

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik adalah kebutuhan fundamental dalam kehidupan modern, tetapi masih banyak daerah di dunia yang menghadapi keterbatasan akses listrik yang andal dan berkelanjutan. Berdasarkan data International Energy Agency tahun 2023, sekitar 770 juta orang di dunia masih belum memiliki akses listrik, terutama di wilayah pedesaan dan terpencil. Di Indonesia, meskipun rasio elektrifikasi telah mencapai 99,6% pada tahun 2023, tantangan dalam penyediaan listrik yang stabil dan berkelanjutan masih ada, terutama di daerah terpencil. Salah satu contoh daerah yang mengalami tantangan ini adalah Desa Sungai Raja di Sumatera Utara, di mana keterbatasan jaringan listrik memaksa masyarakat bergantung pada genset berbahan bakar diesel yang mahal dan kurang ramah lingkungan [1].

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar dan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan akses listrik di daerah terpencil. Menurut laporan Kementerian ESDM tahun 2023, total potensi energi surya di Indonesia mencapai 207,8 GW, sementara potensi tenaga angin diperkirakan sebesar 60,6 GW[2]. Sumatera Utara memiliki potensi energi surya dan angin yang cukup tinggi, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari mencapai 4,5–5,0 kWh/m²/hari serta kecepatan angin berkisar antara 3–6 m/s. Dengan potensi ini, pengembangan sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan menjadi solusi yang realistik untuk meningkatkan akses listrik di daerah yang belum terjangkau oleh jaringan PLN [2].

Desa Sungai Raja merupakan salah satu daerah yang masih mengalami kendala dalam akses listrik yang berkelanjutan. Terbatasnya jaringan listrik PLN membuat masyarakat bergantung pada genset berbahan bakar diesel yang memiliki biaya operasional tinggi dan dampak lingkungan yang signifikan. Selain itu, pasokan bahan bakar sering kali terbatas dan harganya tidak stabil, sehingga meningkatkan ketidakpastian ketersediaan listrik. Oleh karena itu, pengembangan sistem pembangkit listrik berbasis energi surya dan angin menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ekonomis.

Meskipun energi terbarukan memiliki banyak manfaat, terdapat berbagai tantangan dalam implementasinya, terutama di daerah terpencil. Salah satu tantangan utama adalah biaya investasi awal yang tinggi untuk pengadaan panel surya, turbin angin, dan sistem penyimpanan energi. Selain itu, variabilitas pasokan energi akibat perubahan cuaca menjadi faktor yang perlu diperhitungkan, mengingat radiasi matahari dan kecepatan angin dapat berfluktuasi sepanjang hari. Keterbatasan infrastruktur, seperti sistem penyimpanan baterai dan jaringan distribusi lokal, juga memengaruhi keberhasilan implementasi sistem hybrid di daerah terpencil [3].

Untuk mengoptimalkan sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan, diperlukan studi kelayakan yang menganalisis berbagai kombinasi sumber energi secara efisien. Salah satu perangkat lunak yang umum digunakan dalam analisis sistem hybrid adalah HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) [4]. Software ini memungkinkan pengguna melakukan simulasi dan optimasi sistem energi hybrid berdasarkan parameter teknis dan ekonomi. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan HOMER dapat menghasilkan konfigurasi sistem yang optimal dengan mempertimbangkan faktor biaya, keandalan, dan keberlanjutan lingkungan [5].

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait optimasi sistem hybrid berbasis HOMER untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik di daerah terpencil. Misalnya, penelitian oleh Khanali et al, menunjukkan bahwa sistem *hybrid* dapat mengurangi ketergantungan terhadap jaringan utama hingga 40% di daerah perumahan. Sementara itu, penelitian oleh Okonkwo et al, menemukan bahwa kombinasi pembangkitan listrik dan hidrogen dalam sistem hybrid dapat menekan biaya energi hingga \$0.12/kWh . Yaqoob et al, juga melakukan studi yang menunjukkan bahwa kombinasi PV dan baterai menghasilkan biaya energi paling rendah untuk komunitas terpencil di Irak . Meskipun banyak penelitian telah dilakukan, masih terdapat kesenjangan yang perlu diatasi. Salah satu kesenjangan utama adalah minimnya studi di wilayah tropis seperti Indonesia, di mana karakteristik radiasi matahari dan pola angin berbeda dibandingkan dengan negara lain. Selain itu, analisis spesifik untuk daerah terpencil di Indonesia, seperti Desa Sungai Raja, masih terbatas, meskipun memiliki kondisi geografis dan sosial

ekonomi yang unik. Belum banyak penelitian yang berfokus pada analisis ekonomi jangka panjang, termasuk estimasi biaya siklus hidup (LCOE) dan strategi pembiayaan optimal untuk implementasi sistem *hybrid* di daerah terpencil [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan studi kasus spesifik di Desa Sungai Raja. mempertimbangkan kondisi geografis dan kebutuhan energi lokal, penelitian ini akan mengoptimalkan kombinasi sumber daya energi terbarukan menggunakan HOMER untuk mencapai efisiensi tertinggi dengan biaya yang paling ekonomis. Selain itu, analisis ekonomi jangka panjang akan dilakukan, termasuk estimasi biaya investasi, biaya operasi, serta potensi penghematan biaya dalam jangka waktu tertentu. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi sistem pembangkit listrik tenaga surya dan angin di Desa Sungai Raja. Selain itu, penelitian ini akan mengoptimalkan kombinasi sumber daya energi terbarukan guna meningkatkan efisiensi sistem *hybrid*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam pengembangan energi terbarukan di daerah terpencil. Secara teoretis, penelitian ini menyediakan wawasan baru dalam optimasi sistem *hybrid* berbasis HOMER di wilayah tropis, khususnya di Indonesia. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi konkret bagi pemerintah daerah dan masyarakat dalam pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem energi *hybrid* di daerah terpencil lainnya. Sistem pembangkit listrik *hybrid* yang menggabungkan tenaga surya dan angin memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik konvensional. Salah satu keunggulan utama adalah diversifikasi sumber energi, yang memungkinkan sistem tetap beroperasi meskipun salah satu sumber mengalami penurunan produksi. Kombinasi panel surya dan turbin angin juga dapat meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan karena energi matahari lebih tersedia pada siang hari, sementara kecepatan angin sering kali lebih tinggi pada malam hari [7].

Salah satu aspek penting dalam sistem energi *hybrid* adalah teknologi penyimpanan energi, terutama baterai. Penelitian oleh Munther et al, menunjukkan bahwa integrasi sistem penyimpanan energi dapat meningkatkan keandalan dan

stabilitas sistem. Dengan menggunakan HOMER, berbagai konfigurasi penyimpanan energi dapat dianalisis untuk menentukan kombinasi yang paling efisien secara teknis dan ekonomis. Kebijakan dan regulasi juga berperan penting dalam pengembangan energi terbarukan. Menurut laporan IRENA tahun 2023, kebijakan insentif seperti *feed-in tariff* (FiT) dan subsidi dapat meningkatkan adopsi energi terbarukan. Di Indonesia, pemerintah telah mengeluarkan berbagai kebijakan terkait energi hijau, termasuk Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik [8].

Beberapa negara telah berhasil mengimplementasikan sistem pembangkit listrik hybrid di daerah terpencil. Misalnya, penelitian oleh Rajbongshi dan Rajkumari di India menunjukkan bahwa sistem hybrid mampu menyediakan listrik yang stabil dengan biaya lebih rendah dibandingkan genset berbahan bakar fosil. Di Ghana, penelitian Yakubu et al, menemukan bahwa kombinasi panel surya, turbin angin, dan baterai dapat mengurangi biaya energi hingga 30% dibandingkan sistem berbasis diesel. Dengan berbagai tantangan dan peluang yang ada, sistem hybrid berbasis energi terbarukan menjadi solusi potensial untuk meningkatkan akses listrik di daerah terpencil. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian menegenai **”Analisa Kelayakan Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Angin Menggunakan Software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) di Desa Sungai Raja, Sumatera Utara”** yang diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, mendukung kebijakan energi nasional, serta memberikan manfaat langsung bagi masyarakat di daerah tersebut [9].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas , dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana konfigurasi optimal sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan angin menggunakan perangkat lunak HOMER di desa sungai raja?
2. Seberapa besar dampak implementasi sistem pembangkit listrik *hybrid* terhadap efisiensi biaya energi dan ketahanan pasokan listrik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi dan menganalisis konfigurasi optimal sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan angin di Desa Sungai Raja dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan menggunakan perangkat lunak HOMER.
2. Mengevaluasi dampak implementasi sistem pembangkit listrik *hybrid* terhadap efisiensi biaya energi, ketahanan pasokan listrik, serta pengurangan emisi karbon dibandingkan dengan sistem berbasis genset diesel untuk memberikan rekomendasi kebijakan terkait pengembangan energi terbarukan di daerah terpencil.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat membantu meningkatkan akses listrik bagi masyarakat di Desa Sungai Raja, yang pada gilirannya dapat mendukung kegiatan ekonomi, pendidikan, dan kesehatan masyarakat setempat.
2. Dengan mengintegrasikan sumber energi terbarukan, penelitian ini memberikan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan energi, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
3. Dengan menggunakan software HOMER, penelitian ini dapat membantu dalam mengoptimalkan konfigurasi sistem pembangkit listrik *hybrid*, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasional.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak mencakup energi terbaru lainnya.
2. Penelitian ini berbasis dari hasil perhitungan software homer.
3. Penelitian ini hanya mencakup faktor teknis dan ekonomi .
4. Penelitian ini hanya menggunakan sistem off-grid

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini penulis mengulas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori yang dan persamaan yang digunakan dalam menyelesaikan penulisan

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode yang akan digunakan dalam penulisan dan juga sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil yang didapatkan penulis dalam melaksanakan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran pada skripsi dari si penulis.