

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan desain dan analisis termo-ekonomi sistem *combined gas turbine cycle* pada kapal HZ LNG dengan menggunakan fluida kerja R600a, R32, dan R717, serta mempertimbangkan variasi temperatur dan tekanan pada empat *loop*, diperoleh hasil data berupa kerja turbin, kalor masuk, dan efisiensi termal pada tiap *loop* maupun keseluruhan *loop*. Analisis ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PBP) baik untuk sistem tanpa tambahan *loop* maupun sistem dengan tambahan *loop*. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *combined gas turbine cycle* memberikan peningkatan signifikan dalam efisiensi termal dan performa energi dibandingkan sistem gas turbin konvensional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluida kerja seperti R717, R290, dan R600a memberikan efisiensi termal tertinggi di berbagai kondisi *loop*. Fluida kerja R717 memiliki keunggulan termodinamika dengan efisiensi termal keseluruhan paling optimal, yaitu sebesar 45,40% pada suhu 403 K, sedangkan efisiensi termal tanpa tambahan *loop* bernilai 38,82% pada suhu yang sama. Meskipun demikian, fluida R717 memerlukan daya yang cukup besar untuk kompresor atau pompa sehingga lebih cocok untuk aplikasi skala besar. Sebaliknya, fluida R600a menunjukkan keseimbangan optimal antara efisiensi termal yang tinggi, yakni sebesar 43,98%, dan kebutuhan daya yang lebih rendah, yaitu 50,73 kWh, sehingga menjadi pilihan ideal untuk sistem yang memprioritaskan efisiensi energi dan biaya operasional. Fluida kerja seperti R1234yf memiliki kestabilan yang baik, tetapi efisiensi termalnya lebih rendah dibanding fluida lain, sedangkan fluida CO₂ menunjukkan keterbatasan pada suhu dan tekanan tinggi yang memengaruhi performanya, terutama pada *loop* 2 dan 3, sebagaimana terlihat dari grafik yang menunjukkan penurunan efisiensi pada suhu tinggi.

Dari analisis ekonomi, sistem tanpa tambahan *loop* memiliki keunggulan dalam menghasilkan nilai ekonomi yang lebih menguntungkan dibandingkan

sistem dengan tambahan *loop*, khususnya pada *charter rate* rendah hingga menengah. Sistem tanpa tambahan *loop* memberikan NPV positif mulai dari *charter rate* \$40.000/hari sebesar \$100.505.000, IRR sebesar 15,18%, dan waktu pengembalian modal selama 3,49 tahun. Sebaliknya, sistem dengan tambahan *loop* lebih menguntungkan pada *charter rate* menengah ke atas, dengan NPV positif sebesar \$64.171.000, IRR 12,21%, dan waktu pengembalian modal selama 6,5 tahun pada *charter rate* minimal \$60.000/hari. Peningkatan *charter rate* secara signifikan meningkatkan NPV dan IRR untuk kedua sistem, sehingga sistem dengan tambahan *loop* tetap layak digunakan pada kondisi tertentu.

Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung hipotesis bahwa sistem *combined gas turbine cycle* memberikan peningkatan signifikan pada efisiensi termal dan performa ekonomi, baik untuk sistem tanpa tambahan *loop* maupun dengan tambahan *loop*. Fluida kerja R600a menjadi pilihan terbaik untuk sistem yang mengutamakan efisiensi energi dan biaya operasional, sementara fluida R717 lebih cocok untuk aplikasi berskala besar. Meskipun sistem tanpa tambahan *loop* lebih ekonomis pada kondisi tertentu, sistem dengan tambahan *loop* tetap dapat memberikan keuntungan yang menjanjikan, terutama pada *charter rate* tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperlukan beberapa saran agar penelitian ini dapat dimaksimalkan untuk penelitian selanjutnya. Adapun saran dari penulis antara lain:

1. Pada penelitian ini fluida yang digunakan adalah CO₂, R600a, R32, R1234yf, R717, dan R290. Diharapkan untuk penelitian kedepannya dapat menggunakan fluida kerja lain dengan sifat termodinamika yang berbeda untuk mengidentifikasi potensi efisiensi termal dan kestabilan sistem.
2. Pada penelitian ini variasi temperatur dan tekanan terbatas pada ambang tertentu. Untuk kedepannya variasi temperatur dan tekanan dapat disesuaikan dengan fluida kerja yang digunakan sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

3. Pada penelitian ini analisis yang dilakukan adalah analisis termo-ekonomi. Oleh karena itu, kedepannya dapat dikembangkan kembali dengan mempertimbangkan integrasi sistem *combined gas turbine cycle* dengan sumber energi terbarukan yang berdampak baik terhadap lingkungan.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan tipe dan merek pada seluruh komponen mesin.
5. Pada penelitian selanjutnya, hasil dari generator dihitung pada setiap fluida kerja.