

# betty3

*by Betty3 Betty3*

---

**Submission date:** 07-Dec-2022 10:04AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1973839814

**File name:** Book\_chapter\_-\_Betty.docx (406.11K)

**Word count:** 3982

**Character count:** 25616

## *Chapter 1*

# **KONSEP TEKNOLOGI OPERASIONAL BAHAN BAKAR DAN ENERGI TERBARUKAN DI KAPAL**

**Betty Ariani**

1) Teknik Perkapalan - Universitas Muhammadiyah Surabaya

### Abstrak

Sektor perkapalan mengambil peran yang sangat vital dan penting dalam pola perdagangan dunia dimana mayoritas tonase dagangan menggunakan sarana angkut perkapalan. Berdasarkan data yang dilansir UNCTAD telah terjadi peningkatan tonase pelayaran global yang terus bertumbuh. Tentu saja tren pengiriman barang melalui jalur laut semakin meningkat pesat dari tahun ke tahun. Peningkatan ekonomi, perubahan tingkat konsumsi masyarakat dan pertumbuhan penduduk semakin menuntut peningkatan rantai pasok yang cepat dan efisien melalui jalur laut. Dalam bidang perkapalan sendiri, terjadi beberapa perubahan yang cukup signifikan terkait dengan energi dan bahan bakar. Peningkatan konsumsi bahan bakar secara signifikan menjadikan tingkat ketersediaan bahan bakar fosil terus berkurang dan yang terburuk adalah sektor perkapalan menjadi contributor emisi CO<sub>2</sub> sekitar 2,8% dari total emisi global. Meskipun terlihat dan tergolong rendah diantara mode transportasi maupun industry yang lainnya namun emisi ini akan menjadi tidak terkendali dan diperkirakan akan meningkat hingga tiga kali lipat pada tahun 2050 jika terus dibiarkan dan tidak ada upaya preventif maupun solutif dalam pengelolaannya. Salah satu upaya yang dapat ditempuh adalah dengan melakukan ekspansi dan substitusi terhadap bahan bakar kapal dengan menggunakan energi terbarukan. Melakukan upaya penggunaan bahan bakar terbarukan dan mengganti bahan bakar fosil tentu tidak bisa serta merta dapat dilakukan saat ini. Banyak hal yang perlu dipersiapkan baik perubahan teknologi permesinannya, infrastruktur pendukung layanan bahan bakar, ketersediaan produksi bahan bakar yang harus terjamin kuantitas dan kualitasnya lebih bersih dibanding bahan bakar fosil.

Kata kunci : bahan bakar alternative, emisi, energi terbarukan, perkapalan

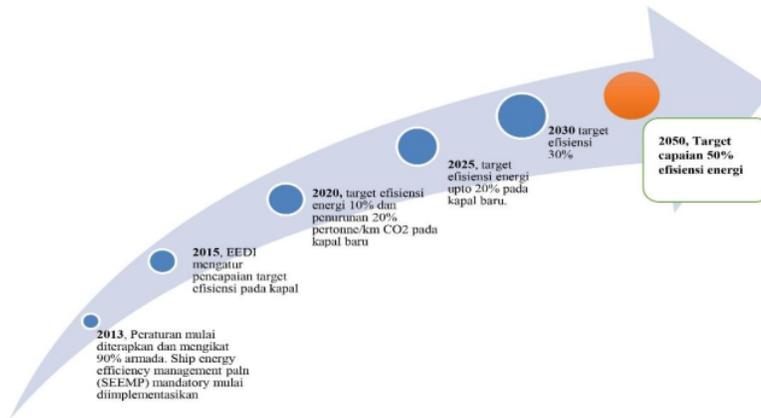
## PENDAHULUAN

Pandangan terbaru terkait dengan teknologi perkapalan adalah terkait intervensi lingkungan terhadap operasional perkapalan. Teknologi hijau bidang perkapalan menjadi sebuah upaya intervensi program yang dilakukan untuk mendukung target zero emisi 2050. Menurut (“GreenShip’s Treatment Technology: Environment and Health as Competitive Items,” 2001) upaya intervensi ini jika dilakukan akan menghidupkan lingkungan 15-20% lebih baik dan penjagaan lingkungan 33% lebih baik dibandingkan tanpa intervensi teknologi hijau. Terdapat 7 hal yang dapat dikategorikan sebagai upaya intervensi yang dimaksud yaitu, upaya penurunan emisi (Nox, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, jelaga, partikel pencemar lainnya, pengolahan limbah sampah kapal, tata kelola air bilga, ballast, black waste, grey waste dan aplikasi coating bawah air. Terkait dengan upaya penurunan emisi yang dihasilkan oleh operasional kapal salah satunya adalah dengan melakukan implementasi dan substitusi bahan bakar yang lebih bersih dan ramah lingkungan. Seperti yang diketahui sumber energi penggerak kapal mengalami transformasi dan perubahan yang signifikan mulai dari konvensional dengan dayung atau layar, batubara, hingga bahan bakar minyak HFO dan MDO. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan armada dan operasional angkutan laut maka terjadi peningkatan kebutuhan terhadap bahan bakar fosil ini. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil ini menjadikan peningkatan emisi termasuk gas rumah kaca global (DNV GL - Maritime, 2019)(Ariani et al., 2020). Menurut data yang dilansir International Maritime Organisation (IMO) diperkirakan peningkatan emisi akan terjadi pada kisaran 3 kali lipat pada 2050 dibandingkan saat ini yang berada pada 2,8% kontribusi emisi global saat ini, kondisi ini <sup>32</sup>tu akan sangat berdampak pada pemanasan global dan perubahan iklim dunia. Melalui Marpol, konvensi internasional untuk pencegahan pencemaran dari kapal dibuat beberapa peraturan yang menjadi kesepakatan yang mengikat tentang langkah – langkah efisiensi energi, penggunaan sumber energi dan pengurangan emisi hasil operasional perkapalan. Target capaian adalah 20% pengurangan emisi karbondioksida pada tahun 2020 dan 50% pada tahun 2050. Dorongan peraturan inilah yang menjadikan pilihan bahan bakar yang lebih bersih menjadi target pada industry perkapalan.

Penggunaan bahan bakar fosil sejauh ini memiliki beberapa permasalahan yang <sup>21</sup> haruskan semua pihak bersama – sama mencari solusi. Seperti yang dikatakan oleh (“DNV GL Says Oil & Gas Industry Sees Hydrogen as Key to Decarbonisation,” 2020), (Ariani et al., 2020)(Ambarita, 2017) selain factor ketersediaan bahan bakar fosil yang terbatas dan terus mengalami penurunan jumlah maka factor yang berikutnya adalah dampak emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil. Hal – hal ini yang kemudian menjadi daya dorong perkembangan teknologi dan bahan bakar alternative di kapal. Intervensi menjadi semakin kuat dengan dibuatnya peraturan – peraturan yang mengikat melalui IMO. Sebagai bentuk adaptasi dan dinamisasi yang dilakukan perubahan peraturan dilakukan melalui annex I hingga VI dengan cakupan target yang diperluas dan standar peraturan yang semakin ketat. Seperti yang disampaikan oleh (International Maritime Organization, 2020) perkembangan peraturan mengalami perkembangan

cakupan yang dimulai dari pengaturan terhadap usaha pengurangan polusi laut oleh minyak dan zat berbahaya yang dihasilkan selama operasional kapal maupun saat berlabuh seperti SOx dan NOx hingga peraturan tentang pencegahan kecelakaan kapal dilaut karena hal ini menjadi contributor pencemaran laut terbesar. Hingga peraturan terus diperketat dalam pengaturan mulai tahap desain hingga proses bongkar muatnya. Dalam hal ini tentu saja control dari otoritas pelabuhan juga terlibat (Wan et al., 2018).

Berikut kita sajikan target dan kesepakatan capaian IMO terkait teknologi pengurangan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh operasional kapal.



Gambar 1. Roadmap efisiensi energi IMO 2013 – 2050

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh (Bouman et al., 2017) metode efisiensi energi dan penurunan CO<sub>2</sub> dapat ditempuh dengan melakukan cara sebagai berikut:

1. **Optimasi desain lambung**, dalam hal ini terkait aspek yang berhubungan dengan dimensi lambung, bentuk dan berat serta pengaturan lain yang berhubungan dengan peningkatan kinerja hidrodinamik dan meminimalkan tahanan kapal.
2. **Pengaturan skala ekonomi**, cara ini ditempuh dengan alasan bahwa biasanya dilakukan penggantian kapasitas angkut kargo agar mengurangi konsumsi bahan bakar per unit pengiriman. Kapal kargo cenderung lebih hemat energi per unit pengangkutan.
3. **Pengaturan daya dan propulsi termasuk penggunaan alat penghemat energi**. Solusi inovasi yang dapat dilakukan pada upaya ini antara lain, optimalisasi desain sistem tenaga dan mesin, hybrid energi dengan efisiensi propulsi yang lebih tinggi seperti kombinasi baterai dengan mesin dimana operasional diatur berdasarkan kebutuhan, *waste heat recovery* maupun dengan penambahan layar ataupun *wind kite* untuk mengurangi pemenuhan beban daya terpasang.
4. **Pengaturan kecepatan**, hal ini berhubungan dengan pengaturan kecepatan dinas dan maksimal dari kapal sesuai rancangan awalnya. Kapal dirancang beroperasi pada batas hidrodinamikya dimana kecepatan untuk bentuk lambung tertentu

terdapat kondisi kurva resistensi naik seiring dengan kenaikan kecepatan. Sehingga diperlukan pengaturan kecepatan terutama pada kondisi batas tadi agar bahan bakar yang dikonsumsi dapat berkurang dengan tidak mengurangi ketercapaian operasional kapal.

5. **Penggunaan bahan bakar atau sumber energi alternative**, yang dimaksud dengan bahan bakar alternative adalah semua aspek yang terkait dengan penggantian atau pelengkapan HFO – MDO dengan energi lain seperti LNG, biofuel, hydrogen, angin maupun matahari. Harapan terbesar dari penggunaan energi alternative adalah penurunan emisi CO<sub>2</sub> dan total emisi lain yang lebih rendah.
6. **Pengaturan rute dan penjadwalan**, konsep ini terkait dengan pengaturan rute pelayaran dan kecepatan optimal dengan mempertimbangkan arus, gelombang, cuaca serta penjadwalan pengiriman untuk meminimalkan hambatan dan konsumsi bahan bakar.

### BAHAN BAKAR & SUMBER ENERGI ALTERNATIF UNTUK KAPAL

Energi terbarukan dan sumber energi alternative menjadi wacana yang terus didorong untuk diimplementasikan pada bidang perkapalan global pada semua tingkatan dan dalam besaran yang bervariasi. Intervensi dilakukan pada pengangkutan barang domestic dan internasional, kapal layanan orang, penangkap ikan, pariwisata maupun aplikasi kapal lainnya. Adapun pilihan teknologi yang dikembangkan mulai dari bahan bakar pengganti primer 100 % energi alternatif, hybrid atau penggerak bantu, maupun untuk sumber energi onboard. Untuk mendorong penggunaan energi bersih ini maka program diintegrasikan dalam pembuatan desain kapal baru.

Pengembangan bahan bakar dan sumber energi alternative merupakan salah satu upaya green technology bidang perkapalan yang cukup menjanjikan dalam upaya penurunan emisi karbon sebagai bentuk mitigasi pemanasan global dan perubahan iklim dunia. Menurut ITF Decarbonising Maritime Transport. Pathways to Zero-Carbon Shipping by 2035; International Transport Forum: Paris, France, 2018

Tabel 1. Potensi reduksi CO<sub>2</sub> terhadap bahan bakar alternatif

No	Bahan bakar	Potensi Reduksi
1	Advanced biofuels	25 – 100%
2	Liquified Natural Gas	0 – 20%
3	Hydrogen	0 – 100%
4	Ammonia	0 – 100%
5	Fuel Cell	2 – 20%
6	Elektrikal	0 – 100%
7	Angin	1 – 32%
8	Matahari	0 – 12%
9	Nuklir	0 – 100%

Sumber : ITF, 2018

Berdasarkan informasi yang terdapat dalam table diatas dapat kita simpulkan bahwa beberapa sumber energi alternative berpotensi besar dalam pengurangan resiko emisi CO<sub>2</sub> dengan peluang berkisar 0 – 100%, tentu hal ini sangat menjanjikan sebagai upaya mitigasi perubahan iklim.

- a. **Advanced Biofuel atau biofuel canggih** merupakan istilah yang diberikan kepada bahan bakar yang dihasilkan dari bahan organik dengan cara ekstraksi lanjut dengan bahan baku dapat berasal dari bagian tumbuhan, kotoran hewan maupun limbah lainnya. Se jauh ini sumber utama biofuel dapat berasal dari kelapa sawit, kedelai, kacang – kacangan, tebu maupun lobak. Hal ini menjadikan perkembangan biofuel menjadi sedikit terkendala karena harus bersaing dengan bahan pangan yang juga dibutuhkan umat manusia. Intervensi program harus memperhatikan harga pangan, luas ladang pasokan serta kondisi sosial. Bagaimanapun biofuel menawarkan potensi pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dalam kisaran 25 – 100%, dan juga menghasilkan emisi belerang yang rendah sehingga sangat layak untuk dikembangkan. Saat ini dalam perkembangannya, advanced biofuel terbagi atas tiga generasi yaitu generasi satu yang diperoleh dari ekstraksi bahan pangan seperti diatas, generasi kedua berusaha menjawab tantangan dan hambatan dari keterbatasan generasi satu yaitu dengan melakukan pengembangan bahan baku berasal dari non pangan seperti sampah ataupun limbah. Sedangkan generasi tiga diperoleh dari hasil rekayasa bahan seperti ganggang. Terlepas dari semua perkembangan yang ada maka produk biofuel ini pada aplikasi bidang perkapalan secara teknis sangat dimungkinkan diterapkan karena kompatibel dengan permesinan yang ada, jaringan pipa maupun infrastruktur bunker yang mendukung sehingga adaptasi teknologi yang ada tidak terlalu banyak menghabiskan biaya. Akan tetapi kendala muncul karena pada beberapa tipe biofuel memiliki karakteristik cenderung mudah teroksidasi dan terdegradasi dalam penyimpanan lebih dari 6 bulan. Selain itu juga diperkirakan bahan bakar ini hanya mampu memasok 15% dari total kebutuhan bahan bakar armada perkapalan.
- b. **Liquified Natural Gas (LNG)** atau sering dikenal sebagai gas alam cair sebenarnya merupakan bahan bakar fosil juga. Beberapa karakter dasarnya yang relatif bersih dan secara jumlah lebih tersedia melimpah menjadikannya alasan sebagai salah satu bahan bakar alternatif di kapal. Salah satu karakter dari gas alam cair ini adalah dapat disimpan lebih mudah dan aman karena pada saat didinginkan -162<sup>o</sup>C volume gas mengecil hingga 600 kali. LNG dalam keadaan cair juga tidak mudah meledak dan menyala. Sifat dan karakter LNG yang relatif lebih bersih terbukti dengan adanya pengurangan SO<sub>x</sub> dan partikel pencemar hingga hampir 100% dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya. Seperti yang dikatakan oleh (Bouman et al., 2017) potensi mitigasi pemanasan global akibat green house gases cukup besar, dimana potensi pengurangan CO<sub>2</sub> berkisar pada 5-30% dibandingkan dengan HFO. Dibalik kelebihanannya penggunaan LNG

menyisakan permasalahan salah satunya adalah fenomena methane slip (Ariani et al., 2020). Methane slip adalah terlepasnya gas metana dari LNG yang tidak terlibat dalam pembakaran dan keluar bersama dengan gas buang dan menimbulkan potensi emisi metana yang juga merupakan GHG. Emisi metana memiliki dampak pemanasan global 28 kali lebih hebat dibandingkan CO<sub>2</sub> pada jumlah yang sama. Methane slip dapat juga terjadi pada saat fase bunkering, saat produksi, pengolahan maupun pengirimannya. Ketika emisi metana lebih tinggi dari 5,8 gr/kWh maka penggunaan LNG akan kehilangan potensi mitigasinya dan menyebabkan emisi gas rumah kaca justru lebih tinggi.

- 33
- c. **Hydrogen (H<sub>2</sub>)** merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dapat diaplikasikan di kapal dalam beberapa cara yaitu melalui sel bahan bakar (fuel cell), campuran bahan bakar ganda (dual fuel) dengan HFO dan bahan bakar primer pengganti HFO. Perkembangan penggunaan hidrogen memang belum sempurna dan masih membutuhkan banyak riset yang mendukung terutama terkait desain standar dan prosedur pengisian bahan bakar untuk kapal, infrastruktur bunker, desain keselamatan terkait volatilitas bahan bakar (Lindstad & Riialand, 2020). Terlepas dari semua hal tersebut, H<sub>2</sub> sangat berpotensi apabila dikembangkan karena tidak mengeluarkan CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> dan hanya sejumlah kecil NO<sub>x</sub>. Dalam riset yang dilakukan oleh (Al-Enazi et al., 2021)(Bicer & Dincer, 2017) saat ini ada dua teknik umum yang dipergunakan untuk menghasilkan hidrogen yaitu melalui reformasi uap metana dan elektrolisis air. Proses elektrolisis air menjadi hal yang menarik perhatian dan telah banyak teknologi yang dikembangkan untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen. Studi terbaru menyatakan bahwa hidrogen yang diproduksi dapat menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> 10 kali lebih sedikit dibandingkan penggunaan HFO. Selain itu hidrogen yang dipergunakan sebagai bahan bakar campuran dengan HFO dengan perbandingan prosentase 50: 50 ternyata dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> hingga 43% per ton kilometer.
- d. **Ammonia (NH<sub>3</sub>)**, berbeda dengan hidrogen pemanfaatan amonia dalam bidang perkapalan masih belum dilakukan, tahap penelitian dan pengembangan berhasil dilakukan pada moda darat. Seperti halnya hidrogen amonia dapat digunakan sebagai dual fuel dengan HFO ataupun dipergunakan secara primer sebagai bahan bakar utama. Menurut (Bicer & Dincer, 2017) ketika amonia digunakan sebagai dual fuel dapat menghasilkan pengurangan 27% CO<sub>2</sub> per ton kilometer. Pengembangan produksi amonia pada dual fuel dengan prosentase 50:50 terhadap HFO dapat mengurangi 34,5% per ton kilometer. Hal ini tentu menjadi solusi yang relatif menjanjikan sebagai upaya mitigasi perubahan iklim. Secara karakteristik amonia dalam bentuk cair memungkinkan penyimpanan yang lebih baik, dapat disimpan pada suhu -33,4<sup>0</sup>C sehingga lebih mudah dipertahankan dibanding hidrogen. Meskipun secara kerapatan massa tidak begitu jauh memiliki perbedaan

dengan hidrogen cair, perbedaan temperatur dan tekanan yang dibutuhkan dapat menghemat modal lebih baik. Produksi amonia berkembang pesat di dunia dengan banyak memanfaatkan energi hijau seperti angin, air ataupun tenaga surya. Karena amonia memang telah komersil terlebih dahulu sebagai pupuk yang diperdagangkan di seluruh dunia. Amonia dihasilkan dengan metode umum Haber – Bosch untuk mengubah hidrogen dan nitrogen menggunakan suhu tinggi dan katalis.

e. **Sel bahan bakar / fuel cell**, secara prinsip melakukan proses perubahan secara langsung energi elektrokimia, dimana perubahan energi kimia dari senyawa menjadi tenaga listrik tanpa melalui proses pembakaran. beberapa unsur dan senyawa memiliki kemampuan untuk menjadi sel bahan bakar seperti hidrogen yang diproduksi melalui reformasi uap metana, gasifikasi biomas<sup>27</sup>, maupun elektrolisis air. Menurut (DNV GL - Maritime, 2019) teknologi yang paling menjanjikan adalah sel bahan bakar Proton Exchange Membran (PEMFC) yang berfungsi dengan hidrogen, PEMFC suhu tinggi dan sel bahan bakar oksida padat / solid oxide fuel cell (SOFC). Beberapa hal yang tercatat sebagai bentuk kelemahan fuel cell antara lain PEMFC cenderung berbiaya tinggi dan membutuhkan ruang lebih begitu pula SOFC. Selain itu PEMFC cenderung sensitif dengan pengotor sedangkan SOFC cenderung rentan terhadap keamanan karena beroperasi pada suhu 800-1000<sup>0</sup>C. Menurut (van Biert et al., 2016) Efisiensi ketercapaian bahan bakar diperkirakan 50-60% untuk PEMFC dan 60% untuk SOFC

f. **Electric / hybrid propulsion**,

Penggunaan sistem kelistrikan pada transportasi perkapalan menjadi satu pilihan yang tepat pada mitigasi perubahan iklim karena nyaris tanpa emisi karbon, meskipun produksi di hulu memerlukan perhatian juga. Catu daya dapat berasal dari baterai, fly wheel, dan kapasitor super. Meskipun motor listrik diasumsikan lebih murah dibandingkan dengan motor konvensional akan tetapi perlu diperhatikan biaya baterai per unit energi dan akomodasi kapal menjadikannya pilihan yang mahal. Permasalahan yang dihadapi dalam perkembangan kelistrikan ini adalah terkait pengisian baterai dan manajemen energi yang tidak lebih menguntungkan dibandingkan hidrogen, amonia dan biofuel. Dalam sebuah uji coba yang dilakukan pada kapal feri hibrida didapatkan penghematan bahan bakar hingga 35%, bahkan menurut (DNV GL - Maritime, 2019) hibridisasi pada kapal dapat memberikan penghematan bahan bakar 10-40% dengan pengembalian modal paling rendah satu tahun. Pada transportasi darat dilaporkan tercatat pengurangan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 95% dan penurunan biaya operasional 80%. Biaya teknologi pembuatan baterai terus turun dan hal ini menjadi sinyal yang menarik, dan menunjukkan bahwa teknologi tersebut dapat menjadi pilihan yang layak bagi transportasi termasuk perkapalan.

- g. **Wind power/energi angin**, teknologi pemanfaatan energi angin sebenarnya merupakan cikal bakal dan awal perkembangan teknologi penggerak perkapalan di masa awal sejarahnya yang kemudian digantikan oleh intervensi bahan bakar fosil HFO-MDO. Seiring dengan isu lingkungan yang muncul dan perkembangan sumber energi alternatif untuk kapal maka teknologi tenaga angin juga mengalami perkembangan signifikan. Terdapat <sup>31</sup>nam teknologi penggerak berbasis energi angin yaitu *soft sails* (layar lunak), *rigid sails-wing sails* (layar kaku), *hull sails* (layar lambung), *towing kites* (layang-layang penarik), *rotating cylinders* (silinder berputar) <sup>2</sup> dan *wind turbines* (turbin angin). Studi yang dilakukan oleh beberapa periset (Bouman et al., 2017)(Rehmatulla et al., 2017)(Traut et al., 2014) menyatakan bahwa terjadi pengurangan CO<sub>2</sub> pada penggunaan teknologi propulsi angin, pengurangan emisi dinamis tergantung dari jenis layar, kecepatan dan kondisi pelayaran yang menunjang. Dari beberapa jenis teknologi layar tersebut dikatakan bahwa *towing kites* dan *rotating cylinder* memiliki tingkat kematangan teknologi dan pasar yang paling baik dibandingkan yang lainnya. Dalam hal biaya penginstalan sistem ini sangat bervariasi dimana kesulitan pemasangan, bahan baku, perakitan dan pemeliharaan menjadi komponen pembedanya.
- h. **Energi Matahari / Solar Energy**, <sup>25</sup> merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang kebutuhan daya on board. Kapasitas belum maksimal hingga saat ini masih difungsikan sebagai tenaga penunjang saja. Seperti halnya dengan energi angin, potensi energi matahari tergantung pada kondisi meteorologi dimana wilayah yang berdekatan dengan zona katulistiwa tentunya memiliki potensi lebih besar untuk pengembangannya. Teknologi instalasi dari potovoltaik dapat dikolaborasi bersama instalasi energi angin yang dipasang mendatar di atas geladak atau dalam kondisi vertikal. Beberapa hal yang menjadi hambatan perkembangan energi matahari ini adalah bentuk instalasinya yang cukup memakan tempat, teknologinya mahal dan relatif rumit, meskipun begitu (Bouman et al., 2017) terdapat potensi pengurangan CO<sub>2</sub> sebesar 0,2 – 12%. Perlunya riset – riset yang dapat menyempurnakan penerapan teknologi potovoltaik ini hingga matang dan dapat terimplementasi sebagai sumber energi primer.
- i. **Tenaga nuklir**, sistem propulsi nuklir sebenarnya telah digunakan sejak 1955 pada sebagian kapal militer dan kapal selam, selain itu sejumlah kecil kapal komersial telah menggunakannya sebagai pendorong pemecah es. Propulsi kapal nuklir memiliki banyak keuntungan dimana selam operasionalnya tidak mengeluarkan CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> maupun emisi partikulat lainnya. Selain itu tenaga nuklir memungkinkan kapal berjalan lama tanpa mengisi bahan bakar. Akan tetapi dibalik semua kelebihanannya tentu terdapat kelemahan yaitu potensi resiko tinggi terhadap lingkungan karena paparan radioaktif. Termasuk diantaranya adalah penyimpanan nuklir bekas pakai. Penggunaan tenaga nuklir lebih banyak

membutuhkan persiapan yang matang dan menyeluruh terhadap seluruh komponen yang terlibat.

### **POTENSI, PENDORONG & TANTANGAN MASA DEPAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR & SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI KAPAL**

Pencapaian teknologi dan kontribusi bahan bakar alternative secara global saat ini telah menunjukkan kepada kita bahwasanya sebenarnya terdapat potensi yang besar dalam pengembangan teknologi ini untuk menunjang transportasi dan menjadi upaya mitigasi perubahan iklim dunia. Akan tetapi potensi ini memang tergantung dari sejumlah factor seperti ketersediaan bahan baku, dukungan investasi pada infrastruktur penunjang, dan sistem kebijakan yang mendukung. Potensi energi terbarukan pada bidang perkapalan membutuhkan sistem yang terintegrasi untuk mencapai perkembangan maksimal.

Apabila kita melihat pada perkembangan yang terus terjadi pada transportasi perkapalan dan kegiatan pengiriman melalui laut, maka kebutuhan akan sumber energi tentunya akan terus meningkat. Keterbatasan persediaan bahan bakar fosil, tingkat emisi yang semakin tinggi dan peraturan global yang semakin ketat mengikat menyebabkan pertumbuhan teknologi penyediaan bahan bakar alternative akan berkembang pesat. Konvensi Internasional untuk Pencegahan Pencemaran dari Kapal atau Marpol memberikan penetapan dan pengendalian terkait emisi belerang, tindakan teknis dan operasional terkait efisiensi energi, peraturan terkait EEDI dan SEEMP bagi semua kapal. Batasan – batasan secara ekonomi dan lingkungan yang mengikat inilah kemudian menjadi pendorong utama percepatan adopsi teknologi dan bahan bakar alternative di sector maritime terutama pelayaran dan perkapalan.

Sedangkan tantangan dan hambatan penerapan bahan bakar alternative di sector pelayaran juga tidak sedikit. Menurut Irena, 2015, apabila diklasifikasikan maka tantangan dapat dikategorikan menjadi 4 hal yaitu :

1. **Hambatan secara organisatoris**, hambatan ini lebih bersifat adanya perbedaan kebijakan dan peraturan pada masing – masing negara. Selain itu masih rendahnya insentif dan pembiayaan terkait riset dasar dan pengembangan.
2. **Hambatan secara karakteristik perilaku**, berkaitan dengan pengaruh hambatan nomer satu maka hambatan secara karakteristik perilaku ini condong kepada cara pandang pemilik usaha dalam resiko penggunaan teknologi baru pada operasional usaha mereka. Kekhawatiran terkait resiko, biaya adopsi teknologi maupun keberlangsungan operasional mengingat teknologi yang masih baru dan memiliki banyak keterbatasan.
3. **Hambatan dari pasar**, adanya dismotivasi para investor untuk ikut serta dalam pengembangan teknologi bahan bakar alternative, kesulitan para investor terutama setelah keruntuhan *shipping boom* di tahun 2006, dan belum adanya intervensi yang kuat dari masyarakat umum terkait adopsi teknologi ini.

4. **Hambatan non pasar**, adanya perbedaan kelas dan skala kapal, pasar dan jalur perdagangan yang dilayani dan kurangnya akses permodalan terkait adopsi teknologi baru tersebut pada kapal

#### **KESIMPULAN**

Teknologi hijau bidang perkapalan secara umum menjadi satu terobosan yang dilakukan oleh sector maritime sebagai upaya daya dukung terhadap kelestarian lingkungan. Perkembangan implementasi energi terbarukan pada bidang perkapalan memiliki potensi yang besar untuk dilaksanakan. Setiap bahan bakar maupun sumber energi alternative memiliki karakteristik yang berbeda – beda, keunggulan dan keterbatasan yang bervariasi. Akan tetapi dengan peran serta semua pihak dan sinergi kolaborasi diperlukan agar tercapai integrasi sistem yang berkelanjutan dalam mendukung upaya mitigasi bencana perubahan iklim dunia.

## REFERENCES

- 6 Al-Enazi, A., Okonkwo, E. C., Bicer, Y., & Al-Ansari, T. (2021). A review of cleaner alternative fuels for maritime transportation. In *Energy Reports* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.03.036>
- 7 Ambarita, H. (2017). Performance and emission characteristics of a small diesel engine run in dual-fuel (diesel-biogas) mode. *Case Studies in Thermal Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.06.003>
- 8 Ariani, B., Ariana, I. M., & Fathallah, A. Z. M. (2020). Experimental investigation on natural gas injection to minimize abnormal combustion and methane slip in the diesel-natural gas dual fuel engine at low load. *International Review of Mechanical Engineering*, 14(9). <https://doi.org/10.15866/ireme.v14i9.19821>
- 2 Bicer, Y., & Dincer, I. (2017). Comparative life cycle assessment of hydrogen, methanol and electric vehicles from well to wheel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(6). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.07.252>
- 1 Bouman, E. A., Lindstad, E., Riialand, A. I., & Strømman, A. H. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.022>
- 26 DNV GL - Maritime. (2019). Assessment of Selected Ternative Fuels and Technologies. *Imo*, 391(June).
- 11 DNV GL says oil & gas industry sees hydrogen as key to decarbonisation. (2020). *Fuel Cells Bulletin*, 2020(6). [https://doi.org/10.1016/s1464-2859\(20\)30258-3](https://doi.org/10.1016/s1464-2859(20)30258-3)
- GreenShip's treatment technology: Environment and health as competitive items. (2001). *HSB International*, 50(8).
- 19 International Maritime Organization. (2020). IMO 2020 : consistent implementation of MARPOL Annex VI. *OMI*.
- 9 Lindstad, E., & Riialand, A. (2020). LNG and cruise ships, an easy way to fulfil regulations-versus the need for reducing GHG emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12052080>
- 1 Rehmatulla, N., Calleya, J., & Smith, T. (2017). The implementation of technical energy efficiency and CO2 emission reduction measures in shipping. *Ocean Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.04.029>
- 4 Traut, M., Gilbert, P., Walsh, C., Bows, A., Filippone, A., Stansby, P., & Wood, R. (2014). Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on selected shipping routes. *Applied Energy*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.026>
- 10 van Biert, L., Godjevac, M., Visser, K., & Aravind, P. V. (2016). A review of fuel cell systems for maritime applications. In *Journal of Power Sources* (Vol. 327). <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.07.007>
- 5 Wan, C., Zhang, D., Yan, X., & Yang, Z. (2018). A novel model for the quantitative evaluation of green port development – A case study of major ports in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61.

## BIODATA PENULIS



18

**Dr. Betty Ariani, S.T., M.T**

**Email : [betty.ariani@ft.um-surabaya.ac.id](mailto:betty.ariani@ft.um-surabaya.ac.id)**

**Dosen Teknik Perkapalan – Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surabaya**

Betty Ariani, Lahir di Jember pada 17 Desember 1979, menempuh pendidikan S1 dan mendapatkan gelar sarjana pada tahun 2005 dari jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Melanjutkan studi pada Program Pascasarjana Teknologi Kelautan dan mendapatkan gelar magister teknik pada tahun 2010. Program Doktorat Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember diselesaikan dalam 7 semester pada tahun 2021 dengan predikat cumlaude. Tema disertasi adalah studi numerik dan eksperimental modifikasi geometri combustion chamber untuk mereduksi methane slip pada dual fuel engine. Kesibukannya saat ini adalah mengajar di prodi teknik perkapalan dan melakukan penelitian sesuai bidang keahliannya terkait tema alternatif fuel for ship, green technology for green ship, emission control technology dan marine power plant. Beberapa karya publikasi yang pernah dilakukannya antara lain:

1. Numerical study of emission on DDF engine with 20% CNG with variation on compression ratio, Recent Advances in Renewable Energy System, Part of Lecture Notes Electrical Engineering book series LNEE vol 876 pp 289 - 294
2. Numerical Investigation of the Effect of Biodiesel-Biogas Percentage on Performance Characters and Dual Fuel Engine Emissions as Green Technology on Ship, Jurnal Kapal Indip 19 (1) 2022: 14-19
3. Experimental Investigation on Natural Gas Injection to Minimize Abnormal combustion and Methane Slip in the Diesel – Natural Gas Dual Fuel Engine at low load. IREME Jurnal 2020
4. Effect of Natural Gas Injection Timing on Combustion Performance & Methane Slip Emission of Diesel – NG Dual Fuel Engine, an Experimental study, ICOME 2019, AIP Proceeding.
5. Investigation and Development Technology of Methane Emission Reduction on Exhaust Emitted from dual fuel Diesel Engine, MASTIC 2018. MSMI Proceeding
6. Analisa kelayakan sistem instalasi biogas sebagai alternatif pengolahan limbah sewage kapal, Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan PPNS 2018



ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

14%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Hult International Business School Student Paper	2%
2	link.springer.com Internet Source	1%
3	www.praiseworthyprize.org Internet Source	1%
4	vb.northsearegion.eu Internet Source	1%
5	umpir.ump.edu.my Internet Source	1%
6	Submitted to Liverpool John Moores University Student Paper	1%
7	etd.astu.edu.et Internet Source	1%
8	iopscience.iop.org Internet Source	1%
9	Submitted to University of Portsmouth	

Student Paper

1 %

10

[zenodo.org](https://zenodo.org)

Internet Source

1 %

11

Submitted to Intercollege

Student Paper

1 %

12

Submitted to University of Strathclyde

Student Paper

1 %

13

[ejournal.undip.ac.id](http://ejournal.undip.ac.id)

Internet Source

1 %

14

[repository.its.ac.id](https://repository.its.ac.id)

Internet Source

<1 %

15

[res.mdpi.com](https://res.mdpi.com)

Internet Source

<1 %

16

[sintadev.ristekdikti.go.id](http://sintadev.ristekdikti.go.id)

Internet Source

<1 %

17

R. Krishnamoorthy, S. L. Prathapa Reddy,  
Ambresh P. Ambalgi, M. Amina Begum.

"Design of Higher-Order Circular Array  
Antenna with Multiple Patch Elements Based  
on Angular Momentum", Fusion Science and  
Technology, 2021

Publication

<1 %

18

[ojs3.unpatti.ac.id](https://ojs3.unpatti.ac.id)

Internet Source

<1 %

19	Submitted to University of West Attica Student Paper	<1 %
20	www.atlantis-press.com Internet Source	<1 %
21	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
22	ejurnal.ung.ac.id Internet Source	<1 %
23	elibrary.almaata.ac.id Internet Source	<1 %
24	sinta3.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
25	123dok.com Internet Source	<1 %
26	Submitted to Singapore Institute of Technology Student Paper	<1 %
27	goaravetisyan.ru Internet Source	<1 %
28	www.scribd.com Internet Source	<1 %
29	anzdoc.com Internet Source	<1 %
30	iptek.its.ac.id	

Internet Source

<1 %

31

[www.itf-oecd.org](http://www.itf-oecd.org)

Internet Source

<1 %

32

[www.merck.com](http://www.merck.com)

Internet Source

<1 %

33

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off