



TESIS - ME142516

OPTIMASI KECEPATAN OPERASIONAL *ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY* (AHTS) DENGAN PENDEKATAN *ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR* (EEOI)

SYAFIUDDIN

04111350040004

DOSEN PEMBIMBING

Dr. I Made Ariana, ST. MT.

Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



TESIS - ME142516

OPTIMASI KECEPATAN OPERASIONAL *ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY* (AHTS) DENGAN PENDEKATAN *ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR* (EEOI)

SYAFIUDDIN
04111350040004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. I Made Ariana, ST. MT.
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS - ME142516

***OPERATIONAL SPEED OPTIMIZATION OF ANCHOR
HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) USING ENERGY
EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI)
APPROACH***

**SYAFIUDDIN
04111350040004**

**SUPERVISOR
Dr. I Made Ariana, ST. MT.
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.**

**MASTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Optimasi Kecepatan *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) dengan Pendekatan *Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI)

Oleh : Syafiuddin

NRP : 04111350040004

Telah diujikan pada:

Hari, Tanggal : Rabu, 18 Juli 2018

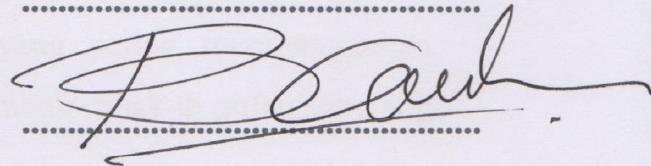
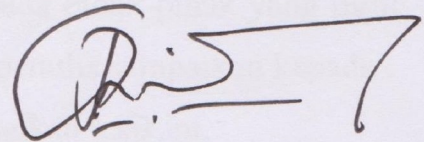
Periode Wisuda : September 2018

Untuk mendapatkan gelar **MAGISTER TEKNIK** pada
Program Magister Teknik Sistem Perkapalan
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dosen Pembimbing

1. **Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.**
NIP. 197106101995121001

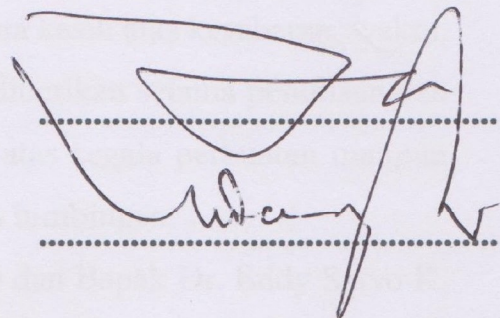
2. **Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.**
NIP. 197903192008011008



Dosen Penguji

1. **Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah., M.Eng., Ph.D**
NIP. 195605191986101001

2. **Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng., D.Eng**
NIP. 195808071984031004



KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran ALLAH SWT karena atas Hidayah dan Rahmat-NYA penulis diberikan kesempatan untuk menyelesaikan tesis dalam bidang *Marine Power Plant* dengan judul “Optimasi kecepatan operasional *anchor handling tug supply* (AHTS) dengan pendekatan *energy efficiency operational indicator* (EEOI) ”.

Penulisan dan penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program master di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tesis ini disusun sebagai pertimbangan operasional pada kapal AHTS terutama di PT. Bahtera Niaga Internasional sehubungan dengan MARPOL Annex VI.

Penyelesaian tesis ini tidak lepas dari keterlibatan dukungan, doa serta bantuan baik moril maupun materiil berbagai pihak, oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang turut membantu penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. ALLAH SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
2. Kedua Orang tua, Ibunda tercinta serta yang paling membanggakan almarhun Ayahanda, serta kakak-kakak dan mbak-mbak di pulau seberang sana.
3. Bapak Dr. Eng. I Made Ariana, ST. MT dan Bapak Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesabaran, waktu, ilmu, pengarahan dan motivasi yang telah diberikan selama penulisan dan penyusunan tesis ini. Penulis mohon maaf atas segala perbuatan maupun ucapan yang kurang berkenan selama proses bimbingan.
4. Bapak R.O Saut Gurning, ST., M.SC, Ph.D dan Bapak Dr. Eddy Setyo K, ST.,M.Sc. selaku Koordinator Jurusan yang telah memberikan arahan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
5. Bapak Ir.Agoes Achmad Masroeri,M.Eng, D.Eng dan Bapak Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah., M.Eng., Ph.D selaku tim penguji.
6. Segenap jajaran dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Program Pascasarjana Teknologi Kelautan.

7. Segenap jajaran karyawan dan staff Program Pascasarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
8. Bapak Kamarudin Ahmad, selaku Direktur PT. Bahtera Niaga Internasional yang telah memberikan ijin pengambilan data, serta Pak Nofriyanto selaku Manager Operasional, Pak Feris Subhan selaku QHSE Manager, Bas Budi selaku Engineering Superintendent, Aldian, Iman Tantowi, Capt. Bambang, Mas Syaiful, mas sekaligus kakak Alif dan mas Danu selaku pihak IT yang telah memberikan akun sehingga mempermudah pengumpulan data, serta semua karyawan PT. BNI yang tidak bisa saya sebut satu per satu
9. Rekan seperjuangan PPsTK: Mas Yuniar, Pak Teddy, Mas Munir, Mas Amril, Mbak Bene, Rizqi aka Erick, Suardi, Mas Arul, Pak Imam, Penghuni setia lab kaca pasca mbak Arinta, Mas Owi, melumerkan setiap ketegangan.
10. Teman-teman seperjuangan di Nasdec, Diago, Danuja, Nova, Annas, Jangka, Hutrizain, Andika, Arras, Ryan, Insanu, Bernard, Hayy, Ayu, Diko, adek Rudi, Gusma, Yoni, adek Bahru.
11. Adek-adek Lab MMD Sistem Perkapalan yang telah menemani, memberikan masukan dan saran, memberikan arti kebersamaan dan belajar.
12. Serta semua pihak yang mendukung penulis baik moril maupun non-moril.

Penulis menyadari dalam penulisan serta penyusunan tesis ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang membangun, guna menambah kelengkapan serta penyempurnaan untuk masa yang akan datang, semoga laporan tesis ini bisa bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

OPTIMASI KECEPATAN *ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY* (AHTS) DENGAN PENDEKATAN *ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR* (EEOI)

Nama mahasiswa : Syafiuddin
NRP : 04111350040004
Pembimbing : Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.
Dr. Beny Cahyono.,ST.,MT

ABSTRAK

Transportasi maritim turut bertanggung jawab dalam hal perlindungan lingkungan, sehingga pengukuran harus dilakukan terhadap logistik dan ruang lingkup transportasi maritim yang dikembangkan oleh IMO guna mengurangi emisi dari kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan operasional kapal terbaik guna mengurangi konsumsi bahan bakar melalui konsep *Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI). Dengan membandingkan nilai EEOI *recorded* dan EEOI *predicted*, dimana perbedaan kedua nilai ini merepresentasikan fouling lambung dan propeller serta degradasi performa *engine*. Diperoleh bahwa nilai error sebesar 4.219% terjadi pada kapal BNI Castor dengan rentang waktu operasional 13 bulan. Sedangkan pada BNI Capella, nilai error sebesar 5.91% dengan waktu operasional selama 14 bulan. Efek *dry-docking* dilakukan pada kapal Tropic Orion, dimana memberikan pengurangan nilai error sebesar 6.57%. Nilai error ini sebagai dasar penurunan kecepatan operasional kapal, dimana pada penurunan kecepatan sebesar 0.5 knot memberikan pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 0.58% dan penambahan waktu layar sebesar 7.31% pada BNI Castor, sedangkan sebesar 0.5% untuk pengurangan konsumsi bahan bakar dan 4.88% penambahan waktu layar untuk BNI Capella, sedangkan efek *dry-docking* mengurangi *error* sebesar 6.57% pada Tropic Orion. Dengan menurunkan kecepatan kapal, maka akan mengurangi konsumsi bahan bakar namun akan menambah waktu layar. Kondisi lingkungan berperan penting sehubungan dengan pengurangan konsumsi bahan bakar.

Kata kunci: emisi, EEOI, optimasi kecepatan, AHTS

OPERATIONAL SPEED OPTIMIZATION OF ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) USING ENERGY EFFICIENCY OPERATIONAL INDICATOR (EEOI) APPROACH

By : Syafiuddin
Student Identity Number : 04111350040004
Pembimbing : Dr. I Made Ariana, S.T., M.T.
Dr. Beny Cahyono.,ST.,MT

ABSTRACT

The maritime transportation takes a role to responsible related to environment protection, therefore the measurement should be done for logistic and related maritime transportation scope that already developed by IMO to reduce emission from vessel. This research aim to find the optimum operational speed in accordance to reduce fuel consumption by using energy efficiency operational indicator (EEOI) concept. By comparing the recorded EEOI with predicted EEOI, the error represents hull and propeller fouling and engine degradation performance. The study shown that for AHTS BNI Castor gives 4.219% error for 13 months of operation, while AHTS BNI Capella gives 5.19% error for 14 months of operation. Dry docking effect by using AHTS Tropic Orion that gives about 6.57% of error reduction due to maintenance while dry-docking. The error as the basis to determine tho ship speed reduction, where the 0.5 knot of speed reduction gives a fuel consumption reduction about 0.58% for BNI Castor, in contrary gives about 7.31% addition sailing time. Fuel consumption reduces about 0.5% when the speed reduction applied to BNI Capella about 0.5 knot, but gives about 4.88% of additional sailing time. By applying slower speed will gives more reduction to fuel consumption, while the consequence will add the sailing time. The environment condition plays big role related to fuel consumption reduction.

Keyword: emission, EEOI, optimum speed, AHTS

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. <i>State of the Art</i>	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. MARPOL	5
2.2. Anchor Handling Tug Supply (AHTS)	6
2.3. Penerapan Regulasi	8
2.4. Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP).....	10
2.5. Performa Kapal	11
2.6. Pengaruh Lingkungan	20
2.7. Pemeriksaan Lambung Kapal.....	25
2.8. Penelitian Terkait	28
BAB III METODOLOGI.....	33
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Evaluasi Metode Kwon	37
4.2 <i>Speed loss</i> dan Nilai EEOI	40
4.3 Optimasi Kecepatan	45
4.4 Efek <i>dry-docking</i>	51

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peraturan maritim yang akan datang.....	6
Gambar 2. 2 Perkiraan kebutuhan armada lepas pantai.....	7
Gambar 2. 3 Emisi CO2 dari pelayaran dibandingkan dengan total global emsisi tahun 2007.....	8
Gambar 2. 4 Piramida performa kapal.....	12
Gambar 2. 5 Pembagian performa kapal.....	12
Gambar 2. 6 Variasi kekasaran akibat fouling.....	13
Gambar 2. 7 Kurva performa pada engine dua langkah.....	15
Gambar 2. 8 a) Matching point engine dan propeller b) Daerah SFOC optimum	20
Gambar 2. 9 kurva kecepatan Vs konsumsi bahan bakar.....	20
Gambar 2. 10 Sudut hadap kapal dengan gelombang.....	21
Gambar 2. 11 Konversi ΔV ke ΔP	25
Gambar 3. 1 Flow Diagram Pengerjaan Tesis.....	35
Gambar 4. 1 Grafik koefiesn <i>speed loss</i> akibat arah cuaca C_{β}	37
Gambar 4. 2 Grafik koefisien <i>speed loss</i> akibat C_b kapal (original) C_U	38
Gambar 4. 3 Grafik koefisien <i>speed loss</i> akibat C_b kapal (modifikasi) C_U	39
Gambar 4. 4 Grafik koefisien <i>speed loss</i> akibat bentuk kapal C_{Form}	40
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan nilai EEOI prediksi dan EEOI actual BNI Castor.....	42
Gambar 4. 6 Prosentase nilai error perbandingan EEOI BNI Castor.....	43
Gambar 4. 7 Grafik perbandingan nilai EEOI prediksi dan EEOI actual BNI Capella.....	44
Gambar 4. 8 Prosentase nilai error perbandingan EEOI BNI Capella.....	45
Gambar 4. 9 Prosentase pengurangan konsumsi bahan bakar dan kenaikan <i>sail hour</i> akibat penurunan kecepatan pada BNI Castor.....	49
Gambar 4. 10 Prosentase pengurangan konsumsi bahan bakar dan kenaikan <i>sail hour</i> akibat penurunan kecepatan pada BNI Capella.....	50

Gambar 4. 11 Prosentase nilai error perbandingan EEOI Tropic Orion52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai konversi bahan bakar ke CO ₂	10
Tabel 2. 2 Koefisien pengurangan akibat arah C_{β}	22
Tabel 2. 3 Koefisien pengurangan kecepatan CU akibat koefisien blok C_b kapal. 22	
Tabel 2. 4 Koefisien bentuk kapal C_{Form}	22
Tabel 2. 5 Beaufort Number (BN)	23
Tabel 3. 1 Data Kapal pada penelitian	34
Tabel 4. 1 Koefisien <i>speed loss</i> akibat arah cuaca C_{β}	37
Tabel 4. 2 koefisien <i>speed loss</i> akibat C_b kapal (original) C_U	38
Tabel 4. 3 koefisien <i>speed loss</i> akibat C_b kapal (Modifikasi) C_U	38
Tabel 4. 4 Koefisien <i>speed loss</i> akibat bentuk kapal C_{Form}	40
Tabel 4. 5 perhitungan <i>speed loss</i> BNI Castor bulan ke-1	41
Tabel 4. 6 EEOI prediksi dan EEOI aktual BNI Castor.....	42
Tabel 4. 7 Nilai error pada EEOI BNI Castor	43
Tabel 4. 8 Trendline nilai error EEOI BNI Castor	44
Tabel 4. 9 <i>Speed loss</i> BNI Castor bulan ke-1 dengan pengurangan kecepatan	48
Tabel 4. 10 Perbandingan konsumsi bahan bakar dan EEOI pada kecepatan 12.5 knot BNI Castor	48
Tabel 4. 11 Nilai EEOI recorded dan EEOI predicted pada kapal Tropic Orion .	51

DAFTAR SIMBOL

AHTS	<i>Anchor Handling Tug Supply</i>
B	<i>Breadth</i> (lebar kapal)
BN	Beaufort Number
C_b	Koefisien block kapal
C_{form}	Koefisien pengurangan kecepatan kapal akibat bentuk kapal
C_U	Koefisien pengurangan kecepatan kapal akibat nilai C_b dan F_n
C_β	Koefisien pengurangan kecepatan kapal akibat arah cuaca
DWT	Deadweight Tonnage
EEDI	<i>Energy Efficiency Design Index</i>
EEOI	<i>Energy Efficiency Operational Indicator</i>
F_n	<i>Froude Number</i>
Fr	<i>Fuel rate</i> (laju konsumsi bahan bakar)
GT	<i>Gross Tonnage</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
LOA	<i>Length overall</i> (panjang keseluruhan kapal)
LWL	<i>Length of waterline</i> (Panjang garis air kapal)
MEPC	<i>Marine Environment Protection Committee</i>
SEEMP	<i>Ship Energy Efficiency Management Plan</i>
T	<i>Draught</i> (sarat air)
V_1	Kecepatan operasional kapal pada kondisi perairan tenang (tanpa angin, tanpa ombak)
V_2	Kecepatan kapal aktual pada kondisi cuaca tertentu
ε	error

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. *State of the Art*

Kebutuhan dunia akan bahan bakar fosil akan terus meningkat di masa mendatang, pengeluaran pada lingkup lepas pantai akan meningkat di 10 – 20 tahun ke depan, dan diharapkan mengalami pertumbuhan 10-15% per tahun. Seiring pertumbuhan industri lepas pantai, maka diiringi pula oleh perkembangan kapal-kapal dengan tugas khusus pendukung kegiatan lepas pantai, dan kapal-kapal pendukung kegiatan lepas pantai ini memiliki pertumbuhan yang paling cepat di antara kapal lainnya dalam sektor lepas pantai (*Shipping 2020 - DNV Final Report*). *Anchor handling tug supply vessel* adalah tipe kapal pendukung kegiatan lepas pantai dengan pertumbuhan yang paling besar pada jangka waktu 2005-2010 (Robin, 2011). Terkait dengan adanya regulasi lingkungan, maka kapal jenis *anchor handling tug supply* ini perlu perhatian khusus dalam hal manajemen energi dan perlindungan lingkungan.

Perlindungan terhadap lingkungan telah menjadi perhatian utama yang mengarahkan IMO untuk memutakhirkan hasil pekerjaannya melalui amandemen, revisi dan penambahan regulasi, termasuk mengadopsi konvensi dan koda baru. Transportasi maritim turut bertanggung jawab dalam hal perlindungan lingkungan, sehingga pengukuran harus dilakukan terhadap logistik dan ruang lingkup transportasi maritim yang dikembangkan oleh IMO guna mengurangi emisi dari kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan operasional kapal terbaik guna mengurangi konsumsi bahan bakar melalui konsep *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) dan *Energy Efficiency Operational Index* (EEOI) berdasarkan pendekatan *bottom-up* pada kapal *anchor handling tug supply*. Konsep EEDI dan EEOI ini tertuang dalam *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP) yang merupakan manual rencana penggunaan energi di atas kapal yang disyaratkan untuk ada di atas kapal dengan ukuran tonase kotor 400 dan lebih.

Peranan EEDI dan SEEMP cukup signifikan dalam mengurangi emisi CO₂ dalam berbagai skenario laju pertumbuhan beberapa jenis kapal (MEPC 63/INF.2). penilaian terhadap EEDI kapal tanker yang baru dibangun dan membandingkannya dengan nilai referensi memberikan gambaran perlunya tindakan pencegahan dalam

mengadopsi metodologi perhitungan EEDI pada desain baru (*Eda Turan, 2013*). Hal ini menunjukkan bahwa masih perlu adanya perbaikan terus menerus dalam tahap desain untuk mencapai nilai referensi yang dikeluarkan oleh regulasi.

Konsep EEDI digunakan pada tahap desain kapal, sedangkan konsep EEOI dan SEEMP diterapkan pada *existing ship* yang mana diharapkan secara primer meningkatkan aspek performa kapal dalam hal manajemen teknis dan operasional. Beberapa metode peningkatan operasional telah diteliti, walaupun satu kapal akan memberikan peningkatan dan efisiensi energi yang kecil dan sedikit kontribusi terhadap lingkungan, namun apabila maskapai internasional menerapkan hal yang sama, kontribusi yang cukup berarti dan hal pengurangan emisi CO₂ merupakan suatu yang perlu dipertimbangkan kembali (*Mihaela et al, 2011*). Dengan menggunakan nilai EEOI, dapat memberikan peningkatan efisiensi energi dalam hal *voyage*, yang membandingkan nilai estimasi nilai EEOI dengan nilai sebenarnya di atas kapal, sehingga diperoleh faktor yang tidak dapat diprediksi sebagai acuan nilai selanjutnya (*Nicoleta et al, 2014*).

Dalam memprediksi nilai EEOI diperlukan data teknis dan operasional pendukung, serta faktor-faktor yang mempengaruhi operasional, seperti kondisi perairan dan kondisi navigasi yang sebenarnya, serta pengaruh usia kapal terhadap tahanan kapal (*Sun Xing et al, 2013*), pengaruh gelombang terhadap kecepatan kapal (*Jasna et al, 2012*). Tak lepas dari operasional mesin utama, permesinan bantu dan boiler, dimana ketiga komponen ini adalah konsumen bahan bakar utama (*MEPC 67/INF.3*).

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah berfokus pada penerapan *energy efficiency operational index* (EEOI) sebagai alat yang merepresentasikan performa suatu kapal. Poin permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh lingkungan terhadap operasional kapal
2. Bagaimana nilai EEOI dapat dijadikan sebagai referensi performa kapal
3. Bagaimana pengaruh *drydocking* terhadap performa kapal
4. Bagaimana optimasi kecepatan kapal berdasarkan pada nilai EEOI

Manajemen terhadap komponen serta faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar dapat dituangkan dalam *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP) yang memberikan perencanaan guna menentukan titik operasional dengan konsumsi bahan bakar terendah.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan titik operasional kapal dengan konsumsi bahan bakar terendah yang dipengaruhi oleh tahanan kapal sebagai fungsi usia kapal, serta kinerja sistem permesinan yang menggunakan bahan bakar yang diperoleh dari analisa beberapa kapal jenis *anchor handling tug supply* (AHTS). Dari titik operasional ini maka memberikan nilai *Energy Efficiency Operational Index* (EEOI) yang terendah sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk kapal-kapal sejenis.

Secara rinci, tujuan dari penelitian ini adalah menjawab permasalahan, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh lingkungan terhadap operasional kapal
2. Mengetahui bagaimana nilai EEOI dapat dijadikan sebagai referensi performa kapal
3. Mengetahui pengaruh *drydocking* terhadap performa kapal
4. Mengetahui bagaimana optimasi kecepatan kapal berdasarkan pada nilai EEOI

1.4. Batasan Masalah

Dengan kompleksnya permasalahan manajemen energi di atas kapal, serta fungsi kapal yang dirancang khusus, maka diperlukan batasan masalah agar penelitian tidak melebar. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah jenis *Anchor handling tug supply* (AHTS)
2. Optimasi pada kecepatan operasional
3. Trajek yang digunakan adalah trajek yang sudah ada, dan tidak mengoptimasi dari segi trajektori.
4. Tidak mempertimbangkan kinerja *bollard pull*
5. Pendekatan pengaruh lingkungan dengan metode Kwon

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. MARPOL

Konvensi Internasional untuk perlindungan terhadap polusi dari kapal (Marine Pollution / MARPOL) merupakan konvensi utama yang melingkupi pencegahan polusi lingkungan laut oleh operasional kapal ataupun oleh sebab kecelakaan.

Konvensi MARPOL diadopsi pada tanggal 2 November 1973 oleh IMO. Protokol 1978 diadopsi sebagai tanggapan terhadap kecelakaan tanker pada tahun 1976-1977. Konvensi MARPOL asli ditandatangani pada 17 Februari 1973, namun tidak diberlakukan. Konvensi saat ini adalah kombinasi tahun 1973 Konvensi dan Protokol 1978. Ini mulai berlaku pada tanggal 2 Oktober 1983. Pada tanggal 31 Desember 2005, 136 negara, yang mewakili 98% dari tonase pengiriman dunia, merupakan pihak Konvensi.

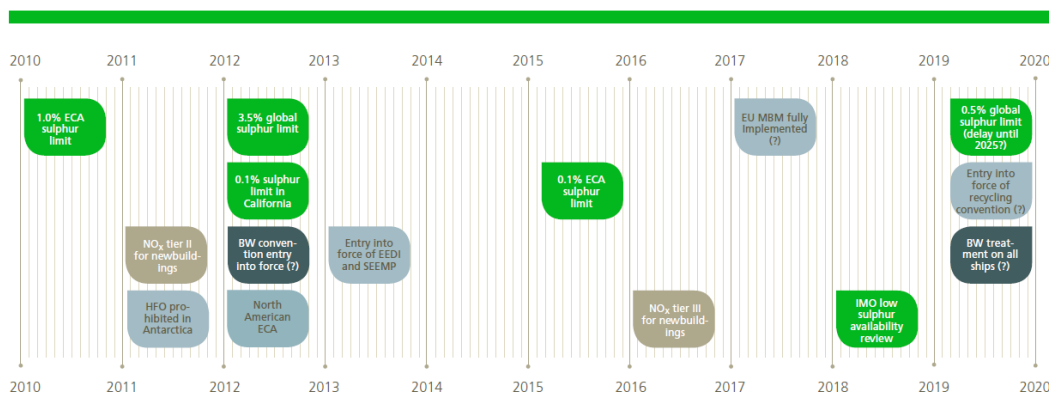
2.1.1 Regulasi Lingkungan

Pelayaran internasional merupakan industri dengan regulasi yang cukup berat. Pada dekade ini, akan terlihat bahwa beberapa aturan tambahan akan menjadi efektif, dengan implikasi operasional dan ekonomi yang signifikan. Dengan mengelola pengaruh kumulatif dari hal tersebut merupakan salah satu kunci tantangan bagi perusahaan. Bagi yang tidak menerapkan teknologi yang tepat maka akan mengalami pengaruh buruk yang cukup panjang bagi perusahaan.

Kunci peraturan tentang lingkungan pada decade ini berpusat pada emisi dari sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), *particulate matter* (PM) dan gas rumah kaca (dalam hal ini CO₂). Regulasi internasional yang terbaru menitik beratkan pada efisiensi energi di atas kapal yang mulai berlaku pada 1 Januari 2013, sedangkan persyaratan lebih ketat untuk sulfur diberlakukan pada wilayah spesifik tertentu pada tahun 2015 dan secara global pada tahun 2020.

Biaya penerapan terhadap kesesuaian peraturan ini akan menjadi tinggi bagi industri maritim, dan keputusan bisnis menjadi sangat penting. Dalam jangka waktu panjang, kemampuan mengelola peraturan ini akan menjadi pembeda secara komersial.

Beberapa regulasi telah siap untuk diimplementasikan dan akan berlaku dalam waktu dekat, sementara regulasi yang lain dalam tahap pengembangan dan mempunyai pengaruh yang sementara.



Gambar 2. 1 Peraturan maritim yang akan datang (DNV, 2012)

Menitik beratkan pada tahun berjalan saat ini, maka konsep EEDI dan SEEMP sudah mulai diberlakukan. Gas rumah kaca seperti CO₂ merupakan mekanisme primer dalam pemanasan atmosfer. Dengan kebangkitan akan keprihatinan internasional tentang emisi CO₂ pada tahun 2005 dan 2006, IMO berkomitmen untuk menangani emisi CO₂ dari kapal melalui kombinasi dari segi teknikal, operasional dan pengukuran berbasis pasar.

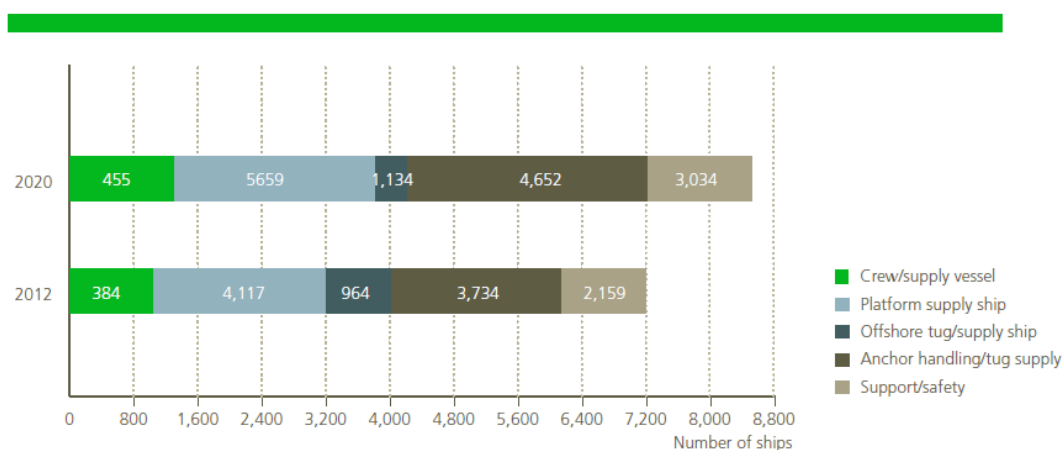
Dengan berbagai negosiasi, maka IMO mengadopsi *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) dan *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP) yang mulai berlaku 1 Januari 2013. Dengan menerapkan energi efisiensi yang semakin ketat sebagai syarat kapal baru, EEDI yang dimaksudkan sebagai rangsangan pada perkembangan desain kapal yang lebih hemat energy, sehingga secara tidak langsung mengurangi emisi CO₂. SEEMP, di sisi lain dirancang secara langsung untuk merangsang praktek operasional yang lebih hemat energi.

2.2. Anchor Handling Tug Supply (AHTS)

Seiring dengan trend eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas yang didominasi ke wilayah lepas pantai atau *offshore*, maka dapat dipastikan operator migas akan memerlukan banyak fasilitas *marine* untuk menunjang kegiatan operasional. Di antaranya adalah pembangunan *platform* baik untuk kegiatan

pengeboran maupun produksi, serta tentunya aneka jenis kapal termasuk AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*) serta *crew boat* dan *service boat*.

Kebutuhan dunia akan bahan bakar fosil akan terus meningkat di masa mendatang, pengeluaran pada lingkup lepas pantai akan meningkat di 10 – 20 tahun ke depan, dan diharapkan mengalami pertumbuhan 10-15% per tahun. Seiring pertumbuhan industri lepas pantai, maka diiringi pula oleh perkembangan kapal-kapal dengan tugas khusus pendukung kegiatan lepas pantai, dan kapal-kapal pendukung kegiatan lepas pantai ini memiliki pertumbuhan yang paling cepat di antara kapal lainnya dalam sektor lepas pantai. *Anchor handling tug supply vessel* adalah tipe kapal pendukung kegiatan lepas pantai dengan pertumbuhan yang paling besar.

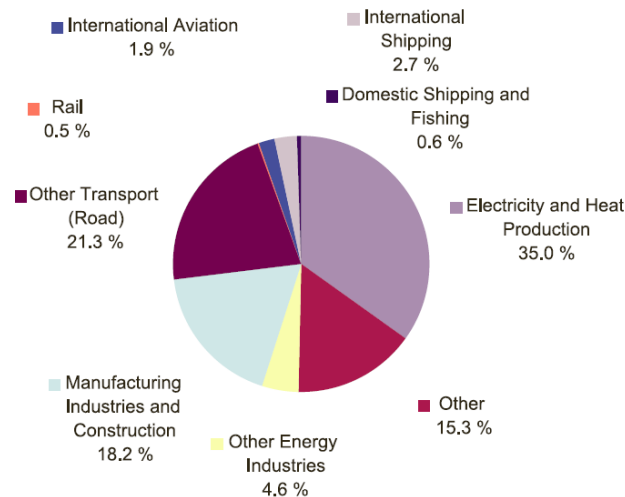


Gambar 2. 2 Perkiraan kebutuhan armada lepas pantai (DNV, 2012)

Kapal pendukung kegiatan lepas pantai (*offshore support vessel*) merupakan kapal dengan pertumbuhan tercepat pada sektor lepas pantai, dan akan terus berlanjut pada 2015-2020. Tekanan kuat secara global dan perhatian terhadap perlindungan lingkungan, meningkatkan kebutuhan akan kapal jenis ini dan mempercepat penggunaan teknologi. Sektor lepas pantai merupakan sektor yang paling terdepan dalam penggunaan teknologi baru dan inovatif.

2.3. Penerapan Regulasi

satu kapal akan memberikan peningkatan dan efisiensi energi yang kecil dan sedikit kontribusi terhadap lingkungan, namun apabila maskapai internasional menerapkan hal yang sama, kontribusi yang cukup berarti dan hal pengurangan emisi CO₂ merupakan suatu yang perlu dipertimbangkan kembali. Bagaimanapun juga, pelayaran internasional bukan satu-satunya yang bertanggung jawab terhadap pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca, namun menyumbang sekitar 2.7% dari total emisi CO₂ secara global. Jadi diperlukan bagi sektor dan aktifitas lainnya yang mempunyai pengaruh cukup besar untuk melakukan penilaian dan pengukuran dan melakukan sesuatu terhadap isu pemanasan global dan emisi gas rumah kaca.



Gambar 2. 3 Emisi CO₂ dari pelayaran dibandingkan dengan total global emsisi tahun 2007

(MEPC 59/INF.10, 2009)

2.3.1 Energy Efficiency Design Index (EEDI)

Energy Efficiency Design Index (EEDI) secara sederhana menggambarkan kerusakan lingkungan (diekspresikan dalam emisi rumah kaca) dari kapal dalam kaitannya dengan nilai sosial,

$$\begin{aligned} \text{EEDI} &= (\text{dampak terhadap lingkungan} / \text{keuntungan sosial}) \\ &= (\text{emisi CO}_2 / \text{pekerjaan yang dilakukan}) \end{aligned} \quad (1)$$

Analisa lebih lanjut menunjukkan,

$$\text{EEDI} = (\text{CO}_{2\text{ME}} + \text{CO}_{2\text{AE}}) / (\text{Capacity} \cdot V_{\text{ref}}) \quad (2)$$

Untuk persamaan EEDI yang lebih detail, mengacu pada (MEPC.63/23 Annex 8, 2012).

2.3.2 Energy Efficiency Operational Index (EEOI)

Indikator Operasi Efisiensi Kapal adalah nilai keseluruhan dari seberapa efisien kapal dalam beroperasi, yaitu seberapa banyak muatan yang dipindahkan untuk bahan bakar yang digunakan. Dengan menghitung emisi CO₂ (bahan bakar yang dikonsumsi), muatan yang dibawa, dan jarak yang ditempuh setiap pelayaran / perjalanan, selama periode tertentu yang akan memberikan langkah standar komunikasi kinerja energy kapal yang beroperasi.

IMO telah mengeluarkan (MEPC.1/Circ.684 , 2009)– *Guidelines voluntary use of the ship energy efficiency operational Indicator (EEOI)*. Sesuai edaran, pernyataan dasar untuk EEOI pada sebuah pelayaran adalah:

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumed (tonnes)} \times \text{fuel to CO}_2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}} \quad (3)$$

Rata-rata nilai indikator untuk periode atau beberapa pelayaran, indicator dihitung dengan persamaan :

$$\text{Average EEOI} = \frac{\sum_i (\sum_j FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{\text{cargo } i} \times D_i)} \quad (4)$$

dimana

j adalah jenis bahan bakar

i adalah nomor pelayaran

FC_{ij} adalah massa bahan bakar j yang dikonsumsi pada pelayaran i

C_{Fj} adalah factor konversi bahan bakar ke CO₂ untuk bahan bakar j

m_{cargo} adalah muatan dalam ton atau jumlah pekerjaan atau gross ton untuk kapal penumpang

D jarak dalam nautical miles terkait dengan cargo yang dibawa atau jumlah pekerjaan.

Faktor konversi bahan bakar ke CO₂ adalah factor konversi tak bersatuan antara bahan bakar yang dikonsumsi dalam satuan massa dan emisi CO₂ dalam satuan massa berdasarkan kandungan karbon.

Faktor konversi bahan bakar ke CO₂ bervariasi tergantung jenis bahan bakar.

Faktor konversi sesuai dengan edaran MEPC sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Nilai konversi bahan bakar ke CO₂

Type of Fuel	Reference	Carbon Content	CF (t-CO ₂ /t-Fuel)
Diesel / Gas Oil	ISO 8217 Grades through DMX	0.875	3.206
Light Fuel oil (LFO)	ISO 8217 Grades through RMD	0.86	3.15104
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 grades RME through RMK	0.85	3.1144
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.819	3.00
	Butane	0.827	3.03
Liquefied Natural Gas (LNG)		0.75	2.75

2.4. Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)

Tujuan dari *Ship energy efficiency management plan* (SEEMP) adalah untuk menciptakan suatu mekanisme bagi perusahaan atau kapal untuk meningkatkan efisiensi energi pada kapal yang beroperasi. SEEMP harus disesuaikan dengan karakteristik utama dan kebutuhan masing-masing perusahaan dan kapal dalam rangka mengembangkan kinerja yang berkelanjutan terhadap lingkungan kapal dengan harapan bahwa persyaratan regulasi akan minimum.

SEEMP meningkatkan efisiensi energi dengan empat (4) langkah, yaitu :

1. Perencanaan

Merupakan tahap terpenting dalam SEEMP yang meliputi status terkini dari penggunaan energi oleh kapal dan peningkatan energy efisiensi kapal kedepannya.

2. Implementasi

Tahap implementasi meliputi pembentukan sistem implementasi dan implementasi serta pencatatan

3. Monitoring

Efisiensi energi kapal harus dimonitor dengan menggunakan metode standar internasional seperti *Energy Efficiency Operational Index (EEOI)* yang dikembangkan oleh organisasi pada kapal beroperasi untuk pengumpulan data. Indeks rata-rata dari EEOI dapat dihitung untuk memonitor efisiensi energi dari waktu ke waktu.

4. Evaluasi dan Peningkatan

Pada tahap ini terakhir ini haruslah menghasilkan umpan balik. Pada tahap ini, efektifitas dari pengukuran terencana dan implementasi dievaluasi untuk menemukan prosedur dari *Ship Energy Efficiency Management* yang harus dikembangkan.

2.4.1 Estimasi Emisi

Dengan menggunakan metode *bottom-up* dimana metode ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu

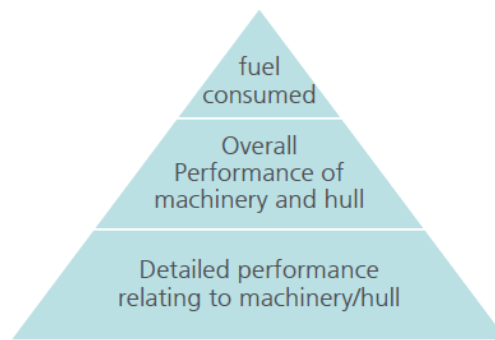
1. Estimasi langsung dari kapal yang diobservasi per kegiatan, konsumsi energi dan emisi
2. Estimasi per kegiatan kapal dan konsumsi energi dan emisi terkait untuk kapal yang tidak terobservasi di *database AIS*.

Data teknikal dibutuhkan untuk mengestimasi emisi kapal pada metode ini, antara lain GT, DWT, panjang kapal, *max draught*, kecepatan kapal, daya *main engine*, *rpm*, kapasitas muatan, jenis propulsi, konsumsi bahan bakar, tahun dibangun, tanggal peletakan *keel*. Setiap tahun, data spesifik digunakan untuk estimasi individual.

Perlu dicatat bahwa, data tersebut tidak semuanya digunakan untuk semua jenis kapal.

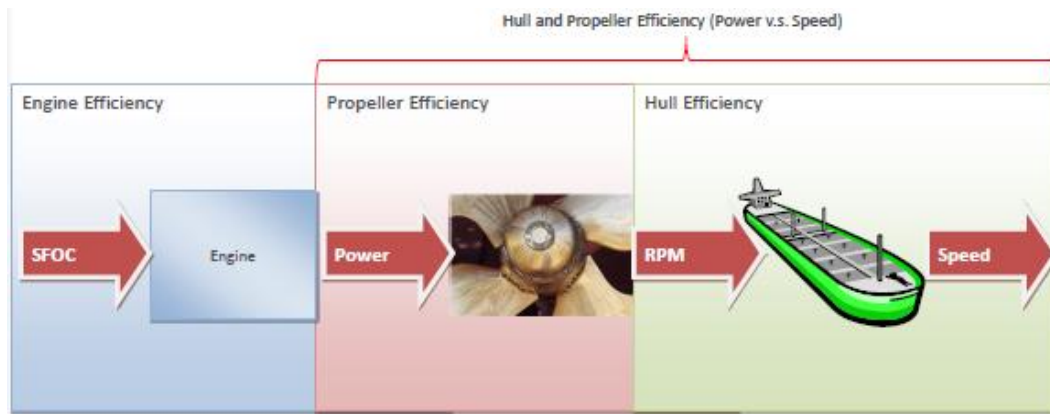
2.5. Performa Kapal

Menilai performa kapal tergantung seberapa detail yang dibutuhkan. Meninjau performa kapal layaknya piramida, namun secara umum, performa kapal terdiri dari performa permesinan dan lambung kapal.



Gambar 2. 4 Piramida performa kapal (McStay, 2013)

Dengan membagi performa kapal ke dalam beberapa bagian, maka dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.5 dibawah ini. Kapal digerakkan dengan menggunakan engine yang membakar bahan bakar minyak sebagai sumber daya, engine ini menghasilkan daya yang disalurkan pada propeller untuk menghasilkan daya dorong pada kapal, di mana pada kapal sendiri terdapat hambatan berupa tahanan kapal. Hasil akhir dari gaya dorong ini adalah kecepatan kapal. Sehingga efisiensi keseluruhan merupakan hubungan antara penggunaan bahan bakar dan kecepatan kapal.



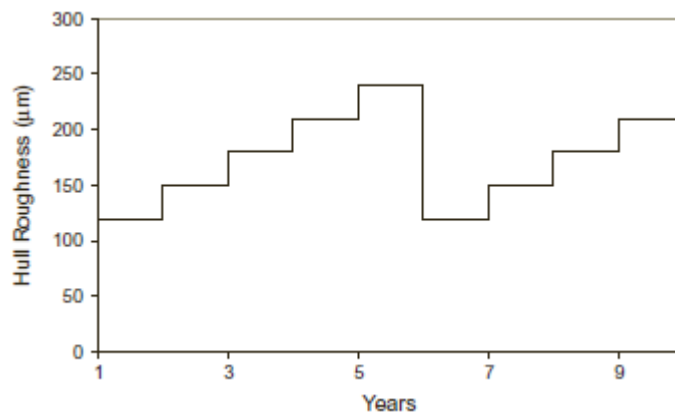
Gambar 2. 5 Pembagian performa kapal (McStay, 2013)

Dengan memilah performa kapal seperti di atas, maka akan lebih mudah dalam meninjau performa kapal serta data apa saja yang dibutuhkan untuk meninjau performa kapal pada setiap bagian.

2.5.1 Tahanan Kapal

Nilai tahanan kapal akan bertambah seiring bertambahnya waktu operasional kapal sampai dengan kapal melakukan *dry docking* dan pembersihan

lambung kapal. Kekasaran pada lambung merupakan penyebab utama bertambahnya nilai tahanan kapal. Tahanan lambung kapal bertambah sekitar 2% setiap bertambahnya nilai kekasaran sebesar 30 μm . Kenaikan rata-rata kekasaran lambung kapal adalah 30 μm setiap tahun, dimulai dengan kekasaran awal 120 μm , dan kekasaran lambung ini akan kembali setiap 5 tahun pada saat perawatan *dry docking* kapal.



Gambar 2. 6 Variasi kekasaran akibat fouling
(Doulgeris, et al., 2012)

Gesekan akibat kekasaran lambung merupakan gesekan terpisah untuk masing-masing kekasaran. Lapisan batas turbulen memiliki sub lapisan laminar tipis yang dekat dengan permukaan dan lapisan ini merupakan lapisan halus di permukaan apabila mengalir pada permukaan kecul yang bundar tanpa ada pemisahan. Kekasaran hanya akan meningkatkan gesekan jika cukup besar untuk diproyeksikan melalui sub lapisan. Apabila nilai Re meningkat (karena peningkatan kecepatan V), sub lapisan menjadi lebih tipis dan pada akhirnya berupa titik dimana koefisien gesekan mengikuti garis turbulen halus dan mendekati nilai konstan.

Pada kondisi servis, kondisi lambung yang memburuk dan adanya korosi serta cat yang mengelupas dapat meningkatkan kekasaran. Untuk mengembalikan kondisi permukaan lambung, salah satunya adalah dengan cara *shot blasting*. Beberapa kondisi kekasaran adalah sebagai berikut, kekasaran awal 80 – 120 μm . peningkatan tahunan 10 μm untuk lambung yang menggunakan *high performance coating* dan pelindung katodik. 75 – 150 μm untuk lambung yang menggunakan

resinous coating dan tanpa pelindung katodik serta lebih dari 3 μm untuk lambung yang menggunakan *self-polishing*.

Peningkatan daya kurang lebih 1% per 10 μm peningkatan kekasaran (berdasarkan pada kekasaran relative 80 – 100 μm) atau sekitar 0.5% per 10 μm dimulai dari lambung kasar (200-300 μm)

Penambahan “kekasaran” juga disebabkan oleh *fouling*, seperti adanya pertumbuhan rumput laut dan remis pada lambung kapal. Periode doking dan *shot blasting* mengikuti statutory dan persyaratan klas, dan juga bergantung pada tingkat ekonomi dari permukaan lambung itu sendiri dan penghematan bahan bakar.

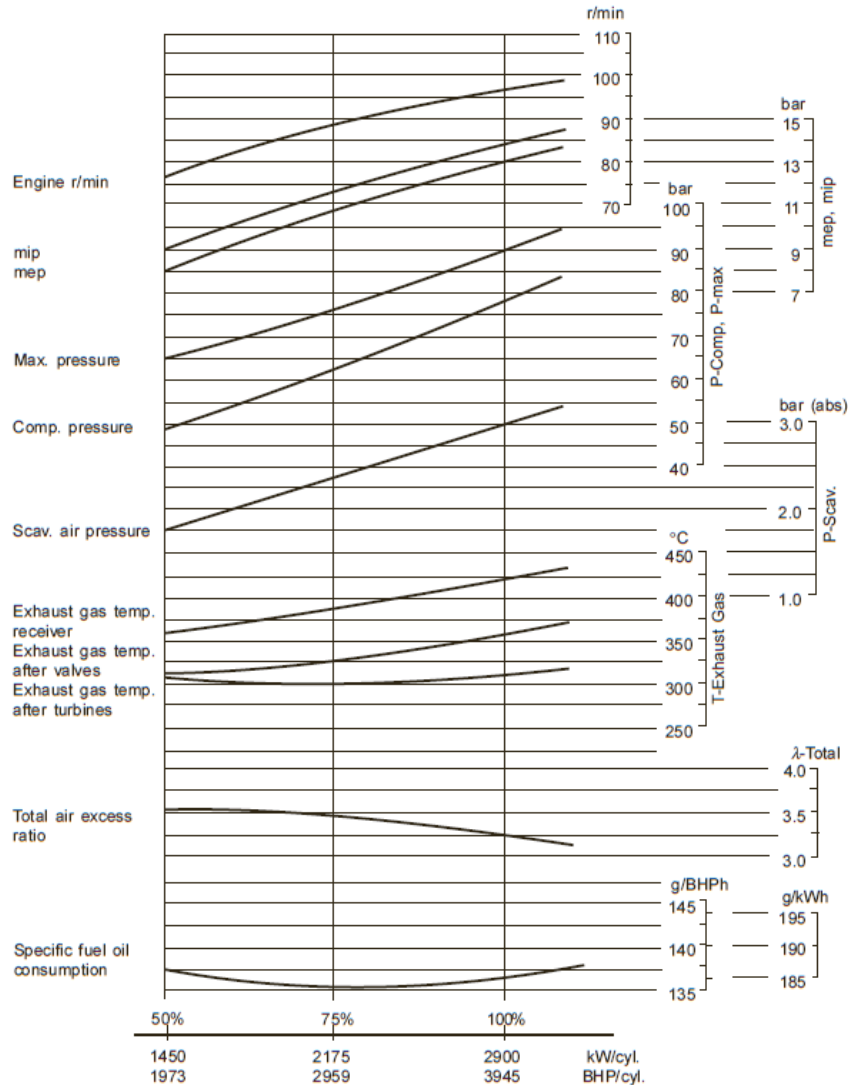
2.5.2 Performa Engine

Parameter penting dari sebuah diesel engine adalah angka rating yang biasanya dinyatakan dalam bhp atau kW tiap silinder pada putaran tertentu.

Walaupun pembuat engine berbicara tentang *continuous service rating* (scr) dan *maximum continuous rating* (mcr) serta *overload rating*, rating dari engine yang menjadi fokus pemilik kapal adalah keluaran maksimum yang dijamin oleh pembuat engine dimana engine akan beroperasi secara kontinyu. Merupakan hal yang sangat penting bahwa engine beroperasi pada rating maksimum dan engine dengan ukuran yang sesuai yang terpasang di kapal untuk pertama kali. Main engine rating bawah, atau lebih tepatnya permesinan bantu, pasti suatu saat akan beroperasi pada batasnya. Adalah suatu kesalahan apabila kapal menggunakan permesinan bantu dua atau tiga kali lebih rendah atau lebih tinggi, atau *main engine* yang beroperasi pada keluaran maksimum secara kontinyu (*maximum continuous rating* /mcr) untuk memperoleh kecepatan yang diinginkan.

Pemilik kapal yang berhati-hati biasanya akan memaksakan agar *engine* mampu menjaga kecepatan servis yang diinginkan pada saat beban penuh (fully loaded), ketika *engine* menghasilkan tidak lebih dari 80% (atau persentase lainnya) dari rating BHP *engine*. Namun, ketentuan tersebut dapat menyebabkan hilangnya pengertian *full rated power* yang sudah terdefinisi sehingga tidak perlu meyakinkan

tingkat kepuasan akan rating kontinyu yang cukup, begitu pula dengan *continuous service rating* dan *maximum service rating*.



Gambar 2. 7 Kurva performa pada engine dua langkah
(Woodyard, 2004)

Secara normal akan dilakukan *sea trial* pada kapal untuk memenuhi kecepatan sesuai kontrak (pada nilai margin yang sesuai di atas kebutuhan kecepatan servis) dan *continuous service rating* harus sesuai pada saat kapal pada konsis servis. Hal ini telah diketahui oleh pemilik kapal sehingga disyaratkan bahwa level atas daya engine pada kondisi servis adalah sekitar 85%-100% dengan keluaran berupa kecepatan servis, dan 20% dibawah *maximum continuous rating* yang merupakan garansi dari pembuat *engine*.

2.5.2.1 Rating Maksimum

Keluaran maksimum dari diesel engine dapat dikatakan tercapai apabila satu atau lebih faktor di bawah ini beroperasi:

1. Prosentase maksimum dari bahan bakar yang memungkinkan terbakar secara efektif di dalam silinder dengan volume yang tersedia (pembakaran harus secara selesai sepenuhnya pada awal selama langkah kerja)
2. Stress pada bagian komponen engine secara umum, berlaku untuk kondisi mekanik dan termal, telah mencapai tingkat aman tertinggi untuk kerja kontinyu.
3. Kecepatan piston dalam hal ini adalah putaran per menit sudah tidak bisa ditingkatkan lagi secara aman.

Pada volume silinder tertentu, dimungkinkan suatu desain *engine* untuk membakar bahan bakar lebih banyak secara efektif dibandingkan desain *engine* yang lain. Hal ini dimungkinkan akan menghasilkan pembilasan (*scavenging*) yang lebih efektif, tekanan turbocharge yang lebih tinggi, dengan ruang pembakaran dan desain yang sesuai, dan dengan metode injeksi bahan bakar yang lebih baik. Demikian pula dengan batas ketahanan pada material silinder, piston dan bagian lain harus lebih tinggi disbanding engine lainnya. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan material yang sesuai, dengan desain bentuk yang lebih baik, ketebalan dan lain sebagainya, serta pendinginan yang lebih baik. Contoh terbaru adalah dengan susunan pendinginan *bore* yang digunakan untuk mahkota piston, silinder liner collars dan penutup silinder pada ruang pembakaran.

Kecepatan piston dibatasi oleh percepatan stress pada material, kecepatan pembakaran dan efisiensi pembilasan. Dengan batasan yang ada, selama pembakaran diperhatikan, dimungkinkan kadang untuk meningkatkan kecepatan engine apabila tekanan rata-rata diturunkan.

Untuk beberapa tipe engine, ada batas atas dimana *engine* tidak boleh dioperasikan secara kontinyu. Tidak mudah menentukan *maximum continuous rating* (mcr). Hal ini dapat diperoleh dengan tes yang mendalam pada tiap ukuran dan tipe *engine*, tergantung pada kondisi perkembangan *engine* pada saat itu.

Apabila silinder mengalami beban berlebih dengan membakar terlalu banyak bahan bakar, pembakaran mungkin akan berlanjut hingga diperoleh langkah kerja dan hingga terbentuk gas buang. Selain kehilangan efisiensi, engine akan mengalami *overheated* dan piston serta bagian lainnya akan mengalami keretakan, atau paling tidak *piston ring* yang lengket serta katup bahan bakar yang kotor dan lengket.

2.5.2.2 Derating

Sebuah pilihan untuk mengurangi *specific fuel consumption* (sfc) dari *diesel engine* disebut *derated* atau *rating* ekonomis. Hal ini berarti *engine* beroperasi pada tekanan normal maksimum silinder pada rating servis kontinyu, namun pada tekanan rata-rata efektif dan kecepatan *shaft* yang lebih rendah.

Dengan mengubah waktu penginjeksian bahan bakar untuk mengatur tekanan rata-rata / tekanan maksimum akan menghasilkan penghematan konsumsi bahan bakar. Kebutuhan daya pada kecepatan tertentu sesuai dengan kecepatan kapal, dihitung oleh ilmu perancangan kapal, dan ketika *engine* yang terpilih menggerakkan *fixed pitch propeller*, hubungan antara daya *engine*, putaran *propeller* dan kecepatan kapal diatur berdasarkan kurva *fixed propeller*. Pergerakan dari satu titik ke titik lainnya merupakan hubungan sederhana akan memberikan bahan bakar lebih banyak atau lebih sedikit pada *engine*.

Derating merupakan pengaturan performa *engine* pada tekanan silinder maksimum pada kecepatan *shaft* yang lebih rendah, pada titik sedikit ke bawah pada kurva *propeller*. Pada kapal *existing* dan tanpa mengubah *propeller* maka akan menghasilkan kecepatan kapal yang lebih rendah, namun dalam prakteknya ketika diaplikasikan pada bangunan baru, daya *engine derated* akan menghasilkan

kecepatan kapal yang sesuai dengan kemampuan propeller yang dioptimalkan dalam menyerap daya pada kecepatan *shaft* yang lebih rendah.

Penghematan *specific fuel consumption* (sfc) dengan pengaturan *derated* bisa mencapai 5 g/bhph. Namun, pada suatu saat kemudian, *engine* perlu dioperasikan pada potensi keluaran penuh (biasanya sekitar 15-20% di atas nilai *derated*) sehingga kapal membutuhkan jenis *propeller* yang baru agar sesuai baik dengan putaran dan penyerapan daya yang lebih besar. Waktu penginjeksian pun perlu diatur kembali.

2.5.2.3 Koefisien Bahan Bakar

Sebuah tolok ukur yang mudah dalam menilai performa sistem permesinan adalah dengan menggunakan koefisien bahan bakar :

$$C = \frac{D^{2/3} \times V^3}{F} \quad (5)$$

Dimana

C = koefisien bahan bakar

D = Displamen kapal (ton)

V = kecepatan kapal (knot)

F = jumlah bahan bakar yang terbakar per 24 jam (ton)

Metode perbandingan ini bisa digunakan jika kapal yang dibandingkan sejenis, kecepatan yang hampir sama, beroperasi pada kondisi yang sama, dan menggunakan bahan bakar dengan kualitas yang sama. Displamen kapal sehubungan dengan *draught* diperoleh dengan skala yang disediakan oleh pembuat kapal.

Pembuat kapal akan berpikir bahwa kecepatan kapal sehubungan dengan performa pada saat *trial* pada kondisi cuaca yang wajar, tapi pemilik kapal berpikir bahwa kecepatan kapal pastilah berhubungan dengan performa sesuai dengan rute kapal. *Sea trial* selalu dicoba pada kondisi deadweight terbatas pada bahan bakar, *fresh water* dan *ballast*. Karena perbedaan *draught* (sarat air) pada kondisi bermuatan dan kondisi *trial*, tahanan lambung akan lebih besar sekitar 25-30% pada

kecepatan yang sama. Hal ini berakibat pada daya dan tosi *engine*, serta reaksi terhadap efisiensi *propeller*.

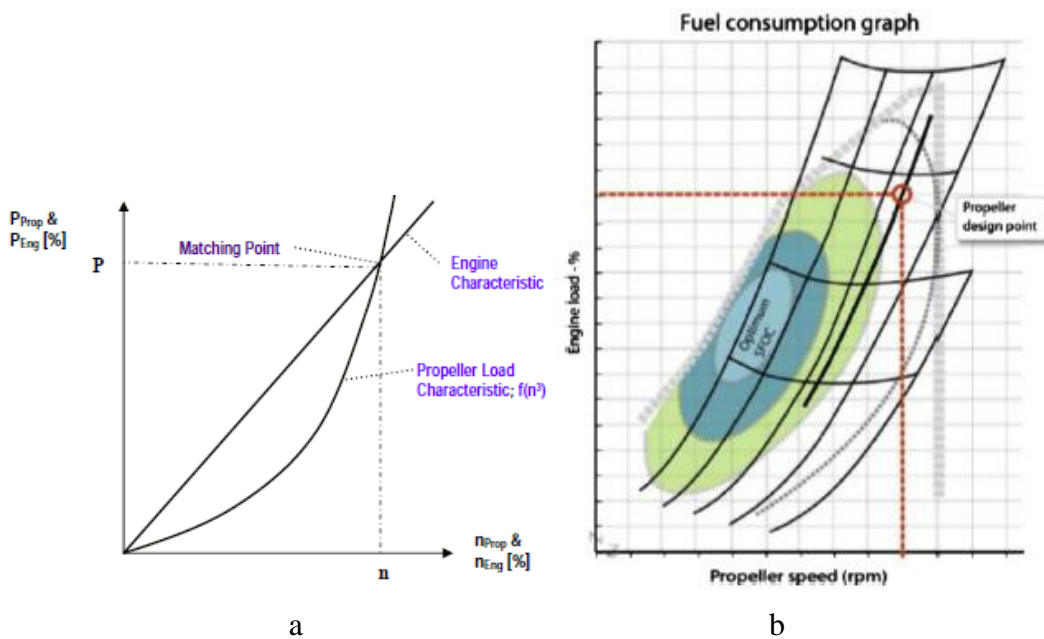
Cuaca yang tidak cocok, pertumbuhan hewan laut yang menempel pada lambung serta menurunnya performa sistem permesinan menyebabkan diperlukannya daya tambahan apabila kecepatan servis perlu untuk dipertahankan. Keausan pada *engine* menyebabkan menurunnya keluaran daya sekitar 10-15% atau menurunnya kecepatan hingga satu knot.

2.5.3 Daya, SFOC dan Kecepatan kapal

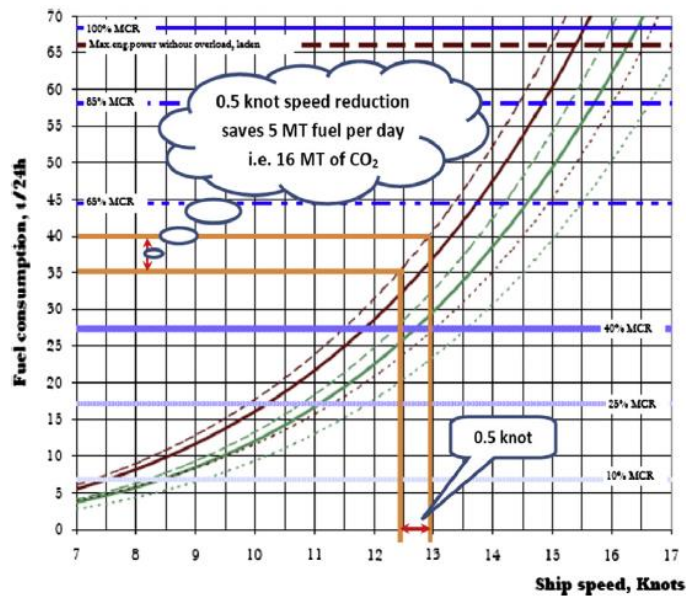
Seperti yang telah dijelaskan, bahwa performa kapal terbagi menjadi dua, yaitu performa *engine* dan performa *propeller* dan lambung kapal. Kedua performa ini akan menghasilkan performa kapal secara keseluruhan secara baik apabila pada kondisi *Matching point*. *Matching point* merupakan suatu titik operasi dari putaran motor penggerak kapal (*engine speed*) yang sedemikian hingga tepat (*match*) dengan karakter beban baling-baling, yaitu titik operasi putaran motor dimana daya yang diserap oleh *propeller* sama dengan daya yang dihasilkan oleh *engine* dan menghasilkan kecepatan kapal yang mendekati (sama persis) dengan kecepatan servis kapal yang direncanakan. Karakteristik *propeller* dan karakteristik *engine* perlu disamakan ke dalam satu sarana plotting yang sama, maka terlebih dahulu harga kedua trendline dijadikan dalam persen (%) seperti pada Gambar 2.8 di bawah ini.

Dengan menurunkan putaran *propeller* secara otomatis mengurangi kecepatan kapal, namun mengurangi daya yang dihasilkan di lain sisi juga mengurangi *specific fuel oil consumption* (SFOC).

Sebagai contoh penurunan kecepatan kapal dapat mengurangi emisi CO₂ dapat dilihat pada Gambar 2.9, dengan tipikal aframax tanker, bahwa dengan mengurangi kecepatan kapal sebesar 0.5 knot, maka konsumsi bahan bakar berkurang sebesar 5 MT per hari, dari 40 MT per hari menjadi 35 MT perhari. Hal ini sama dengan menurangi emisi CO₂ sebesar 16 MT ton per hari.



Gambar 2. 8 a) Matching point engine dan propeller b) Daerah SFOC optimum (Adji, 2005) (Armstrong, 2013)



Gambar 2. 9 kurva kecepatan Vs konsumsi bahan bakar (Armstrong, 2013)

2.6. Pengaruh Lingkungan

Dalam menentukan performa operasional suatu kapal, seperti pada 1978 ITTC, tidak mempertimbangkan adanya pengaruh dari gelombang. Beberapa metode dalam penentuan peningkatan daya pada kondisi gelombang *irregular* serta penurunan kecepatan telah ditentukan, hal ini disebut sebagai “*added resistance*”.

Salah satu pendekatan adalah dengan metode *semi-empirical*. Metode ini berdasarkan Kwon. Pemodelan *added resistance* adalah metode pendekatan untuk memprediksi *speed loss* yang diakibatkan oleh adanya *added resistance* pada kondisi cuaca (gelombang irregular dan angin).

Pengaruh cuaca, dipresentasikan dalam *speed loss*, membandingkan kecepatan kapal pada beberapa kondisi laut aktual dengan kecepatan yang diharapkan pada kondisi laut tenang. Berdasarkan metode Kwon, maka

$$\frac{\Delta V}{V_1} 100\% = C_\beta C_U C_{Form} \quad (6)$$

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{\Delta V}{V_1} 100\%\right) \frac{1}{100\%} V_1 = V_1 - (C_\beta C_U C_{Form}) \frac{1}{100\%} V_1 \quad (7)$$

Dimana

V_1 = desain (nominal) kecepatan operasional kapal pada kondisi perairan tenang (tanpa angin, tanpa ombak) (m/s)

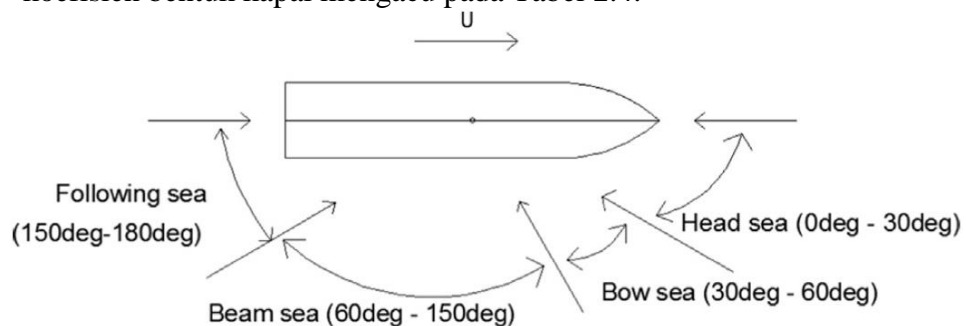
V_2 = kecepatan kapal actual pada kondisi cuaca tertentu (gelombang irregular dan angin) (m/s)

$\Delta V = V_1 - V_2$ absolute speed loss (m/s)

C_β = koefisien pengurangan akibat arah, tergantung pada arah sudut cuaca (berdasarkan bagian depan kapal) dan Beaufort Number (BN), mengacu pada Tabel 2.2

C_U = koefisien pengurangan kecepatan, tergantung pada nilai koefien blok (C_b) kapal, kondisi muatan serta nilai Froude Number (F_n) mengacu pada Tabel 2.3.

C_{Form} = koefisien bentuk kapal mengacu pada Tabel 2.4.



Gambar 2. 10 Sudut hadap kapal dengan gelombang
(Lu, et al., 2015)

Tabel 2. 2 Koefisien pengurangan akibat arah C_β

Weather Direction	Encounter angle (deg)	Direction reduction coefficient C_β
Head sea and wind	0-30	$2C_\beta = 2$
Bow sea and wind	30-60	$2C_\beta = 1.7 - 0.03((BN - 4)^2)$
Beam sea and wind	60-150	$2C_\beta = 0.9 - 0.06((BN - 6)^2)$
Following sea and wind	150-180	$2C_\beta = 0.4 - 0.03((BN - 8)^2)$

Sumber : (Lu, et al., 2015)

Tabel 2. 3 Koefisien pengurangan kecepatan CU akibat koefisien blok C_b kapal

Koefisien blok C_b	Kondisi loading kapal	Koefisien pengurangan kecepatan C_U
0.55	Normal	$1.7 - 1.4F_n - 7.4F_n^2$
0.6	Normal	$2.2 - 2.5F_n - 9.7F_n^2$
0.65	Normal	$2.6 - 3.7F_n - 11.6F_n^2$
0.7	Normal	$3.1 - 5.3F_n - 12.4F_n^2$
0.75	Loaded or normal	$2.4 - 10.6F_n - 9.5F_n^2$
0.8	Loaded or normal	$2.6 - 13.1F_n - 15.1F_n^2$
0.85	Loaded or normal	$3.1 - 18.7F_n + 28.0F_n^2$
0.75	Ballast	$2.6 - 12.5F_n - 13.5F_n^2$
0.8	Ballast	$3.0 - 16.3F_n - 21.6F_n^2$
0.85	ballast	$3.4 - 20.9F_n + 31.8F_n^2$

Tabel 2. 4 Koefisien bentuk kapal C_{Form}

Type of (Displacement) ship	Ship form coefficient C_{Form}
All ships (except container ships) in loaded	$0.5BN + BN^{6.5}/(2.7x\Delta^{2/3})$
All ships (except container ships) in ballast	$0.7BN + BN^{6.5}/(2.7x\Delta^{2/3})$
Container ships in normal loading conditions	$0.7BN + BN^{6.5}/(2.2x\Delta^{2/3})$

2.6.1 Beaufort Number / Beaufort Scale

Angka Beaufort (Beaufort number) BN, merupakan pengukuran empiris yang berhubungan dengan kecepatan angin untuk mengobservasi kondisi laut maupun daratan. Secara internasional, panduan WMO tentang *Marine*

Meteorological Services (edisi 2012) mendefinisikan angka Beaufort hingga 12 dan tidak direkomendasikan untuk angka yang lebih tinggi.

Berdasarkan hubungan empiris, maka kecepatan angin (m/s) berdasarkan angka beaufort adalah

$$V = 0.836 BN^{\frac{3}{2}} \quad (8)$$

Dimana V merupakan kecepatan angin 10 meter di atas permukaan laut dan BN adalah angka Beaufort.

Tabel 2. 5 Beaufort Number (BN)

BN	Description	Wind Speed	Wave height	Sea condition
0	Calm	<1.1 km/h	0 m	Flat
		<0.7 mph		
		<0.6 knot	0 ft	
		<0.3 m/s		
1	Light Air	1.1 - 5.5 km/h	0 - 0.2 m	Ripples without crest
		0.7-3.4 mph	0 - 1 ft	
		0.6 - 3 knot		
		0.3 - 1.5 m/s		
2	Light Breeze	5.5 - 11.9 km/h	0.2 - 0.5 m	Ripples without crest
		3.4- 7.4 mph	1 - 2 ft	
		3 - 6.4 knot		
		1.5 - 3.3 m/s		
3	Gentle Breeze	11.9 - 19.7 km/h	0.5 - 1 m	Large wavelets. Crest begin to break.
		7.4 - 12.2 mph	2 - 3.5 ft	
		6.4 - 10.6 knot		
		3.3 - 5.5 m/s		
4	Moderate Breeze	19.7 - 28.7 km/h	1 - 2 m	Small wave with breaking crest.
		12.2 - 17.9 mph	3.5 - 6 ft	
		10.6 - 15.5 knot		
		5.5 - 8 m/s		
5	Fresh Breeze	28.7 - 38.8 km/h	2 - 3 m	Moderate waves of some length.
		17.9 - 24.1 mph	6 - 9 ft	
		15.5 - 21 knot		
		8 - 10.8 m/s		
6	Strong Breeze	38.8 - 49.9 km/h	3 - 4 m	Long wave begin to form, white foam crest
		24.1 - 31 mph	9 - 13 ft	
		21 - 26.9 knot		
		10.8 - 13.9 m/s		
7	High Wind, Moderate gale, near gale	49.9 - 61.8 km/h	4 - 5.5 m	Sea heaps up. Some foam from breaking waves is blown into streaks along wind direction.
		31 - 38.4 mph	13 - 19 ft	
		26.9 - 33.4 knot		
		13.9 - 17.2 m/s		

BN	Description	Wind Speed	Wave height	Sea conditon
8	gale, Fresh gale	61.8 - 74.6 km/h	5.5 - 7.5 m	Sea heaps up. Some foam from breaking waves is blown into streaks along wind direction.
		38.4 - 46.3 mph		
		33.4 - 40.3 knot	18 - 25 ft	
		17.2 - 20.7 m/s		
9	Strong / severe gale	74.6 - 88.1 km/h	7.5 - 10 m	High waves whose crests sometimes roll over. Dense foam is blown along wind direction.
		46.3 - 54.8 mph	23 - 32 ft	
		40.3 - 47.6 knot		
		20.7 - 24.5 m/s		
10	Storm, whole gale	88.1 - 102.4 km/h	9 - 12.5 m	Very high waves with overhanging crests. Large patches of foam from wave crests give the sea a white appearance.
		54.8 - 63.6 mph	29 - 41 ft	
		47.6 - 55.3 knot		
		24.5 - 28.4 m/s		
11	violent storm	102.4 - 117.4 km/h	11.5 - 16 m	Exceptionally high waves. Very large patches of foam, driven before the wind, cover much of the sea surface.
		63.6 - 72.9 mph	37 - 52 ft	
		55.3 - 63.4 knot		
		28.4 - 32.6 m/s		
12	Hurricane	>= 117.4 km/h	>= 14 m	Huge waves. Sea is completely white with foam and spray. Air is filled with driving spray, greatly reducing visibility.
		>= 72.9 mph	>= 46 ft	
		>= 63.4 knot		
		>= 32.6 m/s		

Peningkatan daya yang dibutuhkan meningkat drastic pada cuaca buruk sebagian karena pengaruh gelombang, sebagian lagi karena tahanan angin. Sebagai akibatnya, kapal akan secara perlahan melambat untuk menghindari kerusakan akibat hantaman atau percepatan yang berlebihan.

Kapal pada jadwal servis dijaga agar beroperasi pada kecepatan konstan dan memerlukan margin daya yang sesuai untuk menjaga kecepatan pada cuaca yang normal. Kapal lain biasanya beroperasi pada rating kontinyu maksimum dan kecepatan servis nominalnya cukup tinggi untuk mengimbangi rata-rata kehilangan kecepatan pada kondisi cuaca buruk.

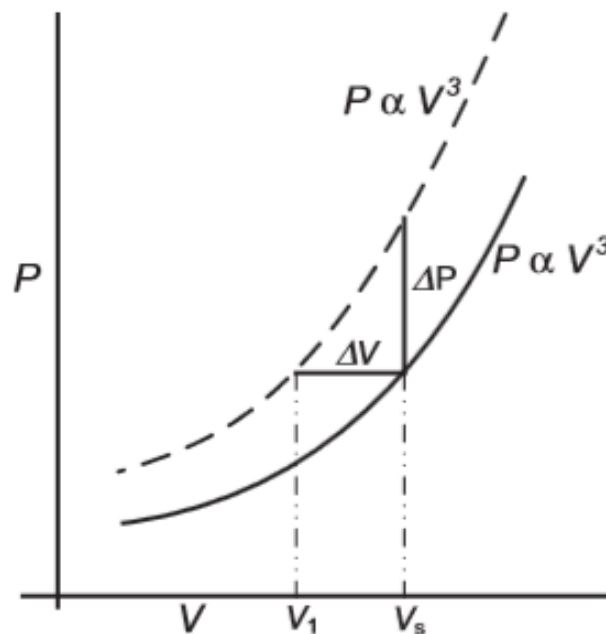
Pendekatan untuk konversi kehilangan kecepatan ΔV pada daya konstan ke peningkatan daya ΔP pada kecepatan konstan mengikuti persamaan berikut dengan asumsi bahwa besarnya daya P merupakan fungsi V^3 .

$$V_1 = V_s \left(1 - \frac{\Delta V}{V_s}\right) \quad (8)$$

$$\frac{\text{New } P}{\text{Old } P} = \frac{V_s^3}{V_s^3 \left(1 - \frac{\Delta V}{V_s}\right)^3} = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Delta V}{V_s}\right)^3}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Delta V}{V_s}\right)^3} - 1$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 1 - \sqrt[3]{\frac{1}{1 + \frac{\Delta P}{P}}} \quad (9)$$



Gambar 2. 11 Konversi ΔV ke ΔP
(Adji, 2005)

2.7. Pemeriksaan Lambung Kapal

Pengedokan Tahunan

Berdasarkan pada (Harsono, 2010) di masa lalu, daya tahan bahan cat untuk lambung tidak terlalu lama. Jika kapal tidak dinaikkan di atas dok kering lebih dari satu tahun, maka catnya akan mengelupas dan lumut *algae* serta kerang (*shellfish*) akan tumbuh dan menempel pada badan kapal yang akan menyebabkan turunnya kecepatan kapal, dan karena itu memerlukan pengedokan dan pengecatan lambung dasar kapal setiap tahun. Pada waktu dulu, peraturan klasifikasi juga menyebutkan adanya pengedokan tahunan (*annual docking*), dimana ada saat-saat para

pemilik/pengelola kapal menaikkan kapal-kapalnya di atas dok setiap enam bulan. “*The Rules for the Survey and Construction of Steel Ships*” edisi tahun 1921 menyebutkan ketentuan sebagai berikut : “Lakukan pengedokan kapal paling kurang setiap tahun untuk pemeriksaan lambung kapal; jarak waktu antara pengedokan berikutnya tidak boleh melebihi dua tahun”.

Pengedokan Dua Tahunan (Amandemen atas *Rules* 1964)

Sebelum tahun 1964, survei-survei periodic adalah “*Special Surveys*” yang dilakukan setiap empat atau lima tahun dan “*Annual Survey*” yang dilakukan setiap tahun. Survei-survei ini harus dilakukan di atas dok kering dan istilah Survey Pengedokan atau “*Docking Survey*” tidak disebutkan secara khusus.

Sejak tahun 1964, *Annual Survey* ini menjadi survei-survei yang bisa dilakukan setiap tahun di dalam keadaan kapal terapung dan *Intermediate Survey* yang dilakukan antara dua *Annual Surveys*, yang mensyaratkan agar kapal dinaikkan di atas dok.

Persyaratan pengedokan dilonggarkan, dari *Annual* ke *Biennial*. Alasan peringanan persyaratan pengedokan yang longgar ini adalah karena adanya perbaikan mutu bahan cat. Bahan-bahan cat baru yang tahan lama dan tersedia di pasar dengan harga yang layak.

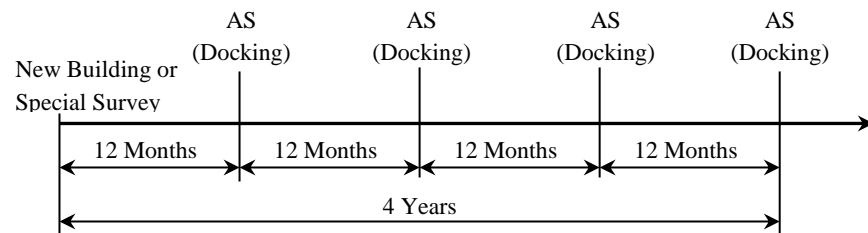
Survei Pengedokan yang Terpisah (Amandemen atas *Rules* 1991)

Sampai tahun 1991, *Special Survey* dan *Intermediate Surveys* antara dua *Annual Surveys* masih disyaratkan untuk dilakukan di atas dok kering. Akan tetapi, dengan amandemen pada *Rules*, maka Survei Pengedokan atau *Docking Survey*, yang tertulis antara lain, bahwa pemeriksaan bagian-bagian dari badan kapal di bawah garis air dilakukan secara tersendiri/terpisah dari *Special Survey* dan *Intermediate Survey*. Setelah itu istilah “*Docking Survey*” mempunyai definisi baru. Suatu Survei Pengedokan harus dilakukan paling kurang dua kali dalam masa lima tahun dengan jarak di antara kedua Survei Pengedokan tidak boleh melebihi tiga puluh bulan.

2.6.1 Periode Survei Penedokan

Sampai Tahun 1964

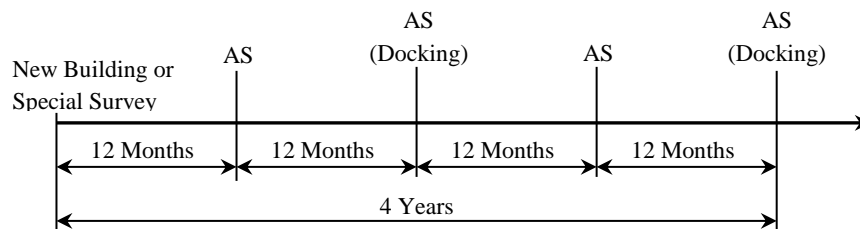
Penedokan sebuah kapal tertulis dalam *Special* dan *Annual Surveys*. Karena itu, Survei Penedokan (*Docking Survey*) dilakukan setiap tahun.



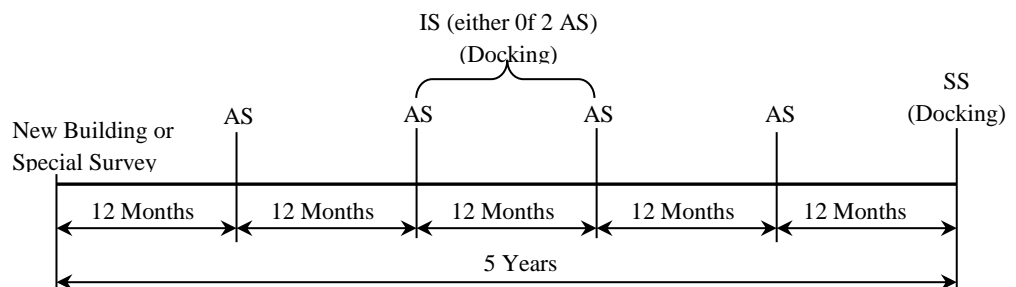
Tahun 1964-1991

Annual Survey yang terdahulu dibagi menjadi dua, yaitu *Annual Surveys* dan yang lainnya disebut *Intermediate Survey*, yang dilakukan di antara dua *Annual Survey*. Periode pemeriksaan lambung dasar kapal diperpanjang dari tahunan menjadi dua tahunan.

(1) Kapal-kapal Berbendera Jepang



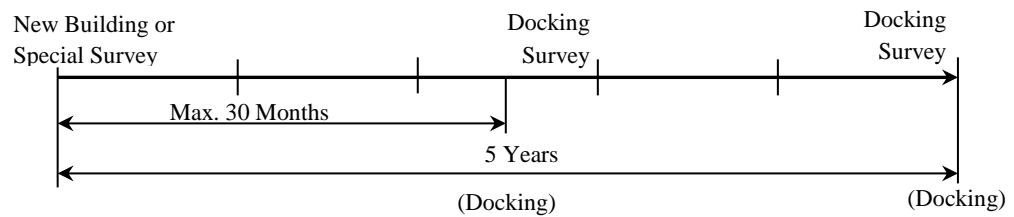
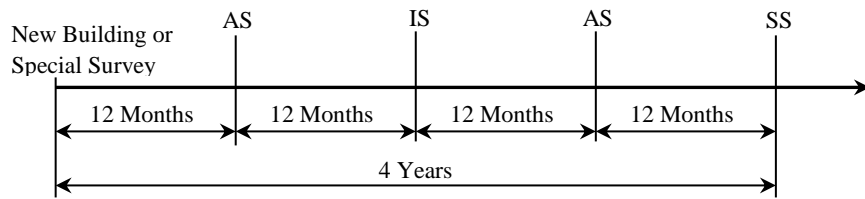
(2) Kapal-kapal Berbendera Non-Jepang



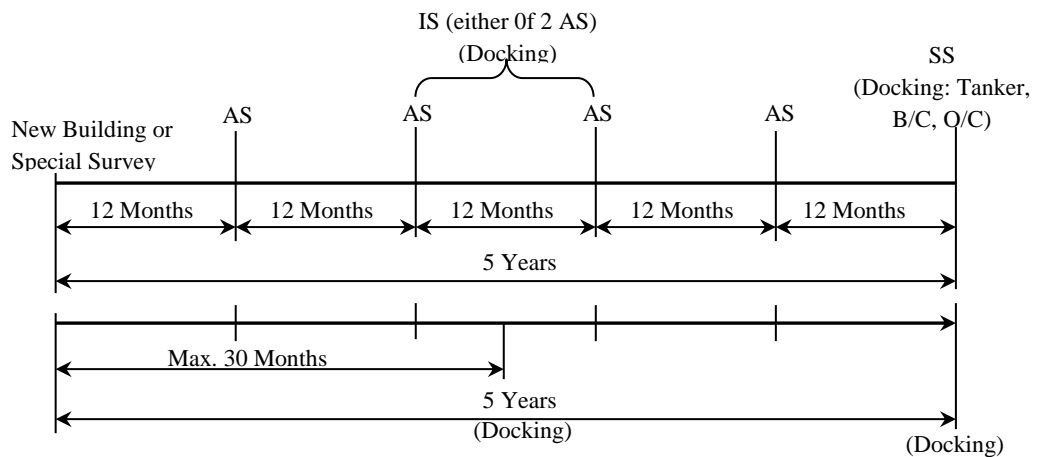
Tahun 1964-1991

Specail Survey dan *Docking Survey* masing-masing adalah survei tersendiri. Survei pengedokan harus dilakukan dua kali selama masa *Special Survey*. Akan tetapi, dari tahun 1994, kapal tanker, *bulk carrier* dan *Ore Carrier* salah satu dari Survei Pengedokannya harus bertepatan dengan *Special Survey*.

(1) Kapal-kapal Berbendera Jepang



(2) Kapal-kapal Berbendera Non-Jepang



2.8. Penelitian Terkait

Energy Efficiency Design Index (EEDI) merupakan parameter performa lingkungan yang dikembnangkan oleh *International Maritime Organization*

(IMO). Dengan menggunakan 84 tanker dengan ukuran lebih kecil dari 25,000 DWT yang dibangun di galangan Turki dengan rentang tahun 2009 hingga 2012 untuk menghitung nilai EEDI dan dapat disimpulkan bahwa kapal-kapal tersebut tidak memenuhi *baseline* nilai EEDI yang ada. Hal ini menjadi tantangan bagi desain kapal lain untuk dapat memenuhinya. Lebih jauh lagi, nilai *Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI) dapat digunakan sebagai nilai karakteristik operasional kapal tersebut (Turan & Ust, 2013). Serta seperti yang dijelaskan pada (Perera & Mo, 2016) bahwa dengan menggunakan nilai EEOI, yang merupakan bagian penting dari *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP), adanya kemungkinan menggunakan strategi navigasi yang sesuai termasuk perencanaan voyage, optimasi *draft* dan *trim*, mampu memberikan pengurangan pada emisi yang dihasilkan.

Dengan menggunakan nilai EEOI, yang didefinisikan sebagai massa CO₂ yang dikeluarkan per satuan unit transport kerja, menggunakan *chemical/product tanker* sebesar 38,000 DWT sebagai objek penelitian, dan menghitung nilai EEOI pada berbagai kecepatan, diperoleh voyage yang lebih baik dengan nilai EEOI yang lebih rendah untuk rentang kecepatan tertentu (Acomi & Acomi, 2014a). Di lain sisi (Acomi & Acomi, 2014b), menjelaskan pengaruh jenis bahan bakar terhadap nilai EEOI.

Menilai performa kapal tentu melibatkan banyak parameter, dimana (Aldous, et al., 2015) memberikan metode yang cukup teliti dan tegas dalam menilai ketidaktentuan dalam perhitungan performa kapal dengan membandingkan dua data utama, yaitu *continuous monitoring* dan *noon reported*. Pada (Gutierrez, et al., 2015) tidak hanya memberikan gambaran mengenai ketidaktentuan, namun juga memberikan gambaran mengenai faktor terpenting dalam menentukan performa kapal melalui emisi yang dihasilkan dengan membandingkan sembilan metode yang ada.

Dalam hal pertimbangan energi di kapal, beberapa penelitian telah dilakukan, antara lain adalah (Baldi, et al., 2014) yang memberikan studi kasus tentang aliran energi di kapal, mengidentifikasi mana yang merupakan produsen energi, konsumen maupun aliran energi yang terbuang. Bicara tentang energi di kapal, maka hal utama yang menjadi fokus adalah konsumsi bahan bakar, dimana

(Beşikçi, et al., 2016a) mengembangkan sistem pengambilan keputusan dengan membangun Artificial Neural Network (ANN), yang memberikan prediksi konsumsi bahan bakar serta memberikan keputusan optimal secara efisiensi energy. Sebelumnya (Beşikçi, et al., 2016b) menggunakan metode Fuzzy-AHP untuk menyediakan pendekatan strategi yang memberikan solusi efisiensi energi. Sedangkan (Jafazadeh & Utne, 2014), (Johnson, et al., 2014) dan (Rehmatulla & Smith, 2015) menjelaskan tentang batasan-batasan yang ada dalam penerapan dan pengukuran efisiensi energi. Sedangkan pada (Dimopoulos, et al., 2014) dijelaskan mengenai tujuan umum dari proses pemodelan sistem energi di kapal dengan bantuan DNV COSSMOSS yang mana bisa digunakan untuk menilai dan mengoptimasi secara desain maupun operasional.

Performa kapal, aliran energi di kapal, konsumsi bahan bakar serta berujung pada besarnya emisi yang dihasilkan merupakan kerangka yang menjadi dasar dalam hal perlindungan lingkungan. Seperti pada (Hulskotte & van der Gon, 2010) yang memberika metode estimasi emisi dari kapal pada saat berlabuh berdasarkan pada konsumsi bahan bakar aktual, (Meng & Wang, 2016) memberikan metodologi sistematis untuk efisiensi bahan bakar pada kapal berdasarkan *shipping logs*. Sedangkan (Murphy & Weston, 2012) menggunakan data *sea trial* dan teori model untuk memperoleh pengurangan konsumsi bahan bakar pada *tug boat*, sedikit berbeda dengan (Trodden, et al., 2015) yang menggunakan data kapal sejenis yang telah menggunakan *monitoring system* kemudian dibandingkan dengan data *sea trial* pada kapal *harbor tug*. Sedangkan (Schøyen & Bråthen, 2015) menggunakan kapal *container* sebagai objek studi, diperoleh bahwa kecepatan kapal yang sesuai, kesesuaian waktu di pelabuhan dengan waktu berlayar kapal, serta pemanfaatan kapasitas kapal perlu untuk dijadikan variabel dalam menentukan efisiensi energi pada kapal *container*. Penilaian efisiensi energi ini menjadi hal yang penting dalam konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi dari gas buang (Sin & De Oses, 2011).

Optimasi pada kapal mencakup banyak aspek, dari segi performa termasuk operasional, teknis dan optimasi komersial. Pengecatan pada lambung serta strategi *dry-docking* menjadi salah satu cara untuk mengoptimasi yang bertujuan untuk mengurangi emisi karbon dari kapal (Armstrong, 2013). Lebih jauh lagi, (Armstrong & Banks, 2015) memberikan penegasan bahwa untuk meningkatkan

efisiensi energi secara praktis tidak hanya dari peningkatan industri maupun secara teknis saja, namun diperlukan adanya strategi penggabungan dari *stakeholder*, mendefinisikan tanggung jawab serta akuntabilitas serta berbagi tujuan dan objektif antar *stakeholder*. Berlawanan dengan hal tersebut, (Poulsen & Johnson, 2016) menjelaskan adanya konflik antara penerapan efisiensi energy dengan logika penerapan bisnis yang ada di *shipping company*, seperti *charter* dalam jangka pendek serta sistem organisasi kapal yang bersifat sementara. Sementara itu, (Psaraftis & Kontovas, 2013), menempatkan kecepatan kapal sebagai kunci utama dalam menentukan keberlanjutan transportasi maritim baik dari segi ekonomis maupun lingkungan. Beberapa pendekatan konsumsi bahan bakar sehubungan dengan kecepatan kapal dilakukan oleh beberapa penulis, antara lain adalah (Bialystocky & Konovessis, 2016) dengan menggunakan pendekatan statistik hubungan antara konsumsi bahan bakar dan kecepatan kapal. Sedangkan (Chang & Jhang, 2016) memberikan gambaran penurunan kecepatan kapal terhadap konsumsi bahan bakar berkaitan pula dengan pada saat kapal melakukan *fuel transfer*, serta penelitian terkait seperti pada (Corbett, et al., 2009), (Lindstad, et al., 2011), (Norlund & Gribkovskaia, 2013) serta pada (Capurso, et al., 2013) yang menggunakan penurunan kecepatan dimana disesuaikan dengan operasional pelabuhan. Lebih jauh lagi, (Psaraftis & Kontovas, 2014), menggabungkan kecepatan kapal dengan pemilihan rute pelayaran sebagai parameter mendasar yang bisa dijadikan pertimbangan, sama halnya dengan (Roh, 2013) yang mengoptimasi rute namun dengan mempertimbangkan adanya efek lingkungan terhadap operasional kapal. Di lain sisi (Wang, et al., 2016) mengoptimasi kecepatan kapal dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan sehingga optimasi dilakukan secara *real-time*.

Dimana efek lingkungan terhadap operasional kapal ini berupa penambahan tahanan kapal (*added resistance*) (Liu, et al., 2011), (Lui, et al., 2016a), (Liu & Papanikolaou, 2016b), (Liu & Papanikolaou, 2016c), (Liu & Papanikolaou, 2017) yang berujung pada adanya kecepatan kapal yang berkurang (*speed loss*). Hubungan kondisi lingkungan dengan *speed loss*, serta hubungannya dengan emisi gas buang dijelaskan oleh (Oršić & Faltinsen, 2012), (Kim, et al., 2016), (Kim, et al., 2017), (Young-Joong & Dai-Young, 2005), (Lu, et al., 2015).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Bab ini menguraikan tahapan-tahapan untuk menganalisa data yang telah diperoleh dari sumber yang dilakukan dalam penelitian. Metodologi penelitian ini merupakan dasar agar proses penelitian dilakukan secara sistematis, terstruktur dan terarah. Dalam rangka mencapai tujuan, penelitian ini menggunakan metodologi dengan 5 (lima) tahap sebagai berikut:

Tahap 1

Kegiatan yang dilakukan dalam pengidentifikasian masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah menentukan kecepatan kapal optimum yang memberikan konsumsi bahan bakar terendah sekaligus nilai EEOI terendah namun dalam batas minimum daya yang dibutuhkan kapal

Tahap 2

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data, di mana data yang dibutuhkan adalah data operasional dan data teknikal kapal. Penilaian kinerja kapal dengan menggunakan konsep EEOI yang nantinya akan menjadi dasar referensi kinerja. Kinerja yang dimaksud adalah penurunan kinerja sistem permesinan dalam hubungannya dengan penggunaan bahan bakar.

Tahap 3

Merupakan tahap perhitungan nilai Energy Efficiency Operational Index (EEOI), dimana akan terdapat dua nilai EEOI untuk setiap kapal, yaitu EEOI recorded dan EEOI Predicted. EEOI recorded adalah nilai EEOI yang tercatat di atas kapal, dalam artian nilai yang berdasarkan pada catatan nahkoda kapal, baik dari segi jarak layar serta konsumsi bahan bakar. EEOI predicted adalah nilai EEOI hasil prediksi dengan memasukkan pengaruh lingkungan pada perhitungannya, dimana kedua nilai EEOI ini akan dibandingkan dan diperoleh nilai error. Nilai error hasil perbandingan kedua nilai EEOI ini merepresentasikan penurunan performa kapal pada periode terhitung.

Tahap 4

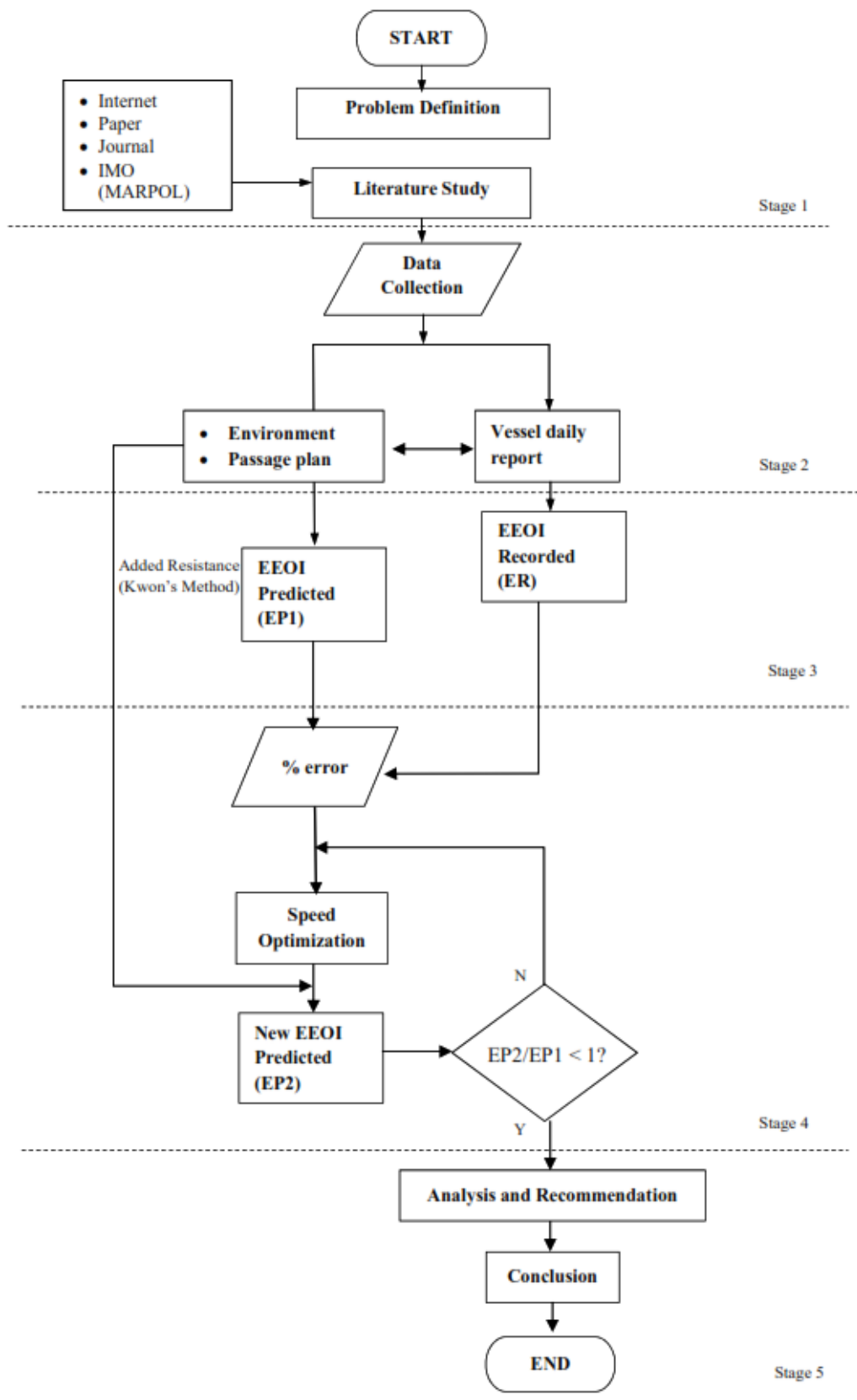
Tahap empat merupakan tahap iterasi, di mana akan dilakukan evaluasi penurunan kecepatan kapal. Iterasi dan evaluasi juga dilakukan pada nilai prediksi EEOI dibandingkan dengan nilai EEOI recorded. Iterasi kecepatan optimum ini akan digunakan untuk perhitungan EEOI berdasarkan kondisi serta jalur pelayaran yang sebelumnya sebagai pembanding. Perbandingan ini dilakukan untuk memastikan bahwa nilai EEOI berkurang setelah dilakukan penurunan kecepatan kapal, mengingat kecepatan kapal berhubungan dengan daya kapal serta nilai *SFOC*, sedangkan nilai EEOI berhubungan langsung dengan pemakaian bahan bakar secara keseluruhan dan jarak pelayaran yang ditempuh.

Tahap 5

Tahap kelima merupakan tahap terakhir, dimana telah diperoleh nilai kecepatan optimum yang memenuhi syarat, yaitu penurunan nilai EEOI. Tahap ini merupakan tahap kesimpulan dan saran dari keseluruhan penelitian yang kemudian akan dituangkan dalam sebuah laporan tesis.

Tabel 3. 1 Data Kapal pada penelitian

Ship's Name	Year Built	Dimension			GRT (Tonnes)	DWT (Tonnes)	Main Engine (BHP)	Speed (knot)
		LOA(m)	Breadth (m)	Depth (m)				
Tropic Orion	1983	57.7	12.2	4.3	957	1265	2x2400	10
BNI Castor	2012	59.25	14.95	4.95	1678	1340	2x2575	13
SK Capella	2013	59.25	14.95	4.95	1678	1340	2x2575	13



Gambar 3. 1 Flow Diagram Pengerjaan Tesis

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Evaluasi Metode Kwon

Metode kwon seperti telah disebutkan pada Bab sebelumnya, merupakan metode yang memberikan persamaan semi-empiris pengaruh *added resistance* terhadap *speed loss*. Koefisien pada persamaan semi-empiris metode kwon adalah

$$\frac{\Delta V}{V_1} 100\% = C_\beta C_U C_{Form}$$

C_β = koefisien pengurangan akibat arah, tergantung pada arah sudut cuaca

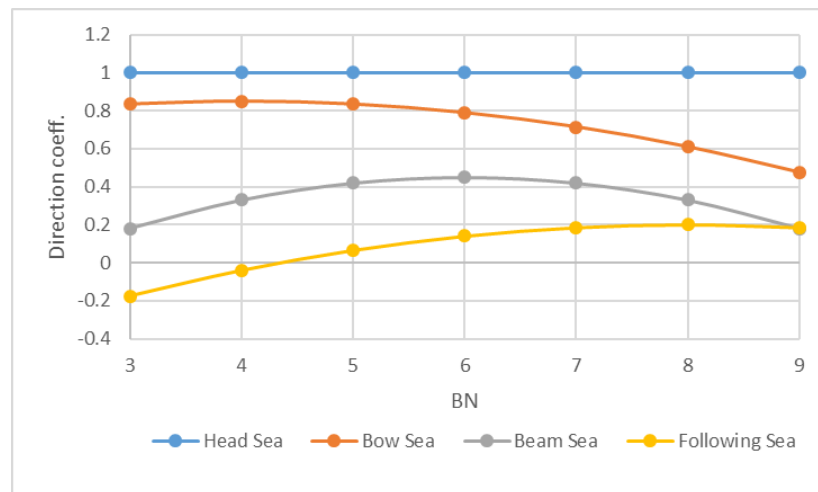
C_U = koefisien pengurangan kecepatan, tergantung pada nilai koefien blok (C_b) kapal, kondisi muatan serta nilai Froude Number (F_n) mengacu pada Tabel 2.3.

C_{Form} = koefisien bentuk kapal mengacu pada Tabel 2.4.

Pada perkembangannya, metode kwon mengalami beberapa modifikasi, seperti yang dijelaskan pada tabel dan grafik di bawah ini

Tabel 4. 1 Koefisien *speed loss* akibat arah cuaca C_β

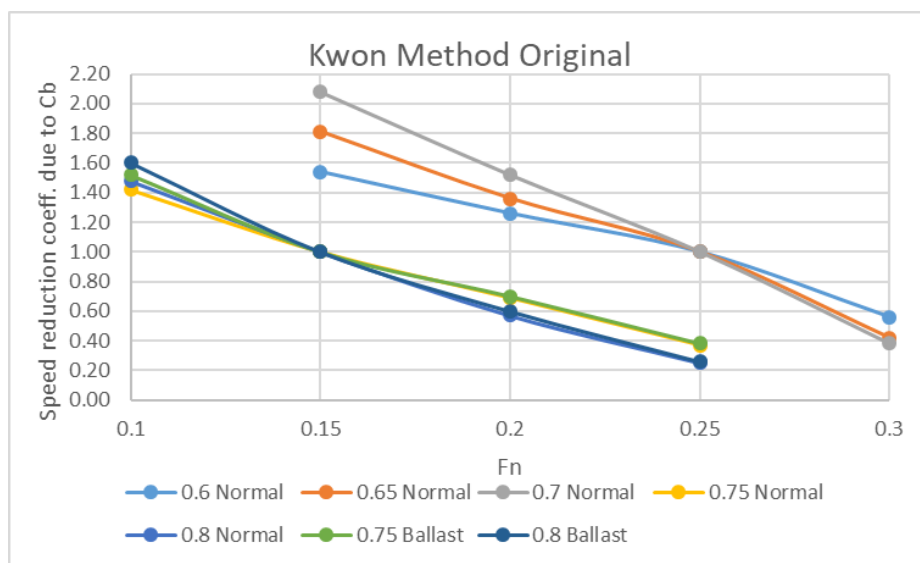
Weather Direction	Encounter Angle (deg)	Direction Reduction	Beaufort Number (BN)						
			3	4	5	6	7	8	9
Head Sea (Irregular wave) and wind	0-30	$2C_\beta = 2$	1	1	1	1	1	1	1
Bow Sea (Irregular wave) and wind	30-60	$2C_\beta = 1.7 - 0.03 ((BN - 4)^2)$	0.835	0.85	0.835	0.79	0.715	0.61	0.475
Beam Sea (Irregular wave) and wind	60-150	$2C_\beta = 0.9 - 0.06 ((BN - 6)^2)$	0.18	0.33	0.42	0.45	0.42	0.33	0.18
Following Sea (Irregular wave) and wind	150-180	$2C_\beta = 0.4 - 0.03 ((BN - 8)^2)$	-0.175	-0.04	0.065	0.14	0.185	0.2	0.185



Gambar 4. 1 Grafik koefiesn *speed loss* akibat arah cuaca C_β

Tabel 4. 2 koefisien *speed loss* akibat Cb kapal (original) C_U

Cb	Condition	Fn					Trendline	Fn				
		0.1	0.15	0.2	0.25	0.3		0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
0.6	Normal	-	1.54	1.26	1	0.56	$-266.67Fn^3 + 164Fn^2 - 38.333Fn + 4.5$	2.04	1.54	1.26	1.00	0.56
0.65	Normal	-	1.81	1.36	1	0.42	$-413.33Fn^3 + 266Fn^2 - 63.867Fn + 6.8$	2.66	1.81	1.36	1.00	0.42
0.7	Normal	-	2.08	1.52	1	0.38	$-186.67Fn^3 + 120Fn^2 - 35.933Fn + 5.4$	2.82	2.08	1.52	1.00	0.38
0.75	Normal	1.42	1	0.69	0.37	-	$-160Fn^3 + 94Fn^2 - 24.3Fn + 3.07$	1.42	1.00	0.69	0.37	-0.08
0.8	Normal	1.48	1	0.57	0.25	-	$80Fn^3 - 26Fn^2 - 6.9Fn + 2.35$	1.48	1.00	0.57	0.25	0.10
0.75	Ballast	1.52	1	0.7	0.38	-	$-320Fn^3 + 188Fn^2 - 42.2Fn + 4.18$	1.52	1.00	0.70	0.38	-0.20
0.8	Ballast	1.6	1	0.6	0.26	-	$-186.67Fn^3 + 124Fn^2 - 34.133Fn + 3.96$	1.60	1.00	0.60	0.26	-0.16



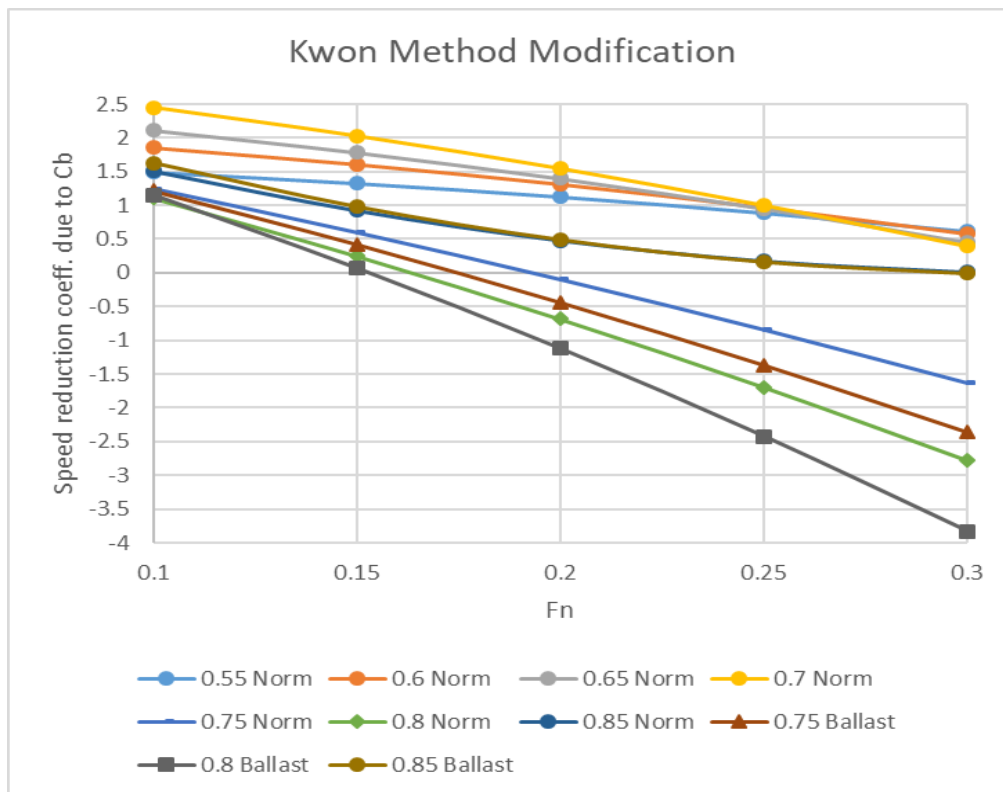
Gambar 4. 2 Grafik koefisien *speed loss* akibat Cb kapal (original) C_U

Trendline koefisien akibat Cb kapal dan Fn ini (C_U) dengan menggunakan persamaan polynomial.

Pada koefisien akibat Cb kapal dan nilai Fn ini, mengalami modifikasi dengan adanya nilai Cb 0.55 dan 0.85

Tabel 4. 3 koefisien *speed loss* akibat Cb kapal (Modifikasi) C_U

Cb	Condition	Speed reduction due to Cb	Fn				
			0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
0.55	Normal	$1.7 - 1.4Fn - 7.4Fn^2$	1.486	1.324	1.124	0.8875	0.614
0.6	Normal	$2.2 - 2.5Fn - 9.7Fn^2$	1.853	1.607	1.312	0.96875	0.577
0.65	Normal	$2.6 - 3.7Fn - 11.6Fn^2$	2.114	1.784	1.396	0.95	0.446
0.7	Normal	$3.1 - 5.3Fn - 12.4Fn^2$	2.446	2.026	1.544	1	0.394
0.75	Loaded	$2.4 - 10.6Fn - 9.5Fn^2$	1.245	0.596	-0.1	-0.84375	-1.635
0.8	Loaded	$2.6 - 13.1Fn - 15.1Fn^2$	1.109	0.25	-0.684	-1.69375	-2.779
0.85	Loaded	$3.1 - 18.7Fn + 28.0Fn^2$	1.51	0.925	0.48	0.175	0.01
0.75	Ballast	$2.6 - 12.5Fn - 13.5Fn^2$	1.215	0.421	-0.44	-1.36875	-2.365
0.8	Ballast	$3.0 - 16.3Fn - 21.6Fn^2$	1.154	0.069	-1.124	-2.425	-3.834
0.85	Ballast	$3.4 - 20.9Fn + 31.8Fn^2$	1.628	0.981	0.492	0.1625	-0.008



Gambar 4. 3 Grafik koefisien *speed loss* akibat C_b kapal (modifikasi) C_U

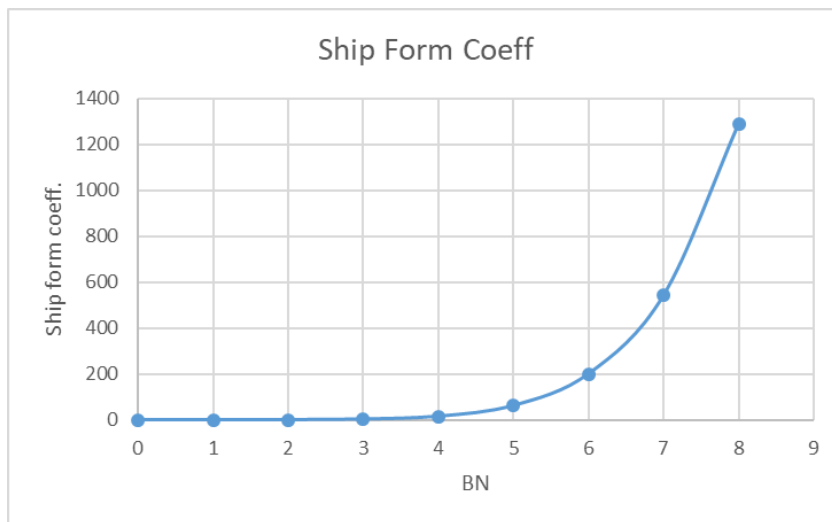
Dapat dilihat bahwa ada perbedaan antara nilai C_U original dan C_U modifikasi untuk C_b dan F_n yang sama. Pada koefisien C_U original, diperoleh dengan menyesuaikan nilai C_b kapal dan F_n , sedangkan pada nilai C_U modifikasi diperoleh dengan menggunakan persamaan dengan fungsi F_n sesuai dengan C_b kapal masing-masing.

Perbedaan lainnya terlihat pada nilai C_U original bernilai positif untuk semua F_n tercatat (0.1 – 0.3), sedangkan pada nilai C_U modifikasi terdapat nilai minus bahkan untuk nilai F_n di bawah 0.15 untuk nilai C_b di atas 0.75 pada kondisi normal dan kondisi ballast. Dengan adanya nilai minus tersebut, maka apabila dikembalikan ke persamaan *speed loss* pada metode kwon, maka akan diperoleh nilai kecepatan yang bertambah, bukan berkurang seperti yang seharusnya. Dengan adanya hal ini maka perlu pembatasan penggunaan persamaan.

Sedangkan koefisien *speed loss* akibat bentuk kapal C_{Form} dengan mengambil satu contoh ukuran kapal dengan volume displacement sebesar 3124.28 m^3 , yaitu volume displacement dari kapal BNI. Castor, dimana C_{Form} ini juga merupakan fungsi dari Beaufort Number (BN)

Tabel 4. 4 Koefisien *speed loss* akibat bentuk kapal C_{Form}

BN	$0.5BN + \frac{BN^{6.5}}{2.7V^{2/3}}$
0	0
1	0.50173287
2	1.156841448
3	3.688033799
4	16.19566737
5	63.04397052
6	201.0382127
7	542.8902984
8	1288.84514



Gambar 4. 4 Grafik koefisien *speed loss* akibat bentuk kapal C_{Form}

4.2 *Speed loss* dan Nilai EEOI

Nilai *Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI) dirumuskan seperti pada persamaan (3) dimana merupakan fungsi dari jumlah konsumsi bahan bakar dan jarak yang ditempuh, dimana koefisien konversi CO₂ dan Gross Tonnage kapal merupakan nilai konstan untuk kapal yang sama dan bahan bakar yang sama.

Karena nilai EEOI dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar yang mana konsumsi bahan bakar ini bervariasi walaupun pada lintas yang sama, tergantung kondisi lingkungan pada saat berlayar. Kondisi lingkungan ini menyebabkan adanya *speed loss*, sehingga waktu layar akan bertambah,

yang menyebabkan adanya perubahan konsumsi bahan bakar walaupun pada lintas yang sama. Pengaruh lingkungan ini akan dijadikan sebagai dasar perhitungan *speed loss* yang nantinya diperoleh nilai EEOI prediksi. Nilai EEOI prediksi ini akan dibandingkan dengan nilai EEOI actual dimana diperoleh dari data di atas kapal.

Berikut perhitungan nilai *speed loss*, EEOI prediksi serta EEOI actual pada kapal AHTS dengan data sebagai berikut yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagai fungsi waktu operasional (dalam bulan)

LWL : 56 m

B : 14.95 m

T : 4.95

C_b : 0.754

GT : 1,678 tonnes

V₁ : 13 knot

Tabel 4. 5 perhitungan *speed loss* BNI Castor bulan ke-1

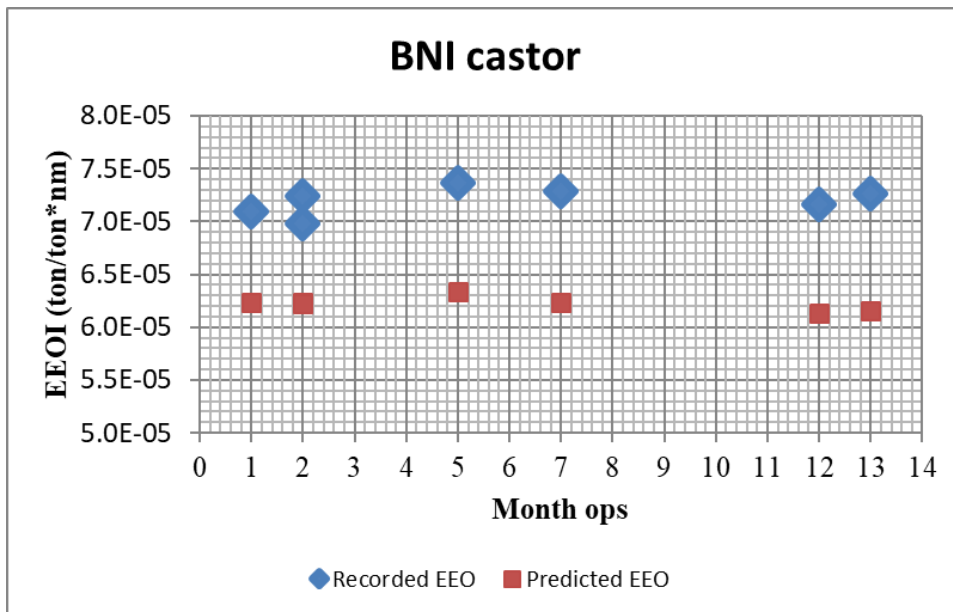
Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _B	C _{form}	ΔV/V ₁ 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.89	12.75	0.11
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.29	12.96	0.21
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.76	12.51	0.35
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.29	12.96	0.24
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.29	12.96	0.44
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.89	12.75	2.68
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.89	12.75	2.67
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.38	12.95	8.39
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	7.44
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.76	12.51	22.74
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	4.98
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	11.48
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	15.18
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.76	12.51	2.89
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	0.37
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	1.17
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	0.68
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	0.98	12.87	0.34
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	1.16	12.85	0.33
Total											82.69	

Dengan konsumsi bahan bakar untuk dua *main engine* sebesar 520 liter/jam, maka diperoleh konsumsi bahan bakar pada kondisi seperti di atas sebesar 42,999.17 liter atau sekitar 34.4 ton dengan jarak tempuh 1054.2 nm, maka diperoleh nilai EEOI sebesar 6.23E-5 ton/ton*nm. Nilai EEOI ini merupakan nilai EEOI prediksi dengan mempertimbangkan *speed loss* yang didekari dengan metode kwon.

Bulan operasional BNI Castor selama 13 bulan, dengan melakukan hal yang sama untuk setiap voyage pada tiap bulannya, nilai EEOI prediksi diambil rata-rata pada tiap bulan, kemudian dibandingkan dengan nilai EEOI aktual, diperoleh nilai error seperti disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 6 EEOI prediksi dan EEOI aktual BNI Castor

Month operation	Date	Fuel Consumption		From	To	Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Error (%)
		Ltrs	tonnes						
		1	27 August - 3 Sept						
2	7-13 Sept	46,080	36.864	Singapore (WPT82)	Ruby Oil Field (WPT 105)	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	11.871%
2	22-28 Sept	51,822	41.458	Ruby Oil Field (WPT 105)	Singapore (WPT82)	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	16.272%
5	8-13 Dec	54,240	43.392	Singapore (WPT82)	Balikpapan (WPT56)	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	16.232%
7	25-27 Feb	24,005	19.204	Balikpapan	Surabaya	503.30	7.29E-05	6.24E-05	16.897%
12	27 Jul	10,500	8.400	Tarempa	Singapore	223.90	7.17E-05	6.13E-05	16.912%
13	6-9 August	26,785	21.428	Singapore	Jakarta	563.70	7.26E-05	6.16E-05	17.988%

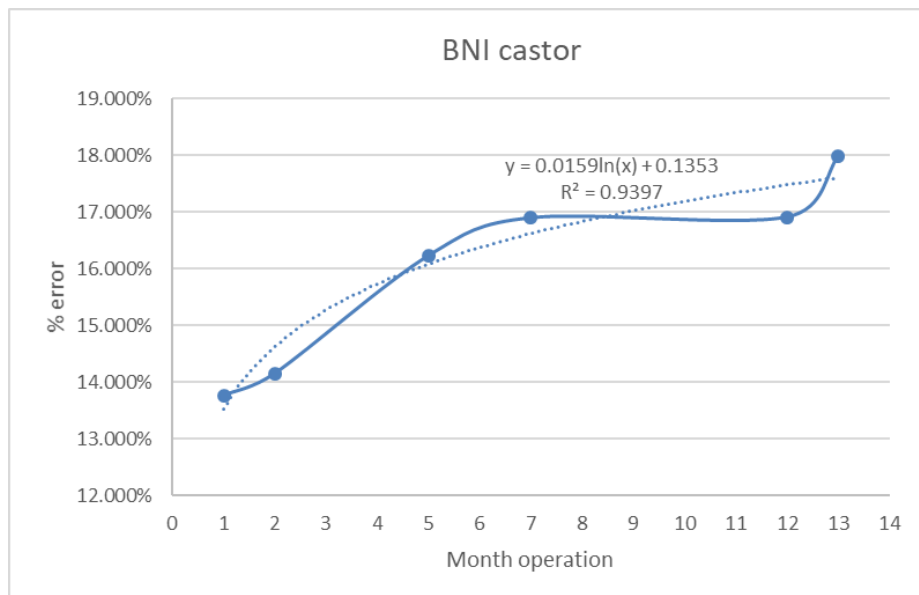


Gambar 4. 5 Grafik perbandingan nilai EEOI prediksi dan EEOI actual BNI Castor

Dapat dilihat pada tabel maupun grafik di atas bahwa nilai EEOI actual lebih besar daripada nilai EEOI prediksi. Hal ini menunjukkan adanya faktor lain yang menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar selama pelayaran. Factor lain ini direpresentasikan sebagai nilai error antara perbandingan dua nilai EEOI tersebut.

Tabel 4. 7 Nilai error pada EEOI BNI Castor

Month operation	Actual EEOI	Predicted EEO	Error (%)
1	7.09E-05	6.23E-05	13.770%
2	7.11E-05	6.23E-05	14.159%
5	7.36E-05	6.33E-05	16.232%
7	7.29E-05	6.24E-05	16.897%
12	7.17E-05	6.13E-05	16.912%
13	7.26E-05	6.16E-05	17.988%



Gambar 4. 6 Prosentase nilai error perbandingan EEOI BNI Castor

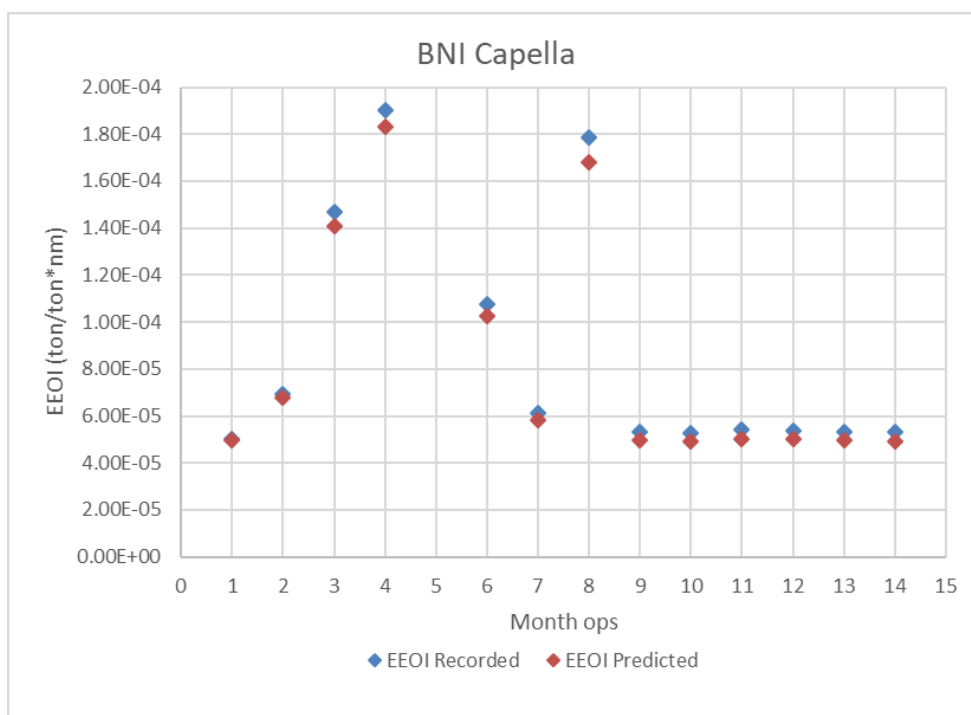
Dengan menjadikan nilai error perbandingan EEOI sebagai fungsi bulan operasional, diperoleh pendekatan persamaan nilai error sebagai fungsi waktu yang man abisa diadakan acuan untuk memperkirakan besaran error pada waktu operasional yang akan datang. Pada tabel di bawah ini disajikan pendekatan persamaan untuk trendline nilai error dan dapat dilihat bahwa pendekatan persamaan logaritmik memberikan nilai R^2 terbesar dibandingkan dengan trendline persamaan linear maupun exponential.

Tabel 4. 8 Trendline nilai error EEOI BNI Castor

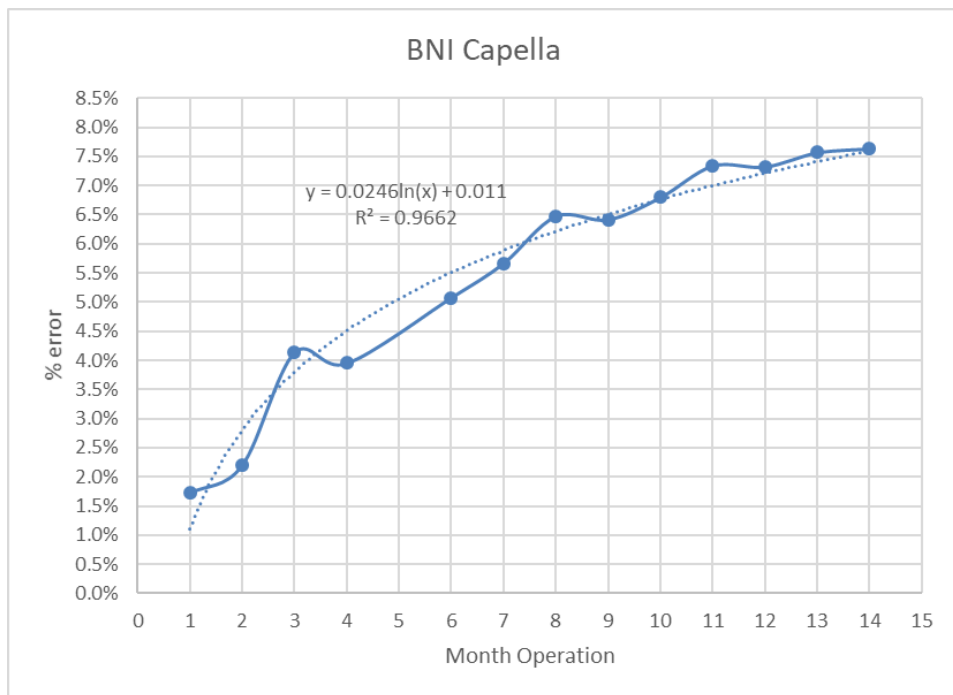
Trend	Equation	R2
Exp	$0.1397e^{0.0196x}$	0.8378
Linear	$0.0031x + 0.1394$	0.8486
Log	$0.0159\ln(x) + 0.1353$	0.9397

Nilai Error antara perbandingan EEOI prediksi dan EEOI aktual sebesar 4.219% dari bulan operasional ke-1 hingga bulan operasional ke-13. Error sebesar 4.219% ini merupakan prosentase kenaikan konsumsi bahan bakar pada rentang waktu tersebut. Kenaikan konsumsi bahan bakar ini disebabkan karena *fouling* lambung dan propeller serta karena performa engine yang menurun (*engine degradation*) (Lu, et al., 2015).

Dengan menerapkan hal yang sama pada kapal yang lain, dalam hal ini adalah BNI Capella, maka diperoleh sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik perbandingan nilai EEOI prediksi dan EEOI actual BNI Capella



Gambar 4. 8 Prosentase nilai error perbandingan EEOI BNI Capella

Dengan bulan operasional selama 14 bulan, prosentase nilai error pada BNI Capella mendekati persamaan logaritmik dengan nilai R^2 sebesar 0.9662. berdasarkan pendekatan, nilai error pada bulan pertama sebesar 1.72% dan nilai error pada bulan operasional ke-14 sebesar 7.63%, dengan selisih nilai error sebesar 5.91%. nilai ini akan menjadi acuan untuk perhitungan dan penentuan kecepatan optimum kapal agar diperpleh konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dengan waktu layar yang masih diperbolehkan.

4.3 Optimasi Kecepatan

Optimasi kecepatan dilakukan dengan tujuan untuk memberikan konsumsi yang lebih rendah daripada operasional sebelumnya, dengan mempertimbangkan efek kenaikan konsumsi bahan bakar. Walaupun konsumsi bahan bakar per satuan waktu didekati dengan fungsi kubik terhadap kecepatan yang dihasilkan, namun diperlukan pemodelan matematis untuk memperoleh konsumsi bahan keseluruhan untuk suatu lintas pada jarak layar tertentu. Konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dalam hal ini direpresentasikan sebagai nilai EEOI.

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumed (tonnes)} \times \text{fuel to CO}_2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

Dimana *fuel to CO₂ Conversion factor* dan *mass of cargo carried* dalam hal ini GT kapal merupakan nilai konstan, sehingga nilai EEOI merupakan fungsi konsumsi bahan bakar dan jarak yang ditempuh.

$$EEOI = \frac{\text{CO}_2 \text{ conversion}}{GT} \times \frac{\text{konsumsi bahan bakar}}{\text{jarak tempuh}}$$

$$EEOI = \frac{\text{CO}_2 \text{ conversion}}{GT} \times \frac{\text{fule rate (Fr)} \times \text{waktu}}{\text{kecepatan (V)} \times \text{waktu}}$$

$$EEOI = K \frac{Fr}{V}$$

$$\frac{EEOI_2}{EEOI_1} = \left(\frac{Fr_2/V_2}{Fr_1/V_1} \right)$$

Sedangkan laju konsumsi bahan bakar didekati dengan persamaan kubik dengan fungsi kecepatan

$$Fr_2 = \left(\frac{V_2^3}{V_1^3} \right) Fr_1$$

Dengan adanya nilai error (ϵ) yang merepresentasikan peningkatan konsumsi bahan bakar, maka persamaan kubik di atas menjadi

$$Fr_2 = \left(\frac{V_2^3}{V_1^3} \right) Fr_1 (1 + \epsilon)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan di atas ke persamaan perbandingan EEOI, maka diperoleh

$$\frac{EEOI_2}{EEOI_1} = \frac{V_2^2(1 + \epsilon)}{V_1^2}$$

Dengan nilai yang diharapkan dari persamaan diatas adalah kurang dari satu (< 1), maka kecepatan optimal minimal sebesar

$$V_2 = \frac{V_1}{\sqrt{1 + \varepsilon}}$$

Agar diperoleh nilai EEOI yang lebih kecil, maka nilai dari $\frac{EEOI_2}{EEOI_1}$ haruslah kurang dari 1 (<1), dengan nilai ε sebesar 4.219%, maka diperoleh

$$V_2 = \frac{V_1}{\sqrt{1 + 0.04219}}$$

Atau sekitar 0.979 V_1 , atau dengan kata lain menurunkan kecepatan sebesar sekitar 2% dari kecepatan semula.

Sedangkan laju konsumsi bahan bakar didekati dengan persamaan kubik dengan fungsi kecepatan

$$Fr_2 = \left(\frac{V_2^3}{V_1^3} \right) Fr_1 (1 + \varepsilon)$$

Dengan data awal V_0 sebesar 13 knot, dan Fr_1 sebesar 520 liter/jam, dengan menurunkan kecepatan minimal sebesar 2% dari kecepatan semula yaitu menjadi V_2 12.73 knot, pada perhitungan kali ini digunakan kecepatan 12.5 knot diperoleh konsumsi bahan bakar pada kecepatan tersebut sebesar Fr_2 sebesar 481.78 liter/jam. Dengan menggunakan data baru yang diterapkan pada kondisi pelayaran yang sama, maka diperoleh pengurangan nilai konsumsi bahan bakar seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini, pada BNI Castor pada bulan operasional pertama.

Jika dibandingkan dengan perhitungan *speed loss* dengan kecepatan awal yaitu 13 knot, dengan pengurangan kecepatan menjadi 12.5 knot, waktu tempuh layar memang menjadi lebih lama, yang semula diprediksi sekitar 82.69 jam menjadi 88.55 jam atau bertambah sebesar 7.1%. Namun konsumsi bahan bakar berkurang sekitar 0.79% yang semula diprediksi sebesar 42,999.17 liter menjadi 42,661.4 liter, begitu pula dengan nilai EEOI berkurang dengan prosentase sama dengan pengurangan konsumsi bahan bakar.

Tabel 4. 9 *Speed loss* BNI Castor bulan ke-1 dengan pengurangan kecepatan

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _B	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	Speed (°)	(°)	direction							
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	0.12
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.22
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	0.39
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.25
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.46
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.87
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.85
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	8.78
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	7.87
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	25.05
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	5.27
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	12.14
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	16.05
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	3.19
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.40
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	1.23
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.72
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	2.39	12.20	0.36
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.35
Total											88.55	

Tabel 4. 10 Perbandingan konsumsi bahan bakar dan EEOI pada kecepatan 12.5 knot BNI Castor

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% sail hour
	Ltrs	tonnes										
1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	42,661.40	0.79%	6.2E-05	82.69	88.55	7.1%
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	40,863.16	0.79%	6.2E-05	79.21	84.82	7.1%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	44,087.7	1.08%	6.2E-05	85.71	91.51	6.8%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	47,521.2	-1.83%	6.4E-05	89.74	98.64	9.9%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	20,456.5	0.58%	6.2E-05	39.57	42.46	7.3%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	8,689.9	3.24%	5.9E-05	17.27	18.04	4.4%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	22,093.3	2.68%	6.0E-05	43.66	45.86	5.0%
Total	209.9	5,575.3				227,682.7	226,373.2	0.58%	6.2E-05	437.85	469.87	7.3%

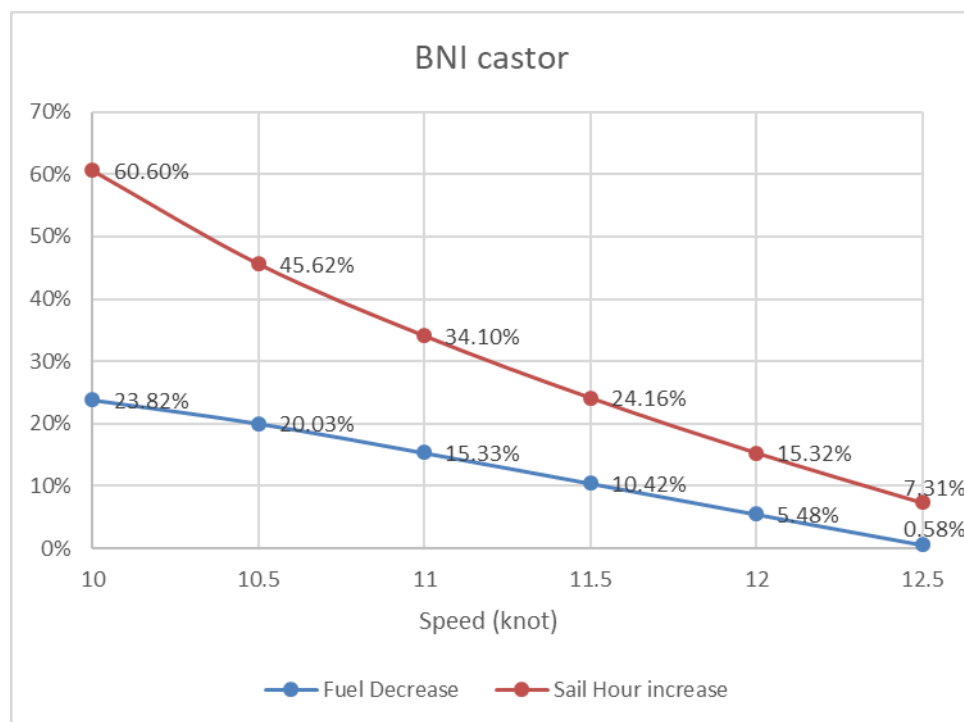
Pengurangan kecepatan menjadi 12.5 knot memberikan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dengan prosentase pengurangan yang berbeda tergantung pada jarak layar serta kondisi lingkungan, walaupun waktu layar akan lebih lama.

Dengan menerapkan pengurangan kecepatan yang sama untuk kondisi pelayaran yang berbeda, yaitu jarak dan kondisi lingkungan, maka konsumsi bahan bakar bahkan dapat bertambah, seperti ditunjukkan pada simulasi operasional pada bulan-5. Dengan menggunakan kecepatan yang sudah diturunkan, yaitu sebesar 12.5 knot, pada kondisi pelayaran tersebut, konsumsi bahan bakar meningkat sebesar 1.83% dari prediksi konsumsi bahan bakar sebelumnya, begitu pula dengan waktu layar meningkat sebesar 9.9%. Hal ini menunjukkan bahwa, perbedaan kondisi lingkungan terhadap

operasional kapal cukup berpengaruh, sehingga optimasi kecepatan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang ada.

Dengan adanya kondisi tersebut, maka optimasi kecepatan dilakukan dengan batasan waktu operasional yang diperbolehkan, mengingat bahwa, semakin kecil kecepatan operasional kapal, maka konsumsi bahan bakar akan semakin berkurang pada pelayaran yang sama, sedangkan waktu tempuh akan semakin lama. Waktu operasional yang diperbolehkan harus disesuaikan kembali dengan kebutuhan pelayaran kapal, dalam hal ini adalah mode operasional kapal.

Dengan menurunkan kecepatan hingga 10 knot dengan rentang 0.5 knot, diperoleh pengurangan bahan bakar yang cukup signifikan, namun dengan penambahan waktu layar yang cukup besar pula.

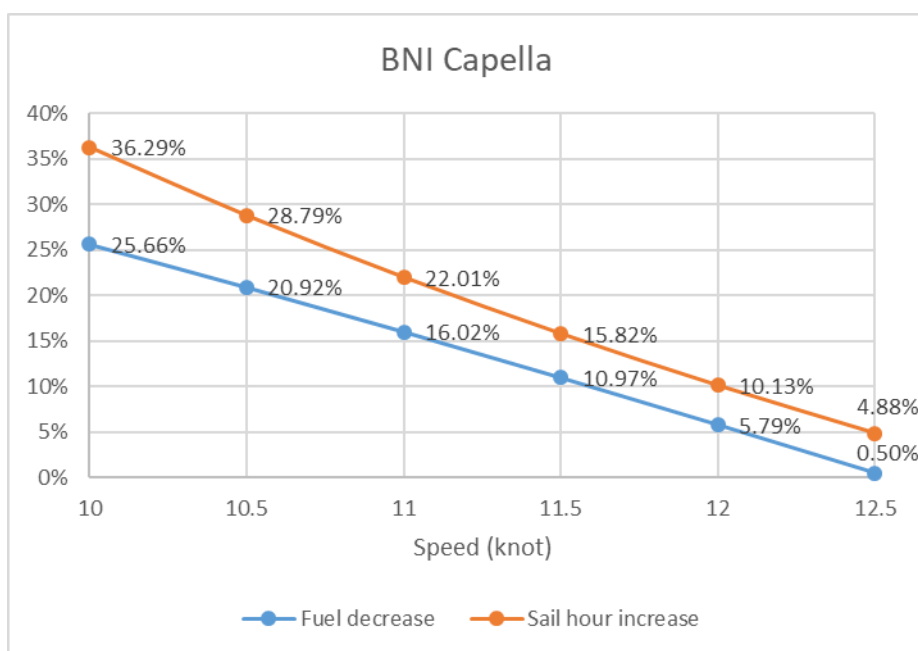


Gambar 4. 9 Prosentase pengurangan konsumsi bahan bakar dan kenaikan *sail hour* akibat penurunan kecepatan pada BNI Castor

Dengan kondisi pelayaran pada BNI Castor, penurunan kecepatan sebesar 0.5 knot, dari 13 knot menjadi 12.5 knot, mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 0.58%, sedangkan waktu layar bertambah sebesar 7.31%. Semakin

kecepatan diturunkan, maka konsumsi bahan bakar akan semakin berkurang. Pada kecepatan 10 knot, konsumsi bahan bakar berkurang sebesar 23.82% namun waktu layar bertambah sebesar 60.60%. Hal ini tentu akan menjadi pertimbangan pada operasional kapal dikarenakan penambahan waktu layar yang cukup besar walaupun memberikan prosentse pengurangan konsumsi bahan bakar yang cukup besar pula.

Sedangkan pada BNI Capella, penurunan kecepatan sebesar 0.5 knot memberikan prosentase pengurangan bahan bakar sebesar 0.5% dan peningkatan waktu layar sebesar 4.88%, seperti yang ditunjukkan pada grafik di bawah ini



Gambar 4. 10 Prosentase pengurangan konsumsi bahan bakar dan kenaikan *sail hour* akibat penurunan kecepatan pada BNI Capella

Pada kecepatan 10 knot, pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 25.66%, dan waktu layar bertambah sebesar 36.29%. Berbeda dengan BNI Castor yang memberikan prosentse pengurangan konsumsi bahan bakar lebih rendah, tetapi memberikan prosentase penambahan waktu layar yang jauh lebih besar. Hal ini dikarenakan lokasi pelayaran yang berbeda, jarak tempuh sekali layar yang berbeda serta kondisi lingkungan yang berbeda pula.

4.4 Efek *dry-docking*

Nilai error dari perbandingan EEOI recorded dan EEOI predicted direpresentasikan sebagai akibat dari *fouling* lambung dan propeller serta karena performa engine yang menurun (*engine degradation*). Namun dengan adanya perawatan serta pengedokan kapal, dimana dilakukan pembersihan badan kapal, perawatan propeller serta peremajaan sistem permesinan dalam hal ini pergantian *spare part* serta perawatan kapal secara menyeluruh khususnya pada saat kapal melakukan *dry-docking*, nilai error ini dapat diperkecil.

Efek dari *dry-docking* ini disajikan dengan menggunakan kapal Tropic Orion dimana kapal ini dibangun pada tahun 1983 dengan LOA 57.5 m, breadth 12.2 m, dan draught 4.3 m. Memiliki GT sebesar 957 MT dan disupply 2x2400 BHP M/E serta memiliki kecepatan 10 knot pada *fuel rate* 480 liter per jam.

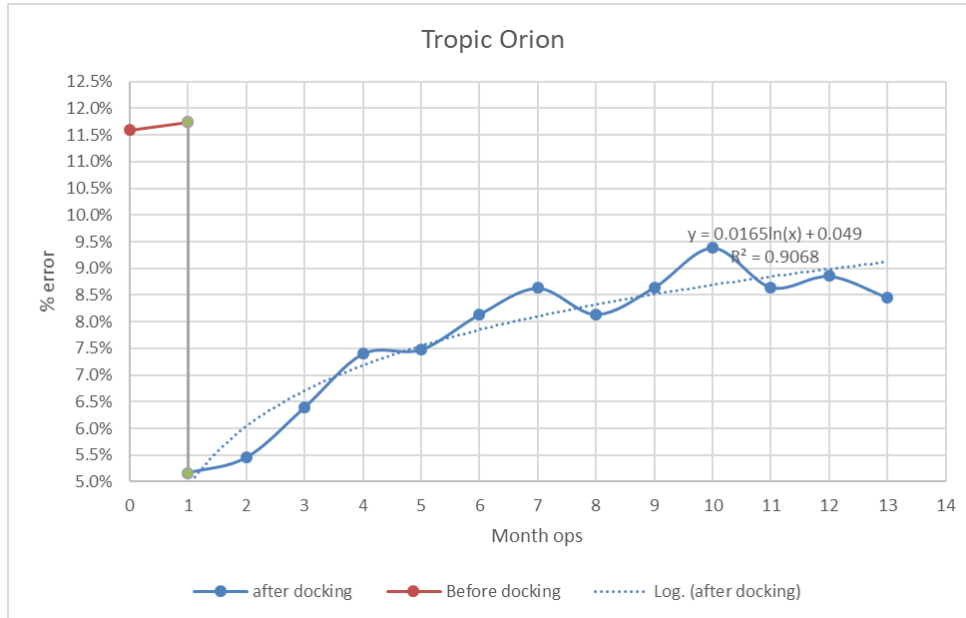
Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama, dan dibedakan antara kondisi kapal sebelum dan sesudah *dry-docking*, diperoleh

Tabel 4. 11 Nilai EEOI recorded dan EEOI predicted pada kapal Tropic Orion

Month ops	Date	Fuel Consumption		From	To	Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted Fuel Consumption (tonnes)	Predicted EEOI	Error (%)
		Ltrs	tonnes							
		0	6-Jan							
1	21-Feb	4,930	3.94	Pabelokan	KJ4	51.30	2.58E-04	3.53	2.30E-04	11.740%
Docking										
1	28-May	2,680	2.14	KJ4	Pabelokan	51.3	1.40E-04	2.04	1.33E-04	5.164%
2	27-Jun	3,050	2.44	KJ4	Pabelokan	58.05	1.41E-04	2.31	1.34E-04	5.457%
3	9-Jul	3,020	2.42	Pabelokan	KJ4	58.05	1.39E-04	2.27	1.31E-04	6.398%
4	14-Aug	3,000	2.40	KJ4	Pabelokan	58.05	1.39E-04	2.23	1.29E-04	7.398%
5	26-Sep	3,000	2.40	Pabelokan	KJ4	58.05	1.39E-04	2.23	1.29E-04	7.479%
6	29-Oct	3,100	2.48	Pabelokan	KJ4	58.05	1.43E-04	2.29	1.32E-04	8.140%
7	24-Nov	3,100	2.48	KJ4	Pabelokan	58.05	1.43E-04	2.28	1.32E-04	8.630%
8	26-Dec	3,100	2.48	Pabelokan	KJ4	58.05	1.43E-04	2.29	1.32E-04	8.140%
9	30-Jan	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.647%
10	23-Feb	3,750	3.00	Pabelokan	KJ4	58.05	1.73E-04	2.74	1.58E-04	9.385%
11	13-Mar	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.647%
12	28-Apr	3,150	2.52	Pabelokan	KJ4	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.854%
13	1-May	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.452%

Dengan keterbatasan data operasional kapal sebelum *dry-docking*, nilai error sebelum *dry-docking* tidak bisa memberikan informasi yang lebih jelas, namun memiliki nilai error yang lebih besar dari pada nilai error

setelah kapal melakukan dry-docking, seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4. 11 Prosentase nilai error perbandingan EEOI Tropic Orion

Dapat dilihat bahwa nilai error sebelum *dry-docking* mencapai angka 11.74%, namun nilai error ini menjadi sekitar 5.16% setelah dilakukan *dry-docking*, berkurang sebesar sekitar 6.57%. Nilai error setelah *dry-docking* semakin meningkat dengan berlalunya waktu operasional. Pada bulan ke-13 operasional setelah *dry-docking*, nilai error ini naik sebesar 3.28% menjadi sekitar 8.45%. Kenaikan nilai error ini didekati dengan persamaan logaritmik dengan nilai R^2 sebesar 0.9068.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dari permasalahan dan tujuan yang telah diperoleh, serta saran guna memberikan perbaikan pada penelitian selanjutnya

5.1 Kesimpulan

1. Lingkungan operasional kapal sangat berpengaruh terhadap nilai kecepatan kapal, dimana pengaruh lingkungan ini memberikan penurunan kecepatan pada kapal. Nilai penurunan kecepatan kapal akibat adanya factor lingkungan didekati dengan menggunakan Metode Kwon, dimana metode ini merepresentasikan *speed loss*.
2. Perbedaan nilai EEOI recorded dan EEOI predicted merupakan nilai error yang merepresentasikan kenaikan konsumsi bahan bakar yang disebabkan karena *fouling* lambung dan propeller serta karena performa engine yang menurun (*engine degradation*). Pada kapal baru, BNI Castor, selisih nilai error sebesar 4.219% selama 13 bulan operasional, dan sebesar 5.91% pada BNI Capella dengan 14 bulan operasional.
3. *Dry-docking* memberikan penurunan nilai error sebesar 6.57% seperti pada perhitungan kapal Tropic Orion, dimana nilai error sebelum *dry-docking* adalah sebesar 11.74% dan setelah *dry-docking* menjadi 5.16%.
4. Penurunan kecepatan sebesar 0.5 knot menjadi 12.5 pada BNI Castor, memberikan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 0.58% namun menambah waktu layar sebesar 7.31%, sedangkan penurunan kecepatan menjadi 10 knot memberikan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 23.82% dan kenaikan waktu layar sebesar 60.60%. Penurunan kecepatan sebesar 0.5 knot menjadi 12.5 pada BNI Capella, memberikan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 0.5% namun menambah waktu layar sebesar 4.88%, sedangkan penurunan kecepatan menjadi 10 knot memberikan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 25.66% dan kenaikan waktu layar sebesar 36.29%.

5.2 Saran

Diperlukan saran untuk perbaikan dan pengembangan terkait penelitian ini, dan beberapa hal yang bisa dijadikan bahan perbaikan adalah sebagai berikut:

1. Adanya data detail terkait trayek kapal dengan dilengkapi konsumsi bahan bakar, kondisi lingkungan dan kecepatan kapal yang diharapkan serta arah relative kapal terhadap arah sudut cuaca
2. Diperlukannya pertimbangan besaran trim kapal, load engine serta rpm propeller pada perhitungan konsumsi bahan bakar.
3. Diperlukannya data perawatan kapal guna mengetahui *time-frame* secara khusus dan dibandingkan dengan operasional kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Acomi, N. & Acomi, O. C., 2014a. Improving the voyage energy efficiency by using EEOI. *Procedia - Social and Behaviour Sciences*, Volume 138, pp. 532-536.
- Acomi, N. & Acomi, O. C., 2014b. The influence of different types of marine fuel over the energy efficiency operational index. *Energy Procedia*, Volume 59, pp. 243-248.
- Adji, S. W., 2005. *Matching point engine dan propeller*. s.l.:s.n.
- Aldous, L., Smith, T., Bucknall, R. & Thompson, P., 2015. Uncertainty analysis in ship performance monitoring. *Ocean Engineering*, Volume 110, pp. 29-38.
- Anon., 2013. IMO set to decide on ro-ro EEDlix. *The Naval Architech - RINA*, May, pp. 38-42.
- Anon., 2014. *MEPC-67-6-INF3, Third IMO GHG Study*, s.l.: s.n.
- Armstrong, V. N., 2013. Vessel optimisation for low carbon shipping. *Ocean Engineering*, Volume 73, pp. 195-207.
- Armstrong, V. N. & Banks, C., 2015. Integrated approach to vessel energy efficiency. *Ocean Engineering*, Volume 110, pp. 39-48.
- Baldi, F., Johnson, H., Gabrielli, C. & Anderson, K., 2014. Energy analysis of ship energy systems - the case of a chemical tanker. *Energy Procedia*, Volume 61, pp. 1732-1735.
- Beşikçi, E. B., Arslan, O., Turan, O. & Ölçer, A., 2016a. An artificial neural network based decision support system for energy efficient ship operations. *Computers & Operations Research*, Volume 66, pp. 393-401.
- Beşikçi, E. B., Kececi, T., Arslan, O. & Turan, O., 2016b. An application of fuzzy-AHP to ship operational energy efficiency measures. *Ocean Engineering*, Volume 121, pp. 392-402.
- Bialystocky, N. & Konovessis, D., 2016. On the estimation of ship's fuel consumption and speed curve : A statistical approach. *Journal of Ocean Engineering and Science*, Volume 1, pp. 157-166.
- Capurso, V., Ferrando, M., Gualeni, P. & Viviani, M., 2013. Virtual arrival: A real option for energy saving?. *International Journal of Marine Engineering*, 155(A2), pp. A-89 - A-95.
- Chang, C. C. & Jhang, C. W., 2016. Reducing speed and fuel transfer of the Green Flag Incentive Program in Kaohsiung Port Taiwan. *Transportation Research*, 46(D), pp. 1-10.
- Corbett, J. J., Wang, H. & Winebrake, J. J., 2009. The effectiveness and cost of speed reductions on emissions from international shipping. *Transportation Research*, 14(D), pp. 593-598.

- Dimopoulos, G. G. et al., 2014. A general-purpose process modelling framework for marine energy systems. *Energy Conversion and Management*, Volume 86, pp. 325-339.
- DNV, 2012. *DNV Report Shipping 2020*, s.l.: DNV.
- DNV & Lloyd Register, 2011. *MEPC 63/INF.2 Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping*, s.l.: IMO.
- Doulgeris, G., Korakianitis, T., Pilidis, P. & Tsoudis, E., 2012. Techno-economic and environmental risk analysis for advanced marine propulsion systems. *Applied Energy*, Volume 99, pp. 1-12.
- Gutierrez, J. M. et al., 2015. Methodologies for estimating shipping emissions and energy consumption : A comparative analysis of current methods. *Energy*, Volume 86, pp. 603-616.
- Harsono, P. D., 2010. *panduan untuk pemeriksaan kapal di atas dok*. Jakarta: IMarE.
- Hulskotte, J. & van der Gon, H. D., 2010. Fuel consumption and associated emissions from seagoing ships at berth derived from on-board survey. *Atmospheric Environment*, Volume 44, pp. 1229-1236.
- IMO, 2013. *Marpol Annex VI and NTC 2008 with guidelines for implementation*. London: IMO.
- Jafazadeh, S. & Utne, I. B., 2014. A framework to bridge the energy efficiency gap in shipping. *Energy*, Volume 69, pp. 603-612.
- Johnson, H., Johansson, M. & Andersson, K., 2014. Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping : an action research case study. *Journal of Cleaner Production*, Volume 66, pp. 317-327.
- Kim, M., Hizir, O., Turan, O. & Day, S., 2016. *A study on ship speed loss due to added resistance in a seaway*. Rhodes, International Society of Offshore and Polar Engineer (ISOPE).
- Kim, M. et al., 2017. Estimation of added resistance and ship speed loss in a seaway. *Ocean Engineering*, Volume 141, pp. 465-476.
- Koske Rose, R. S., 2011. *Future characteristic of offshore support vessels*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Lindstad, H., Asbjørnslett, B. E. & Strømman, A. H., 2011. Reduction in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds. *Energy Policy*, Volume 39, pp. 3456-3464.
- Liu, S. & Papanikolaou, A., 2016b. On the prediction of the added resistance of large ships in representative seaways. *Ships and Offshore Structure*, pp. 1-7.
- Liu, S. & Papanikolaou, A., 2016c. fast approach to the estimation of the added resistance of ships in head waves. *Ocean Engineering*, Volume 112, pp. 211-225.

- Liu, S. & Papanikolaou, A., 2017. Approximation of the added resistance of ships with small draft or in ballast condition by empirical formula. *Journal of Engineering for the Maritime Environment*, pp. 1-14.
- Liu, S., Papanikolaou, A. & Zaraphonitis, G., 2011. Prediction of added resistance of ships in waves. *Ocean Engineering*, Volume 38, pp. 641-650.
- Lui, S., Shang, B., Papanikolaou, A. & Bolbot, V., 2016a. Improved formula for estimating added resistance of ships in engineering applications. *Journal of Marine Science Applications*, Volume 15, pp. 442-451.
- Lu, R. et al., 2015. A semi-empirical ship operational performance prediction model for voyage optimization towards energy efficient shipping. *Ocean Engineering*, Volume 110, pp. 18-28.
- Marzi, J., 2012. European researcher focus on ship energy efficiency. *The Naval Architect - RINA*, September, pp. 78-89.
- McStay, P., 2013. *How to identify hull and propeller performance*, s.l.: Lloyd's Register.
- Meng, Q. & Wang, Y., 2016. Shipping log data based container ship fuel efficiency modeling. *Transportation Research*, 83(B), pp. 207-229.
- MEPC 59/INF.10, 2009. *MEPC 59/INF.10, Second IMO GHG Study*, s.l.: s.n.
- MEPC.1/Circ.684 , 2009. *MEPC.1 Circ.684 - Guidelines for voluntary use of the ship EEOI*, s.l.: s.n.
- MEPC.63/23 Annex 8, 2012. *MEPC 63/23 Annex 8, Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ship*, s.l.: s.n.
- Murphy, A. J. & Weston, S. J., 2012. Reducing fuel usage and CO2 emissions from tug boat fleet : Sea trials and theoretical modelling. *International Journal of Maritime Engineering*, 154(A1), pp. A31-A41.
- Norlund, E. k. & Gribkovskaia, I., 2013. Reducing emissions through speed optimization in supply vessel operations. *Transportation Research*, 23(D), pp. 105-113.
- Oršić, J. P. & Faltinsen, O. M., 2012. Estimation of speed loss and associated CO2 emissions in a seaway. *Ocean Engineering*, Volume 44, pp. 1-10.
- Perera, L. P. & Mo, B., 2016. Emission control based energy efficiency measures in ship operations. *Applied Ocean Research*, Volume 60, pp. 29-46.
- Poulsen, R. T. & Johnson, H., 2016. The logic bussiness vs the logic of energy management practice : understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies. *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, pp. 3785-3797.
- Psaraftis, H. N. & Kontovas, C. A., 2013. Speed model for energy-efficient maritime transportation: A taxonomy and survey. *Transportation Research*, 26(C), pp. 331-351.

- Psaraftis, H. N. & Kontovas, C. A., 2014. Ship speed optimization: Concepts, models and combined speed-routing scenarios. *Transportation Research*, 44(C), pp. 52-69.
- Rehmatulla, N. & Smith, T., 2015. Barriers to energy efficiency in shipping: A triangulated approach to investigate the principal agent problem. *Energy Policy*, Volume 84, pp. 44-57.
- Roh, M.-I., 2013. Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption. *International Journal Naval Architect Ocean Engineering*, Volume 5, pp. 246-262.
- Schøyen, H. & Bråthen, S., 2015. Measuring and improving operational energy efficiency in short sea container ship. *Research in Transportation Business & Management*, Volume 17, pp. 26-35.
- Sin, M. & De Oses, F. X. M., 2011. Improvement of the energy efficiency of vessels as a measure for the reduction of greenhouse gases emission from sea shipping. *Marine Technology and Environment*, pp. 103-112.
- Trodden, D. G., Murphy, A. J., Pazouki, K. & Sargeant, J., 2015. Fuel usage data analysis for efficient shipping operations. *Ocean Engineering*, Volume 110, pp. 75-84.
- Turan, E. & Ust, Y., 2013. EEDI assessment of recently built tanker in Turkey. *Economics and Business*, 63(3-4), pp. 102-112.
- Wang, K., Yan, X., Yuan, Y. & Li, F., 2016. Real-time optimization of ship energy efficiency based on the prediction technology of working condition. *Transportation Research*, 46(D), pp. 81-93.
- Woltron, B. & Kopke, M., 2012. GL takes the sting out of emissions. *The Naval Architect - RINA*, November, pp. 30-36.
- Woodyard, D., 2004. *Pounder's Marine Diesel Engine and Gas Turbines*. 8th ed. s.l.:Elsevier.
- Young-Joong, K. & Dai-Young, K., 2005. A research on the approximate formulae for the speed loss at sea. *Journal of Korean Society of Ocean Engineers*, 19(2), pp. 90-93.

LAMPIRAN
Tabel Perhitungan BNI Castor

Month Ops 1
 From : Balikpapan
 To : Batam (Kabil)

Lwl	56	m	V ₁	13	knot
B	14.95	m		6.6872	m/s
T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
Cb	0.754		Fn	0.2855	
GT	1678	MT	Cu	0.071	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.11
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	0.21
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	0.35
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	0.24
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	0.44
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.68
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.67
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	8.39
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	7.44
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	22.74
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	4.98
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	11.48
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	15.18
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	2.89
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	0.37
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	1.17
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	0.68
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.98	12.87	0.34
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	0.33

Total 82.69

Fuel Rate	520	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	42,999.17	liter	34.40 ton
Total Distance	1054.2	nm	
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.23E-05	ton/ton*nm	

Month Ops 2

From : Singapore

To : Ruby

Lwl	56	m	V ₁	13	knot
B	14.95	m		6.6872	m/s
T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
Cb	0.754		Fn	0.2855	
GT	1678	MT	Cu	0.071	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle			BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction							
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.57	
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	0.75	
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	1.02	
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.42	
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.49	
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	1.59	
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	1.02	
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	7.06	
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	12.72	
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	11.54	
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	5.02	
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	22.31	
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	7.50	
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	7.21	

Total 79.21

Fuel Rate	520	Liter/hour
Total Fuel Consumed	41,190.16	liter 32.95 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.24E-05	ton/ton*nm

Month Ops 2

From : Surabaya

To : Singapore

Lwl	56	m	V ₁	13	knot
B	14.95	m		6.6872	m/s
T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
Cb	0.754		Fn	0.2855	
GT	1678	MT	Cu	0.071	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.45
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.68
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.67
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.04395037	0.29	12.96	8.39
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	7.50
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	22.31
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	5.02
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	11.56
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	12.70
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	7.17
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	1.10
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	1.55
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	1.37
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.04395037	4.50	12.42	1.25

Total 85.71

Fuel Rate	520	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	44,569.5	liter	35.66 ton
Total Distance	1,094.5	nm	
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.22E-05	ton/ton*nm	

Month Ops	5	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From :	Singapore	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.2855
		GT	1678	MT	Cu	0.071

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	0.65
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.69
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	1.00
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	0.42
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	0.49
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.0381468	6.46	12.16	1.26
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	0.62
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.0381468	6.46	12.16	0.99
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.0381468	6.46	12.16	20.39
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.0381468	6.46	12.16	12.17
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	5.02
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	21.48
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	8.78
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	9.03
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.67
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.74
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.45
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.24
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.98	12.87	0.34
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	0.05	12.99	0.21
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.11

Total 89.74

Fuel Rate	520	Liter/hour
Total Fuel Consumed	46,665.3	liter 37.33 ton
Total Distance	1,126.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.33E-05	ton/ton*nm

Month Ops	7	Lwl	56	m	V_1	13 knot
From :	Balikpapan	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.2855
		GT	1678	MT	Cu	0.071

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.11
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.21
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.98	12.87	0.34
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.32
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.53
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.84
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	2.82
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	8.77
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	17.66
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.0381468	2.01	12.74	4.24
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.0381468	11.33	11.53	1.74

Total 39.57

Fuel Rate	520	Liter/hour
Total Fuel Consumed	20,576.0	liter 16.46 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.24E-05	ton/ton*nm

Month Ops 12
 From : Tarempa
 To : Singapore

Lwl 56 m
 B 14.95 m
 T 4.95 m
 Cb 0.754
 GT 1678 MT
 V₁ 13 knot
 6.6872 m/s
 Displ. 3124.68 m³
 Fn 0.2855
 Cu 0.071

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V ₁ 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	2.46
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	2.11
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.05	13.01	7.38
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	1.74
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	1.58
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.46
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.65
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.22
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.98	12.87	0.40
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.04395037	4.50	12.42	0.06
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.04395037	4.50	12.42	0.08
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.04395037	4.50	12.42	0.14
Total											17.27	

Fuel Rate 520 Liter/hour
 Total Fuel Consumed 8,981.1 liter 7.18 ton
 Total Distance 223.9 nm
 Energy Efficiency Operational (EEO) 6.13E-05 ton/ton*nm

Month Ops 13

From : Singapore

To : Surabaya

Lwl	56	m	V ₁	13	knot
B	14.95	m		6.6872	m/s
T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
Cb	0.754		Fn	0.2855	
GT	1678	MT	Cu	0.071	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
3.9	213	SE	135	16	102	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.31
5.2	121	SE	135	16	166	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.29	12.96	0.40
2.5	49	SE	135	16	94	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.20
7.5	65	SE	135	16	110	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	0.59
6.1	73	SE	135	11	118	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.47
6.3	82	SE	135	11	127	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.49
20.3	55	SE	135	11	100	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	1.57
10.7	90	SE	135	11	135	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.83
7.8	130	SE	135	11	175	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.05	13.01	0.60
49.2	132	SE	135	11	177	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.05	13.01	3.78
121.7	148	SE	135	11	170	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.05	13.01	9.36
74.5	96	SE	135	11	141	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	5.75
12.2	84	S	180	11	84	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.38	12.95	0.94
31.9	23	S	180	11	23	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	2.48
178.2	350	S	180	11	10	Head Sea	4	1	16.19566264	1.16	12.85	13.87
16.5	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.89	12.75	1.29
4.6	323	E	90	16	37	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	0.37
4.2	305	E	90	16	35	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.76	12.51	0.34
0.4	270	E	90	16	0	Head Sea	5	1	63.04395037	4.50	12.42	0.03

Total 43.66

Fuel Rate 520 Liter/hour
 Total Fuel Consumed 22,701.4 liter 18.16 ton
 Total Distance 563.7 nm
 Energy Efficiency Operational (EEO) 6.16E-05 ton/ton*nm

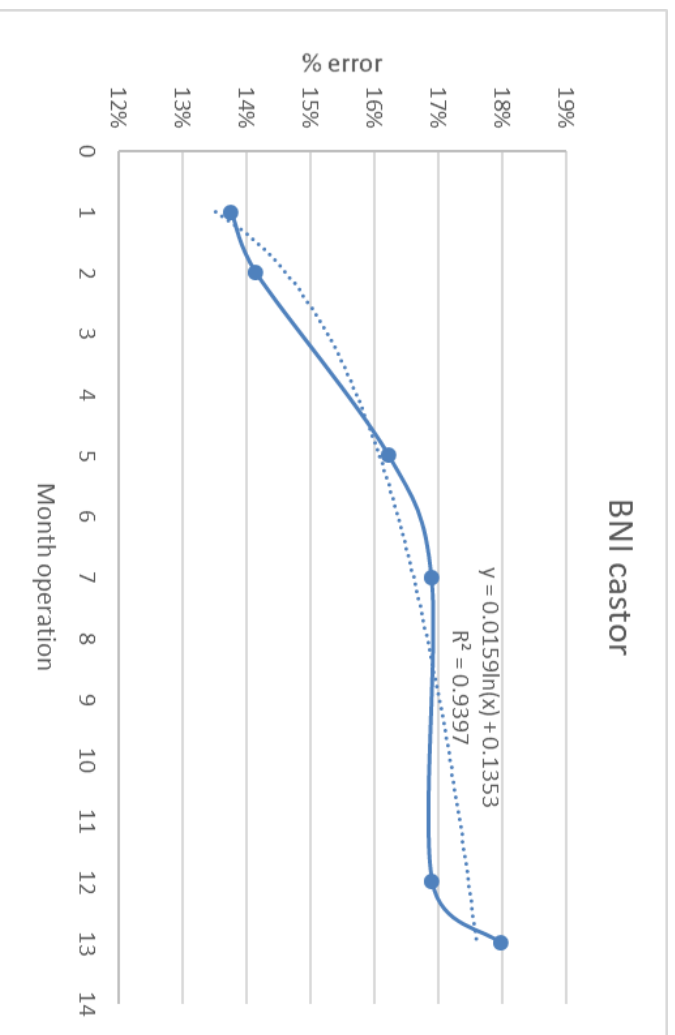
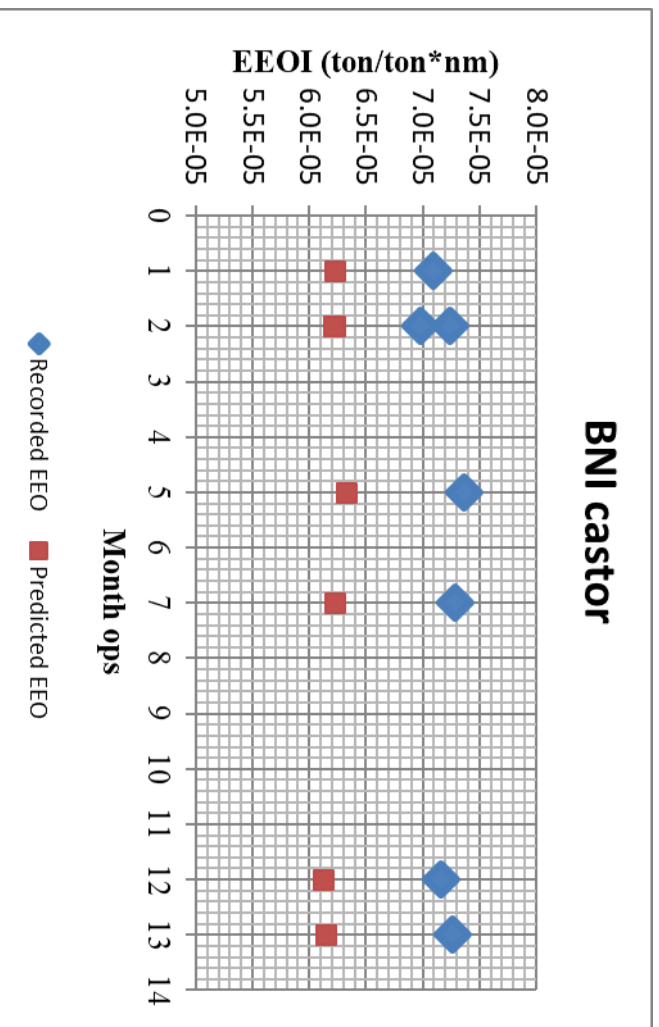
24.33

BNICASTOR

$$\text{EEOI} = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Date	Fuel Consumption		From	To	Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Error (%)
		Ltrs	tonnes						
		1	27 August - 3 Sept						
2	7 -13 Sept	46,080	36.864	Singapore (WPT82)	Ruby Oil Field (WPT 105)	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	11.871%
2	22 -28 Sept	51,822	41.458	Ruby Oil Field (WPT 105)	Singapore (WPT82)	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	16.272%
5	8 -13 Dec	54,240	43.392	Singapore (WPT82)	Balikpapan (WPT56)	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	16.232%
7	25 - 27 Feb	24,005	19.204	Balikpapan	Surabaya	503.30	7.29E-05	6.24E-05	16.897%
12	27 Jul	10,500	8.400	Tarempa	Singapore	223.90	7.17E-05	6.13E-05	16.912%
13	6 - 9 August	26,785	21.428	Singapore	Jakarta	563.70	7.26E-05	6.16E-05	17.988%
		209.882				5,575.300	7.192E-05	6.24199E-05	15.227%



Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 12.5 knot, BNI Castor

Month	Ops	Lwl	56	m	V_1	12.5	knot
From :	Balikpapan	B	14.95	m		6.43	m/s
To :	Batam (Kabil)	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	0.12
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.22
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	0.39
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.25
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	0.46
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.87
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.85
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	8.78
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	7.87
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	25.05
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	5.27
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	12.14
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	16.05
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	3.19
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.40
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	1.23
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.72
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	2.39	12.20	0.36
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.35
Total										88.55		

Fuel Rate	481.7796786	Liter/hour
Total Fuel Consumed	42,661.40	liter
Total Distance	1054.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.19E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V ₁	12.5	knot
Ops		B	14.95	m		6.43	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.60
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.80
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	1.12
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	0.44
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	0.52
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	1.70
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	9.13	11.36	1.13
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	7.57
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	13.62
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	12.36
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	5.37
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	23.86
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	8.02
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	7.71

Total 84.82

Fuel Rate	481.7796786	Liter/hour
Total Fuel Consumed	40,863.16	liter 32.69 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.19E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V ₁	12.5	knot
Ops		B	14.95	m		6.43	m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	0.49
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.87
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.85
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	0.71	12.41	8.76
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	8.02
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	23.86
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	5.37
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	12.37
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	13.58
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	7.66
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	1.17
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	1.66
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	1.47
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	10.93	11.13	1.39

Total 91.51

Fuel Rate	481.7796786	Liter/hour
Total Fuel Consumed	44,087.7	liter 35.27 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.16E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V ₁	12.5	knot
Ops		B	14.95	m		6.43	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	2.81	12.15	0.69
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.72
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	1.07
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	0.45
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	0.53
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	15.69	10.54	1.45
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	0.66
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	15.69	10.54	1.14
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	15.69	10.54	23.53
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	15.69	10.54	14.04
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	5.37
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	22.97
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	9.39
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	9.43
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.85
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	2.93
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.47
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.25
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	2.39	12.20	0.36
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.11	12.49	0.22
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.11
										Total	98.64	

Fuel Rate 481.7796786 Liter/hour
 Total Fuel Consumed 47,521.2 liter 38.02 ton
 Total Distance 1,126.2 nm
 Energy Efficiency Operational (EEO) 6.45E-05 ton/ton*nm

Month	7	Lwl	56	m	V_1	12.5	knot
Ops		B	14.95	m		6.43	m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.11
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.22
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	2.39	12.20	0.36
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.33
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.55
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	3.04
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	4.59	11.93	3.02
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.71	12.41	9.16
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	18.92
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	4.88	11.89	4.54
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	27.54	9.06	2.21

Total 42.46

Fuel Rate	481.7796786	Liter/hour
Total Fuel Consumed	20,456.5	liter 16.37 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.20E-05	ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V ₁	12.5	knot
Ops		B	14.95	m		6.43	m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2745	
		GT	1678	MT	Cu	0.173	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	2.58
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	2.20
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.11	12.51	7.67
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	1.82
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	1.65
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.48
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.68
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.93	12.38	0.23
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	2.39	12.20	0.43
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	10.93	11.13	0.07
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	10.93	11.13	0.09
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	10.93	11.13	0.15
Total											<u>18.04</u>	

Fuel Rate	481.7796786	Liter/hour
Total Fuel Consumed	8,689.9	liter 6.95 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.93E-05	ton/ton*nm

BNI CASTOR

$$\text{EEOI} = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	42,661.40	0.79%	6.2E-05	82.69	88.55
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	40,863.16	0.79%	6.2E-05	79.21	84.82	7.1%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	44,087.7	1.08%	6.2E-05	85.71	91.51	6.8%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	47,521.2	-1.83%	6.4E-05	89.74	98.64	9.9%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	20,456.5	0.58%	6.2E-05	39.57	42.46	7.3%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	8,689.9	3.24%	5.9E-05	17.27	18.04	4.4%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	22,093.3	2.68%	6.0E-05	43.66	45.86	5.0%
Total		209.9	5,575.3			227,682.7	226,373.2	0.58%	6.2E-05	437.85	469.87	7.3%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 12 knot, BNI Castor

Month	1	Lwl	56	m	V_1	12	knot							
Ops		B	14.95	m			6.1728	m/s						
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.		3124.68	m ³						
To :	Batam (Kabil)	Cb	0.754		Fn		0.2635							
		GT	1678	MT	Cu		0.266							
Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)		
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction								
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	0.13		
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.09	11.87	0.23		
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	14.02	10.32	0.43		
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.09	11.87	0.26		
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.09	11.87	0.48		
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.07		
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.05		
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	9.19		
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	8.33		
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	14.02	10.32	27.57		
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	5.57		
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	12.85		
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	16.98		
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	14.02	10.32	3.51		
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	0.42		
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	1.31		
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	0.77		
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	3.67	11.56	0.38		
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	0.37		
											Total	94.87		
Fuel Rate				426.2478257	Liter/hour									
Total Fuel Consumed				40,439.32	liter	32.35	ton							
Total Distance				1054.2	nm									
Energy Efficiency Operational (EEO)				5.86E-05	ton/ton*nm									

Month	2	Lwl	56	m	V_1	12	knot
Ops		B	14.95	m		6.1728	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2635	
		GT	1678	MT	Cu	0.266	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.63
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	0.84
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	14.02	10.32	1.23
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	0.48
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	0.56
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	1.82
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	14.02	10.32	1.24
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	8.11
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	14.59
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	13.24
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	5.74
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	25.51
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	8.57
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	8.25

Total 90.80

Fuel Rate	426.2478257	Liter/hour
Total Fuel Consumed	38,704.24	liter 30.96 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.86E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V_1	12	knot
Ops		B	14.95	m		6.1728	m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2635	
		GT	1678	MT	Cu	0.266	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	0.52
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.07
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.05
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	1.09	11.87	9.16
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	8.57
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	25.51
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	5.74
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	13.22
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	14.52
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	8.19
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	1.26
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	1.78
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	1.57
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	16.79	9.99	1.55

Total 97.70

Fuel Rate	426.2478257	Liter/hour
Total Fuel Consumed	41,646.1	liter 33.32 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.82E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V_1	12	knot					
Ops		B	14.95	m			6.1728	m/s				
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.		3124.68	m ³				
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn		0.2635					
		GT	1678	MT	Cu		0.266					
Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	4.31	11.48	0.73
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.75
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	1.14
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	0.48
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	0.57
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	24.10	9.11	1.68
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	0.71
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	24.10	9.11	1.32
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	24.10	9.11	27.23
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	24.10	9.11	16.25
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	5.74
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	24.57
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	10.04
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.09	11.87	9.86
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.05
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.14
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.49
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.26
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	3.67	11.56	0.38
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.17	11.98	0.23
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.12

Total 108.72

Fuel Rate 426.2478257 Liter/hour
Total Fuel Consumed 46,343.1 liter 37.07 ton
Total Distance 1,126.2 nm
Energy Efficiency Operational (EEO) 6.29E-05 ton/ton*nm

Month	7	Lwl	56	m	V_1	12	knot
Ops		B	14.95	m		6.1728	m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2635	
		GT	1678	MT	Cu	0.266	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.12
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.23
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	3.67	11.56	0.38
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.35
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.57
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.25
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	7.05	11.15	3.23
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.09	11.87	9.58
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	20.27
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	7.50	11.10	4.86
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	42.30	6.92	2.89

Total 45.72

Fuel Rate	426.2478257	Liter/hour
Total Fuel Consumed	19,489.8	liter 15.59 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.91E-05	ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V ₁	12	knot
Ops		B	14.95	m		6.1728	m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2635	
		GT	1678	MT	Cu	0.266	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	2.70
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	2.31
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.17	12.02	7.99
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	1.90
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	1.72
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.50
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.71
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.42	11.83	0.24
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	3.67	11.56	0.45
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	16.79	9.99	0.08
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	16.79	9.99	0.10
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	16.79	9.99	0.17
Total											18.86	

Fuel Rate	426.2478257	Liter/hour
Total Fuel Consumed	8,040.5	liter 6.43 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.49E-05	ton/ton*nm

BNI CASTOR

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	40,439.32	5.95%	5.9E-05	82.69	94.87
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	38,704.24	6.04%	5.9E-05	79.21	90.80	14.63%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	41,646.1	6.56%	5.8E-05	85.71	97.70	13.99%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	46,343.1	0.69%	6.3E-05	89.74	108.72	21.15%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	19,489.8	5.28%	5.9E-05	39.57	45.72	15.55%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	8,040.5	10.47%	5.5E-05	17.27	18.86	9.22%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	20,553.0	9.46%	5.6E-05	43.66	48.22	10.45%
Total	209.9	5,575.3				227,682.7	215,216.2	5.48%	5.9E-05	437.85	504.91	15.32%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 11.5 knot, BNI Castor

Month	1	Lwl	56	m	V_1	11.5	knot
Ops		B	14.95	m	Displ.	5.9156	m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Fn	0.2525	
To :	Batam (Kabil)	Cb	0.754		Cu	0.351	
		GT	1678	MT			

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.13
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	0.24
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	0.47
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	0.27
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	0.50
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.28
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.26
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	9.63
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	8.81
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	30.36
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	5.90
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	13.60
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	17.98
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	3.86
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	0.44
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	1.38
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	0.81
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	4.84	10.94	0.40
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	0.39
Total												101.73

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	38,164.78	liter 30.53 ton
Total Distance	1054.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.53E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V_1	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.66
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	0.89
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	1.36
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.51
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.59
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	1.95
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	1.37
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	8.69
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	15.63
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	14.19
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	6.14
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	27.28
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	9.17
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	8.82

Total 97.23

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	36,474.56	liter 29.18 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.52E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V_1	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.56
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.28
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.26
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	1.44	11.33	9.59
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	9.17
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	27.28
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	6.14
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	14.14
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	15.53
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	8.76
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	1.34
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	1.90
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	1.68
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	22.16	8.95	1.73

Total 104.35

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	39,148.7	liter 31.32 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.47E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V ₁	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	0.77
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.79
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	1.23
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	0.51
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	0.61
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	31.80	7.84	1.95
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	0.76
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	31.80	7.84	1.53
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	31.80	7.84	31.62
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	31.80	7.84	18.87
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	6.14
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	26.27
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	10.74
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	10.32
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.26
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.36
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.51
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.27
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	4.84	10.94	0.40
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.23	11.47	0.24
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.12
Total												120.27

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	45,120.9	liter 36.10 ton
Total Distance	1,126.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	6.12E-05	ton/ton*nm

Month	7	Lwl	56	m	V_1	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.12
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.24
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	4.84	10.94	0.40
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.36
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.60
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.47
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	3.45
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	10.03
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	21.71
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	9.89	10.36	5.21
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	55.82	5.08	3.94

Total 49.55

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	18,587.4	liter 14.87 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.63E-05	ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V ₁	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	2.83
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	2.42
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.23	11.53	8.33
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	1.99
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	1.81
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.52
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.74
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.25
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	4.84	10.94	0.48
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	22.16	8.95	0.09
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	22.16	8.95	0.11
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	22.16	8.95	0.19
Total											<u>19.76</u>	

Fuel Rate	375.1560544	Liter/hour
Total Fuel Consumed	7,412.6	liter 5.93 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.06E-05	ton/ton*nm

Month	13	Lwl	56	m	V ₁	11.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.9156	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2525	
		GT	1678	MT	Cu	0.351	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
3.9	213	SE	135	16	102	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.37
5.2	121	SE	135	16	166	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.44	11.33	0.46
2.5	49	SE	135	16	94	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.24
7.5	65	SE	135	16	110	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	0.72
6.1	73	SE	135	11	118	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.54
6.3	82	SE	135	11	127	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.56
20.3	55	SE	135	11	100	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	1.80
10.7	90	SE	135	11	135	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	0.95
7.8	130	SE	135	11	175	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.23	11.53	0.68
49.2	132	SE	135	11	177	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.23	11.53	4.27
121.7	148	SE	135	11	170	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.23	11.53	10.56
74.5	96	SE	135	11	141	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	6.60
12.2	84	S	180	11	84	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	1.88	11.28	1.08
31.9	23	S	180	11	23	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	2.94
178.2	350	S	180	11	10	Head Sea	4	1	16.1956626	5.69	10.85	16.43
16.5	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	9.31	10.43	1.58
4.6	323	E	90	16	37	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	0.49
4.2	305	E	90	16	35	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	18.50	9.37	0.45
0.4	270	E	90	16	0	Head Sea	5	1	63.0439504	22.16	8.95	0.04

												Total	50.76
Fuel Rate													
Total Fuel Consumed				375.1560544	Liter/hour								
Total Distance				19,044.0	liter	15.24	ton			27.74			
Energy Efficiency Operational (EEO)				563.7	nm								
				5.16E-05	ton/ton*nm								

BNI CASTOR

$$\text{EEOI} = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	38,164.78	11.24%	5.53E-05	82.69	101.73
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	36,474.56	11.45%	5.52E-05	79.21	97.23	22.74%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	39,148.7	12.16%	5.47E-05	85.71	104.35	21.75%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	45,120.9	3.31%	6.12E-05	89.74	120.27	34.02%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	18,587.4	9.66%	5.64E-05	39.57	49.55	25.21%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	7,412.6	17.47%	5.06E-05	17.27	19.76	14.40%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	19,044.0	16.11%	5.16E-05	43.66	50.76	16.28%
Total		209.9	5,575.3			227,682.7	203,952.9	10.42%	5.59E-05	437.85	543.65	24.16%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 11 knot, BNI Castor

Month	1	Lwl	56	m		V ₁	11 knot						
Ops	Balikpapan	B	14.95	m			5.6584 m/s						
From :	Batam (Kabil)	T	4.95	m		Displ.	3124.68 m ³						
To :		Cb	0.754			Fn	0.2415						
		GT	1678	MT		Cu	0.430						
Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction							
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.14	
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	0.25	
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	0.52	
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	0.29	
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	0.53	
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.51	
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.49	
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	10.11	
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	9.34	
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	33.43	
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	6.25	
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	14.41	
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	19.05	
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	4.25	
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	0.47	
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	1.47	
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	0.86	
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	5.92	10.35	0.43	
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	0.41	
										Total	<u>109.21</u>		
Fuel Rate	328.3193611			Liter/hour									
Total Fuel Consumed	35,856.79			liter		28.69		ton					
Total Distance	1054.2			nm									
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.20E-05			ton/ton*nm									

Month	2	Lwl	56	m	V_1	11	knot
Ops		B	14.95	m		5.6584	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2415	
		GT	1678	MT	Cu	0.430	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.69
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	0.95
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	1.49
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.54
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.64
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	2.08
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	1.50
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	9.31
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	16.76
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	15.20
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	6.57
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	29.19
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	9.81
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	9.44

Total 104.16

Fuel Rate	328.3193611	Liter/hour
Total Fuel Consumed	34,197.98	liter 27.36 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.18E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V_1	11	knot
Ops		B	14.95	m		5.6584	m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2415	
		GT	1678	MT	Cu	0.430	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.60
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.51
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.49
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	1.76	10.81	10.06
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	9.81
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	29.19
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	6.57
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	15.13
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	16.62
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	9.38
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	1.44
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	2.03
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	1.80
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	27.11	8.02	1.93

Total 111.54

Fuel Rate	328.3193611	Liter/hour
Total Fuel Consumed	36,619.1	liter 29.30 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.11E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V ₁	11	knot
Ops		B	14.95	m		5.6584	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2415	
		GT	1678	MT	Cu	0.430	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	0.82
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.83
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	1.31
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	0.55
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	0.65
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	38.90	6.72	2.28
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	0.82
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	38.90	6.72	1.79
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	38.90	6.72	36.90
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	38.90	6.72	22.02
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	6.57
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	28.11
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	11.49
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	10.83
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.49
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.59
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.54
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.29
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	5.92	10.35	0.43
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.28	10.97	0.25
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.13

Total 133.66

Fuel Rate	328.3193611	Liter/hour
Total Fuel Consumed	43,884.2	liter 35.11 ton
Total Distance	1,126.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.96E-05	ton/ton*nm

Month 7
 Ops Lwl 56 m
 From : Balikpapan B 14.95 m
 To : Surabaya T 4.95 m
 Cb 0.754
 GT 1678 MT
 V₁ 11 knot
 Displ. 3124.68 m³
 Fn 0.2415
 Cu 0.430

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.13
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.25
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	5.92	10.35	0.43
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.38
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.63
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.71
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	3.69
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	10.52
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	23.27
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	12.10	9.67	5.59
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	68.29	3.49	5.73

Total 54.34

Fuel Rate 328.3193611 Liter/hour
 Total Fuel Consumed 17,840.9 liter 14.27 ton
 Total Distance 504.3 nm
 Energy Efficiency Operational (EEO) 5.41E-05 ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V ₁	11	knot
Ops		B	14.95	m		5.6584	m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2415	
		GT	1678	MT	Cu	0.430	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	2.97
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	2.54
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.28	11.03	8.70
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	2.09
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	1.90
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.55
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.78
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.26
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	5.92	10.35	0.50
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	27.11	8.02	0.10
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	27.11	8.02	0.12
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	27.11	8.02	0.21
Total											<u>20.73</u>	

Fuel Rate	328.3193611	Liter/hour
Total Fuel Consumed	6,807.1	liter 5.45 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.65E-05	ton/ton*nm

Month	13	Lwl	56	m	V ₁	11	knot
Ops		B	14.95	m		5.6584	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2415	
		GT	1678	MT	Cu	0.430	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V ₁ 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
3.9	213	SE	135	16	102	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.40
5.2	121	SE	135	16	166	Following Sea	5	0.065	63.0439504	1.76	10.81	0.48
2.5	49	SE	135	16	94	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.26
7.5	65	SE	135	16	110	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	0.77
6.1	73	SE	135	11	118	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.57
6.3	82	SE	135	11	127	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	0.59
20.3	55	SE	135	11	100	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	1.89
10.7	90	SE	135	11	135	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	1.00
7.8	130	SE	135	11	175	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.28	11.03	0.71
49.2	132	SE	135	11	177	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.28	11.03	4.46
121.7	148	SE	135	11	170	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.28	11.03	11.03
74.5	96	SE	135	11	141	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	6.93
12.2	84	S	180	11	84	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.30	10.75	1.14
31.9	23	S	180	11	23	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	3.12
178.2	350	S	180	11	10	Head Sea	4	1	16.1956626	6.96	10.23	17.41
16.5	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	11.39	9.75	1.69
4.6	323	E	90	16	37	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	0.54
4.2	305	E	90	16	35	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	22.64	8.51	0.49
0.4	270	E	90	16	0	Head Sea	5	1	63.0439504	27.11	8.02	0.05

Total 53.52

Fuel Rate	328.3193611	Liter/hour
Total Fuel Consumed	17,571.5	liter 14.06 ton
Total Distance	563.7	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.76E-05	ton/ton*nm

BNI CASTOR

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	35,856.79	16.61%	5.20E-05	82.69	109.21
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	34,197.98	16.98%	5.18E-05	79.21	104.16	31.50%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	36,619.1	17.84%	5.11E-05	85.71	111.54	30.13%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	43,884.2	5.96%	5.96E-05	89.74	133.66	48.94%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	17,840.9	13.29%	5.42E-05	39.57	54.34	37.33%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	6,807.1	24.21%	4.65E-05	17.27	20.73	20.04%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	17,571.5	22.60%	4.76E-05	43.66	53.52	22.59%
Total	209.9	5,575.3				227,682.7	192,777.5	15.33%	5.29E-05	437.85	587.16	34.10%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 10.5 knot, BNI Castor

Month	1	Lwl	56	m	V_1	10.5	knot
Ops	Balikpapan	B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Batam (Kabil)	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :		Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.15
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	0.26
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	0.57
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	0.30
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	0.55
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.76
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.74
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	10.64
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	9.91
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	36.86
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	6.64
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	15.29
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	20.22
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	4.69
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	0.50
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	1.56
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	0.91
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	6.93	9.77	0.45
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	0.44
Total											117.44	

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	33,535.06	liter 26.83 ton
Total Distance	1054.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.86E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V ₁	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.72
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	1.01
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	1.65
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.58
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.68
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	2.23
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	1.66
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	9.99
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	17.97
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	16.31
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	7.03
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	31.26
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	10.50
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	10.11

Total 111.71

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	31,897.87	liter 25.52 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.83E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V_1	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.64
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.76
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.74
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	2.06	10.28	10.57
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	10.50
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	31.26
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	7.03
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	16.21
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	17.80
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	10.04
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	1.54
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	2.18
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	1.92
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	31.73	7.17	2.16

Total 119.35

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	34,080.6	liter 27.26 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.76E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V ₁	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	0.87
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.87
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	1.41
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	0.59
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	0.70
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	45.53	5.72	2.68
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	0.88
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	45.53	5.72	2.10
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	45.53	5.72	43.36
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	45.53	5.72	25.88
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	7.03
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	30.11
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	12.31
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	11.38
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.74
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.85
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.57
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.30
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	6.93	9.77	0.45
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.33	10.47	0.26
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.14

Total 149.45

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	42,675.0	liter 34.14 ton
Total Distance	1,126.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.79E-05	ton/ton*nm

Month	7	Lwl	56	m	V_1	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.14
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.26
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	6.93	9.77	0.45
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.40
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.67
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.98
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	3.96
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	11.06
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	24.96
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	14.16	9.01	5.99
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	79.93	2.11	9.49

Total 61.35

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	17,519.9	liter 14.02 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.31E-05	ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V_1	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	3.12
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	2.67
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.33	10.53	9.11
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	2.20
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	2.00
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.58
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.82
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.27
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	6.93	9.77	0.53
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	31.73	7.17	0.11
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	31.73	7.17	0.14
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	31.73	7.17	0.24
Total											21.80	

Fuel Rate	285.5527426	Liter/hour
Total Fuel Consumed	6,225.0	liter 4.98 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.25E-05	ton/ton*nm

Month	13	Lwl	56	m	V ₁	10.5	knot
Ops		B	14.95	m		5.4012	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2306	
		GT	1678	MT	Cu	0.503	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
3.9	213	SE	135	16	102	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.43
5.2	121	SE	135	16	166	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.06	10.28	0.51
2.5	49	SE	135	16	94	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.27
7.5	65	SE	135	16	110	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	0.82
6.1	73	SE	135	11	118	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.60
6.3	82	SE	135	11	127	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	0.62
20.3	55	SE	135	11	100	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	1.99
10.7	90	SE	135	11	135	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	1.05
7.8	130	SE	135	11	175	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.33	10.53	0.74
49.2	132	SE	135	11	177	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.33	10.53	4.67
121.7	148	SE	135	11	170	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.33	10.53	11.55
74.5	96	SE	135	11	141	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	7.29
12.2	84	S	180	11	84	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	2.69	10.22	1.19
31.9	23	S	180	11	23	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	3.31
178.2	350	S	180	11	10	Head Sea	4	1	16.1956626	8.15	9.64	18.48
16.5	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	13.33	9.10	1.81
4.6	323	E	90	16	37	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	0.60
4.2	305	E	90	16	35	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	26.49	7.72	0.54
0.4	270	E	90	16	0	Head Sea	5	1	63.0439504	31.73	7.17	0.06

											Total	56.52
Fuel Rate			285.5527426	Liter/hour								
Total Fuel Consumed			16,140.5	liter	12.91	ton				30.54		
Total Distance			563.7	nm								
Energy Efficiency Operational (EEO)			4.38E-05	ton/ton*nm								

BNI CASTOR

$$\text{EEOI} = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	33,535.06	22.01%	4.86E-05	82.69	117.44
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	31,897.87	22.56%	4.83E-05	79.21	111.71	41.02%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	34,080.6	23.53%	4.76E-05	85.71	119.35	39.25%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	42,675.0	8.55%	5.79E-05	89.74	149.45	66.53%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	17,519.9	14.85%	5.32E-05	39.57	61.35	55.06%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	6,225.0	30.69%	4.25E-05	17.27	21.80	26.22%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	16,140.5	28.90%	4.38E-05	43.66	56.52	29.47%
Total	209.9	5,575.3				227,682.7	182,073.9	20.03%	4.99E-05	437.85	637.62	45.62%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 10 knot, BNI Castor

Month	1	Lwl	56	m	V_1	10 knot
Ops		B	14.95	m		5.144 m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
To :	Batam (Kabil)	Cb	0.754		Fn	0.2196
		GT	1678	MT	Cu	0.573

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
1.4	175	SE	135	16	140	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.17
2.7	141	SE	135	16	174	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	0.28
4.4	90	SE	135	16	45	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	0.63
3.1	125	SE	135	16	170	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	0.32
5.7	144	SE	135	16	171	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	0.58
34.2	188	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.03
34	170	SE	135	18	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.01
108.7	203	SE	135	14	112	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	11.21
95.6	293	SE	135	14	22	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	10.54
284.5	276	SE	135	16	39	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	40.72
64	328	SE	135	11	13	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	7.05
147.5	312	SE	135	12	3	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	16.26
195	304	SE	135	14	11	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	21.49
36.2	282	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	5.18
4.8	342	SE	135	11	27	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	0.53
15	331	SE	135	11	16	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	1.65
8.8	314	SE	135	11	1	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	0.97
4.4	360	SE	135	11	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	7.88	9.21	0.48
4.2	329	SE	135	11	14	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	0.46
										Total	126.56	

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	31,219.42	liter 24.98 ton
Total Distance	1054.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.53E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V ₁	10 knot
Ops		B	14.95	m		5.144 m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
To :	Ruby	Cb	0.754		Fn	0.2196
		GT	1678	MT	Cu	0.573

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
7.4	213	S	180	11	147	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.76
9.7	21	S	180	11	21	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	1.07
12.7	49	S	180	16	49	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	1.82
5.3	65	S	180	16	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.62
6.2	73	S	180	16	73	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.73
20.3	82	S	180	16	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	2.39
12.8	56	S	180	16	56	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	1.83
90.0	126	SE	135	24	171	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	10.73
162.0	134	SE	135	24	179	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	19.31
147.0	132	SE	135	24	177	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	17.52
64.0	148	SE	135	20	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	7.54
284.5	96	SE	135	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	33.53
95.6	82	SE	135	18	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	11.27
92.0	67	SE	135	18	112	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	10.84

Total 119.98

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	29,596.54	liter 23.68 ton
Total Distance	1,009.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.48E-05	ton/ton*nm

Month	2	Lwl	56	m	V ₁	10 knot
Ops		B	14.95	m		5.144 m/s
From :	Surabaya	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2196
		GT	1678	MT	Cu	0.573

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
5.8	144	SW	225	16	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.68
34.2	188	SW	225	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.03
34.0	170	SW	225	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.01
108.7	203	SW	225	16	158	Following Sea	5	0.07	63.0439504	2.35	9.77	11.13
95.6	263	SW	225	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	11.27
284.5	276	SW	225	16	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	33.53
64.0	328	SW	225	16	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	7.54
147.5	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	17.39
162.0	312	SW	225	16	93	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	19.09
91.4	308	SW	225	16	97	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	10.77
14.0	230	SW	225	16	175	Following Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	1.65
19.8	260	SW	225	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	2.33
17.5	247	SW	225	16	68	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	2.06
15.5	297	SW	225	16	18	Head Sea	5	1	63.0439504	36.09	6.39	2.43

Total 127.92

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	31,555.1	liter 25.24 ton
Total Distance	1,094.5	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	4.41E-05	ton/ton*nm

Month	5	Lwl	56	m	V ₁	10	knot
Ops		B	14.95	m		5.144	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2196	
		GT	1678	MT	Cu	0.573	

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
8.4	213	NE	45	15	12	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	0.93
8.9	121	NE	45	15	104	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.92
12.7	49	NE	45	22	176	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	1.51
5.3	65	NE	45	22	160	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	0.63
6.3	73	NE	45	22	152	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	0.75
15.3	82	NE	45	22	143	Beam Sea	6	0.45	201.038147	51.79	4.82	3.17
7.9	55	NE	45	22	170	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	0.94
12.0	90	NE	45	22	135	Beam Sea	6	0.45	201.038147	51.79	4.82	2.49
248.0	130	NE	45	22	95	Beam Sea	6	0.45	201.038147	51.79	4.82	51.44
148.0	132	NE	45	22	93	Beam Sea	6	0.45	201.038147	51.79	4.82	30.70
64.0	148	NE	45	20	77	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	7.54
274.0	96	NE	45	20	129	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	32.30
112.0	84	NE	45	20	141	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	13.20
117.0	23	NE	45	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	11.98
34.0	350	NE	45	16	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.01
35.0	8	NE	45	16	145	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.13
5.8	323	NE	45	15	98	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.60
3.1	305	NE	45	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.32
4.4	270	NE	45	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	7.88	9.21	0.48
2.7	32	NE	45	15	167	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	0.37	9.96	0.27
1.4	355	NE	45	15	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.14

Total 168.46

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	41,553.5	liter 33.24 ton
Total Distance	1,126.2	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.64E-05	ton/ton*nm

Month	7	Lwl	56	m	V_1	10 knot
Ops		B	14.95	m		5.144 m/s
From :	Balikpapan	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2196
		GT	1678	MT	Cu	0.573

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.4	175	SW	225	15	140	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.14
2.7	141	SW	225	15	96	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.28
4.4	90	SW	225	15	45	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	7.88	9.21	0.48
4.1	125	SW	225	15	80	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.42
6.8	144	SW	225	15	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.70
36.2	188	SW	225	20	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.27
36.0	170	SW	225	20	125	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	4.24
113.7	203	SW	225	20	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	11.64
225.0	230	SW	225	22	175	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	26.82
54.0	242	SW	225	22	163	Following Sea	6	0.14	201.038147	16.11	8.39	6.44
20.0	0	SW	225	22	45	Bow Sea	6	0.79	201.038147	90.93	0.91	22.04

Total 77.48

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	19,111.4	liter 15.29 ton
Total Distance	504.3	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	5.79E-05	ton/ton*nm

Month	12	Lwl	56	m	V ₁	10 knot
Ops		B	14.95	m		5.144 m/s
From :	Tarempa	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
To :	Singapore	Cb	0.754		Fn	0.2196
		GT	1678	MT	Cu	0.573

Dist	Course (°)	Wind			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.9	270	S	180	11	90	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	3.29
27.3	234	S	180	11	126	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	2.82
96.0	206	S	180	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.37	10.04	9.56
22.5	227	S	180	11	133	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	2.32
20.4	261	S	180	11	99	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	2.10
5.9	250	S	180	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.61
8.4	246	S	180	11	114	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.87
2.8	238	S	180	11	122	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.29
5.2	300	S	180	11	60	Bow Sea	4	0.85	16.1956626	7.88	9.21	0.56
0.8	353	S	180	16	7	Head Sea	5	1	63.0439504	36.09	6.39	0.13
1.0	354	S	180	16	6	Head Sea	5	1	63.0439504	36.09	6.39	0.16
1.7	343	S	180	16	17	Head Sea	5	1	63.0439504	36.09	6.39	0.27
Total											<u>22.97</u>	

Fuel Rate	246.6711954	Liter/hour
Total Fuel Consumed	5,666.8	liter 4.53 ton
Total Distance	223.9	nm
Energy Efficiency Operational (EEO)	3.87E-05	ton/ton*nm

Month	13	Lwl	56	m	V ₁	10	knot
Ops		B	14.95	m		5.144	m/s
From :	Singapore	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
To :	Surabaya	Cb	0.754		Fn	0.2196	
		GT	1678	MT	Cu	0.573	

Dist	Course (°)	Wind		Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	Δv/v1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
3.9	213	SE	135	16	102	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.46
5.2	121	SE	135	16	166	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.35	9.77	0.53
2.5	49	SE	135	16	94	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.29
7.5	65	SE	135	16	110	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	0.88
6.1	73	SE	135	11	118	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.63
6.3	82	SE	135	11	127	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	0.65
20.3	55	SE	135	11	100	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	2.09
10.7	90	SE	135	11	135	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	1.10
7.8	130	SE	135	11	175	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.37	10.04	0.78
49.2	132	SE	135	11	177	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.37	10.04	4.90
121.7	148	SE	135	11	170	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.37	10.04	12.13
74.5	96	SE	135	11	141	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	7.69
12.2	84	S	180	11	84	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.06	9.69	1.26
31.9	23	S	180	11	23	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	3.52
178.2	350	S	180	11	10	Head Sea	4	1	16.1956626	9.27	9.07	19.64
16.5	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	15.16	8.48	1.94
4.6	323	E	90	16	37	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	0.66
4.2	305	E	90	16	35	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	30.14	6.99	0.60
0.4	270	E	90	16	0	Head Sea	5	1	63.0439504	36.09	6.39	0.06

												Total	59.82
Fuel Rate					246.6711954	Liter/hour							
Total Fuel Consumed					14,755.8	liter	11.80	ton				32.14	
Total Distance					563.7	nm							
Energy Efficiency Operational (EEO)					4.00E-05	ton/ton*nm							

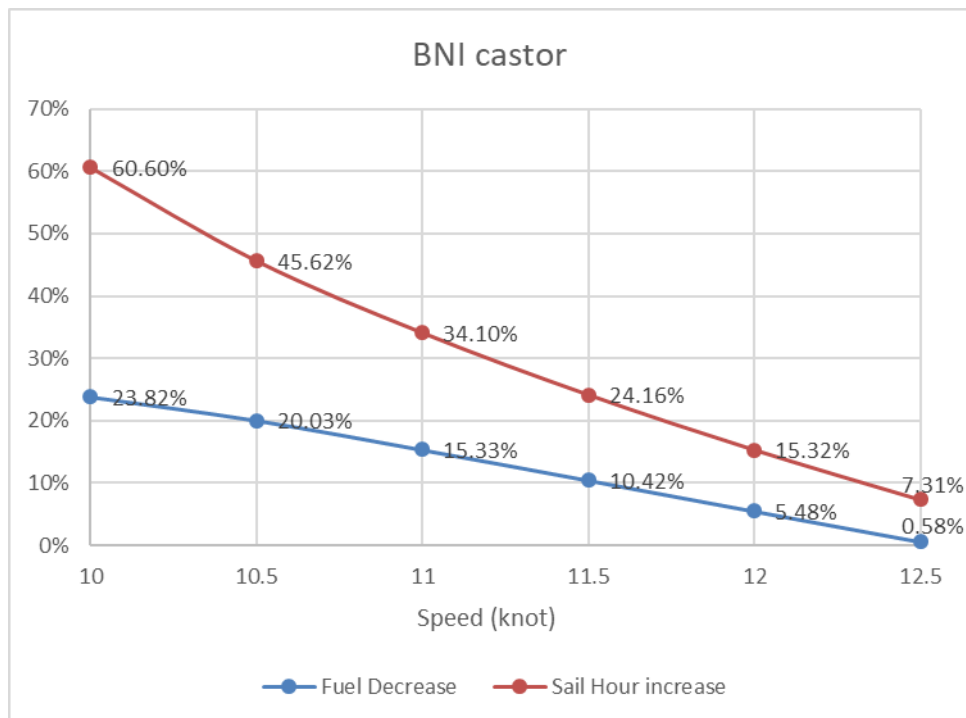
BNI CASTOR

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month operation	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed Predicted (liter)	Fuel Consumed Optimized (liter)	Fuel Decrease (%)	Optimized EEOI	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes										
	1	48,920	39.136	1,054.20	7.09E-05	6.23E-05	42,999.17	31,219.42	27.40%	4.53E-05	82.69	126.56
2	46,080	36.864	1,009.50	6.98E-05	6.24E-05	41,190.16	29,596.54	28.15%	4.48E-05	79.21	119.98	51.47%
2	51,822	41.458	1,094.50	7.24E-05	6.22E-05	44,569.51	31,555.1	29.20%	4.41E-05	85.71	127.92	49.25%
5	54,240	43.392	1,126.20	7.36E-05	6.33E-05	46,665.28	41,553.5	10.95%	5.64E-05	89.74	168.46	87.71%
7	24,005	19.204	503.30	7.29E-05	6.24E-05	20,576.03	19,111.4	7.12%	5.80E-05	39.57	77.48	95.80%
12	10,500	8.400	223.90	7.17E-05	6.13E-05	8,981.14	5,666.8	36.90%	3.87E-05	17.27	22.97	33.01%
13	26,785	21.428	563.70	7.26E-05	6.16E-05	22,701.42	14,755.8	35.00%	4.00E-05	43.66	59.82	37.02%
Total	209.9	5,575.3				227,682.7	173,458.5	23.82%	4.76E-05	437.85	703.20	60.60%

Speed	Fuel consumed decrease	Sail Hour increase
12.5	0.58%	7.31%
12	5.48%	15.32%
11.5	10.42%	24.16%
11	15.33%	34.10%
10.5	20.03%	45.62%
10	23.82%	60.60%



LAMPIRAN

Tabel Perhitungan BNI Capella

Date	19-Feb-14	Lwl	56	m	V_1	13 knot
From:	Lighter Anchorage	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Pulau Pabelokan	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.09	308	NE	45	11	83	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	0.08
17.36	327	NE	45	11	102	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	1.34
12.15	289	NE	45	11	64	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	0.94
18.50	341	NE	45	11	116	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	1.43
0.54	281	NE	45	11	56	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.9825	12.9	0.04

											Total	3.83
Fuel Rate	420			Liter/hour								
Total Fuel Consumed	1,610.00			liter	1.29	ton						
Total Distance	49.64			nm								
EEOI	4.96E-05			(ton/ton*nm)								

Date	27-Feb-14	Lwl	56	m	V_1	13	knot
From:	Pulau Pabelokan	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	Tanjung Priok	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506	

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
17.30	161	N	0	7	19	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	13.0	1.33
12.15	109	N	0	7	71	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	13.0	0.94
17.36	147	N	0	7	33	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	13.0	1.34
1.09	128	N	0	7	52	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	13.0	0.08

											Total	3.69
Fuel Rate			420	Liter/hour								
Total Fuel Consumed			1,550.51	liter		1.24	ton					
Total Distance			47.9	nm								
EEOI			4.95E-05	(ton/ton*nm)								

Date	10-Mar-14	Lwl	56	m	V_1	13	knot
From :	Lighter Anchorage	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	Banuwati oilfield	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.07	

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.10	308	N	0	12	128	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	0.08
17.40	327	N	0	12	147	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	1.34
12.20	289	N	0	12	109	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	0.94
18.50	341	N	0	12	161	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	0.0462	13.0	1.42
14.40	358	N	0	12	178	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	0.0462	13.0	1.11
14.20	10	N	0	12	170	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	0.0462	13.0	1.09
25.90	49	N	0	12	131	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	13.0	2.00

											Total	8.00
Fuel Rate			420	Liter/hour								
Total Fuel Consumed			3,358.01	liter		2.69	ton					
Total Distance			103.70	nm								
EEOI			4.95E-05	(ton/ton*nm)								

Date	19-Mar-14	Lwl	56	m	V_1	13	knot
From :	Lighter Anchorage	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	Banuwati oilfield	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.07	

Dist	Course (°)	Wind (average)		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°) direction							
1.10	308	NW	315	11	173	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.0462	13.01	0.08
17.40	327	NW	315	11	168	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.0462	13.01	1.34
12.20	289	NW	315	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.0462	13.01	0.94
18.50	341	NW	315	11	154	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.0462	13.01	1.42
14.60	358	NW	315	11	137	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.13
9.70	40	NW	315	11	95	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.75

										Total	5.66
Fuel Rate			420	Liter/hour							
Total Fuel Consumed			2,376.89	liter	1.90	ton					
Total Distance			73.50	nm							
EEOI			4.94E-05	(ton/ton*nm)							

Date	1-Apr	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	KJP 4	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	Jetty Barat	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.30	8	NE	45	11	143	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.03
0.20	26	NE	45	11	161	Following Sea	4	-0.04	16.1956626	-0.4561	9.04	0.02
0.40	15	NE	45	11	150	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.05
0.40	357	NE	45	11	132	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.05
1.40	322	NE	45	11	97	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.16
17.40	327	NE	45	11	102	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	2.01
12.20	289	NE	45	11	64	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	1.41
17.40	340	NE	45	11	115	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	2.01
0.90	332	NE	45	11	107	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.10
Total											5.84	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	4,789.68	liter 3.83 ton
Total Distance	50.60	nm
EEOI	1.45E-04	(ton/ton*nm)

Date	3-Apr	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	HYSY 937	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	KJP 4	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
6.00	173	E	90	11	97	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.69
20.40	150	E	90	11	120	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	2.36
20.00	176	E	90	11	94	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	2.31
14.40	147	E	90	11	123	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	1.66
1.10	138	E	90	11	132	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	3.7627	8.66	0.13
Total											7.15	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	5,860.28	liter 4.69 ton
Total Distance	61.90	nm
EEOI	1.45E-04	(ton/ton*nm)

Date	5-May	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	CNOOC Area	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
0.30	212	E	90	18	58	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	37.0607	5.7	0.05
8.30	286	E	90	18	16	Head Sea	5	1	63.0439504	44.3841	5.0	1.66
6.70	106	E	90	18	164	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.8850	8.7	0.77
6.00	8	E	90	18	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.82
12.60	348	E	90	18	78	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	1.72
1.60	135	E	90	18	135	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.22
17.60	171	E	90	18	99	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	2.40
0.60	169	E	90	18	101	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.08
0.90	294	E	90	18	24	Head Sea	5	1	63.0439504	44.3841	5.0	0.18
										Total	7.90	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	6,479.47	liter 5.18 ton
Total Distance	54.60	nm
EEOI	1.81E-04	(ton/ton*nm)

Date	7-May	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	CNOOC area	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	W	270	19	19	Head Sea	5	1	63.0439504	44.3841	5.0	0.08
0.50	8	W	270	19	82	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.07
19.70	324	W	270	19	126	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	2.69
8.20	72	W	270	19	18	Head Sea	5	1	63.0439504	44.3841	5.0	1.64
18.90	168	W	270	19	78	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	2.58
0.60	169	W	270	19	79	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.08
0.60	292	W	270	19	158	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.8850	8.7	0.07
Total											7.21	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	5,911.04	liter 4.73 ton
Total Distance	48.90	nm
EEOI	1.85E-04	(ton/ton*nm)

Date	5-Jul	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	KJP 4	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.90	152	SE	135	3	163	Following Sea	1	-0.535	0.50173287	0.1890	8.983	0.10
17.50	160	SE	135	3	155	Following Sea	1	-0.535	0.50173287	0.1890	8.983	1.95
12.20	109	SE	135	3	154	Following Sea	1	-0.535	0.50173287	0.1890	8.983	1.36
17.40	147	SE	135	3	168	Following Sea	1	-0.535	0.50173287	0.1890	8.983	1.94
1.10	140	SE	135	3	175	Following Sea	1	-0.535	0.50173287	0.1890	8.983	0.12
0.40	175	SE	135	3	140	Beam Sea	1	-0.3	0.50173287	0.1060	8.990	0.04
0.40	194	SE	135	3	121	Beam Sea	1	-0.3	0.50173287	0.1060	8.990	0.04
0.20	205	SE	135	3	110	Beam Sea	1	-0.3	0.50173287	0.1060	8.990	0.02
0.30	187	SE	135	3	128	Beam Sea	1	-0.3	0.50173287	0.1060	8.990	0.03
Total											5.61	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	4,600.60	liter 3.68 ton
Total Distance	50.40	nm
EEOI	1.40E-04	(ton/ton*nm)

Date	27-Jul	Lwl	56	m	V_1	13 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Central CNOOC	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.07136651

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	E	90	16	161	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.2924	8.97	0.04
0.50	8	E	90	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	0.06
19.70	324	E	90	16	54	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.7569	8.66	2.27
8.20	72	E	90	16	162	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.2924	8.97	0.91
34.70	30	E	90	16	120	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	3.93
Total											7.22	

Fuel Rate	420	Liter/hour
Total Fuel Consumed	3,032.04	liter 2.43 ton
Total Distance	63.50	nm
EEOI	7.30E-05	(ton/ton*nm)

Date	2-Aug	Lwl	56	m	V_1	13 knot
From :	NBU CNOCC	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Pabelokan port	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.07136651

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.00	204	E	90	8	66	Beam Sea	3	0.18	3.68803307	0.0474	12.99	2.39
6.00	221	E	90	8	49	Bow Sea	3	0.18	3.68803307	0.0474	12.99	0.46
3.00	294	E	90	8	24	Head Sea	3	0.18	3.68803307	0.0474	12.99	0.23
7.40	64	E	90	8	154	Following Sea	3	-0.175	3.68803307	-0.0461	13.01	0.57
21.90	187	E	90	8	83	Beam Sea	3	0.18	3.68803307	0.0474	12.99	1.69
0.50	188	E	90	8	82	Beam Sea	3	0.18	3.68803307	0.0474	12.99	0.04
0.40	292	E	90	8	22	Head Sea	3	1	3.68803307	0.2632	12.97	0.03

Total 5.40

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,268.88	liter	1.82 ton
Total Distance	70.20	nm	
EEOI	4.94E-05	(ton/ton*nm)	

Date	12-Aug	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Peblokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	South CNOOC	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	-0.07

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	SE	135	16	154	Following Sea	5	0.065	63.0439504	0.2924	8.97	0.04
5.30	290	SE	135	16	25	Head Sea	5	1	63.0439504	4.4992	8.60	0.62
3.80	283	SE	135	16	32	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.7569	8.66	0.44
7.50	98	SE	135	16	143	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	0.85
5.20	6	SE	135	16	51	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.7569	8.66	0.60
12.60	348	SE	135	16	33	Bow Sea	5	0.835	63.0439504	3.7569	8.66	1.45
2.00	97	SE	135	16	142	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	0.23
5.80	53	SE	135	16	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	0.66
21.90	187	SE	135	16	128	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	2.48
0.50	188	SE	135	16	127	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	1.8897	8.83	0.06
0.40	292	SE	135	16	23	Head Sea	5	1	63.0439504	4.4992	8.60	0.05

Total 7.47

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	3,137.82	liter	2.51 ton
Total Distance	65.40	nm	
EEOI	7.33E-05	(ton/ton*nm)	

Date	12-Sep	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	KJP 4	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.90	152	E	90	20	118	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.12
17.50	160	E	90	20	110	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	2.39
12.20	109	E	90	20	161	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.8850	8.7	1.40
17.40	147	E	90	20	123	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	2.38
1.10	140	E	90	20	130	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.15
0.40	175	E	90	20	95	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.05
0.40	194	E	90	20	76	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.05
0.20	205	E	90	20	65	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.03
0.30	187	E	90	20	83	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.04
Total											6.61	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	5,422.48	liter 4.34 ton
Total Distance	50.40	nm
EEOI	1.64E-04	(ton/ton*nm)

Date	18-Sep	Lwl	56	m	V_1	9 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		4.6296 m/s
To :	NBU CNOOC	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.198
		GT	1678	MT	Cu	0.70401802

Dist	Course (°)	Wind (average)		Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)	
		Direction	(°)	Speed	(°)							direction
0.40	109	E	90	18	161	Following Sea	5	0.065	63.0439504	2.8850	8.7	0.05
0.50	8	E	90	18	98	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	0.07
14.60	356	E	90	18	86	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	1.99
7.90	23	E	90	18	113	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	1.08
31.40	26	E	90	18	116	Beam Sea	5	0.42	63.0439504	18.6413	7.3	4.29
Total											7.48	

Fuel Rate	820	Liter/hour
Total Fuel Consumed	6,129.62	liter 4.90 ton
Total Distance	54.80	nm
EEOI	1.71E-04	(ton/ton*nm)

Date	12-Oct	Lwl	56	m	V_1	13 knot
From :	KJP - Lighter	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	HYSY 937	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.07136651

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta v/v_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.10	308	E	90	11	38	Bow Sea	4	0.79	16.1956626	0.9131	12.9	0.09
17.40	327	E	90	11	57	Bow Sea	4	0.79	16.1956626	0.9131	12.9	1.35
12.20	289	E	90	11	19	Head Sea	4	1	16.1956626	1.1558	12.8	0.95
18.50	341	E	90	11	71	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.3814	13.0	1.43
14.60	356	E	90	11	86	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.3814	13.0	1.13
9.70	40	E	90	11	130	Beam Sea	4	0.33	16.1956626	0.3814	13.0	0.75

Total 5.69

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,390.03	liter	1.91 ton
Total Distance	73.50	nm	
EEOI	4.97E-05	(ton/ton*nm)	

Date	1-Nov	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From:	KJP - Lighter	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	COSL 225	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
1.10	308	NE	45	12	83	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.08
17.40	327	NE	45	12	102	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.34
12.20	289	NE	45	12	64	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.94
18.50	341	NE	45	12	116	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.43
14.60	356	NE	45	12	131	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.13
9.00	40	NE	45	12	175	Following Sea	4	-0.04	16.19566264	-0.0462	13.01	0.69

											Total	5.62
Fuel Rate			420	Liter/hour								
Total Fuel Consumed			2,359.76	liter		1.89	ton					
Total Distance			72.80	nm								
EEOI			4.95E-05	(ton/ton*nm)								

Date	6-Nov	Lwl	56	m	V ₁	13	knot
From:	KJP 4	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	Jetty Barat	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506	

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.30	8	E	90	12	98	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.02
0.20	26	E	90	12	116	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.02
0.40	15	E	90	12	105	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.03
0.40	357	E	90	12	87	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.03
1.40	322	E	90	12	52	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.9825	12.87	0.11
17.40	327	E	90	12	57	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.9825	12.87	1.35
12.20	289	E	90	12	19	Head Sea	4	1	16.19566264	1.1558	12.85	0.95
17.40	340	E	90	12	70	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.34
0.90	332	E	90	12	62	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.07

Total 3.92

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	1,647.83	liter	1.32 ton
Total Distance	50.60	nm	
EEOI	4.98E-05	(ton/ton*nm)	

Date	4-Dec	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From :	Pabelokan	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	CBU Area	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	SW	225	18	64	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	0.03
0.50	8	SW	225	18	37	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.7569	12.5	0.04
6.30	348	SW	225	18	57	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.7569	12.5	0.50
16.60	314	SW	225	18	91	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	1.30
22.90	56	SW	225	18	11	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.4	1.84
16.90	23	SW	225	18	22	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.4	1.36
16.90	203	SW	225	18	158	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.2924	13.0	1.30
22.90	236	SW	225	18	169	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.2924	13.0	1.77
22.90	56	SW	225	18	11	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.4	1.84
5.60	210	SW	225	18	165	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.2924	13.0	0.43
17.80	244	SW	225	18	161	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.2924	13.0	1.37
23.80	62	SW	225	18	17	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.4	1.92
2.50	307	SW	225	18	98	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	0.20
17.50	203	SW	225	18	158	Following Sea	5	0.065	63.04395037	0.2924	13.0	1.35
14.60	176	SW	225	18	131	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	1.14
0.50	188	SW	225	18	143	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	0.04
0.40	292	SW	225	18	113	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.8	0.03

Total 16.48

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	6,921.97	liter	5.54 ton
Total Distance	209.00	nm	
EEOI	5.06E-05	(ton/ton*nm)	

Date	20-Dec	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From:	NBU CNOOC	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Pabelokan port	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.40	206	SW	225	10	161	Following Sea	3	-0.175	3.688033071	-0.0461	13.01	2.41
7.90	203	SW	225	10	158	Following Sea	3	-0.175	3.688033071	-0.0461	13.01	0.61
14.60	176	SW	225	10	131	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	1.12
0.50	188	SW	225	10	143	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.04
0.40	292	SW	225	10	113	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.03

Total 4.21

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	1,770.11	liter	1.42 ton
Total Distance	54.80	nm	
EEOI	4.94E-05	(ton/ton*nm)	

Date	26-Jan	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From :	KJP 4	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Jetty Barat	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.30	8	SW	225	20	37	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.7569	12.51	0.02
0.20	26	SW	225	20	19	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.42	0.02
0.40	15	SW	225	20	30	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.42	0.03
0.40	357	SW	225	20	48	Bow Sea	5	0.835	63.04395037	3.7569	12.51	0.03
1.40	322	SW	225	20	83	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.75	0.11
17.40	327	SW	225	20	78	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.75	1.36
12.20	289	SW	225	20	116	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.75	0.96
24.80	322	SW	225	20	83	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.75	1.94
9.00	107	SW	225	20	62	Beam Sea	5	0.42	63.04395037	1.8897	12.75	0.71
0.30	32	SW	225	20	13	Head Sea	5	1	63.04395037	4.4992	12.42	0.02

											Total	5.21
Fuel Rate				420	Liter/hour							
Total Fuel Consumed				2,187.81	liter		1.75		ton			
Total Distance				66.40	nm							
EEOI				5.04E-05		(ton/ton*nm)						

Date	27-Jan	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From :	Pabelokan port	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	NBU CNOOC	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	SW	225	12	64	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	0.03
0.50	8	SW	225	12	37	Bow Sea	4	0.85	16.19566264	0.9825	12.87	0.04
19.70	324	SW	225	12	81	Beam Sea	4	0.33	16.19566264	0.3814	12.95	1.52
8.20	72	SW	225	12	27	Head Sea	4	1	16.19566264	1.1558	12.85	0.64
34.70	30	SW	225	12	15	Head Sea	4	1	16.19566264	1.1558	12.85	2.70

Total 4.93

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,070.39	liter	1.66 ton
Total Distance	63.50	nm	
EEOI	4.98E-05	(ton/ton*nm)	

Date	4-Feb	Lwl	56	m	V ₁	13	knot
From:	KJP 4	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	NBU Cnooc	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506	

Dist	Course (°)	Wind (average)		Encounter Angle			BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.30	8	SW	225	8	37	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.02
0.20	26	SW	225	8	19	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	0.02
0.40	15	SW	225	8	30	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	0.03
0.40	357	SW	225	8	48	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.03
1.40	322	SW	225	8	83	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.11
17.40	327	SW	225	8	78	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	1.34
12.20	289	SW	225	8	116	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.94
18.20	338	SW	225	8	67	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	1.40
14.60	356	SW	225	8	49	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	1.13
7.90	23	SW	225	8	22	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	0.61
31.40	26	SW	225	8	19	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	2.42

Total 8.04

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	3,378.17	liter	2.70 ton
Total Distance	104.40	nm	
EEOI	4.95E-05	(ton/ton*nm)	

Date	28-Feb	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From:	NBU Cnooc	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	Pabelokan	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
31.40	206	NW	315	10	71	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	2.42
7.90	203	NW	315	10	68	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.61
14.60	176	NW	315	10	41	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	1.13
0.50	188	NW	315	10	53	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.04
0.40	292	NW	315	10	157	Following Sea	3	-0.175	3.688033071	-0.0461	13.01	0.03

											Total	4.22
Fuel Rate			420	Liter/hour								
Total Fuel Consumed			1,772.13	liter		1.42 ton						
Total Distance			54.80	nm								
EEOI			4.94E-05	(ton/ton*nm)								

Date	3-Mar	Lwl	56	m	V ₁	13	knot
From:	Pabelokan	B	14.95	m		6.6872	m/s
To :	SBU	T	4.95	m	Displ.	3124.68	m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285	
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506	

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	109	NW	315	10	28	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	0.03
0.50	8	NW	315	10	127	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.04
19.70	324	NW	315	10	171	Following Sea	3	-0.175	3.688033071	-0.0461	13.01	1.51
9.30	69	NW	315	10	66	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.72
6.97	93	NW	315	10	42	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.54
5.63	355	NW	315	10	140	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.43
8.16	225	NW	315	10	90	Beam Sea	3	0.18	3.688033071	0.0474	12.99	0.63
8.68	100	NW	315	10	35	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.67
0.51	187	NW	315	10	52	Bow Sea	3	0.835	3.688033071	0.2198	12.97	0.04
0.79	125	NW	315	10	10	Head Sea	3	1	3.688033071	0.2632	12.97	0.06

Total 4.67

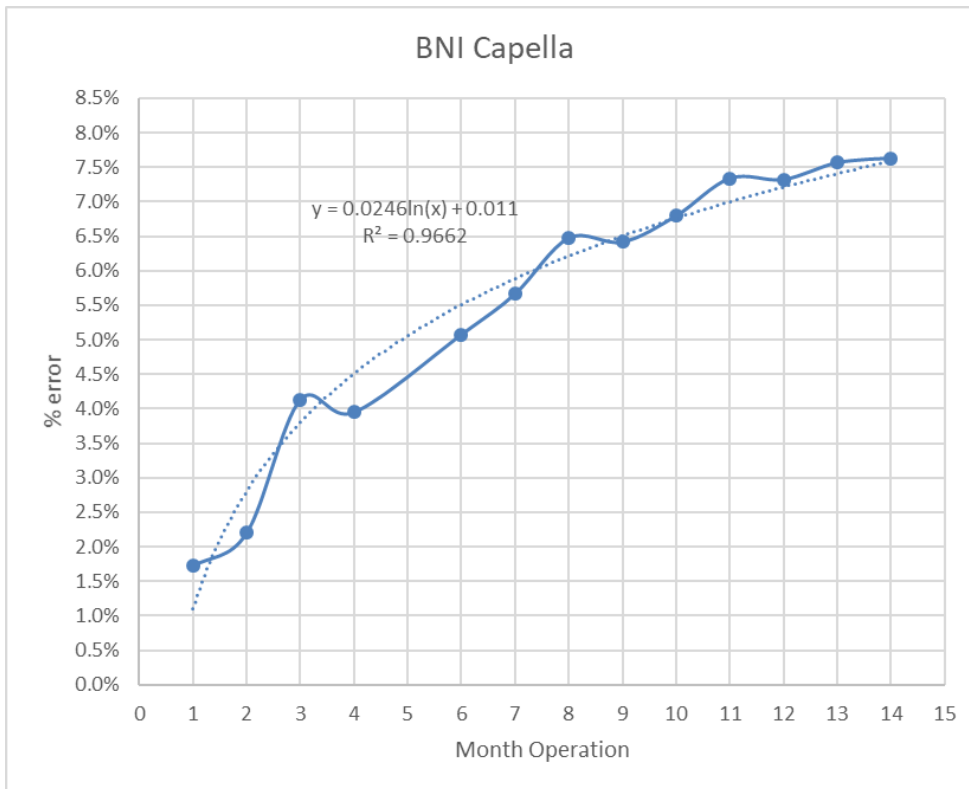
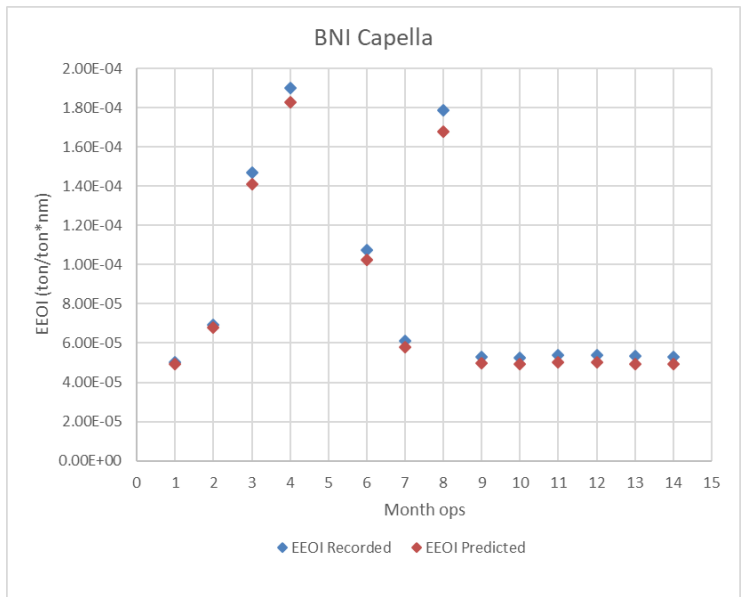
Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	1,960.46	liter	1.57 ton
Total Distance	60.64	nm	
EEOI	4.94E-05	(ton/ton*nm)	

Date	25-Mar	Lwl	56	m	V ₁	13 knot
From:	KJP 4	B	14.95	m		6.6872 m/s
To :	NBU Cnooc	T	4.95	m	Displ.	3124.68 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.285
		GT	1678	MT	Cu	0.071366506

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.30	8	NW	315	6	127	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	0.02
0.20	26	NW	315	6	109	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	0.02
0.40	15	NW	315	6	120	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	0.03
0.40	357	NW	315	6	138	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	0.03
1.40	322	NW	315	6	173	Following Sea	2	-0.34	1.156841396	-0.0281	13.00	0.11
17.40	327	NW	315	6	168	Following Sea	2	-0.34	1.156841396	-0.0281	13.00	1.34
12.20	289	NW	315	6	154	Following Sea	2	-0.34	1.156841396	-0.0281	13.00	0.94
18.20	338	NW	315	6	157	Following Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	1.40
14.60	356	NW	315	6	139	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	1.12
7.90	23	NW	315	6	112	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	0.61
31.40	26	NW	315	6	109	Beam Sea	2	-0.03	1.156841396	-0.0025	13.00	2.42
Total											8.03	

Fuel Rate	420	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	3,372.58	liter	2.70 ton
Total Distance	104.40	nm	
EEOI	4.94E-05	(ton/ton*nm)	

Month Ops	EEOI Recorded	EEOI Predicted	% error
1	5.04E-05	4.95E-05	1.72%
2	6.95E-05	6.79E-05	2.20%
3	1.47E-04	1.41E-04	4.13%
4	1.90E-04	1.83E-04	3.95%
6	1.08E-04	1.02E-04	5.08%
7	6.13E-05	5.80E-05	5.67%
8	1.79E-04	1.68E-04	6.47%
9	5.30E-05	4.98E-05	6.42%
10	5.27E-05	4.94E-05	6.80%
11	5.41E-05	5.04E-05	7.34%
12	5.38E-05	5.01E-05	7.32%
13	5.32E-05	4.94E-05	7.57%
14	5.32E-05	4.94E-05	7.63%



Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 12.5 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA

Speed 12.5 knot

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel

Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour		% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Consumed Predicted	Consumed Optimized			for Predicted EEOI	for Optimized EEOI	
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	3107.694	4.87E-05	1.67%	7.53	7.86	4.44%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	18,791.37	6.75E-05	0.65%	36.46	37.85	3.82%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	7,148.86	5.87E-05	-1.26%	16.81	17.59	4.67%
9	4,300	3.44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	4001.2968	4.93E-05	0.97%	9.62	10.12	5.18%
10	4,280	3.424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	3953.7775	4.87E-05	1.34%	9.54	10.00	4.79%
11	9,330	7,464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	8773.4353	5.08E-05	-0.94%	20.70	22.19	7.21%
12	4,570	3,656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	4259.2672	5.01E-05	-0.03%	10.14	10.77	6.24%
13	5,540	4,432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	5052.7416	4.85E-05	1.89%	12.26	12.78	4.20%
14	5,740	4,592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	5223.3306	4.84E-05	2.06%	12.70	13.21	4.03%
Total						60,617.06	60,311.78		0.50%	135.75	142.37	4.88%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 12.0 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA												
Speed		12 knot										
CO ² Conversion =		3.206 t-CO ² /T-fuel										
Gross Tonnage (GT)		1678 MT										
Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour for		% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Predicted	Optimized			Predicted EEOI	Optimized EEOI	
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	2875.0825	4.51E-05	9.03%	7.53	8.22	9.21%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	18,004.71	6.47E-05	4.81%	36.46	39.36	7.96%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	7,011.18	5.76E-05	0.69%	16.81	18.42	9.55%
9	4,300	3.44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	3726.1438	4.59E-05	7.78%	9.62	10.65	10.70%
10	4,280	3.424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	3669.2248	4.52E-05	8.44%	9.54	10.49	9.91%
11	9,330	7,464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	8334.4239	4.83E-05	4.11%	20.70	23.82	15.11%
12	4,570	3,656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	4004.5411	4.71E-05	5.96%	10.14	11.45	12.90%
13	5,540	4,432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	4664.8203	4.48E-05	9.43%	12.26	13.33	8.73%
14	5,740	4,592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	4814.9924	4.46E-05	9.71%	12.70	13.76	8.39%
Total						60,617.06	57,105.13		5.79%	135.75	149.50	10.13%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 11.5 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA

Speed 11.5 knot

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel

Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour for Predicted EEOI	Sail hour for Optimized EEOI	% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Predicted	Optimized					
						(liter)	(liter)					
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	2649.8432	4.15E-05	16.16%	7.53	8.61	14.36%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	17,237.51	6.19E-05	8.87%	36.46	41.01	12.47%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	6,879.80	5.65E-05	2.55%	16.81	19.28	14.68%
9	4,300	3,44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	3455.2827	4.26E-05	14.49%	9.62	11.22	16.64%
10	4,280	3,424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	3391.6188	4.18E-05	15.37%	9.54	11.01	15.43%
11	9,330	7,464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	7890.304	4.57E-05	9.22%	20.70	25.62	23.82%
12	4,570	3,656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	3747.6079	4.41E-05	11.99%	10.14	12.17	20.04%
13	5,540	4,432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	4291.1281	4.12E-05	16.68%	12.26	13.94	13.65%
14	5,740	4,592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	4423.0952	4.10E-05	17.06%	12.70	14.36	13.13%
Total						60,617.06	53,966.19		10.97%	135.75	157.22	15.82%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 11.0 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA

Speed 11 knot

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel

Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour		% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Consumed Predicted	Consumed Optimized			for Predicted EEOI	for Optimized EEOI	
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	2432.3985	3.81E-05	23.04%	7.53	9.03	19.95%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	16,491.46	5.92E-05	12.81%	36.46	42.80	17.40%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	6,756.33	5.55E-05	4.30%	16.81	20.19	20.10%
9	4,300	3,44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	3189.9873	3.93E-05	21.05%	9.62	11.84	23.04%
10	4,280	3,424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	3121.8385	3.85E-05	22.10%	9.54	11.58	21.41%
11	9,330	7,464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	7443.4508	4.31E-05	14.37%	20.70	27.62	33.47%
12	4,570	3,656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	3490.4873	4.11E-05	18.03%	10.14	12.95	27.76%
13	5,540	4,432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	3931.9905	3.78E-05	23.66%	12.26	14.59	18.99%
14	5,740	4,592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	4047.6841	3.75E-05	24.10%	12.70	15.02	18.29%
Total						60,617.06	50,905.63		16.02%	135.75	165.63	22.01%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 10.5 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA

Speed 10.5 knot

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel

Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour		% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Predicted	Optimized			for Predicted EEOI	for Optimized EEOI	
						(liter)	(liter)					
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	2,223.12	3.48E-05	29.66%	7.53	9.49	26.05%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	15,768.35	5.66E-05	16.63%	36.46	44.78	22.82%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	6,642.89	5.46E-05	5.91%	16.81	21.16	25.88%
9	4,300	3.44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	2,931.41	3.61E-05	27.45%	9.62	12.51	30.01%
10	4,280	3.424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	2,860.67	3.52E-05	28.62%	9.54	12.21	27.92%
11	9,330	7.464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	6,996.75	4.05E-05	19.50%	20.70	29.85	44.25%
12	4,570	3.656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	3,235.11	3.81E-05	24.03%	10.14	13.80	36.14%
13	5,540	4.432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	3,587.69	3.44E-05	30.34%	12.26	15.31	24.83%
14	5,740	4.592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	3,688.80	3.42E-05	30.83%	12.70	15.74	23.95%
Total						60,617.06	47,934.79		20.92%	135.75	174.84	28.79%

Tabel prosentase penurunan konsumsi bahan bakar pada kecepatan 10.0 knot, BNI Capella

BNI CAPELLA

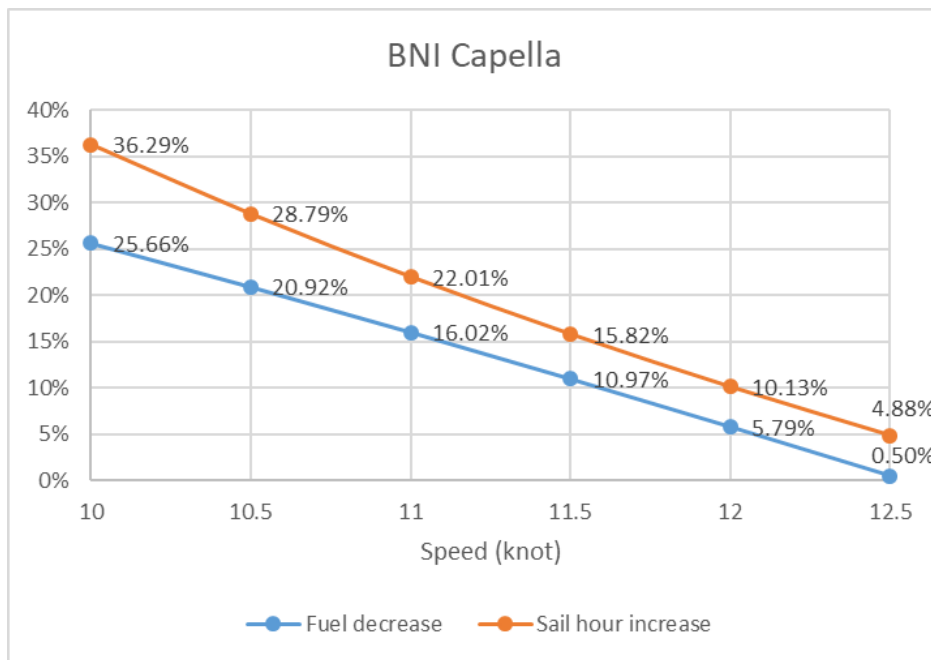
Speed 10 knot

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel

Gross Tonnage (GT) 1678 MT

Month ops	Fuel Consumption (Actual)		Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted EEOI	Fuel Consumed		Optimized EEOI	Fuel Decrease (%)	Sail hour		% Sail hour
	Ltrs	tonnes				Predicted	Optimized			for Predicted EEOI	for Optimized EEOI	
						(liter)	(liter)					
1	3,215	2,572	97.54	5.04E-05	4.95E-05	3,160.51	2,022.32	3.17E-05	36.01%	7.53	9.99	32.74%
2	19,340	15,472	425.60	6.95E-05	6.79E-05	18,914.72	15,069.98	5.41E-05	20.33%	36.46	46.97	28.83%
7	7,460	5,968	186.00	6.13E-05	5.80E-05	7,059.93	6,542.13	5.38E-05	7.33%	16.81	22.20	32.09%
9	4,300	3,44	124.10	5.30E-05	4.98E-05	4,040.68	2,680.58	3.30E-05	33.66%	9.62	13.24	37.62%
10	4,280	3,424	124.10	5.27E-05	4.94E-05	4,007.59	2,608.81	3.21E-05	34.90%	9.54	12.89	35.04%
11	9,330	7,464	263.80	5.41E-05	5.04E-05	8,692.08	6,553.56	3.80E-05	24.60%	20.70	32.37	56.41%
12	4,570	3,656	129.90	5.38E-05	5.01E-05	4,258.20	2,983.28	3.51E-05	29.94%	10.14	14.73	45.34%
13	5,540	4,432	159.20	5.32E-05	4.94E-05	5,150.30	3,258.47	3.13E-05	36.73%	12.26	16.09	31.25%
14	5,740	4,592	165.04	5.32E-05	4.94E-05	5,333.04	3,346.47	3.10E-05	37.25%	12.70	16.53	30.17%
Total						60,617.06	45,065.61		25.66%	135.75	185.01	36.29%

Speed	Fuel consumed decrease	Sail Hour increase
12.5	0.50%	4.88%
12	5.79%	10.13%
11.5	10.97%	15.82%
11	16.02%	22.01%
10.5	20.92%	28.79%
10	25.66%	36.29%



LAMPIRAN

Tabel Perhitungan BNI Tropic Orion

Date	6-Jan	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	35	W	270	20	55	Bow Sea	5	0.835	79.5725	37.2224	6.28	0.06
0.40	24	W	270	20	66	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	0.05
0.50	346	W	270	20	104	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	0.06
1.80	312	W	270	20	138	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	0.22
7.80	333	W	270	20	117	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	0.96
9.4	318	W	270	20	132	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	1.16
12.9	290	W	270	20	160	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.8976	9.71	1.33
18.1	342	W	270	20	108	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.7226	8.13	2.23
Total											6.07	

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,912.43	liter	2.33 ton
Total Distance	51.3	nm	
EEOI	1.52E-04	(ton/ton*nm)	

Date	28-May	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.40	35	NW	315	20	100	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.72	8.13	0.05
0.40	24	NW	315	20	111	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.72	8.13	0.05
0.50	346	NW	315	20	149	Beam Sea	5	0.42	79.5725	18.72	8.13	0.06
1.80	312	NW	315	20	177	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.90	9.71	0.19
7.80	333	NW	315	20	162	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.90	9.71	0.80
9.4	318	NW	315	20	177	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.90	9.71	0.97
12.9	290	NW	315	20	155	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.90	9.71	1.33
18.1	342	NW	315	20	153	Following Sea	5	0.065	79.5725	2.90	9.71	1.86

											Total	5.31
Fuel Rate	480			Liter/hour								
Total Fuel Consumed	2,548.39			liter		2.04		ton				
Total Distance	51.3			nm								
EEOI	1.33E-04			(ton/ton*nm)								

Date	27-Jun	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From:	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.31	35	NE	45	12	170	Following Sea	4	-0.04	20.0711	-0.4498	10.04	0.03
0.46	24	NE	45	12	159	Following Sea	4	-0.04	20.0711	-0.4498	10.04	0.05
2.32	346	NE	45	12	121	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	0.24
7.59	312	NE	45	12	87	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	0.79
7.58	333	NE	45	12	108	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	0.79
9.25	318	NE	45	12	93	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	0.96
13.13	290	NE	45	12	65	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	1.36
17.41	342	NE	45	12	117	Beam Sea	4	0.33	20.0711	3.7106	9.63	1.81

Total 6.03

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,892.19	liter	2.31 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.34E-04	(ton/ton*nm)	

Date	9-Jul	Lwl	55	m	V_1	10 knot
From :	Pabelokan	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	KJ4	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C_β	C_{form}	$\Delta V/V_1$ 100%	V_2 (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
17.41	163	N	0	8	17	Head Sea	3	1	4.2854	2.401	9.76	1.78
13.13	109	N	0	8	71	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	1.32
9.25	144	N	0	8	36	Bow Sea	3	0.835	4.2854	2.005	9.80	0.94
7.58	150	N	0	8	30	Head Sea	3	1	4.2854	2.401	9.76	0.78
7.59	138	N	0	8	42	Bow Sea	3	0.835	4.2854	2.005	9.80	0.77
2.32	174	N	0	8	6	Head Sea	3	1	4.2854	2.401	9.76	0.24
0.46	194	N	0	8	14	Head Sea	3	1	4.2854	2.401	9.76	0.05
0.31	342	N	0	8	162	Following Sea	3	-0.175	4.2854	-0.420	10.04	0.03

Total 5.91

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,838.40	liter	2.27 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.31E-04	(ton/ton*nm)	

Date	14-Aug	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.31	35	W	270	10	55	Bow Sea	3	0.835	4.2854	2.005	9.80	0.03
0.46	24	W	270	10	66	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	0.05
2.32	346	W	270	10	104	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	0.23
7.59	312	W	270	10	138	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	0.76
7.58	333	W	270	10	117	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	0.76
9.25	318	W	270	10	132	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	0.93
13.13	290	W	270	10	160	Following Sea	3	-0.175	4.2854	-0.420	10.04	1.31
17.41	342	W	270	10	108	Beam Sea	3	0.18	4.2854	0.432	9.96	1.75

Total 5.82

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,793.36	liter	2.23 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.29E-04	(ton/ton*nm)	

Date	26-Sep	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	Pabelokan	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	KJ4	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
17.41	163	N	0	3	17	Head Sea	1	1	0.502206	0.2813	9.97	1.75
13.13	109	N	0	3	71	Beam Sea	1	-0.3	0.502206	-0.0844	10.01	1.31
9.25	144	N	0	3	36	Bow Sea	1	0.715	0.502206	0.2012	9.98	0.93
7.58	150	N	0	3	30	Head Sea	1	1	0.502206	0.2813	9.97	0.76
7.59	138	N	0	3	42	Bow Sea	1	0.715	0.502206	0.2012	9.98	0.76
2.32	174	N	0	3	6	Head Sea	1	1	0.502206	0.2813	9.97	0.23
0.46	194	N	0	3	14	Head Sea	1	1	0.502206	0.2813	9.97	0.05
0.31	342	N	0	3	162	Following Sea	1	-0.535	0.502206	-0.1505	10.02	0.03

Total 5.82

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,791.24	liter	2.23 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.29E-04	(ton/ton*nm)	

Date	29-Oct	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	Pabelokan	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	KJ4	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
17.41	163	E	90	14	107	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	1.81
13.13	109	E	90	14	161	Following Sea	4	-0.04	20.07110	-0.4498	10.04	1.31
9.25	144	E	90	14	126	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.96
7.58	150	E	90	14	120	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.79
7.59	138	E	90	14	132	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.79
2.32	174	E	90	14	96	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.24
0.46	194	E	90	14	76	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.05
0.31	342	E	90	14	72	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.7106	9.63	0.03

Total 5.97

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,866.67	liter	2.29 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.32E-04	(ton/ton*nm)	

Date	24-Nov	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.31	35	SE	135	10	80	Beam Sea	3	0.18	4.28537	0.432	9.96	0.03
0.46	24	SE	135	10	69	Beam Sea	3	0.18	4.28537	0.432	9.96	0.05
2.32	346	SE	135	10	31	Bow Sea	3	0.835	4.28537	2.005	9.80	0.24
7.59	312	SE	135	10	3	Head Sea	3	1	4.28537	2.401	9.76	0.78
7.58	333	SE	135	10	18	Head Sea	3	1	4.28537	2.401	9.76	0.78
9.25	318	SE	135	10	3	Head Sea	3	1	4.28537	2.401	9.76	0.95
13.13	290	SE	135	10	25	Head Sea	3	1	4.28537	2.401	9.76	1.35
17.41	342	SE	135	10	27	Head Sea	3	1	4.28537	2.401	9.76	1.78

Total 5.95

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,853.73	liter	2.28 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.32E-04	(ton/ton*nm)	

Date	26-Dec	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From :	Pabelokan	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	KJ4	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
17.41	163	E	90	12	107	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	1.81
13.13	109	E	90	12	161	Following Sea	4	-0.04	20.07110	-0.450	10.04	1.31
9.25	144	E	90	12	126	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.96
7.58	150	E	90	12	120	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.79
7.59	138	E	90	12	132	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.79
2.32	174	E	90	12	96	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.24
0.46	194	E	90	12	76	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.05
0.31	342	E	90	12	72	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.03

Total 5.97

Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,866.67	liter	2.29 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.32E-04	(ton/ton*nm)	

Date	1-May-14	Lwl	55	m	V ₁	10 knot
From:	KJ4	B	12.2	m		5.144 m/s
To :	Pabelokan	T	4.3	m	Displ.	2175.52 m ³
		Cb	0.754		Fn	0.222
		GT	957	MT	Cu	0.560214625

Dist	Course (°)	Wind (average)			Encounter Angle		BN	C _β	C _{form}	ΔV/V1 100%	V ₂ (knot)	Time (h)
		Direction	(°)	Speed	(°)	direction						
0.31	35	SW	225	15	10	Head Sea	4	1	20.07110	11.244	8.88	0.03
0.46	24	SW	225	15	21	Head Sea	4	1	20.07110	11.244	8.88	0.05
2.32	346	SW	225	15	59	Bow Sea	4	0.85	20.07110	9.558	9.04	0.26
7.59	312	SW	225	15	93	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.79
7.58	333	SW	225	15	72	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.79
9.25	318	SW	225	15	87	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	0.96
13.13	290	SW	225	15	115	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	1.36
17.41	342	SW	225	15	63	Beam Sea	4	0.33	20.07110	3.711	9.63	1.81

Total 6.05

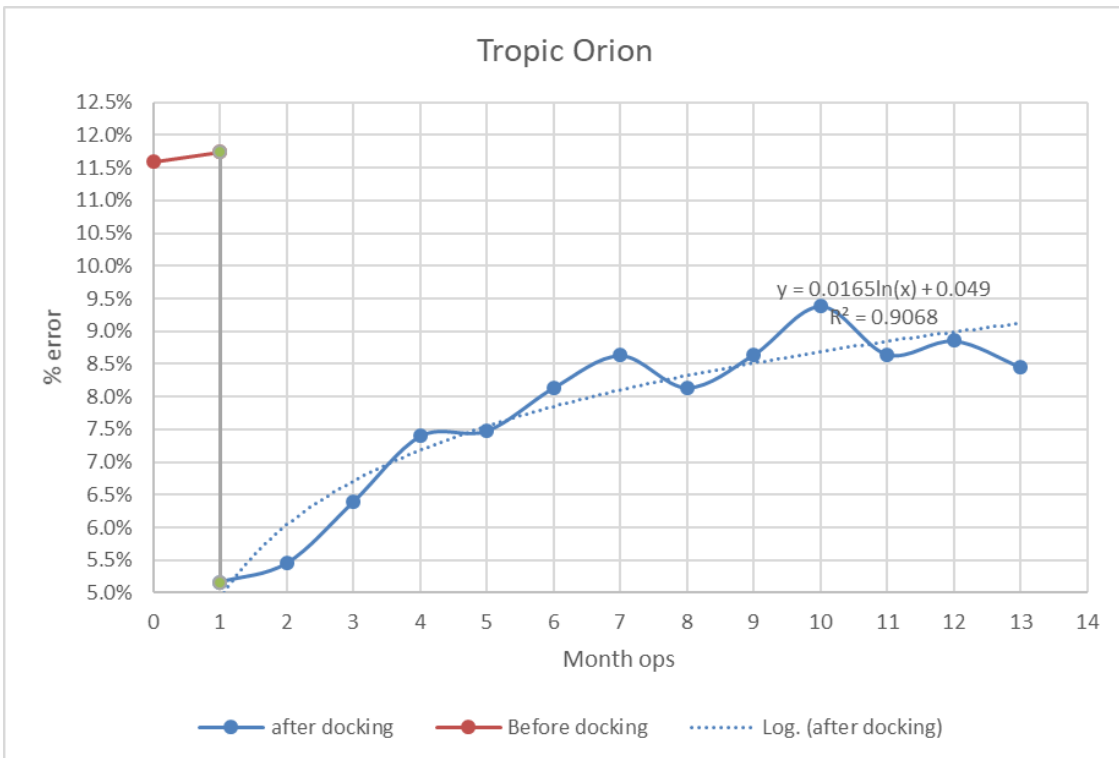
Fuel Rate	480	Liter/hour	
Total Fuel Consumed	2,904.51	liter	2.32 ton
Total Distance	58.05	nm	
EEOI	1.34E-04	(ton/ton*nm)	

Tropic Orion

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumption (tonnes)} \times \text{fuel to CO}^2 \text{ Conversion factor}}{\text{mass of cargo carried (tonnes)} \times \text{distance moved (nautical miles)}}$$

CO² Conversion = 3.206 t-CO²/T-fuel
 Gross Tonnage (GT) 957 MT

Month ops	Date	Fuel Consumption		From	To	Distance (NM)	Actual EEOI	Predicted Fuel Consumption (tonnes)	Predicted EEOI	Error (%)
		Ltrs	tonnes							
		0	6-Jan							
1	21-Feb	4,930	3.94	Pabelokan	KJ4	51.30	2.58E-04	3.53	2.30E-04	11.740%
Docking										
1	28-May	2,680	2.14	KJ4	Pabelokan	51.3	1.40E-04	2.04	1.33E-04	5.164%
2	27-Jun	3,050	2.44	KJ4	Pabelokan	58.05	1.41E-04	2.31	1.34E-04	5.457%
3	9-Jul	3,020	2.42	Pabelokan	KJ4	58.05	1.39E-04	2.27	1.31E-04	6.398%
4	14-Aug	3,000	2.40	KJ4	Pabelokan	58.05	1.39E-04	2.23	1.29E-04	7.398%
5	26-Sep	3,000	2.40	Pabelokan	KJ4	58.05	1.39E-04	2.23	1.29E-04	7.479%
6	29-Oct	3,100	2.48	Pabelokan	KJ4	58.05	1.43E-04	2.29	1.32E-04	8.140%
7	24-Nov	3,100	2.48	KJ4	Pabelokan	58.05	1.43E-04	2.28	1.32E-04	8.630%
8	26-Dec	3,100	2.48	Pabelokan	KJ4	58.05	1.43E-04	2.29	1.32E-04	8.140%
9	30-Jan	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.647%
10	23-Feb	3,750	3.00	Pabelokan	KJ4	58.05	1.73E-04	2.74	1.58E-04	9.385%
11	13-Mar	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.647%
12	28-Apr	3,150	2.52	Pabelokan	KJ4	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.854%
13	1-May	3,150	2.52	KJ4	Pabelokan	58.05	1.45E-04	2.32	1.34E-04	8.452%



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Syafiuddin, lahir di Surabaya 13 Oktober 1987 dan bertempat tinggal di pulau Madura, tepatnya di Desa Labang, Bangkalan. Penulis merupakan lulusan S1 Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2010 dan meneruskan untuk mencari pengalaman kerja sebelum meneruskan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi.

Penulis telah menempuh karir di bidang power plant di PT. YTL Jawa Timur serta berkarir di PT. Bahtera Niaga Internasional sebagai Quality, Health, Safety and Environment (QHSE). Selama berkarir, penulis telah mengikuti beberapa pelatihan terkait pekerjaan yang ditekuni serta pelatihan terkait ISO 9001-2008 tentang Quality Manajement System. Serta menekuni bidang Ship Security dan bidang energi selama mengemban tanggung jawab pekerjaan.

Melanjutkan pendidikan ke jenjang Magister di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, penulis juga aktif dalam beberapa projek bersama dengan tim dosen di Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Beberapa projek yang telah dikerjakan adalah *basic design* Pembangkit listrik tenaga arus laut, pengabdian masyarakat di pulau Kambing, Kabupaten Sampang di Pulau Madura, studi kelayakan penyeberangan di Pulau Masalembu, projek pengembangan pelabuhan khusus bersama PLN Batam, serta studi kelayakan pada lintas penyeberangan bekerjasama dengan PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero).

Dalam bidang akademik, penulis mengambil bidang *Marine Power Plant* sebagai bidang khusus penelitian selama kuliah magister. Ketertarikan penulis pada bidang energi telah lama diminati, sehingga pada penelitian kali ini, penulis mengambil tema tentang energi di kapal bekerja sama dengan PT. Bahtera Niaga Internasional, guna menghasilkan penggunaan bahan bakar yang optimal.

Penulis menyadari dalam penelitian ini masih banyak kekurangan serta masing banyak yang perlu dikembangkan, oleh karena itu penulis berharap adanya kritik, saran, serta sharing knowledge dari pihak-pihak terkait guna mengembangkan penelitian sejenis. Melalui emai syafiuddinsodikin@gmail.com pembaca diharapkan dapat berkomunikasi lebih lanjut dengan penulis.