

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di daerah terpencil, seperti Kepulauan Mentawai, menjadi tantangan besar mengingat keterbatasan akses terhadap jaringan listrik utama. Sebagian besar pulau terpencil masih bergantung pada pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil yang tidak hanya mahal tetapi juga berdampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat secara berkelanjutan. Salah satu solusi yang potensial adalah *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC).

Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan perbedaan temperatur antara air laut permukaan dan air laut dalam untuk menghasilkan listrik. Kepulauan Mentawai memiliki potensi besar untuk pengembangan OTEC karena perbedaan temperatur antara air laut permukaan dan laut dalam yang cukup signifikan. Dalam penerapannya, OTEC memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya. Teknologi ini dapat beroperasi secara kontinu tanpa terpengaruh oleh variasi cuaca seperti yang terjadi pada tenaga surya dan angin. Selain itu, OTEC juga menawarkan manfaat tambahan berupa air tawar sebagai hasil sampingan dari proses konversinya.

Namun, implementasi OTEC masih menghadapi berbagai tantangan. Beberapa dari tantangan tersebut adalah efisiensi termal yang relatif rendah dan biaya investasi yang tinggi. Dalam beberapa penelitian lain, dilakukan variasi fluida kerja untuk mengatasi masalah tersebut. Pada penelitian Kevin Kurniawan Soesilo, dilakukan perbandingan efisiensi sistem OTEC antara beberapa fluida kerja, yaitu *ammonia* (NH_3), R12, R22, R23, R32, dan R134a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian *ammonia* (NH_3) pada OTEC menghasilkan efisiensi tertinggi dibandingkan dengan fluida kerja lainnya [1]. Selain itu, ada juga penelitian pengaruh *refrigerant* terhadap LCOE OTEC oleh Jaka Wahyu Utama, diperoleh

fluida kerja *ammonia* (NH_3) dengan LCOE terendah yang diikuti oleh R600, *isobutena*, *butena*, dan R600a. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, pemilihan fluida kerja yang optimal menjadi salah satu faktor utama dalam meningkatkan performa sistem OTEC serta menurunkan *Levelized Cost of Energy* (LCOE). Dengan adanya data-data terkait, kondisi termodinamika sistem OTEC dapat dianalisis secara lebih akurat untuk menentukan fluida kerja yang paling sesuai. Pemilihan fluida kerja yang tepat tidak hanya akan meningkatkan efisiensi termal tetapi juga berdampak pada kestabilan operasional dan kelayakan ekonomi sistem secara keseluruhan.

Selain sebagai pembangkit listrik mandiri, OTEC juga dapat dikombinasikan dengan sumber energi terbarukan lainnya dalam sistem *Hybrid Microgrid Off-Grid* (MG *Hybrid* atau *Hybrid saja*), seperti tenaga surya dan angin. Sistem *Hybrid* ini dapat meningkatkan keandalan suplai energi dan kelayakan ekonomi, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya energi yang tersedia di wilayah terpencil seperti Mentawai. Namun, diperlukan analisis lebih lanjut untuk menentukan apakah integrasi OTEC dalam sistem *Hybrid* dapat menghasilkan biaya pembangkitan energi yang lebih kompetitif dibandingkan dengan sistem berbasis energi terbarukan lainnya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian berupa analisis kondisi termodinamika sistem OTEC di Mentawai, penilaian kelayakan ekonomi sistem OTEC sebagai sumber energi utama, serta evaluasi peran OTEC dalam sistem *Hybrid* yang menggabungkan tenaga surya dan angin. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan OTEC sebagai solusi energi yang berkelanjutan untuk daerah terpencil.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi termodinamika sistem OTEC di Mentawai berdasarkan studi langsung di Mentawai ?
2. Seberapa besar kelayakan ekonomi OTEC sebagai sumber energi utama di pulau terpencil ?

3. Bagaimana perbandingan kelayakan ekonomi *Hybrid* OTEC yang dikombinasikan dengan tenaga surya dan angin ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh kondisi lain termodinamika OTEC dengan studi langsung di Mentawai.
2. Mengetahui kelayakan ekonomi OTEC sebagai sumber energi di pulau terpencil.
3. Mengetahui kelayakan ekonomi OTEC saat digunakan di dalam sistem MG *Hybrid* dengan sumber energi terbarukan lain, yaitu angin dan matahari.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kontribusi terhadap Keberlanjutan Energi.
Memberikan solusi alternatif dalam penyediaan energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan generator diesel.
2. Optimalisasi Pemilihan Fluida Kerja.
Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan fluida kerja yang paling efisien untuk sistem OTEC, sehingga dapat meningkatkan efisiensi termal dan mengurangi biaya operasional.
3. Penyediaan Energi yang Stabil dan Berbiaya Efisien.
Menghasilkan konfigurasi optimal dari sistem *Hybrid Microgrid Off-Grid (Hybrid)* yang mencakup *Photovoltaic (PV)*, *Wind Turbine (WT)*, dan OTEC, sehingga dapat menyediakan listrik yang stabil dengan biaya lebih ekonomis.
4. Dukungan terhadap Pengembangan Infrastruktur Energi Terbarukan.
Memberikan wawasan bagi pengambil kebijakan dan investor mengenai kelayakan pembangunan OTEC serta potensi integrasinya dalam sistem energi *hybrid*, yang dapat mendorong pengembangan infrastruktur energi terbarukan di Mentawai dan wilayah terpencil lainnya.
5. Dampak Sosial dan Ekonomi bagi Masyarakat.
Meningkatkan akses masyarakat Mentawai terhadap listrik yang andal.

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dari penelitian ini, yaitu

1. Penelitian yang dilakukan berfokus pada wilayah pelayanan PLTD Tua Pejat di Mentawai tahun 2023 (Sipora Utara dan Sipora Selatan).
2. Sumber energi yang dianalisis yaitu OTEC Tunggal dan *Hybrid* (OTEC, *diesel generator* (DG), *Monocrystalline Photovoltaic* (PV), *Three Blades Wind Turbine* (WT), dan baterai sebagai *Energy Storage System*).
3. Penelitian berupa simulasi numerik tanpa implementasi aktual menggunakan metode algoritma genetika, dengan bantuan *Matlab*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini dibuat berdasarkan sistematika sebagai berikut.

- Bab I Pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II Tinjauan pustaka yang berisi teori-teori yang mendukung penelitian.
- Bab III Metodologi yang berisi langkah-langkah untuk mencapai tujuan.
- Bab IV Data dan pembahasan yang berisi hasil data yang telah dikumpulkan dan pembahasannya.
- Bab V Kesimpulan dan saran.

