

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketidakmampuan kebutuhan akan pasokan energi listrik menjadi faktor krusial dalam kehidupan manusia. Permintaan energi listrik di Indonesia terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi dan ekonomi nasional yang terus berkembang. Data yang diperoleh dari kementerian ESDM pada tahun 2023 realisasi konsumsi listrik rata-rata mencapai 1.285 kWh/kapita, angka ini meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada tahun 2022 [1]. Kementerian ESDM menyampaikan bahwa tahun 2024 konsumsi energi listrik ditargetkan mencapai 1.408 kWh/kapita [1]. Indonesia masih banyak menggunakan bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan energinya, sehingga peralihan ke sumber energi baru terbarukan (EBT) sangat diperlukan untuk memastikan tersedianya energi di masa depan [2].

Salah satu sumber energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia diantara sumber energi lainnya adalah energi surya. Potensi sumber energi terbarukan di Indonesia sangat signifikan yaitu lebih dari 3.600 GW, Potensi energi surya di Indonesia lebih dari 3,200 GW tetapi baru dimanfaatkan hanya sekitar 200 MW [3]. Energi surya dapat dimanfaatkan dengan mengkonversinya menjadi energi listrik melalui penggunaan modul surya sebagai PLTS. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terbagi menjadi tiga kategori, yakni *off-grid*, *on-grid*, dan *hybrid*.

Jawa timur merupakan wilayah yang memiliki potensi energi terbesar di pulau jawa, dengan rata-rata lama penyinaran 4 jam perhari. Jawa timur juga memiliki potensi kapasitas listrik mencapai 117,2 GWp yang dapat dimanfaatkan sebagai PLTS. PT PLN (Persero) mencatat penjualan pada 2023 mencapai 20,2 GWh, hal ini menandai semakin tumbuh pesatnya perekonomian di Jawa Timur. Pada Juni 2023, sektor bisnis mengalami pertumbuhan 7,11% *Year on Year* (YoY) dengan jumlah 721 ribu lebih pelanggan [4].

Paiton merupakan sebuah kecamatan yang terdapat di Kabupaten Probolinggo yang memiliki pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) terbesar se Asia Tenggara berkapasitas 4.600 MW untuk penyuplai listrik pulau jawa dan bali [5]. PLTU ini menggunakan bahan bakar batu bara yang tidak ramah lingkungan dan

tidak dapat diperbaharui sehingga butuh adanya pengembangan pembangkit listrik yang lebih ramah lingkungan. Pemerintah merencanakan penutupan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) pada tahun 2050, transisi energi menjadi salah satu strategi Indonesia dalam membangun ekonomi hijau di Indonesia [6].

PLTS yang terletak di Paiton dirancang menggunakan sistem *on-grid* yang tidak hanya mengandalkan energi matahari untuk memasok daya, tetapi terkoneksi dengan jaringan PLN dan PLTU Paiton. Perancangan sistem pembangkit yang akan dibangun menggunakan *software* PVsyst dan Homer. Daya yang dihasilkan oleh PLTS dapat digunakan untuk menghemat konsumsi energi harian pembangkit eksiting khususnya pada siang hari.

Perancangan PLTS diperlukan penelitian yang lebih mendalam terkait aspek yang diperlukan dalam perancangan PLTS Paiton. Penelitian berfokus pada aspek teknis dan aspek ekonomi. Aspek teknis ini melibatkan identifikasi peralatan yang diperlukan untuk konstruksi PLTS di Paiton, yang akan disesuaikan dengan kapasitas yang dibutuhkan serta kondisi lingkungan di wilayah tersebut. Dalam konteks ekonomi, dilakukan penilaian terhadap keseluruhan biaya yang terlibat dalam pembangunan PLTS dan melakukan analisis kelayakan investasi untuk menentukan apakah pelaksanaan proyek pembangunan PLTS tersebut dapat dijustifikasi atau tidak.

1.2. Tinjauan Penelitian Sejenis

Tinjauan penelitian sejenis adalah cara penegasan terhadap penelitian yang sudah ada sebelumnya yang akan diambil daripada dalam elaborasi pembuatan proposal penelitian ini. Dalam tahap ini, penelitian dilakukan secara lugas untuk memahami alasan yang mendasari mengapa penelitian tersebut dilakukan. Tabel 1.1 merupakan referensi penelitian jurnal sejenis yang dilakukan peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Daftar referensi penelitian terdahulu.

JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
Analisis Desain PLTS Atap <i>Tipe Gable Roof</i> menggunakan Metode <i>Weight Score</i> .	Nurul Maghfiroh, Martin Choirul Fatah, dan Zico Alaia Akbar.	2023
Studi Perancangan PLTS <i>ON-GRID</i> 1200WP ditinjau Teknik dan Ekonomis di Pondok Pesantren Tanbihul Ghofilin Banjarnegara.	Jaka Windarta, Denis, Ayu Inka Avinda, Irfan Arif Kusuma, Ali Firmansyah	2022
<i>PVsyst-Based Solar Power Plant Planning</i> .	M. Alif Anrizal Akbar, A.M.Shiddiq Yunus, Jumandi Tangko	2022
Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Baterai dan Terhubung <i>Grid</i> di Nias, Sumatera Utara.	Noer Soedjarwanto, Endah Komalasari, Syuja Asyraf Fardhan.	2021
<i>Economic Analysis of Solar Photovoltaic Power Plant Planning at Taman Melati Depok Apartment.</i>	Romadhona, Rinaldy Dalimi.	2023

Penelitian Nurul Maghfiroh dkk berfokus pada instalasi sistem PV di atap gedung kantor PT. PLN (Persero) UPT Cirebon di Indonesia [7]. Desain sistem PV dioptimalkan menggunakan perangkat lunak bernama PVSOL, dan tiga skenario diuji: menggunakan 13 *inverter*, menggunakan 9 *inverter*, dan mengoptimalkan sudut dengan 9 *inverter*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario optimal (skenario 3) menghasilkan produksi energi tahunan sebesar 386.934,28 kWh, dengan rasio kinerja sebesar 83,80%. Energi yang dihasilkan adalah 205,87 kWh per hari, yang dapat diekspor ke jaringan listrik. Dari segi ekonomi, skenario 3 dianggap layak dengan nilai nilai sekarang bersih (NPV) sebesar Rp.

1.837.396.875, periode pengembalian modal selama 10 tahun dan 12 hari, dan tingkat pengembalian internal (IRR) sebesar 14,22%. Selain itu, instalasi sistem PV atap ini berpotensi mengurangi emisi sebesar 280.498,00 kg CO_2 dari pembangkitan energi.

Penelitian Jaka Windarta dkk membahas tentang analisis teknis dan ekonomis PLTS *on-grid* [8]. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak PVsyst 7.2 dan *RetScreen* untuk merancang pembangkit listrik tenaga surya dan mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonominya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki rasio kinerja sebesar 81,8% dan nilai sekarang bersih sebesar Rp 14.182.202 dengan periode pengembalian modal selama 11,6 tahun. Jurnal ini juga menyoroti permintaan listrik yang terus meningkat dan potensi energi surya sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia.

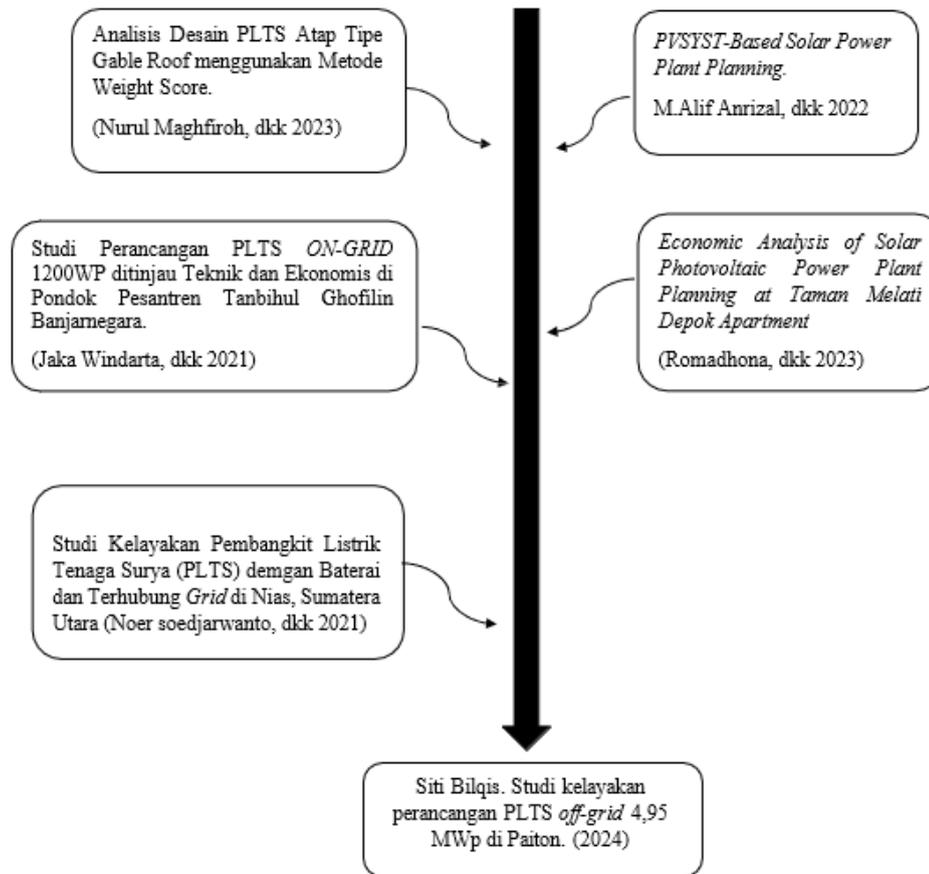
Penelitian M. Alif Anrizal Akbar dkk menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk merancang sistem *Solar Power Plant (SPP) off-grid* di Gedung Auditorium di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang dan menentukan kapasitas pembangkitan listrik [9]. Perangkat lunak tersebut digunakan untuk menghitung pembangkitan energi listrik yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik harian sebesar 482 kWh. Modul panel surya yang dipilih adalah tipe polikristalin, khususnya model CS3W-410P-HE dari Canadian Solar Inc, dengan daya nominal 410 WP. Sistem ini mencakup 422 modul, yang diatur dalam 2 seri dan 211 paralel. Baterai yang digunakan adalah tipe asam timbal dengan model 12-CS-11PS dari *Rolls*, sebanyak 195 baterai yang diatur dalam 3 seri dan 64 paralel. Desain juga memerlukan 50 unit pengontrol, menggunakan model FLEXmax 80-36V dari *Outback*, yang menggunakan teknologi MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). Dengan menggunakan PVsyst untuk merancang *Solar Power Plant* di Gedung Auditorium Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang, diperkirakan akan menghasilkan 227.122 kWh listrik setiap tahun.

Penelitian Noer Soedjarwanto dkk berfokus pada studi kelayakan pembangkit listrik tenaga surya dengan penyimpanan baterai dan koneksi ke *grid* [10]. Penelitian bertujuan untuk memaksimalkan potensi energi surya di Nias dengan mengembangkan dan mengevaluasi kelayakan sistem *hybrid* yang

menggabungkan pembangkit listrik *eksiting*, pembangkit listrik tenaga surya, dan baterai. Kapasitas terpasang dari sistem pembangkit listrik tenaga surya direncanakan sebesar 22,6 MWp dengan kapasitas baterai sebesar 28 MWh. Studi ini juga mempertimbangkan degradasi sistem pembangkit listrik tenaga surya, yang diperkirakan sebesar 0,55% per tahun. Konfigurasi yang berbeda dari sistem pembangkit listrik tenaga surya, seperti *standalone*, *battery smoothing*, dan *microgrid interactive*, juga dibahas.

Penelitian Romadhona, Rinaldy Dalimi menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk merancang sistem *Solar Power Plant (SPP) off-grid* [11]. pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berbasis panel surya di atap untuk memenuhi kebutuhan listrik bangunan hunian, khususnya Apartemen Taman Melati. Studi ini berfokus pada analisis teknis-ekonomi PLTS, dengan mempertimbangkan faktor seperti paparan radiasi matahari, luas atap, kapasitas yang dihasilkan, dan produksi energi. Studi ini juga menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk pemodelan dan simulasi, serta perhitungan manual untuk analisis ekonomi. Selain itu, studi ini bertujuan untuk berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi emisi karbon dan memenuhi target pengurangan emisi pemerintah.

Berdasarkan hasil tinjauan literatur terhadap beberapa penelitian tentang studi perancangan kelayakan PLTS. Pada penelitian sebelumnya menganalisis perencanaan PLTS skala perumahan dan industri seperti Gedung perkantoran ataupun beban rumah tinggal, kemudian perancangan hanya digunakan dengan *software* PVsyst, dan menggunakan metode kuantitatif serta pengumpulan data yang hasil akhirnya akan dihitung dan dianalisis. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu melakukan perancangan PLTS dengan sistem *off-grid* di Paiton dengan menggunakan dua buah *software* yaitu Homer dan PVsyst yang nantinya akan dianalisis perancangan yang paling layak untuk diimplementasikan. Penelitian ini juga akan menghasilkan PLTS dengan kapasitas 4,95 MWp. Gambar 1.1 merupakan hubungan penelitian yang dijadikan acuan referensi pada penelitian ini.



Gambar 1. 1 Hubungan penelitian.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, terdapat beberapa rumusan masalah yang dapat dirumuskan diantaranya:

1. Bagaimana rancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Paiton di Jawa Timur dengan mempertimbangkan aspek teknis?
2. Bagaimana pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Paiton di Jawa Timur dapat mengoptimalkan penghematan energi pada pembangkit eksisting terutama pada siang hari?
3. Bagaimana analisis ekonomi dan kelayakan investasi dari perancangan PLTS Paiton di Jawa Timur?

1.4. Tujuan dan Manfaat

1.4.1. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang ada, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengidentifikasi teknis perancangan sistem PLTS Paiton di Jawa Timur
2. Mengevaluasi efisiensi energi kemampuan PLTS Paiton di Jawa Timur dengan pembangkit eksiting pada siang hari
3. Menganalisis biaya produksi dan investasi kelayakan perencanaan pembangunan PLTS

1.4.2. Manfaat

1. Manfaat akademis dalam penelitian ini adalah menambah pengetahuan dan pengembangan pengetahuan pada konsentrasi Teknik Tenaga Listrik dalam ranah energi terbarukan dalam penerapan PLTS dalam utilitas.
2. Manfaat praktis dalam penelitian ini adalah mengetahui perancangan PLTS Paiton dan kelayakan investasi perancangan PLTS dalam upaya transisi energi dari fosil ke energi terbarukan.

1.5. Batasan Masalah

Untuk mencegah terjadinya banyak penelitian yang tidak tepat dan membatasi masalah yang akan meluas, maka penelitian ini membutuhkan batasan masalah. Oleh karena itu, batasan masalah harus dirancang agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih tepat dan bermakna. Berikut ini adalah batasan masalah penelitian:

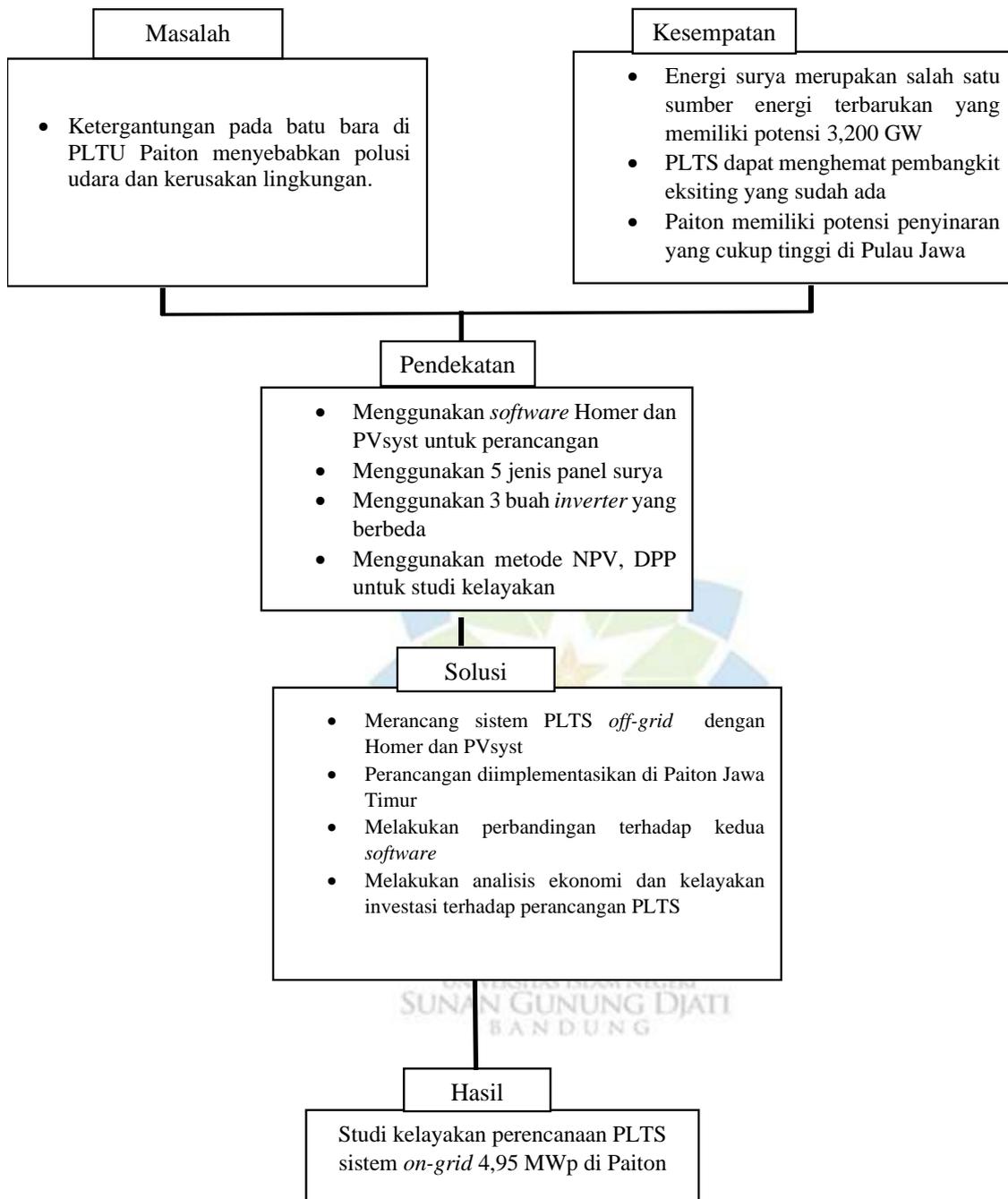
1. Studi kasus ini difokuskan pada analisis perancangan teknis dan analisis kelayakan biaya investasi pada perancangan PLTS di Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Provinsi Jawa Timur.
2. Data radiasi matahari dan iklim didapatkan dari *website* resmi BMKG.
3. Simulasi perancangan teknis menggunakan *software* Homer dan PVsyst.
4. Pembahasan pada aspek teknis meliputi jumlah komponen utama yang dibutuhkan untuk merancang PLTS Paiton dengan sistem *on-grid*.

5. Pembahasan pada aspek ekonomi meliputi biaya produksi energi dan analisis kelayakan investasi perancangan PLTS Paiton dengan sistem *on-grid*
6. Data yang digunakan diperoleh dari PT Energi Entelemi Indonesia sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.
7. Data peralatan yang tidak diperoleh dari PT Energi Entelemi Indonesia menggunakan konstanta yang ada pada simulasi PVsyst atau Homer.

1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir menggambarkan urutan logis yang menyajikan penjelasan sistematis mengenai solusi yang diantisipasi terhadap permasalahan penelitian, dengan pendekatan yang diperlukan untuk "Studi Kelayakan Perancangan PLTS sistem on-grid 4,95 MWp di Paiton". Secara garis besar, kerangka berpikir penelitian ini dijelaskan pada gambar 1.2.





Gambar 1. 2 Alur kerangka berpikir.

1.7. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Penulisan tugas akhir dimulai dari bab 1. Latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, tinjauan penelitian terkait, kerangka berpikir, dan

sistematika penulisan merupakan elemen-elemen paling penting dari awal proses penulisan yang dicantumkan dalam bab ini. Bab ini merupakan awal penulisan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan elemen paling penting yang perlu diketahui sebelum memulai penelitian dibahas dalam bab ini, serta cara mempelajari teori yang menghubungkan dan mendukung studi kasus tentang kelayakan pembangunan PLTS, seperti teori tentang PLTS, Jenis- jenis PLTS, komponen utama PLTS, kapasitas komponen PLTS, potensi energi surya yang berada di Indonesia, analisis kelayakan biaya investasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mencakup diagram alir dan langkah-langkah proses yang sistematis untuk mengatasi permasalahan dalam penelitian, dengan tujuan mendapatkan hasil yang diinginkan dan mengimplementasikannya pada penelitian studi kasus kelayakan perancangan PLTS.

BAB IV PERANCANGAN

Bab ini berisi uraian tentang skema rancangan sistem PLTS dengan 15 skenario.

BAB V HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisikan tentang semua pengujian dan simulasi mengenai sistem PLTS yang dirancang serta analisis dari sistem PLTS.

BAB VI PENUTUP

Bab terakhir merupakan bagian penutup dari penelitian. Pada bagian ini akan dijelaskan kesimpulan hasil penelitian beserta saran-saran untuk penelitian berikutnya.