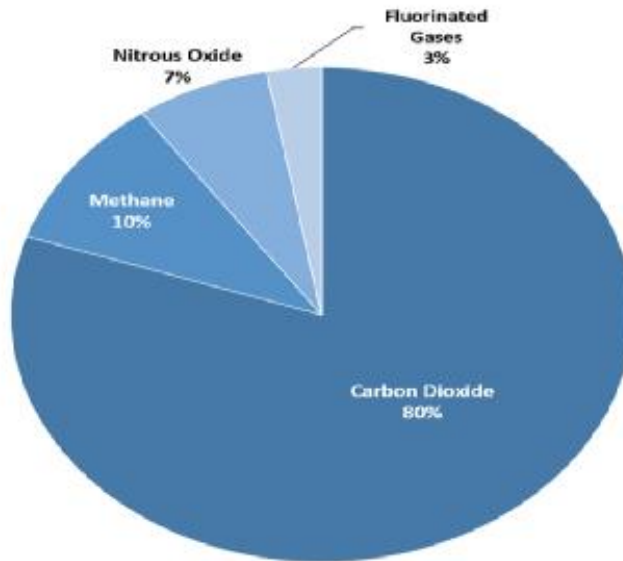


BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri maritim saat ini berada pada fase transisi signifikan akibat meningkatnya tekanan global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GHG). Dengan nilai GHG sebesar 24% dari 39.001 ke 48.210 *megatonnes of carbon dioxide equivalent (Mt CO₂ eq)*. (Dr. Nebojsa Nakic 'enovic', 2022). Khususnya karbon dioksida (CO₂) meningkatkan efisiensi energi kapal eksisting yang berkontribusi pada perubahan iklim global. Menurut Laporan Badan International Energi dan International Maritime Organization (IMO), sektor perkapalan maritim menyumbang sekitar 2-3% dari total emisi CO₂ dunia. Dengan proyeksi yang berpotensi meningkat seiring kenaikan volume perdagangan global kondisi yang menuntut tindakan regulatif dan teknis berubah untuk mitigasi emisi. (Organization, 2024).



Gambar 1. 1 Presentase dari Green House Gas Emission. (Source : Google)

Dengan konteks untuk merespon tantangan penurunan emisi di sektor perkapalan, IMO mengeluarkan serangkaian kebijakan teknis dan operasional dalam initial *IMO GHG Strategy*. Salah satunya termasuk penerapan *Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI)* yang mulai wajib diberlakukan sejak 1 Januari 2023 bagi armada kapal diatas 400 GT. EEXI merupakan indeks teknis yang menilai efisiensi energi design kapal berdasarkan parameter seperti daya mesin, konsumsi bahan bakar, dan kecepatan refrensi kapal, dimana kapal harus memenuhi nilai *attained EEXI* yang lebih rendah atau sama dengan *required EEXI* yang ditetapkan oleh regulasi IMO MARPOL Annex VI MEPC Guidelines of EEXI. (Rongcai et al., 2021)



Gambar 1. 2 Solusi yang dapat diterapkan pada kapal (Source : Google.com)

Dalam pemenuhan EEXI ada beberapa cara yang biasanya diimplementasikan. Salah satunya melakukan improvement energi terbarukan yaitu pemasangan teknologi ramah lingkungan, diantaranya seperti : *batteries*, *wind-assisted propulsion*, *Waste Heat Recovery (WHR)*, *low Zero-carbon fuels*, dan *solar cell*, dll. (Wiliyan et al., 2023). Salah satu pendekatan implementasi nya yaitu dari mesin utama sehingga mengurangi output daya yang digunakan untuk propulsi, dan menurunkan bahan bakar serta dengan ini dapat memperbaiki nilai EEXI kapal. Metode ini dinilai relatif mudah dijalankan untuk diterapkan secara teknis dibandingkan dengan trofit perangkat efisiensi energi yang kompleks atau perubahan design hull dan propulsi. (RINA, 2023).

Fenomena yang mendasari dari penelitian EEXI ini adalah banyak kapal yang beroperasi saat ini belum sepenuhnya memenuhi nilai EEXI yang diwajibkan. Dibeberapa kajian pembatasan daya sebesar 10%-30% menunjukkan adanya perbaikan nilai EEXI sekaligus mengurangi design kapal, yang bisa berdampak terhadap jadwal operasi dan biaya operasional. (Ammar et al., 2023). Pada penelitian “The Effect Of Engine Power Limitation On The Energy Efficiency existing Ship Index” mengatakan bagaimana pembatasan daya mesin mempengaruhi pemenuhan nilai EEXI dan berkontribusi terhadap pengurangan emisi. Hal ini membuka wacana bahwa semakin agresif pembatasan daya mesin, semakin besar pengaruhnya terhadap indeks dan emisi, namun kebutuhan operasional kapal harus diperhatikan. (Rigos, 2022).

International Council On Clean Transportation (ICCT) juga berpendapat bahwa efek pembatasan daya mesin terhadap emisi CO2 dalam konteks EEXI memberi efek yang besar. Efek yang terjadi salah satunya pada profil operasi nyata kapal (*Slow Steaming*) dan kecepatan operasi kapal di lapangan, serta bahwa pembatasan daya saja mungkin tidak cukup efektif bila mesin sudah beroperasi dibawah kapasitasnya. (D. Rutherford et al., 2020)

Pada saat ini juga telah banyak dilakukan riset mengenai penerapan teknologi terbarukan yang mana hal ini disebabkan krena sumber energi alternatif adalah sumber energi yang ramah lingkungan, bersih, dan tidak terbatas. Karena sifat sifat ini, sumber tersebut dianggap sebagai metode yang dapat diterapkan oleh kapal – kapal dalam pengurangan gas emisi. Oleh karena itu, banyak studi – studi terkait pemanfaatan sumber alternatif pada kapal laut seperti penerapan sistem *Waste Heat Recovery (WHR)*. (Miller et al., 2024)

Waste Heat Recovery merupakan teknologi yang mampu menangkap energi termal yang dibuang dari sistem mesin kapal dan mengonversinya menjadi energi berguna, sehingga meningkatkan efisiensi energi kapal EEXI. Penerapan WHR adalah salah satu opsi yang diharapkan dapat memperbaiki EEXI kapal karena dapat memanfaatkan panas buang dari gas buang mesin utama, air jacket, dan sistem pendingin untuk menghasilkan tenaga listrik tambahan yang mengurangi beban mesin utama. (Feng et al., 2024) Ini merupakan indikator yang ditetapkan IMO sebagai standar efisiensi energi kapal eksisting. Kapal yang gagal memenuhi nilai minimum EEXI akan menghadapi sanksi atau pembatasan operasional yang signifikan, sehingga pemilik kapal memiliki tekanan besar untuk melakukan retrofit teknologi hemat energi demi kelangsungan usahanya. (IMO, 2022)

Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan analisis pengaruh penerapan sistem WHR untuk peningkatan nilai EEXI pada MV EVER OBEY dengan 27,025 *Gross Tonnage (GT)* dan kapasitas 32,500 ton (DWT) dengan rute pelayaran Indonesia – Singapore – Vietnam – Hongkong – China. Sebagai implementasi pengurangan emisi GHG.

Sebagai akhir dari latar belakang ini, nantinya dalam melakukan penelitian ini akan direncanakan serta dihitung bagaimana implementasi sistem WHR, termasuk jenis siklus termal yang digunakan (misal Organic Rankine Cycle atau kombinasi lainnya). Ini nantinya dapat mempengaruhi efisiensi energi kapal kontainer dalam operasi nyata. Oleh karena itu dilakukan analisis penggunaan sistem WHR yang diterapkan pada kapal kontainer terhadap EEXI. Maka dari itu penulis mengambil judul tugas akhir berikut **“IMPLEMENTASI WASTE HEAT RECOVERY SEBAGAI PENINGKATAN ENERGY EFFICIENCY EXISTING SHIPS INDEKS (EEXI) KAPAL KONTAINER MV EVER OBEY”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang Ini disusun untuk menggali antara pemenuhan regulasi EEXI dan perubahan karakteristik operasi kapal secara nyata pada MV EVER OBEY

Adapun rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh implementasi sistem WHR terhadap pemenuhan kebutuhan energi pada kapal Mv Ever Obey ?
2. Sejauh mana penerapan WHR mampu meningkatkan nilai EEXI kapal Mv Ever Obey agar mendukung kepatuhan terhadap regulasi EEXI ?
3. Apa potensi pengembangan teknologi WHR untuk diterapkan pada kapal-kapal lain yang sudah ada guna meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi CO₂ lebih lanjut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi kinerja energi kapal Mv Ever Obey berdasarkan parameter EEXI sebelum penerapan WHR.
2. Menentukan tingkat peningkatan nilai EEXI kapal Mv Ever Obey setelah implementasi WHR sebagai upaya pemenuhan regulasi EEXI.
3. Menganalisis potensi pengembangan dan penerapan teknologi WHR pada kapal-kapal lain yang sudah ada untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi CO₂ secara lebih luas.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini secara teoritis dan praktis, sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Secara Teoritis

1. Memberikan kontribusi dalam EEXI dan implementasi penerapan energi terbarukan di sektor maritim.
2. Penelitian ini memperluas pemahaman mengenai keterkaitan antara konsumsi bahan bakar, emisi CO₂, dan nilai EEXI secara kuantitatif.

1.4.2 Manfaat Secara Praktis

1. Memberikan strategi teknis dan operasional dalam penerapan sistem WHR energi bantu pada kapal *existing*.
2. Memberikan gambaran nyata potensi penghematan bahan bakar, penurunan emisi CO₂, serta peningkatan nilai EEXI.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian ini mendapat data teknis menggunakan kapal kontainer Mv Ever Obey 27,025 GT.
2. Penelitian ini mempunyai pembatas hanya untuk kapal kontainer Mv Ever Obey yang telah beroperasi (*Existing Ship*) dan tunduk pada ketentuan EEXI sesuai regulasi IMO, alhasil penelitian ini tidak mencakup pada bangunan baru maupun jenis kapal lain.
3. Penelitian ini juga menggunakan data teknis yang berasal dari Perusahaan pemilik kapal kontainer Mv Ever Obey.
4. Penelitian ini dilakukan dengan perhitungan EEXI yang berpengaruh terhadap pencapaian nilai attained EEXI tindakan meningkatkan EEXI dengan e
5. Penelitian ini dibatasi pada periode operasional selama 12 bulan.
6. Penelitian ini tidak dilakukan Analisa ekonomi operasional.
7. Penelitian ini tidak membahas indicator efisiensi lingkungan diluar EEXI, seperti CII (*Carbon Intensity Indicator*), LCA (*Life Cycle Assesment*), EEDI (*Energy Efficiency Design Index*).

1.6 Luaran Penelitian

Adapun rencana luaran pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Paper publikasi jurnal nasional terakreditasi.
2. Modul perencanaan dan perhitungan Sistem *Waste Heat Recovery* Dalam Peningkatan *Energy Efficiency Existing Ships Index* di HAKI-kan.