

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian Analisis Energi dan Biaya Operasi Bahan Bakar Metanol pada Kapal *Oil Chemical Tanker* 4000 DWT adalah, sebagai berikut :

1. Metanol berpotensi menjadi Bahan Bakar Kapal dikarenakan Metanol memiliki emisi karbon yang lebih rendah sebesar **65 - 95%** dari bahan bakar fosil, mengurangi oksida belerang (SO_x) hingga **99%**, oksida nitrogen (NO_x) hingga **60%**, Senyawa Partikulat hingga **95%** bahkan menjadi yang paling rendah emisi di antara bahan bakar kapal lainnya. (*Methanol Institute*, 2020), nilai oktan yang tinggi sebesar **109 oktan** (ABS, 2021), memiliki titik nyala pada **12 derajat celsius** sehingga tidak memerlukan pemanas, pendinginan, dan penekanan sebagaimana HFO (IRENA, 2021) (ABS, 2021), memiliki energi kalor bersih **±20 kJ** atau setengah dari HFO, memiliki tangki penyimpanan yang mudah seperti tangki penyimpanan HFO walaupun ada beberapa modifikasi minor pada peralatan di atas kapal untuk mengamankan metanol dari kebocoran dan kebakaran (*Methanol Institute*, 2020), dapat bekerja dengan teknologi mesin kapal saat ini sebagai bahan bakar ganda (*Methanol Institute*, 2020) dan sudah diuji pada kapal di dunia nyata seperti MV. *Stena Germanica*. (ABS, 2021)
2. Jumlah ketersediaan Metanol di dunia saat ini sangat melimpah. Kawasan Amerika Utara memiliki ketersediaan metanol sebanyak **± 8,000 MT (2021)** dan memiliki harga jual metanol sebesar **Rp. 8,255,070/ton (2023)**, Sedangkan Kawasan Eropa memiliki ketersediaan metanol sebanyak **± 5,000 MT (2021)** dan memiliki harga jual metanol sebesar **Rp. 7,868,138/ton (2023)**, dan Kawasan Asia Pasifik memiliki ketersediaan metanol sebanyak **± 80,000 MT (2021)** dan memiliki harga jual metanol sebesar **Rp. 5,875,230/ton (2023)**. (IHS Market, 2021) (*Methanex*, 2023)

3. Perkembangan Teknologi Metanol pada industri Perkapalan saat ini jauh lebih mumpuni dan mutakhir dalam beberapa dekade terakhir. Antara lain :
 - a. Penggunaan mesin utama kapal yang berbahan bakar metanol sedang pesat berkembang di Amerika, Eropa, dan Asia Pasifik baik yang berasal dari proyek bangunan baru maupun *retrofit*,
 - b. Kesiapan teknologi *Bunkering* yang matang seperti Ventilasi Mekanis, Penyesuaian *Coamings*, dsb. Kesiapan teknologi untuk penyimpanan Metanol yang matang seperti Pendeteksi Api - CCTV *Infra Red*, *inlet* dan *outlet piping*, dsb. Kesiapan teknologi pembakaran Metanol pada Mesin Utama yang cenderung matang walaupun ada beberapa teknologi yang baru dikembangkan seperti Sistem *Monitoring* Bahan Bakar dengan Titik Nyala yang Rendah (*Low Flashpoint*), Sistem Injeksi Bahan Bakar Metanol, dsb. Kesiapan teknologi untuk Pengontrolan dan Proses setelah pembakaran di Mesin utama yang matang seperti Dinding Pipa Ganda, Katup Manual, dsb. (IMO, 2016)
 - c. Penempatan *Bunker* Metanol, Fasilitas Distribusi Metanol, Situs Produksi Metanol, dan kantor – kantor oleh Perusahaan *Methanex* juga semakin merambah beberapa negara di seluruh dunia pada tahun 2023 (*Methanex*, 2023),
 - d. Galangan *Damen* (Perusahaan Galangan Belanda) telah mengembangkan konsep baru kapal *Offshore Support Vessel* (OSV) yang beroperasi dengan Metanol (*Methanol Institute*, 2020)
 - e. Galangan *Abeking & Rasmussen* (Perusahaan Galangan Jerman) telah mendesain konsep kapal “*green cruise*” menggunakan bahan bakar metanol untuk muatan hotel dan propulsi mesin dengan metanol (*Methanol Institute*, 2020)
 - f. Dan lain – lain
4. Proses Kualitas Kontrol pada bahan bakar Metanol dilakukan dengan cara mempersiapkan semua perpipaan dan peralatan khusus untuk mengolah metanol, melakukan pembersihan pada alat – alat tersebut

secara rutin, menguji kualitas bahan bakar metanol atas kemurniannya, kontaminasinya, sifat fisiknya, nilai energi, zat aditif, dan lainnya, sistem transportasi yang memadai untuk mengangkut metanol dari satu tempat ke tempat lain. Proses *Bunkering* Metanol yang aman dilakukan dengan cara *engineering control*, melakukan pelatihan dan prosedur keamanan, dan memakai peralatan protektif masing – masing. Peraturan Keamanan Kapal berbahan bakar metanol diatur dalam regulasi IMO Res. MSC. 285 (86) (2009), IMO Res. MSC. 1/Circ.1621 (2020), Kode IGC, Kode IGF, Komite CCC, dan beberapa aturan dari Klasifikasi (DNV GL, LR, BV, dan ABS), dan Pencocokan Mesin Utama Kapal berbahan bakar metanol dilakukan dengan melakukan modifikasi pada Persiapan Teknologi, Sistem Suplai Bahan Bakar, Rencana Penyegelan dan Kontrol Minyak, Pelindung Silinder, Sistem Injeksi Bahan Bakar, Sistem Nitrogen *Inert* dan *Blanketing*, Instalasi Pompa Bertekanan Tinggi, Instalasi Pipa Bertekanan Tinggi, Tangki Penyimpanan Metanol, *Grounding* dan *Bonding*, dan Sistem Deteksi dan Alarm.

5. Hasil Analisis Energi dan Biaya Operasi HFO dan Metanol pada Kapal *Oil Chemical Tanker* 4000 DWT adalah, sebagai berikut :
 - a. Energi HFO yang diperlukan untuk pelayaran rute Amerika, rute Eropa, dan rute Asia Pasifik sebesar **2,778,653 MJ, 2,514,019 MJ, dan 2,624,400 MJ.**
 - b. Energi Metanol yang diperlukan untuk pelayaran rute Amerika, rute Eropa, dan rute Asia Pasifik sebesar **3,467,320 MJ, 3,137,099 MJ, dan 3,274,914 MJ.**
 - c. Total Biaya Operasi pada Kapal *Oil Chemical Tanker* 4000 DWT dengan bahan bakar HFO dan MGO pada pelayaran rute Amerika, rute Eropa, dan rute Asia Pasifik menghabiskan biaya sebesar **Rp. 782,419,233, Rp. 707,903,115, dan Rp. 738,951,498.**
 - d. Total Biaya Operasi pada Kapal *Oil Chemical Tanker* 4000 DWT dengan bahan bakar Metanol dan MGO menghabiskan biaya sebesar **Rp. 1,565,684,341, Rp. 1,352,844,897, dan Rp. 1,069,629,506.**
 - e. Total Biaya *Retrofit* pada Kapal *Oil Chemical Tanker* 4000 DWT

- menghabiskan biaya sebesar **Rp. 7,574,435,035**.
- f. Periode Pengembalian atas biaya *retrofit* dan biaya operasi bahan bakar Metanol akan terjadi dalam **2.4 tahun untuk rute Amerika, 2.8 tahun untuk rute Eropa, dan 3.5 tahun untuk rute Asia Pasifik**.
 - g. Hasil perhitungan energi HFO dan Metanol didasari dan dipengaruhi oleh densitas energi sesuai karakteristik senyawa, besaran NCV yang dimiliki senyawa tersebut, dan jumlah bahan bakar yang digunakan dalam pelayaran.
 - h. Hasil perhitungan biaya operasi HFO dan Metanol didasari dan dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar yang digunakan dalam pelayaran, harga bahan yang fluktuatif setiap saat, jumlah ketersediaan bahan bakar secara global, dan biaya – biaya lainnya yang terkait dengan biaya operasi seperti biaya kru, biaya perawatan, dan sebagainya.
 - i. Hasil perhitungan biaya *retrofit* dipengaruhi oleh asumsi yang didasari pada metode (Iqbal, 2017) menggunakan metode Regresi Polinomial dengan membandingkan biaya *retrofit* yang tersedia berbanding ukuran mesin utama pada kapal.
 - j. Hasil perhitungan periode pengembalian biaya *retrofit* dipengaruhi oleh jumlah total biaya *retrofit* dibagi dengan total biaya perjalanan menggunakan metanol.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai Metanol sebagai Bahan Bakar pada Kapal, maka diperlukan beberapa saran agar penelitian berikutnya lebih dimaksimalkan dan variatif, antara lain :

1. Pengembangan penelitian mengenai Metanol sebagai bahan bakar kapal terutama di Indonesia perlu dilakukan lebih lanjut dikarenakan pembahasan mengenai Metanol sebagai energi bersih yang efektif, efisien, dan ekonomis terbilang sangat sedikit di Indonesia.
2. Penelitian ini terbatas dalam melakukan simulasi pelayaran kapal

dengan berbagai bahan bakar seperti HFO, Metanol, dan MGO beserta harga *retrofit* nya. Oleh karenanya, alangkah lebih baiknya jika penelitian berikutnya didukung dengan eksperimen mengenai Metanol, HFO, dan MGO sehingga menghasilkan penelitian lanjutan yang dapat dijadikan referensi.

3. Tren Penggunaan Metanol sebagai bahan bakar terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga memungkinkan sekali jika penelitian mengenai Metanol akan lebih meluas dari tahun sebelumnya.
4. Variasi berikutnya dapat dilakukan dimulai dari Rute Pelayaran, Harga Bahan Bakar Metanol di beberapa Kawasan, Komposisi Bahan Bakar Metanol, Data *Capital Expenditure*, Data *Operational Expenditure*, dan data – data yang diperlukan pada penelitian berikutnya.