

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Gili Ketapang merupakan salah satu pulau kecil yang terletak di Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Sebagai wilayah kepulauan, Pulau Gili Ketapang memiliki keterbatasan dalam akses infrastruktur, khususnya dalam penyediaan energi listrik yang andal dan berkelanjutan (Jatayu *et al.*, 2024). Hingga saat ini, sebagian besar kebutuhan listrik masyarakat masih bergantung pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil ini menimbulkan berbagai permasalahan, baik dari sisi ekonomi, teknis, maupun lingkungan.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, sekitar 60% kebutuhan listrik di Pulau Gili Ketapang masih dipenuhi oleh pembangkit diesel. Penggunaan PLTD memiliki beberapa kelemahan utama, antara lain biaya operasional yang tinggi akibat fluktuasi harga bahan bakar minyak (BBM), biaya distribusi bahan bakar ke wilayah pulau yang relatif mahal, serta tingkat efisiensi yang rendah (Sihombing, Erivianto and Dalimunthe, 2025). Selain itu, penggunaan diesel juga menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan dan perubahan iklim global. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi masyarakat, kebutuhan energi listrik di Pulau Gili Ketapang terus mengalami peningkatan. Hal ini menuntut adanya sistem penyediaan energi yang tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan saat ini, tetapi juga berkelanjutan untuk jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan alternatif solusi energi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis. Salah satu solusi yang potensial adalah penerapan sistem

pembangkit listrik tenaga *hybrid*, yaitu kombinasi antara pembangkit listrik tenaga diesel dengan pembangkit listrik tenaga surya atau *photovoltaic* (PV). Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4–5 kWh/m² per hari, sehingga sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, khususnya di wilayah kepulauan seperti Gili Ketapang (La Ode Ahmad Barata, 2025).

Sistem *hybrid* diesel *photovoltaic* memiliki keunggulan dalam menggabungkan keandalan pembangkit diesel sebagai sumber energi utama atau cadangan dengan energi surya sebagai sumber energi terbarukan yang bersih dan berkelanjutan. Dengan adanya sistem ini, penggunaan bahan bakar diesel dapat dikurangi secara signifikan, sehingga dapat menekan biaya operasional serta mengurangi emisi gas buang. Selain itu, sistem *hybrid* juga mampu meningkatkan keandalan sistem kelistrikan karena dapat bekerja secara fleksibel sesuai dengan kondisi beban dan ketersediaan energi matahari (Prayogi, T and T, 2020).

Menurut penelitian Khomara (2026), penerapan sistem *hybrid* diesel–*photovoltaic* mampu mengurangi konsumsi bahan bakar fosil hingga lebih dari 30%, serta meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Komara and Mahardika, 2026). Selain itu, sistem ini juga dinilai lebih ekonomis dalam jangka panjang meskipun membutuhkan investasi awal yang relatif besar. Namun demikian, penerapan sistem *hybrid* tidak dapat dilakukan tanpa kajian yang mendalam. Diperlukan analisis kelayakan yang mencakup aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan untuk memastikan bahwa sistem tersebut benar-benar sesuai dengan kondisi dan kebutuhan di Pulau Gili Ketapang. Analisis ini penting untuk menentukan konfigurasi

sistem yang optimal, besaran kapasitas pembangkit, serta estimasi biaya investasi dan operasional.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kelayakan penerapan pembangkit listrik tenaga hybrid (diesel *photovoltaic*) guna memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Gili Ketapang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam pengembangan sistem energi yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan, serta mendukung program pemerintah dalam pengembangan energi terbarukan di wilayah kepulauan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, rumusan masalah yang akan dibahas mencakup beberapa aspek penting, yaitu:

1. Bagaimana kondisi geografis dan sosial ekonomi masyarakat di Pulau Gili Ketapang yang mempengaruhi kebutuhan listrik?
2. Apa saja komponen utama dalam desain sistem *hybrid* (diesel dan *photovoltaic*) yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik di pulau tersebut?
3. Bagaimana analisis kelayakan teknis, ekonomi dan lingkungan dari penerapan sistem *hybrid* ini?
4. Apa saja tantangan dan peluang yang dihadapi dalam implementasi sistem *hybrid* di Pulau Gili Ketapang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan penerapan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (diesel dan *photovoltaic*) di Pulau Gili Ketapang. Secara spesifik, tujuan penelitian ini meliputi:

1. Mengetahui kondisi geografis dan sosial ekonomi masyarakat yang mempengaruhi kebutuhan listrik.

2. Merancang sistem *hybrid* yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal.
3. Melakukan analisis kelayakan teknis, ekonomi dan lingkungan dari sistem *hybrid*.
4. Mengidentifikasi tantangan dan peluang dalam implementasi sistem *hybrid* di pulau tersebut.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi terbarukan dan sistem pembangkit listrik *hybrid* (diesel-*photovoltaic*). Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimalisasi sistem energi di wilayah kepulauan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi pemerintah daerah, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan sistem kelistrikan yang efisien dan berkelanjutan di Pulau Gili Ketapang.
- b. Bagi masyarakat, penelitian ini memberikan alternatif solusi penyediaan listrik yang lebih stabil, ekonomis, dan ramah lingkungan.
- c. Bagi pengelola energi atau pihak terkait, penelitian ini dapat menjadi acuan dalam implementasi sistem pembangkit listrik *hybrid*.

3. Manfaat Akademis

Penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengalaman peneliti dalam melakukan analisis kelayakan

sistem energi serta sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di perguruan tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian difokuskan pada Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Probolinggo.
2. Sistem yang dianalisis adalah pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang mengombinasikan diesel generator dan *photovoltaic* (PV).
3. Analisis yang dilakukan meliputi aspek teknis dan ekonomi, seperti kebutuhan beban listrik, kapasitas sistem, biaya investasi, biaya operasional, serta efisiensi sistem.
4. Parameter ekonomi yang digunakan meliputi *Net Present Value* (NPV), BCR, *Payback Period*, Biaya operasional, dan biaya bahan bakar.
5. Data yang digunakan berasal dari data sekunder (literatur, instansi terkait) dan asumsi teknis yang relevan.
6. Penelitian tidak membahas secara detail aspek jaringan distribusi listrik.
7. Faktor sosial dan kebijakan tidak dianalisis secara mendalam, hanya sebagai pendukung.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini dirancang secara sistematis melalui pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis. Alur pelaksanaan penelitian dibagi menjadi lima tahapan utama sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi dan Studi Literatur

- Mengidentifikasi masalah ketergantungan energi pada PLTD konvensional yang memicu tingginya biaya operasional dan emisi.
- Mengkaji teori, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan mengenai sistem *hybrid diesel–photovoltaic (solar cell)*.

2. Tahap Pengumpulan Data

- Data Primer: Melakukan observasi dan survei lapangan langsung.
- Data Sekunder: Mengumpulkan data beban listrik harian (profil beban), data iradiasi matahari lokasi setempat (dari NASA POWER), harga bahan bakar minyak (BBM) solar, serta spesifikasi teknis komponen eksisting.

3. Tahap Perancangan Konfigurasi Sistem

- Menentukan kapasitas optimal komponen sistem hibrida, yang meliputi jumlah panel surya (PLTS 300 kWp), kebutuhan luas lahan instalasi, kapasitas inverter, serta integrasinya dengan generator diesel dan BESS (*Battery Energy Storage System*) yang sudah ada.

4. Tahap Simulasi Operasi

- Melakukan simulasi teknis untuk memetakan strategi operasi energi selama 24 jam. Tahap ini bertujuan melihat performa sistem saat PLTS menyuplai beban dan melakukan pengisian (*charging*) BESS pada siang hari, serta bagaimana PLTD dan BESS beroperasi saat beban puncak malam hari.

5. Tahap Analisis Kelayakan dan Penarikan Kesimpulan

- Kelayakan Teknis: Menganalisis efisiensi sistem, keandalan suplai listrik, dan besarnya penghematan operasional pembangkit.
- Kelayakan Ekonomi: Menghitung indikator finansial jangka panjang seperti *Net Present Cost (NPC)*,

Levelized Cost of Energy (LCOE), Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR), serta waktu pengembalian modal (Payback Period).

- Kelayakan Lingkungan: Menghitung potensi pengurangan konsumsi BBM solar dan penurunan emisi gas rumah kaca
- Menyimpulkan hasil analisis sebagai rekomendasi kebijakan pengoperasian energi terbarukan di Pulau Gili Ketapang

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori dasar yang mendukung penelitian, seperti konsep pembangkit listrik tenaga diesel, *photovoltaic* (PV), sistem *hybrid*, serta metode analisis kelayakan energi.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi penjelasan lebih rinci mengenai metode penelitian, lokasi penelitian, teknik pengumpulan data, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil perhitungan, simulasi, dan analisis kelayakan sistem *hybrid* serta pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.