

ABSTRAK

Heavy Fuel Oil (HFO) merupakan bahan bakar utama pada industri pelayaran yang memiliki viskositas sangat tinggi pada temperatur ruang, sehingga memerlukan sistem pemanasan (*preheating*) yang andal agar dapat dipompa dan diatomisasi secara optimal pada mesin utama kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan sistem pemanasan HFO menggunakan pendekatan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) guna menganalisis distribusi viskositas, pengaruh gradien temperatur terhadap penurunan viskositas, serta mengevaluasi konfigurasi pemanasan paling efektif dalam mencapai viskositas ideal setara *Marine Diesel Oil* (MDO) sebesar 2,79 cSt. Simulasi dilakukan secara kuantitatif pada kondisi aliran tunak (*steady-state*) dalam satu domain komputasi tunggal mulai dari *service tank*, jaringan pipa *trace heating*, hingga *Electric Heater* menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent dengan model aliran laminar, yang penerapannya dijustifikasi berdasarkan bilangan Reynolds pada penampang *inlet*. Properti termofisika fluida (densitas, viskositas, kapasitas panas, dan konduktivitas termal) dimodelkan secara dinamis terhadap temperatur menggunakan pendekatan *piecewise-linear*. Secara khusus, profil viskositas-temperatur yang digunakan divalidasi terhadap perhitungan analitis ASTM D341, menghasilkan tingkat kesalahan rata-rata (MAPE) sebesar 8,99%. Tujuh kondisi operasional (satu kondisi Normal dan enam skenario variasi suhu) diuji menggunakan metode *boundary case*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penurunan viskositas HFO berlangsung secara non-linear melalui sinergi bertahap antar-elemen pemanas, bukan disebabkan satu komponen tunggal. Berdasarkan evaluasi *trade-off* multi-kriteria yang mempertimbangkan kedekatan terhadap target viskositas, efisiensi energi, dan tingkat intervensi operasional, Skenario 6 (suhu *service tank* 150°C, *Electric Heater* 220°C, dan *pipe trace heating* 220°C) dipilih sebagai konfigurasi yang paling efektif di antara skenario yang diuji, menghasilkan viskositas *outlet* 2,9456 cSt pada suhu 192,5151°C mendekati target MDO dengan kebutuhan beban energi sebesar 38.126,843 W, lebih rendah dibandingkan skenario lain yang juga mendekati target tersebut. Penelitian ini menyimpulkan bahwa optimalisasi sistem pemanas HFO memerlukan sinergi pengaturan temperatur antar-elemen pemanas, bukan sekadar peningkatan suhu ekstrem pada satu titik pemanas.

Kata Kunci : *Heavy Fuel Oil*, viskositas, *Computational Fluid Dynamics*, sistem pemanasan bahan bakar, ANSYS Fluent