitas 3 kWp di Surabaya dapat menghasilkan rata-rata 13 kWh energi harian, atau sekitar 4200 kWh per tahun, yang mampu memenuhi hingga 90% kebutuhan listrik rumah tangga dengan tagihan sekitar Rp 600.000 per bulan. Estimasi harga satuan listrik PLTS atap berkisar antara 0,08 USD hingga 0,11 USD per kWh, yang dianggap seimbang dengan harga listrik PLN, menunjukkan potensi PLTS atap sebagai solusi energi terbarukan yang layak dan mendukung keberlanjutan energi nasional.

### **3. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Menggunakan Sam Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo (Ishak et al., 2025)**

Jurnal ini membahas perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop di Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo menggunakan simulasi System Advisor Model (SAM). Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia dan mendukung target Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk elektrifikasi 100% pada tahun 2025, dengan memanfaatkan potensi energi surya di Gorontalo yang dekat dengan garis khatulistiwa. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTS berkapasitas 192,004 kWp, terdiri dari 480 modul surya 400 Wp dan 4 inverter 40 kWac, dapat menghasilkan energi AC tahunan sebesar 335.844 kWh. Pemasangan PLTS ini diperkirakan dapat menghemat konsumsi energi listrik gedung Fakultas Teknik dari

921.037,35 kWh/tahun menjadi 585.193 kWh/tahun, menunjukkan potensi besar PLTS rooftop dalam mengurangi konsumsi energi dan mendukung kemandirian energi.

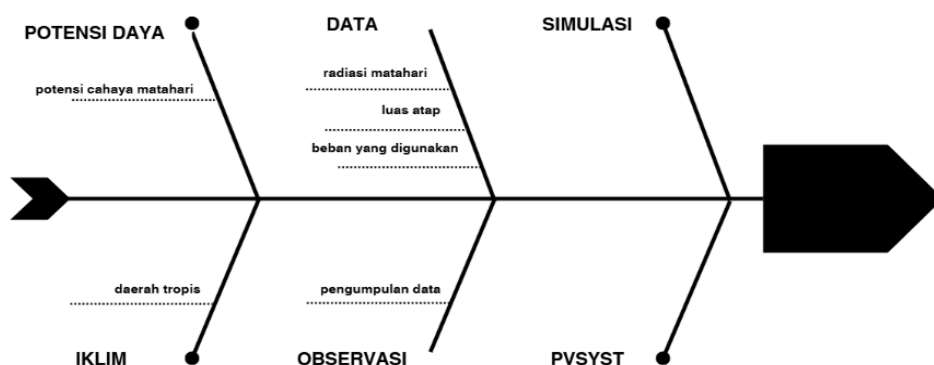
#### **4. Grid Connected Roof Top Solar Power Generation: A Review (Jaipur, 2014)**

Studi ini melakukan evaluasi potensi besarnya India dalam pembangkitan tenaga surya, khususnya melalui sistem fotovoltaik (PV) atap yang terhubung ke jaringan. Dengan target 20 GW instalasi surya pada tahun 2022 di bawah Jawaharlal Nehru National Solar Mission (JNNSM), India memiliki potensi energi surya yang melimpah, dengan sekitar 5.000 triliun kWh per tahun. Sistem PV atap menawarkan keuntungan signifikan seperti kemudahan instalasi dan pemeliharaan, masa pakai 25 tahun, serta kemampuan untuk meningkatkan stabilitas jaringan dan mengurangi kerugian. Berbagai inisiatif pemerintah, termasuk target 40.000 MWp sistem surya atap interaktif jaringan oleh Kementerian Energi Baru dan Terbarukan (MNRE) dan subsidi 30% melalui Solar Energy Corporation of India (SECI), menunjukkan komitmen untuk mendorong adopsi teknologi ini. Selain itu, kebijakan di berbagai negara bagian seperti Rajasthan, Gujarat, dan Tamil Nadu, yang mencakup skema net metering dan insentif lainnya, semakin mendukung pengembangan proyek surya atap. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2014, 285 proyek atap telah dikomisikan, dengan Tamil Nadu memiliki proyek atap terbesar sebesar 50 MW, dan total kapasitas terpasang di segmen industri dan komersial mencapai 173 MW, mengindikasikan pertumbuhan yang signifikan dalam pemanfaatan energi surya atap di India.

## 5. Power quality analysis of the grid-connected PV system using microinverter (Cuong & Y, 2020)

Penelitian ini menganalisis kualitas daya sistem PV terhubung grid skala kecil yang menggunakan mikroinverter, yang semakin populer di rumah tangga karena biaya perawatan yang rendah, kemudahan instalasi, dan operasi yang ramah lingkungan. Meskipun sistem ini menawarkan banyak keuntungan, hasil eksperimen menunjukkan adanya pelanggaran norma kualitas daya, khususnya terkait tegangan dan harmonisa. Tegangan sistem teramati melebihi batas yang diizinkan (246V dibandingkan 242V), dan nilai rata-rata Total Harmonic Distortion (THD) tegangan (7,7%) melampaui standar yang ditetapkan (6,5%). Pelanggaran ini mengindikasikan bahwa sistem PV terhubung grid dengan mikroinverter dapat menurunkan kualitas daya sistem kelistrikan secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan dan solusi yang efektif dari para manajer dan operator untuk mengelola dan meningkatkan kualitas daya pada sistem kelistrikan yang terhubung dengan sumber daya PV.

### D. Kerangka Berpikir



Gambar 2. 4 Fishbone Diagram

Sumber : Dokumen Pribadi

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengkaji studi literatur dari berbagai jurnal yang sesuai dengan penelitian ini melalui internet. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi daya yang dihasilkan oleh PLTS.

### **E. Hipotesis**

Hipotesis adalah dugaan sementara yang perlu adanya pembuktian kebenarannya.

Hipotesis pada penelitian ini meliputi:

1.  $H_a^0$  : Terdapat potensi daya pada pemasangan PLTS Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.  
 $H_a^1$  : Tidak terdapat potensi pada pemasangan PLTS Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.
2.  $H_b^0$  : Terdapat penghematan biaya listrik setelah pemasangan PLTS pada atap Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.  
 $H_b^1$  : Tidak terdapat penghematan biaya listrik setelah pemasangan PLTS pada atap Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.
3.  $H_c^0$  : PLTS dapat memenuhi beban daya Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.  
 $H_c^1$  : PLTS tidak dapat memenuhi beban daya Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Madiun.