



TUGAS AKHIR - MN091482

**MODEL PERHITUNGAN JEJAK KARBON INDUSTRI
PELAYARAN
STUDI KASUS : JALUR PELAYARAN SELAT MADURA**

DANANG RISTU NUGROHO
NRP. 4107 100 104

Dr.-Ing. Setyo Nugroho

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Program Studi Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



FINAL PROJECT - MN091482

**CALCULATION MODEL OF CARBON FOOTPRINT OF
SHIPPING INDUSTRY
CASE STUDY: SHIPPING ROUTE OF MADURA STRAITS**

DANANG RISTU NUGROHO
NRP. 4107 100 104

Dr.-Ing. Setyo Nugroho

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL PERHITUNGAN JEJAK KARBON INDUSTRI PELAYARAN STUDI KASUS : JALUR PELAYARAN SELAT MADURA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Transportasi Laut
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DANANG RISTU NUGROHO
NRP. 4107 100 104

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Dr.-Ing. Setyo Nugroho

NIP. 19651020 199601 1 001

SURABAYA, 22 JANUARI 2015

MODEL PERHITUNGAN IMPLIKASI JEJAK KARBON INDUSTRI PELAYARAN STUDI KASUS : JALUR PELAYARAN SELAT MADURA

Nama Mahasiswa : DANANG RISTU NUGROHO
NRP : 4107 100 104
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr.-Ing Setyo Nugroho

ABSTRAK

Tugas Akhir ini membuat model perhitungan jejak karbon dan implikasinya dalam industri pelayaran, dibuat untuk menganalisa variabel yang berpengaruh pada pencemaran karbon dioksida di Selat Madura serta opsi reduksinya. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh semakin tingginya tingkat pencemaran karbon dioksida yang berakibat pada dampak lingkungan yang serius seperti efek rumah kaca, pemanasan global, kenaikan permukaan air laut, kesehatan dan perubahan iklim.

Berdasarkan penelitian dari *IMO Second GHG Study*, industri pelayaran menyumbang 3,3% dari total emisi CO₂ di dunia, atau lebih dari 12% emisi CO₂ di sektor transportasi. Pelayaran domestik menyumbang 0,6% sedangkan pelayaran internasional menyumbang 2,7%. Selat Madura merupakan salah satu pusat pergerakan kapal yang sangat ramai mencapai 15.000 unit kapal per tahun yang masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak sebagai pelabuhan primer kedua di Indonesia. Perhitungan karbon dioksida menggunakan metode *Actiity-based calculation*, yaitu dengan menghitung emisi dari konsumsi bahan bakar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proyeksi jumlah kunjungan kapal semakin menurun dari 15.074 unit pada tahun 2009 hingga pada tahun 2023 mencapai 13.060 unit. Namun *Gross Tonnage* setiap kapal meningkat, sehingga dapat dikatakan bahwa ukuran kapal semakin besar dari tahun ke tahun. Sebanding dengan peningkatan ukuran kapal-kapal yang datang, maka jumlah emisi karbondioksida juga semakin tinggi dengan prosentase kenaikan pada tahun 2023 mencapai 7.698 ton atau sekitar 34% dari jumlah emisi tahun 2009. Penerapan kebijakan akan reduksi karbondioksida perlu dilakukan untuk menjaga kestabilan suhu bumi dan langkah mitigasi perubahan iklim. Pemilihan opsi untuk reduksi harus berbiaya murah dan efisien sehingga memberikan manfaat dari segi operasional maupun lingkungan. Dengan tujuan akhir adalah pembangunan yang berkelanjutan (*Sustainable Development*) maka dipilih Skema Karbon Nusantara sebagai opsi reduksi pencemaran.

Kata kunci: Emisi karbon dioksida industri pelayaran, *IMO Second GHG Study*, *Sustainable Development*, Skema Karbon Nusantara

CALCULATION MODEL OF CARBON FOOTPRINT OF SHIPPING INDUSTRY CASE STUDY: SHIPPING ROUTE OF MADURA STRAITS

Author : DANANG RISTU NUGROHO
ID No. : 4107 100 104
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : Dr.-Ing Setyo Nugroho

ABSTRACT

This Final Project makes carbon footprint calculation model and its implications in the shipping industry, was created to analyze the variables that affect the carbon dioxide pollution in the Madura Strait and reduction options. This research is motivated by the increasing levels of carbon dioxide pollution that resulted in serious environmental impacts such as greenhouse effect, global warming, rising sea levels, human health, and climate change.

Based on the research of the Second IMO GHG Study, the shipping industry accounted for 3.3% of total CO₂ emissions in the world, or more than 12% of CO₂ emissions in the transport sector. Domestic shipping accounted for 0.6%, while international shipping accounted for 2.7%. Madura Strait is one of the central movement of the ship, very crowded reach 15,000 units per year of ships that enter the Port of Tanjung Perak as the primary port in Indonesia. Calculation of carbon dioxide using Activity-based calculation method, by calculating emissions from fuel consumption.

The results showed that the projected number of ship visits decreased from 15.074 units in the year 2009 to the year 2025 reached 13.060 units. But Gross Tonnage per ship increased, so that it can be said that the larger vessel size from year to year. Proportional to the increase in the size of ships that come, then the amount of carbon dioxide emissions are also higher with the percentage increase in 2025 reached 7.698 tons, or approximately 34% of total emissions in 2009. The implementation of the policy will be the reduction of carbon dioxide needs to be done to maintain a stable temperature of the earth. Selection options for the reduction should be low cost and efficient so as to provide for the ship's operational and environmental benefits. With the ultimate goal is sustainable development, the chosen Skema Karbon Nusantara as the option of reducing emissions.

Keywords: Shipping emissions of carbon dioxide, the Second IMO GHG Study, Sustainable Development, Skema Karbon Nusantara

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Dr.-Ing. Setyo Nugroho selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Wali atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini; terimakasih atas kesabaran dan penuh simpatik selalu memotivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tri Achmadi, P.hd., Bapak Firmanto Hadi ST, M.Sc serta Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Jauhari Alafi , Ibu Ni Luh , Bapak Eka, Bapak Erik Sugianto, Bapak Irwan, Bapak Hasan dan seluruh elemen program studi transportasi laut yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dengan sangat sabar.
4. Seluruh pengurus dan staf Laboratorium Telematika Transportasi Laut Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

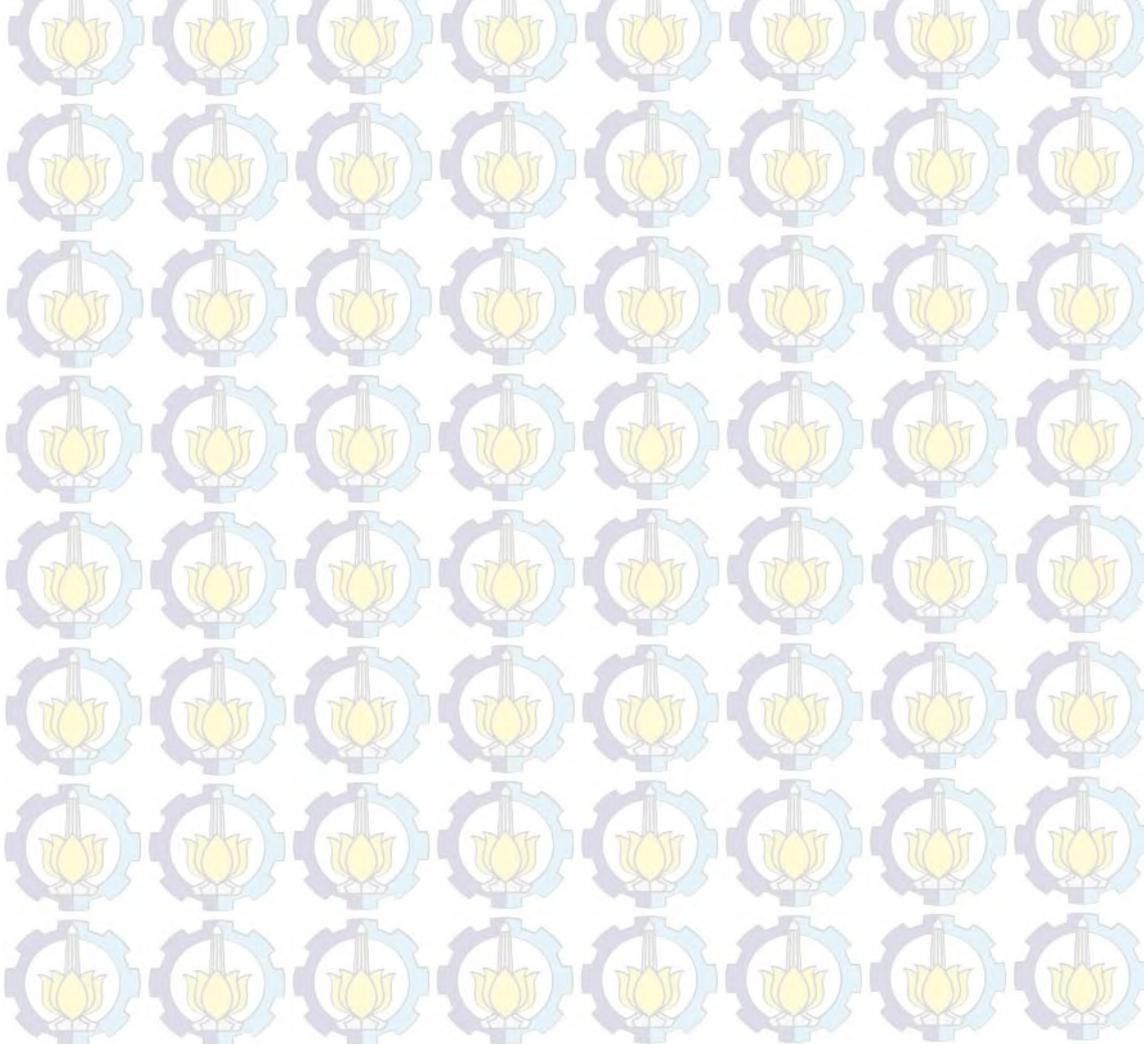
Surabaya, 22 Januari 2015

DANANG RISTU NUGROHO

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Tujuan	3
I.5. Relevansi dan Target Luaran	3
I.6. Hipotesis	3
Bab II STUDI LITERATUR.....	6
II.1. IMO SECOND GHG STUDY (2009).....	6
II.1.1. Jenis Pelayaran	6
II.1.2. Perkiraan konsumsi bahan bakar oleh pelayaran internasional	7
II.1.3. Metodologi Perhitungan	7
II.1.4. Data teknis kapal	8
II.1.5. Specific Fuel Oil Consumption (SFOC).....	9
II.1.6. Data AIS	10
II.2. Perhitungan jumlah emisi karbon dioksida.....	11
II.3. Metode Forecasting.....	12
II.4. Implikasi karbon dioksida.....	14
II.4.1. Efek Rumah Kaca (Green House Gass)	14
II.4.2. <i>Social Cost of Carbon</i>	16
II.5. Kebijakan tentang reduksi emisi karbon dioksida	16
II.5.1. <i>EEDI (Energy Efficiency Design Index) dan SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)</i>	16
II.5.2. Pasar Karbon	18
Bab III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
III.1. Pendahuluan	25
III.2. Diagram Alir	25
III.3. Model Pengerjaan.....	26
Bab IV GAMBARAN UMUM	28
IV.1. Pelabuhan Tanjung Perak.....	28
IV.2. Kunjungan Kapal.....	30
IV.3. <i>Automatic Identification System (AIS)</i> Stasiun Radio Pantai Surabaya	31
IV.4. Skema Karbon Nusantara (SKN)	33

IV.5. Emisi Gas Rumah Kaca pada Kapal	34
Bab V Analisis dan pembahasan	37
V.1. Konsep Perhitungan	37
V.2. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar	37
V.3. Perhitungan Emisi Karbon dioksida	40
V.4. Analisis Hubungan Antar Variabel	42
V.4.1. Hubungan GT dengan Jumlah Emisi (Ton) CO ₂	42
V.4.2. Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi (Ton) CO ₂	43
V.4.3. Faktor penyebab kenaikan jumlah emisi karbon dioksida	43
V.5. Perhitungan Tren Emisi Karbon dioksida	46
V.6. Perhitungan implikasi pencemaran karbon dioksida	48
V.7. Skema reduksi karbon dioksida dengan pasar karbon	50
V.7.1. Opsi Reduksi dengan Skema Karbon Nusantara (SKN)	52
V.7.2. Opsi reduksi dengan penerapan penalti dan insentif	54
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN	62
VI.1. Kesimpulan	62
VI.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	66
BIODATA PENULIS	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Kadar Polusi Pada Pelayaran Internasional	1
Gambar II-1 Alur Perhitungan Emisi Pada IMO GHG Study	8
Gambar II-2 Taksonomi Peramalan	13
Gambar II-3 Alur terjadinya perubahan iklim (<i>sumber : DNPI</i>).....	15
Gambar II-4 Perkembangan <i>Marine Environment Protection Comitee</i>	17
Gambar II-5 Pengelompokkan Pasar Karbon	20
Gambar II-6 Skema pasar karbon sistem <i>crediting</i>	21
Gambar II-7 Terjadinya zero emission	22
Gambar III-1 Tahap Metodologi Penelitian	25
Gambar IV-1 Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)	29
Gambar IV-2 Alur Pelayaran Timur Surabaya (APTS)	29
Gambar IV-3 Grafik Kunjungan kapal per tahun Pelabuhan Tanjung Perak diolah kembali ..	30
Gambar IV-4 Grafik GT kunjungan kapal Pelabuhan Tanjung Perak tahun 2009-2013	31
Gambar IV-5 <i>Vessel Traffic System (VTS)</i>	31
Gambar IV-6 Layar <i>AIS</i> saat replay data pergerakan di bulan Oktober 2014	32
Gambar IV-7 Prosedur sandar kapal dengan bantuan tugboat yang terekam di <i>VTS</i>	33
Gambar IV-8 Skema karbon nusantara (SKN).....	33
Gambar IV-9 Alur proses verifikasi dan validasi SKN.....	34
Gambar IV-10 <i>Radiatif forcing</i> sektor transportasi tahun 2000, Fuglestvedt et al. ²⁾	35
Gambar V-1 Alur perhitungan emisi CO ₂ untuk kapal masuk	38
Gambar V-2 Grafik Kontribusi tiap jenis kapal terhadap besarnya emisi per tahun.....	41
Gambar V-3 Grafik hubungan GT dengan jumlah emisi CO ₂ (ton).....	42
Gambar V-4 Grafik Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi	43
Gambar V-5 Grafik fungsi jumlah emisi terhadap jumlah kunjungan kapal per tahun	46
Gambar V-6 Skema Reduksi Karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura	50
Gambar V-7 <i>CSNOx System</i>	51
Gambar V-8 Hasil uji coba penggunaan <i>CSNOx System</i>	51
Gambar V-9 Skema penerapan SKN pada kapal	53
Gambar V-10 Diagram pemangku kepentingan dalam skenario penalti insentif di wilayah pelabuhan.....	55
Gambar V-11 Biaya-biaya yang ditanggung kapal	57
Gambar V-12 Insentif-insentif yang didapatkan kapal.....	57

DAFTAR TABEL

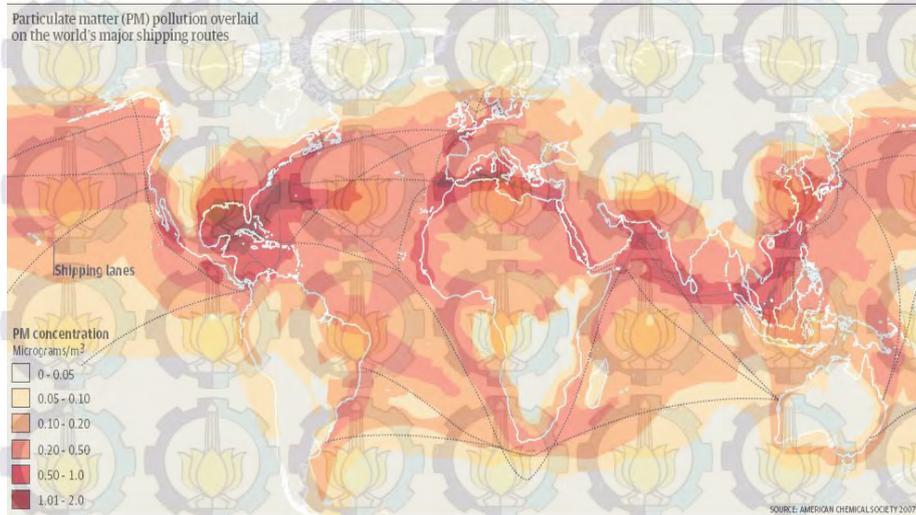
Tabel II-1 Nilai umum <i>Specific Fuel Oil Consumption</i>	9
Tabel II-2 <i>Specific Fuel Oil Consumption Main Engine</i>	10
Tabel II-3 <i>Specific Fuel Oil Consumption Auxilliary Engine</i>	10
Tabel II-4 Tabel Potensi Pemanasan Global Gas Rumah Kaca	15
Tabel II-5 Nilai <i>Social Cost of Carbon</i> berdasarkan skenario <i>discount rate</i>	16
Tabel IV-1 Tabel Jumlah Kunjungan Kapal Berdasarkan Jenis Kapal	30
Tabel V-1 Hasil perhitungan total emisi karbondioksida rata-rata per tahun data sampel.....	41
Tabel V-2 Hubungan GT kapal dengan Jumlah Emisi (ton CO ₂) tiap jenis kapal	42
Tabel V-3 Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi untuk masing-masing kategori kapal	43
Tabel V-4 Jumlah emisi karbon dioksida tahun 2009-2013 dari fungsi GT	47
Tabel V-5 Biaya Bahan Bakar rata-rata tiap jenis kapal	48
Tabel V-6 Biaya Emisi per ton CO ₂	49
Tabel V-7 <i>Social cost of carbon</i> per tahun	49
Tabel V-8 Total Biaya dikurangi total insentif untuk kapal tanpa penggunaan alat CSNO _x ..	59
Tabel V-9 Total Biaya dikurangi total insentif untuk kapal dengan alat CSNO _x	61

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Perubahan iklim menjadi tantangan bagi kehidupan manusia saat ini. Salah satu faktor adalah meningkatnya emisi *greenhouse gasses* (GHGs) seperti gas karbon dioksida (CO₂). Industri pelayaran menyumbang 3,3% dari total emisi CO₂ di dunia, atau lebih dari 12% emisi CO₂ di sektor transportasi. Pada penelitian terakhir menyebutkan bahwa perdagangan internasional mendorong meningkatnya emisi CO₂ dari industri pelayaran secara lebih tajam menjadi dua kali lipat antara tahun 1994-2007. Apabila kondisi ini berlangsung terus-menerus tanpa ada teknologi dan kebijakan baru untuk mereduksi emisi karbon, maka diperkirakan emisi CO₂ akan meningkat menjadi 150% hingga 300% pada tahun 2050. Keadaan tersebut menuntut negara berkembang serta negara maju untuk berupaya mengurangi emisi CO₂ dengan komitmen mitigasi terhadap perubahan iklim termasuk perdagangan karbon (*carbon trading*), *energy efficiency design index*, dan *energy efficiency operational indicator* (Wang, 2010).¹⁾

Shipping pollution



Gambar I-1 Kadar Polusi Pada Pelayaran Internasional

¹⁾C. Wang, J.Callahan and James J.Corbett. Geospatial Modelling of Ship Traffic And Air emissions. ESRI UC #1863.

Di Indonesia kondisi tersebut masih belum mendapatkan perhatian khusus dari pemerintah, terutama menyangkut pencemaran yang ditimbulkan oleh kegiatan transportasi laut. Kapal-kapal yang dimiliki oleh Indonesia kebanyakan telah berumur tua bahkan ada yang melebihi umur ekonomis. Hal ini menimbulkan berbagai masalah lingkungan salah satunya adalah pencemaran karbon dioksida.

Dengan mempertimbangkan beberapa dampak pencemaran karbon dioksida seperti yang telah dipaparkan di atas, maka perlu dibuat kajian mengenai model perhitungan implikasi jejak karbon industri pelayaran di Indonesia khususnya di Jalur Pelayaran Selat Madura. Pemilihan Selat Madura sebagai studi kasus adalah karena Selat Madura merupakan salah satu jalur lalu lintas kapal yang sangat ramai terutama karena adanya Pelabuhan Tanjung Perak yang menjadi pusat distribusi barang untuk kawasan Indonesia Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah karbon dioksida yang dikeluarkan oleh kapal-kapal sebagai polusi udara. Dari hasil penelitian tersebut maka akan diperoleh suatu gambaran mengenai tingkat pencemaran yang terjadi serta tren pencemaran karbon dioksida dari tahun ke tahun. Selanjutnya, akan diidentifikasi implikasinya terhadap sektor transportasi. Selain itu, penelitian ini juga penting karena akan memberikan opsi reduksi yang tepat bagi pencemaran karbon dioksida khususnya di Jalur Pelayaran Selat Madura.

I.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana model perhitungan yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya pencemaran karbon dioksida dari industri pelayaran di Selat Madura?
- b. Bagaimana kondisi sekarang dan masa depan dari pencemaran karbon dioksida oleh aktivitas pelayaran di Selat Madura ?
- c. Bagaimana implikasi dari pencemaran karbon dioksida yang terjadi dari kegiatan pelayaran di Selat Madura serta opsi reduksinya?

I.3. Batasan Masalah

Adapun pembatasan masalah meliputi hal-hal berikut:

- a. Model perhitungan dalam penelitian ini hanya digunakan untuk menghitung emisi karbon dioksida (CO₂) dari aktifitas kapal masuk dan keluar dari Selat Madura, tidak termasuk emisi yang dihasilkan dari kegiatan bongkar-muat, transportasi truk dalam pelabuhan maupun dari aktifitas pekerja pelabuhan

- b. Area penelitian adalah dari karangjalu menuju ke Pelabuhan Tanjung Perak maupun sebaliknya

I.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan metode perhitungan yang dapat digunakan untuk perhitungan pencemaran karbon dioksida dari aktivitas pelayaran di Selat Madura
- b. Mengidentifikasi kondisi sekarang dan masa depan pencemaran karbon dioksida dari aktivitas pelayaran di Selat Madura
- c. Mengidentifikasi implikasi yang terjadi dari pencemaran karbon dioksida di Selat Madura serta opsi reduksinya

I.5. Relevansi dan Target Luaran

Penelitian ini sangat relevan untuk mengatasi permasalahan saat ini, khususnya tentang pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan pelayaran di Indonesia. Berlayarnya kapal-kapal dari satu lokasi ke lokasi lain menghasilkan polusi ke lingkungan berupa karbon. Polusi yang terus-menerus akan menghasilkan pemanasan global dan perubahan iklim yang merugikan bagi kehidupan manusia dan lingkungan.

Dalam kaitannya dengan bidang perkapalan, penelitian ini akan mempunyai relevansi pada tren desain kapal, pemilihan mesin, dan efisiensi bahan bakar. Sedangkan dalam bidang transportasi laut atau pelayaran khususnya, relevansi penelitian ini adalah pada operasi kapal, biaya dari emisi karbon dioksida, serta kebijakan yang harus diambil untuk mengurangi emisi karbon dioksida.

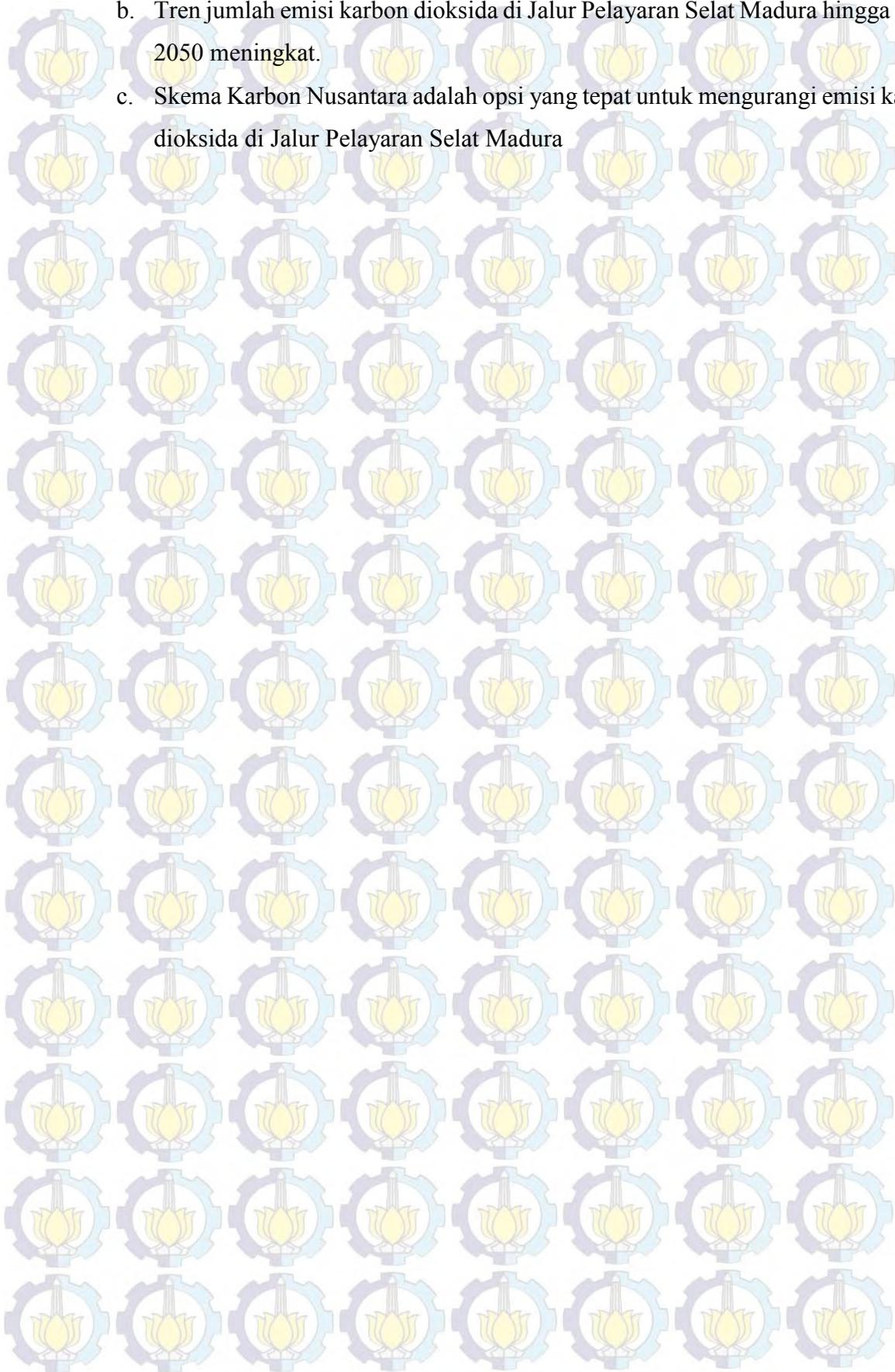
Dalam penelitian ini memperhitungkan pergerakan kapal, jarak, jenis kapal, jenis pelayaran, kargo yang dimuat, mesin kapal serta bahan bakar yang digunakan. Dari semua variabel tersebut akan didapat hubungan antar variabel sehingga dapat dibuat model visualnya (berupa tabel, grafik dan gambar). Model visual yang dibuat diharapkan dapat menggambarkan pola dan perilaku kegiatan pelayaran terhadap kadar karbon yang dihasilkan sebagai polutan.

I.6. Hipotesis

Hipotesis awal pada penelitian ini adalah sebagai berikut;

- a. Ukuran dan jenis kapal akan mempengaruhi jumlah gas buang kapal. Hal ini akibat dari hubungan jumlah muatan yang diangkut kapal serta daya mesin maksimal yang bisa dihasilkan.

- b. Tren jumlah emisi karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura hingga tahun 2050 meningkat.
- c. Skema Karbon Nusantara adalah opsi yang tepat untuk mengurangi emisi karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura



BAB II STUDI LITERATUR

II.1. IMO SECOND GHG STUDY (2009)

IMO second ghg study adalah sebuah penelitian yang dilakukan oleh IMO sebagai jawaban atas tantangan perubahan iklim dan pemanasan global yang terjadi pada masa sekarang dan ke depannya. Hal ini sangat penting karena berkaitan dengan kelangsungan hidup manusia dimana telah terbukti bahwa pemanasan global telah menyebabkan menipisnya lapisan ozon, berdampak pada hilangnya pulau-pulau karena permukaan air laut yang naik, dan dampak lain yang merugikan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menilai:

- a) Kondisi sekarang dan masa depan dari emisi pelayaran internasional
- b) Kemungkinan pengurangan emisi melalui teknologi dan kebijakan
- c) Dampak perubahan iklim dari emisi yang terjadi

Gas buang adalah sumber utama emisi dari kapal. Karbon dioksida CO₂ adalah GHG(*Greenhouse Gasses*) yang paling penting yang dikeluarkan oleh kapal baik dari segi kuantitas dan potensi pemanasan global.

Dalam report ini, ditemukan bahwa kebijakan yang diinginkan pasar adalah kebijakan yang hemat biaya. Sebuah solusi yang telah diambil adalah diterapkannya penetapan *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) untuk kapal-kapal baru. Penerapan EEDI merupakan solusi yang hemat biaya sehingga tidak merugikan pihak manapun EEDI hanya akan mempengaruhi desain kapal tersebut sehingga efisien dalam konsumsi bahan bakar akan tetapi tidak memperhatikan pola operasi kapal tersebut.

II.1.1. Jenis Pelayaran

International Shipping : Pelayaran antar pelabuhan antar negara merupakan kebalikan dari pelayaran domestik. Pelayaran internasional tidak termasuk kapal militer dan kapal penangkap ikan. Berdasarkan definisi ini, kapal yang sama mungkin bisa saja terlibat dalam dua pelayaran internasional dan domestik. Hal ini sesuai dengan Pedoman IPCC 2006.

Domestic Shipping : Pelayaran antar pelabuhan masih dalam satu negara. Pelayaran domestik tidak termasuk kapal militer dan kapal penangkap ikan. Berdasarkan definisi ini,

kapal yang sama mungkin bisa saja terlibat dalam dua pelayaran internasional dan domestik. Definisi ini konsisten dengan Pedoman IPCC 2006.

Coast wise shipping : Pelayaran sepanjang pantai adalah perpindahan barang dan kegiatan pengiriman lainnya yang sebagian besar terjadi di sepanjang garis pantai atau regional terdekat (misalnya kapal penumpang, feri, kapal lepas pantai) dan merupakan kebalikan dari oceangoing shipping.

Oceangoing Shipping adalah istilah yang digunakan untuk skenario pemodelan.

II.1.2. Perkiraan konsumsi bahan bakar oleh pelayaran internasional

Pada penelitian ini konsumsi bahan bakar oleh pelayaran internasional dihitung berdasarkan dua metodologi,

1. Berdasarkan data kegiatan (*based on activity data*) dan
2. Berdasarkan statistik bahan bakar (*based on fuel statistics*)

Hasil perhitungan dengan dua metode tersebut dibandingkan dan didiskusikan untuk mengidentifikasi perkiraan konsumsi bahan bakar pelayaran internasional tahun 2007. Perkiraan konsumsi bahan bakar oleh kapal didasarkan pada data aktivitas.

II.1.3. Metodologi Perhitungan

Estimasi konsumsi bahan bakar memerlukan tingkat ketidakpastian, sebagaimana dibuktikan oleh perbedaan yang telah diamati dalam perkiraan sebelumnya. Konsumsi bahan bakar untuk *international shipping* dihitung berdasarkan pendekatan “*activity-based bottom-up*” dimana konsumsi bahan bakar dihitung untuk masing-masing kategori kapal. Perkiraan konsumsi bahan bakar yang kemudian ditambahkan semua untuk menentukan total konsumsi bahan bakar.

Kategori kapal untuk digunakan dalam inventarisasi ini telah dipilih sehingga mewakili jenis kapal yang berbeda dalam hal tidak hanya ukuran tetapi juga pola operasional yang khas, yang bermanfaat untuk mengidentifikasi dan menilai data kegiatan. Konsumsi bahan bakar dari setiap jenis kapal dihitung dengan mengalikan jumlah kapal di setiap kategori dengan daya *main engine* rata-rata untuk menemukan daya total yang dikeluarkan oleh jenis kapal tersebut.

Daya *ouptake* dalam waktu tertentu ($\text{kW} \cdot \text{h}$) kemudian dihitung dengan mengalikan daya total dalam kategori kapal dengan perkiraan jam operasional dari mesin utama dan faktor rata-rata beban mesin (load factor). Sehingga, total konsumsi bahan bakar dihitung dengan mengalikan daya *ouptake* dengan nilai tertentu konsumsi bahan bakar minyak yang berlaku untuk mesin dari kategori tertentu ($\text{g} / \text{kW} \cdot \text{h}$). Proses memperkirakan konsumsi bahan bakar dari kategori kapal diilustrasikan dalam



Gambar II-1 Alur Perhitungan Emisi Pada IMO GHG Study

Prinsip yang sama diterapkan untuk memperkirakan konsumsi bahan bakar dari mesin bantu (*auxilliary engine*).

Untuk perhitungan emisi terdapat beberapa data untuk yang akan digunakan dalam perhitungan masing-masing kategori kapal, meliputi:

- Jumlah kapal;
- Daya rata-rata (kW) mesin utama dan bantu;
- Usia rata-rata (tahun) dari mesin utama (ini digunakan untuk meningkatkan perkiraan konsumsi bahan bakar);
- Desain kecepatan rata-rata (knot) kapal (ini digunakan saat mengolah data AIS dan memperkirakan beban);
- Rata-rata konsumsi spesifik ($\text{g} / \text{kW} \cdot \text{h}$) bahan bakar minyak oleh mesin utama dan mesin bantu;
- Waktu rata-rata berjalan (hari) untuk mesin utama dan mesin bantu;
- Beban rata-rata (% MCR) pada mesin utama dan bantu;
- Konsumsi rata-rata (ton / tahun) dari bahan bakar dengan boiler steam;
- Konsumsi rata-rata (ton / tahun) dari bahan bakar di boiler; dan
- Kandungan karbon rata-rata (gram karbon per gram bahan bakar) bahan bakar.

II.1.4. Data teknis kapal

Data tentang armada kapal yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari Lloyd Register - Database Fairplay untuk tahun 2007. Database ini berisi informasi tentang semua kapal yang lebih besar dari 100 GT. Ditunjang dengan Lloyd Register - Database Fairplay yang berisi informasi teknis tambahan, seperti daya mesin bantu dan

kecepatan desain kapal. Mungkin ada beberapa data yang tidak tercantum di Lloyd Register - Database Fairplay tentang data teknis khusus tertentu.

II.1.5. Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) menunjukkan konsumsi bahan bakar dalam kaitannya untuk melakukan kerja, dan umumnya dinyatakan dalam $g / kW \cdot h$. Besarnya SFOC tergantung pada berbagai parameter, termasuk ukuran mesin, usia dan kepadatan energi dari bahan bakar. Data konsumsi bahan bakar dapat diperoleh dari hasil test-bed, dari pengukuran yang dilakukan selama *sea trial* dan mungkin juga, pada kondisi tertentu, diambil dari angka konsumsi bahan bakar sehari-hari yang diberikan dalam kontrak charter dan terdaftar dalam database kapal.

SFOC juga dapat dihitung berdasarkan prinsip pertama termodinamika dan karakteristik mesin. Nilai umum konsumsi bahan bakar minyak spesifik (SFOC) diberikan dalam tabel berikut:

Tabel II-1 Nilai umum *Specific Fuel Oil Consumption*

Engine year of build	2-stroke low-speed	4-stroke medium/high-speed (>500kW)	4-stroke medium/high-speed (<100 kW)	4-stroke medium/high-speed (<1000 kW)
1970-1983	180-200	190-210	200-230	210-250
1984-2000	170-180	180-195	180-200	200-240
2001-2007	165-175	175-185	180-200	190-230

Data SFOC diukur dalam tes-bed, kecuali untuk daya mesin yang sangat besar (*twostroke*). Mesin yang terlalu besar untuk muat dalam *test-bed* maka konsumsi bahan bakar (SFOC) ditentukan sesuai dengan standar ISO dan referensi yang ada (ISO 3046-1) dan energi bahan bakar standar pada kondisi ruangan standar. Nilai yang didapat dari pengukuran pada test-bed adalah nilai pada titik operasi terbaik.

Konsumsi bahan bakar dalam operasi yang sebenarnya diperkirakan lebih tinggi daripada ketika diukur dalam test-bed. Alasannya antara lain:

- Mesin tidak selalu beroperasi secara optimal pada titik operasi terbaiknya;
- Kandungan energi dari bahan bakar mungkin lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar test-bed (untuk mesin menggunakan sisa bahan bakar, ini biasanya berjumlah sekitar 5%);
- Nilai SFOC terbaik diberikan dengan toleransi 5%;

- Penggunaan mesin, penuaan dan pemeliharaan (memakai injeksi bahan bakar dan pompa injeksi, pengaturan yang tidak tepat, fouling dari turbocharger, peningkatan esistensi filter oli, fouling dari penukar panas dan lebih).

Mengingat perbedaan antara SFOC mesin baru dan lama dan perbedaan dalam Rata-rata usia mesin, . Perbaikan lebih lanjut, seperti diferensiasi dengan kekuatan / silinder atau perbedaan mesin lambat-dan kecepatan menengah, bisa tidak dilakukan karena database kapal tidak berisi data tentang jumlah silinder mesin atau jumlah stroke.

Tabel II-2 Specific Fuel Oil Consumption Main Engine

Engine year of build	Above 15.000 kW	15.000-5.000 kW	Below 5.000 kW
before 1983	205	215	225
1984-2000	185	195	205
2001-2007	175	185	195

Turbin uap yang digunakan dalam Liquefied Natural Gas (LNG) kapal tanker diasumsikan mengkonsumsi 275 g / kW · h pada bahan bakar minyak berat (HFO) dasar. Angka ini telah diturunkan dengan mempertimbangkan konsumsi bahan bakar angka untuk kapal LNG turbin yang digerakkan dalam operasi. Ketika mempertimbangkan SFOC mesin bantu, pertimbangan diberikan pada fakta bahwa mesin bantu yang diharapkan dapat beroperasi secara ekstensif.

Tabel II-3 Specific Fuel Oil Consumption Auxilliary Engine

Engine year of build	Above 800kW	Below 800 kW
Any	220	230

II.1.6. Data AIS

Automatic Identification System (AIS) adalah perangkat keselamatan yang secara otomatis mengirimkan informasi (misalnya pada saat lego jangkar "atau" bergerak dengan mesin berjalan ") dan informasi yang terkait dengan keselamatan lainnya - untuk dikirim sebagai data sinyal kepada stasiun pantai, kapal dan pesawat lainnya. Konvensi Internasional untuk Keselamatan Jiwa di Laut, 1974 (SOLAS) mewajibkan AIS transponder untuk dipasang di atas kapal. Semua kapal dari 300 gross tonnage (GT) ke atas yang terlibat di pelayaran internasional, kapal kargo dari 500 gross tonnage ke atas yang tidak terlibat pada pelayaran

internasional dan semua kapal penumpang tanpa melihat ukuran. Persyaratan ini berlaku efektif untuk semua kapal pada tanggal 31 Desember 2004.

Kapal dilengkapi dengan AIS harus mempertahankan AIS beroperasi setiap saat, kecuali perjanjian internasional, aturan atau standar yang memberikan perlindungan terhadap kerahasiaan informasi navigasi.

Dalam beberapa kasus, lebih banyak kapal yang terdeteksi oleh sistem AIS daripada tercatat dalam statistik. Hal ini mungkin disebabkan oleh penurunan jumlah armada atau keterlambatan dalam memperbarui statistik atau kesalahan lainnya.

Model perhitungan ini memerlukan perkiraan rata-rata jumlah hari yang ditempuh oleh kapal dalam setiap kategori selama berlayar. Untuk itu perlu menggunakan data AIS untuk memperkirakan *sea time* dan *port time*.

II.2. Perhitungan jumlah emisi karbon dioksida

Secara umum kapal yang bergerak di air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Untuk mengetahui hubungan power dan kecepatan kapal sebelumnya harus diketahui tentang tahanan kapal. Tahanan kapal ini akan berperan untuk menemukan EHP dan dari EHP dapat diketahui BHP kapal pada tiap kecepatan.

$$EHP = \lambda \times Vs^3$$

Setelah diperoleh nilai EHP, nilai tadi akan digunakan untuk mencari nilai DHP (Delivered horse power). DHP adalah besar daya yang tersalurkan dari motor induk kapal hingga propeller.

$$DHP = EHP / \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o \quad (2)$$

Setelah diperoleh nilai DHP, nilai DHP tadi akan digunakan untuk mencari nilai SHP (Shaft horse power). SHP adalah besar daya yang tersalurkan dari motor induk kapal hingga poros propeller.

$$SHP = DHP / \eta_B \eta_s \quad (3)$$

Setelah diperoleh nilai SHP, nilai SHP tadi akan digunakan untuk mencari nilai BHP (Brake horse power). BHP adalah besar energi yang keluar dari mesin induk kapal.

$$\text{BHP} = \text{SHP} / \eta_G \quad (4)$$

Pada pemilihan kecepatan akan dibagi menjadi 3 bagian yaitu kecepatan di area pelabuhan awal, kecepatan di laut, dan kecepatan di area pelabuhan tujuan. Untuk kecepatan di area pelabuhan ditentukan pada kecepatan 4 – 5 knot. Sedangkan kecepatan di laut adalah kecepatan yang memiliki BHP diatas 50%. Hal ini dikarenakan karakteristik mesin yang akan berakibat buruk jika tidak dioperasikan sesuai aturan.

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar dalam jalur pelayaran dengan kecepatan yang telah diketahui adalah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{FC} = \text{BHP} \times \text{SFOC} \times t$$

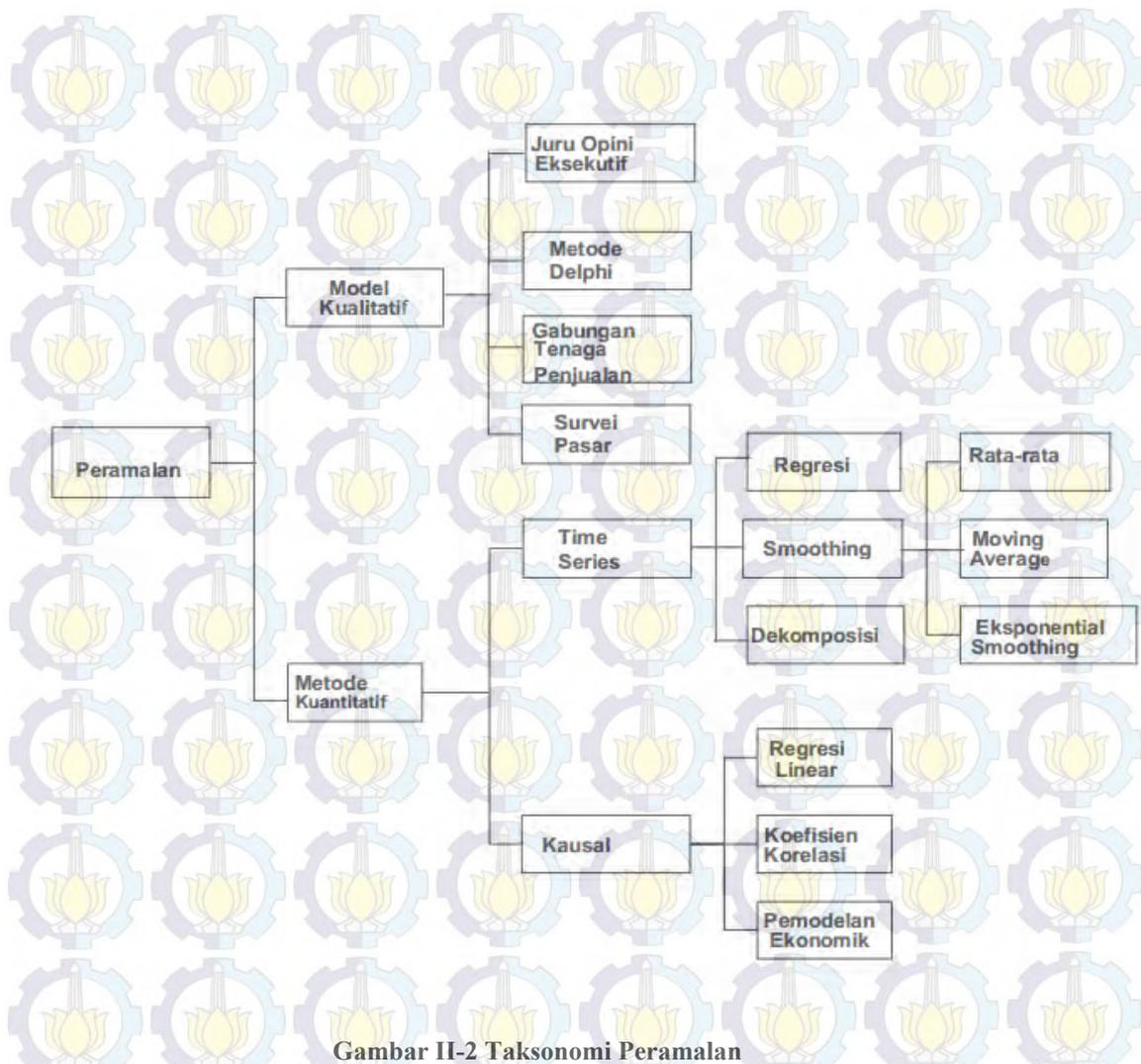
$$\text{Jumlah Emisi (gram)} = \text{FC} \times \text{Faktor Emisi}$$

II.3. Metode Forecasting

Peramalan yang baik mempunyai beberapa kriteria yang penting, antara lain akurasi, biaya, dan kemudahan. Berdasarkan sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif.

Peramalan kualitatif yaitu peramalan yang didasarkan atas kwalitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada orang yang menyusunnya. Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, judgement atau pendapat, dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya.

Yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat tergantung pada metoda yang dipergunakan dalam peramalan tersebut. Dengan metoda yang berbeda akan diperoleh hasil peramalan yang berbeda, adapun yang perlu diperhatikan dari penggunaan metoda tersebut, adalah baik tidaknya metoda yang dipergunakan, sangat ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil ramalan dengan kenyataan yang terjadi.



Gambar II-2 Taksonomi Peramalan

Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga dapat digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antarvariabel. Analisis regresi berguna untuk mendapatkan hubungan fungsional antara dua variabel atau lebih. Selain itu analisis regresi berguna untuk mendapatkan pengaruh antar variabel prediktor terhadap variabel kriteriumnya atau meramalkan pengaruh variabel prediktor terhadap variabel kriteriumnya (Usman & Akbar, 2006).

Persamaan regresi linier dari Y terhadap X dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + b X$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = intersep

b = koefisien regresi/slop

Metode peramalan selain dapat menggunakan regresi linier juga dapat menggunakan bentuk regresi yang lain seperti, regresi kuadratik dan regresi kubik.

$$\text{Persamaan regresi kuadratik } Y = a_0 + a_1x + a_3x^2$$

Untuk menentukan jenis regresi yang digunakan, harus dilihat terlebih dahulu hubungan antar variable atau data yang telah diolah. Cara yang lebih mudah adalah membuat grafik hasil *plotting* titik-titik data olahan. Sehingga dapat dilihat *trendline* yang menggambarkan hubungan antar variabel.

II.4. Implikasi karbon dioksida

II.4.1. Efek Rumah Kaca (Green House Gass)

Efek rumah kaca dapat dibagi menjadi dua : efek rumah kaca alami yang terjadi secara alami di bumi, dan efek rumah kaca ditingkatkan yang terjadi akibat aktivitas manusia

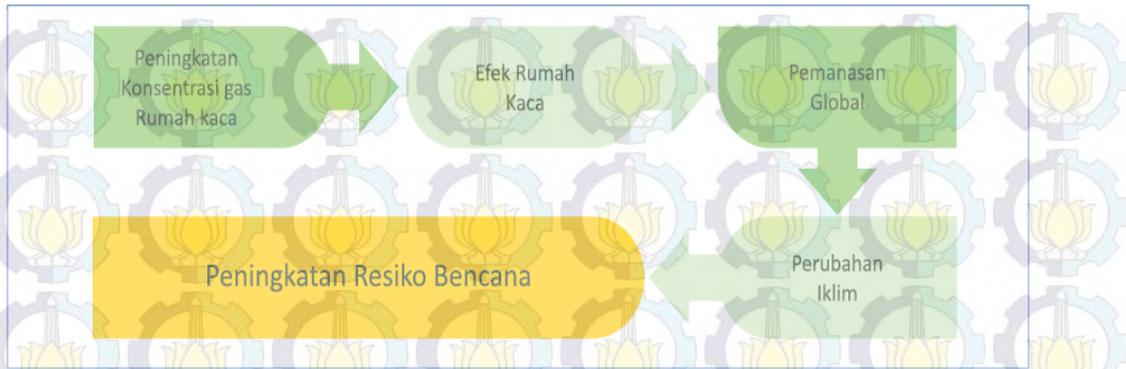
Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk menyerapnya.

Energi yang masuk ke Bumi:

- 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer
- 25% diserap awan
- 45% diserap permukaan bumi
- 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi

Energi yang diserap dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi inframerah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar inframerah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda.

Meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer, bila terjadi terus menerus akan menyebabkan beberapa perubahan gejala alam dan bahkan bisa mengancam kehidupan umat manusia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada alur berikut:



Gambar II-3 Alur terjadinya perubahan iklim (sumber : DNPI)

Protokol Kyoto adalah sebuah amandemen terhadap Konvensi Rangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), sebuah persetujuan internasional mengenai pemanasan global. Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi/pengeluaran karbon dioksida dan lima gas rumah kaca lainnya, atau bekerja sama dalam perdagangan emisi jika mereka menjaga jumlah atau menambah emisi gas-gas tersebut, yang telah dikaitkan dengan pemanasan global. Jika sukses diberlakukan, Protokol Kyoto diprediksi akan mengurangi rata-rata cuaca global antara 0,02 °C dan 0,28 °C pada tahun 2050.

Dalam Protokol Kyoto terdapat 6 gas yang menjadi penyebab utama efek rumah kaca dan pemanasan global. Setiap gas memiliki tingkat potensi pemanasan global(GWP) masing-masing seperti dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel II-4 Tabel Potensi Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

Jenis	Potensi Pemanasan Global (GWP)
Karbon dioksida (CO ₂)	1
Metana (CH ₄)	21
Nitrat oksida (N ₂ O)	310
Perfluorokarbon (PFCs)	6.500 – 9.200
Hidrofluorokarbon (HFCs)	140 – 11.700
Sulfur heksafluorida (SF ₆)	23.900

Karbon dioksida merupakan yang paling kecil nilai GWP-nya, namun bukan berarti lebih sedikit dalam menyumbang pemanasan global. Justru Karbon dioksida merupakan gas buang utama dari hasil pembakaran pada mesin karena jumlahnya yang lebih banyak daripada jenis gas lain. Karena karbon dioksida memiliki nilai GWP sebesar 1, maka karbon dioksida dijadikan acuan untuk satuan emisi udara dengan CO₂e (karbon dioksida equivalent).

II.4.2. Social Cost of Carbon

Yaitu biaya ekonomi yang harus ditanggung atas emisi satu ton karbon dioksida berdasarkan perspektif sosial seperti produktivitas pertanian, kesehatan manusia, kerusakan dari peningkatan risiko banjir, dan perubahan ekosistem akibat perubahan iklim.

Pemerintah Amerika Serikat dalam *Interagency Working Group on Social Cost of Carbon 2010* menjelaskan model perhitungan yang digunakan yaitu tiga model yang diintegrasikan menjadi satu disebut dengan IAMS (*Integrated assesment model*). Ketiga model yang digunakan adalah DICE, FUND dan PAGE yang memiliki karakteristik sendiri-sendiri.

Nilai yang cukup menggambarkan kondisi saat ini adalah pada *discount rate* 3% tahun 2015-2020 yaitu antara 37-43 atau diambil nilai tengahnya yaitu 40\$/mtCO₂. *Discount rate* disini adalah cara pakar ekonomi mengukur nilai mata uang dollar dari tahun ke tahun. Untuk nilai SCC hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

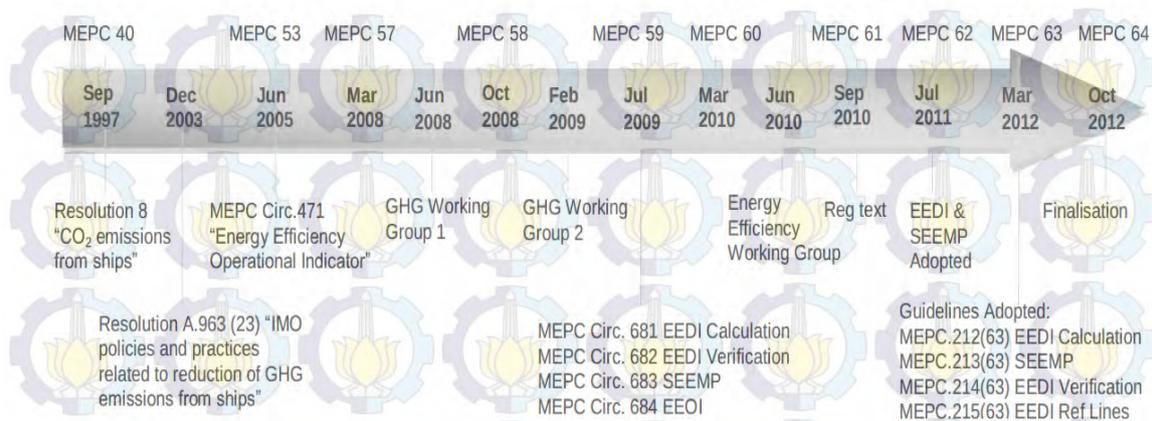
Tabel II-5 Nilai *Social Cost of Carbon* berdasarkan skenario *discount rate*

Discount Rate Year	5.0% Avg	3.0% Avg	2.5% Avg	3.0% 95th
2010	11	32	51	89
2015	11	37	57	109
2020	12	43	64	128
2025	14	47	69	143
2030	16	52	75	159
2035	19	56	80	175
2040	21	61	86	191
2045	24	66	92	206
2050	26	71	97	220

II.5. Kebijakan tentang reduksi emisi karbon dioksida

II.5.1. EEDI (*Energy Efficiency Design Index*) dan SEEMP (*Ship Energy Efficiency Management Plan*)

EEDI adalah suatu indeks yang berlaku untuk kapal baru, yang telah dikembangkan oleh IMO dan akan digunakan sebagai alat untuk mengendalikan emisi CO₂ dari kapal. IMO bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi kapal melalui pelaksanaan wajib *EEDI* tersebut.



Gambar II-4 Perkembangan *Marine Environment Protection Comitee*

Peraturan baru yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi pelayaran internasional ini mulai berlaku pada tanggal 1 Januari 2013. Amandemen Konvensi Internasional untuk Pencegahan Pencemaran dari Kapal (MARPOL) yang diadopsi pada bulan Juli 2011, menambahkan bab baru peraturan tentang efisiensi energi dalam MARPOL Annex VI Bab 4, tentang wajib Efisiensi Energi Desain Index (EEDI) , untuk kapal baru, dan Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) untuk semua kapal.

Peraturan berlaku untuk semua kapal dari 400 tonase gross dan di atas. Namun, di bawah peraturan 19, Administrasi dapat mengabaikan persyaratan untuk kapal baru hingga maksimal 4 tahun.

EEDI adalah mekanisme non-preskriptif, berbasis kinerja yang meninggalkan pilihan teknologi untuk digunakan dalam desain kapal khusus untuk industri. Sedangkan SEEMP menetapkan mekanisme bagi operator untuk meningkatkan efisiensi energi kapal.

Satu set panduan untuk kedua kebijakan tersebut diadopsi oleh MEPC 63 (Maret 2012) dimaksudkan untuk membantu dalam pelaksanaan peraturan wajib pada Efisiensi Energi untuk Kapal di MARPOL Annex VI:

- Resolusi MEPC.212 (93) - 2012 Pedoman metode perhitungan Efisiensi Energi mencapai Desain Index (EEDI) untuk kapal baru;
- Resolusi MEPC.213 (93) - 2012 Pedoman pengembangan Efisiensi Energi Rencana Pengelolaan Kapal (SEEMP);

- Resolusi MEPC.214 (93) - 2012 Pedoman survei dan sertifikasi Efisiensi Energi Desain Index (EEDI); dan
- Resolusi MEPC.215 (93) - Pedoman perhitungan garis referensi untuk digunakan dengan Efisiensi Energi Desain Index (EEDI).

Konsumsi bahan bakar minyak merupakan elemen penting dari biaya operasi kapal. Pelaksanaan yang efektif dari SEEMP onboard kapal dapat menyebabkan penurunan konsumsi bahan bakar yang digunakan sehingga lebih menguntungkan dari sisi biaya maupun komersial. Sebuah pendekatan proaktif untuk manajemen energi kapal harus memberikan dampak nyata terhadap sisi bisnis dan pengurangan emisi bagi masyarakat yang lebih luas.

II.5.2. Pasar Karbon

Pasar karbon bukanlah sistem yang pertama kali melakukan perdagangan emisi. Bukti sukses pertama penerapan konsep perdagangan emisi untuk perlindungan lingkungan adalah di Amerika Serikat pada tahun 1980-an. Perdagangan emisi ini diterapkan dalam rangka menghapus timbal dari bahan bakar kendaraan.

Amerika Serikat kemudian menerapkan program perdagangan emisi sulfur dioksida (SO₂) yang dilakukan US Environmental Protection Agency (US EPA). Program ini bertujuan mengurangi terjadinya hujan asam (acid rain) dengan memberikan kewajiban pengurangan emisi SO₂. Program inilah yang menjadi bukti kesuksesan penerapan perdagangan emisi dalam skala besar.

Dalam program ini, pembangkit-pembangkit listrik di atas 25 MW diberikan batas maksimum untuk emisi SO₂ yang boleh dilepaskan. Operator pembangkit listrik yang tidak mampu atau merasa biaya pengurangan emisi SO₂ terlalu mahal dapat membeli unit pengurangan emisi SO₂ yang telah disertifikasi dari operator pembangkit listrik yang bisa mengurangi banyak emisi SO₂ dengan biaya yang lebih rendah.

Program ini sangat sukses sehingga emisi SO₂ dapat dikurangi lebih cepat dan lebih murah dari perkiraan sebelumnya. Sampai saat buku ini ditulis, volume perdagangan yang tercatat telah melebihi 12 juta Ton SO₂ dengan nilai perdagangan diperkirakan telah lebih dari 4 miliar dollar AS. Hasil seperti inilah yang diharapkan dari pasar karbon yaitu emisi gas rumah kaca dapat dikurangi dengan lebih cepat dan lebih murah sehingga laju pemanasan global dapat diredam dengan biaya seefisien mungkin.

Dalam hal penerapan mekanisme pasar karbon untuk penanggulangan perubahan iklim, Protokol Kyoto (1997) adalah tonggak yang penting. Dalam mencapai tujuannya, Protokol ini memperbolehkan penerapan tiga macam mekanisme fleksibel alias perdagangan karbon sebagai berikut:

- Perdagangan emisi (*Emission Trading*), dimana sesama negara maju dapat berjual beli emisi gas rumah kaca.
- Implementasi bersama (*Joint Implementation*), dimana beberapa negara maju dapat bersama-sama mengembangkan kegiatan mitigasi perubahan iklim yang berlokasi di negaramaju dan hasil penurunan emisinya dibagi sesuai kesepakatan,
- Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism*), dimana negara maju dapat mendanai/membeli hasil penurunan emisi gas rumah kaca dari proyek yang berlokasi di negara berkembang.

Sebelum Protokol Kyoto berlaku efektif pada tahun 2005, setelah Rusia menggenapkan Jumlah ratifikasi yang disyaratkan, beberapa negara maju telah mencoba menerapkan pasar karbon dengan salah satu tujuannya adalah untuk mempersiapkan diri memenuhi kewajiban protokol tersebut.

Denmark mulai menerapkan pasar karbon secara sukarela pada tahun 2001, disusul Inggris setahun kemudian. Dalam program-program ini, industri-industri yang tergabung “berjanji” untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Untuk memenuhi janji tersebut secara kolektif, mereka diperbolehkan untuk melakukan perdagangan karbon.

Program-program ini menjadi sarana pembelajaran bagi Eropa yang pada tahun 2005 kemudian mulai menerapkan pasar karbon Uni Eropa, European Union Emission Trading System (EU ETS), yang diikuti oleh 28 negara-negara Uni Eropa ditambah Liechtenstein, Norwegia, dan Islandia. Sampai saat ini, EU ETS masih merupakan pasar karbon terbesar di dunia dan menjadi acuan bagi negara-negara lain yang telah atau akan mengembangkan pasar karbon.

Seperti telah disinggung sebelumnya, sistem trading disebut juga Sistem Perdagangan Emisi atau Emission Trading System (ETS) atau sistem cap-and-trade dan umumnya adalah

pasar karbon wajib yang terbentuk atas dasar adanya kebijakan pembatasan atau penurunan emisi gas rumah kaca.

Penerapan ETS, dan juga pasar karbon secara umum, bertujuan agar penurunan emisi gas rumah kaca dapat dilakukan dengan biaya yang seefisien mungkin. Ini dapat terjadi karena pasar karbon akan mendorong sebesar-besarnya implementasi kegiatan mitigasi perubahan iklim yang berbiaya rendah terlebih dahulu sebelum melakukan kegiatan mitigasi yang berbiaya lebih tinggi. Sebaliknya, bila pasar karbon tidak diperbolehkan dalam penerapan kebijakan penurunan emisi maka ada kemungkinan kegiatan-kegiatan mitigasi berbiaya tinggi harus dilakukan sementara potensi mitigasi berbiaya rendah belum dimanfaatkan dengan optimal. Diagram pengelompokkan pasar karbon



Gambar II-5 Pengelompokkan Pasar Karbon

Dalam Kyoto Protocol perdagangan karbon dapat dibagi menjadi 3 mekanisme.

1. *Emission Trading System (ETS)*

Dimana sesama negara maju dapat berjual beli emisi gas rumah kaca. Skema ini biasanya disebut juga skema wajib karena pada awalnya

2. *Joint Implementation (JI)*

Beberapa negara maju dapat bersama-sama mengembangkan kegiatan mitigasi perubahan iklim yang berlokasi di negaramaju dan hasil penurunan emisinya dibagi sesuai kesepakatan

3. *Clean Development Mechanism (CDM)*

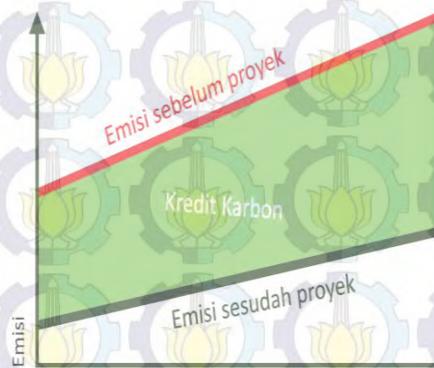
Negara maju dapat mendanai/membeli hasil penurunan emisi gas rumah kaca dari proyek yang berlokasi di negara berkembang.

Mekanisme pasar karbon dapat digambarkan pada contoh berikut:

1. *Sistem Crediting*

Sistem ini bernama lengkap *baseline-and-crediting*. Di Indonesia, sistem inilah yang umumnya diasosiasikan dengan pasar karbon, semata karena kita sudah mulai akrab dengan Mekanisme Pembangunan Bersih atau *Clean Development Mechanism (CDM)* yang termasuk dalam pasar karbon jenis ini. Dalam sistem ini, komoditi yang diperdagangkan adalah penurunan emisi yang telah disertifikasi berdasarkan persyaratan dan ketentuan yang berlaku di pasar tersebut. Komoditi ini disebut juga sebagai kredit karbon. Satu unit kredit karbon biasanya setara dengan penurunan emisi satu ton karbon dioksida.

Pada jenis pasar ini, penurunan emisi adalah selisih dari skenario emisi tanpa adanya kegiatan/proyek penurunan emisi (*baseline*) dengan emisi aktual setelah adanya proyek (lihat ilustrasi di bawah).

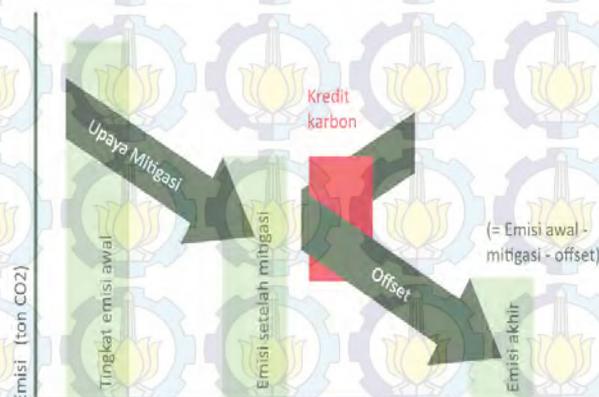


Gambar II-6 Skema pasar karbon sistem *crediting*

Sistem ini berfokus pada emisi di tingkat proyek/kegiatan sehingga untuk memulainya tidak diperlukan persiapan dan pengumpulan data emisi di tingkat instalasi/organisasi. Namun demikian, untuk mengetahui emisi *baseline* dan emisi aktual diperlukan metode perhitungan dan pemantauan yang sesuai dengan jenis kegiatan yang dilakukan. Oleh karena itu, semakin banyak jenis kegiatan maka semakin banyak pula metodologi yang harus dipersiapkan.

Contohnya, metodologi perhitungan dan pemantauan emisi untuk pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik, pembuatan kompos dari limbah padat perkotaan, dan lain sebagainya.

Pasar karbon jenis ini biasa disebut juga sebagai pasar carbon offset. Nama ini diambil dari tujuan pembeli kredit karbon (individu atau organisasi) yaitu untuk menggantikan (offsetting) emisi gas rumah kaca yang dilepaskan akibat kegiatannya. Dengan membeli dan menggunakan kredit karbon, pembeli kredit karbon dapat “menetralkan/menggantikan” emisi gas rumah kacanya (lihat gambar berikut). Bahkan bila jumlah kredit karbon yang digunakan untuk offset sama dengan jumlah emisi yang dilepaskan, maka emisi si pengguna kredit karbon dapat dibilang NOL/NETRAL.



Gambar II-7 Terjadinya zero emission

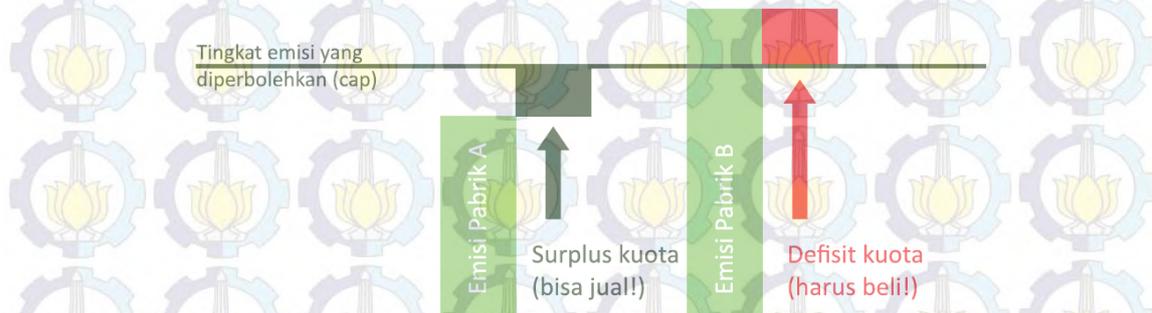
2. Sistem *Trading*

Sistem ini bernama lengkap emission trading system atau sistem perdagangan emisi. Nama lainnya adalah cap-and-trade atau batasi-dan-dagangkan. Sistem ini umumnya diterapkan dalam pasar karbon wajib karena untuk sistem ini diperlukan pembatasan emisi gas rumah kaca pada pihak-pihak peserta pasar, bisa di tingkat instalasi ataupun organisasi, yang sulit dipertahankan bila pasar bersifat sukarela.

Dalam sistem ini, setiap peserta pasar yang dapat berupa organisasi, perusahaan bahkan negara, diberi kewajiban dalam pengurangan/pembatasan emisi karbon yang disebut cap. Umumnya cap diterapkan dalam bentuk pengalokasian jatah/kuota (allowance) emisi bagi para peserta pasar yang dilakukan di awal periode.

Di akhir periode, para peserta harus menyetorkan (surrender) unit kuota kepada lembaga yang ditentukan sejumlah emisi aktual yang telah mereka lepaskan. Peserta yang melewati cap-

nya dapat membeli tambahan unit kuota dari mereka yang kuotanya tidak terpakai sehingga terjadilah perdagangan karbon (lihat ilustrasi berikut)



Gambar. Sistem *Trading*

Dalam sistem ini, setiap pihak yang terkena pembatasan emisi harus melaporkan emisi gas rumah kacanya secara periodik (biasanya tahunan) kepada lembaga yang ditentukan. Dari data tersebut dapat diketahui apakah emisi pihak tersebut melebihi batas yang ditentukan atau tidak. Untuk pembuat kebijakan, data ini juga digunakan sebagai dasar menentukan batas emisi di tahun berikutnya.

Umumnya, kebijakan pembatasan emisi dan sistem perdagangan emisi diterapkan pada sektor yang emisinya tinggi, misalnya industri. Dengan demikian diharapkan diperoleh sejumlah besar penurunan emisi dengan biaya relatif rendah. Pada prakteknya, penerapan perdagangan emisi membutuhkan persiapan yang cukup lama, khususnya terkait pengumpulan data, namun pengelolaannya relatif sederhana karena yang menjadi fokus adalah data emisi organisasi bukan hasil kegiatan-kegiatan penurunan emisi. Dengan demikian tidak diperlukan perhitungan penurunan emisi dengan berbagai metodologi ilmiah yang rumit.

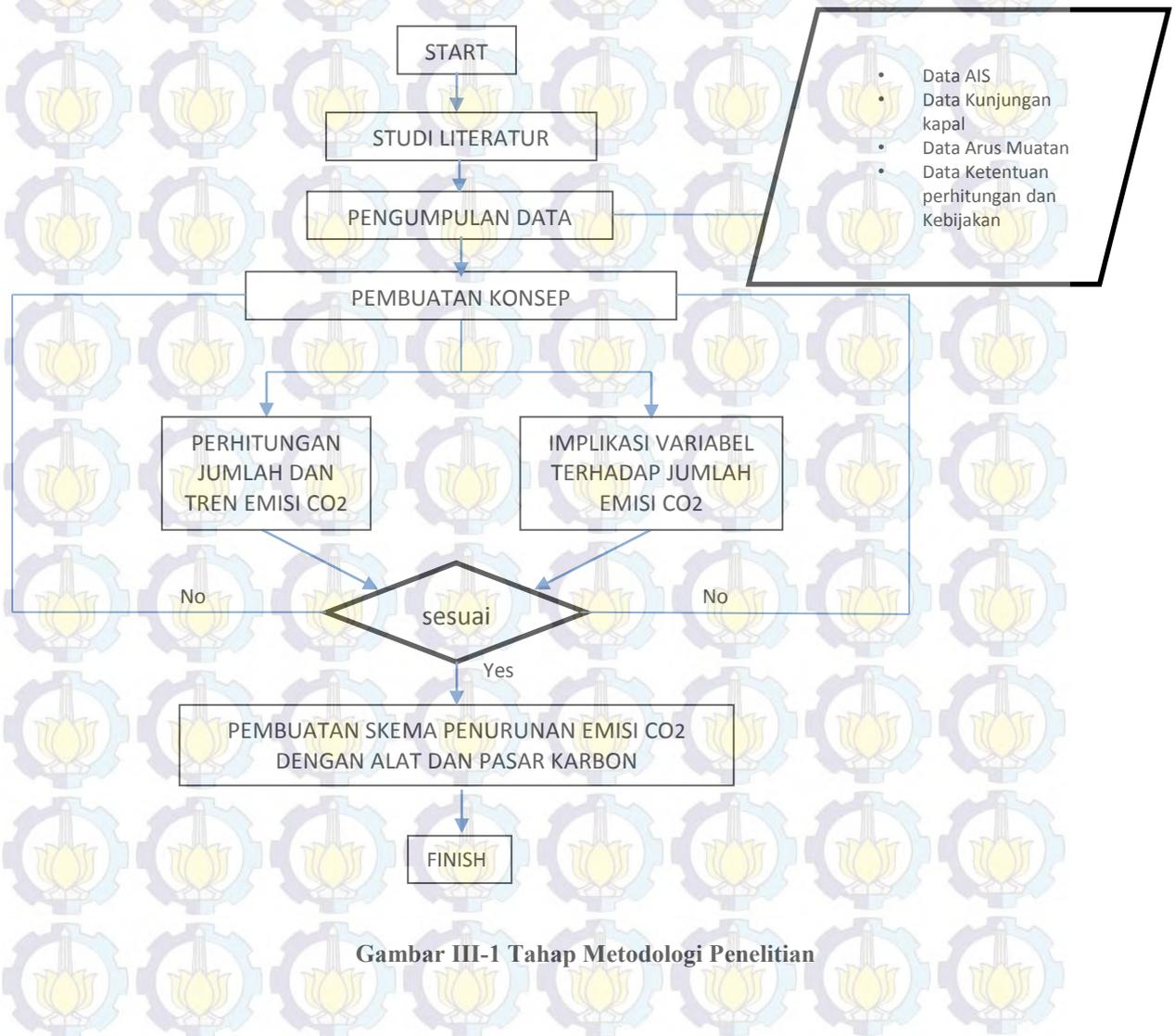
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Pendahuluan

Metodologi penelitian berisikan tentang langkah pengerjaan tugas akhir yang direncanakan oleh penulis beserta dengan metode pengerjaannya. Sistematika dari alur pengerjaan digambarkan dengan kerangka pikir (*flow chart*) untuk memudahkan dalam memahami model yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir.

III.2. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan tugas akhir ini yang ditunjukkan pada gambar flowchart



Gambar III-1 Tahap Metodologi Penelitian

III.3. Model Pengerjaan

Model yang digunakan untuk mengerjakan penelitian ini adalah model yang sudah ada dan telah diterapkan pada kasus serupa di berbagai negara. Dengan menambahkan beberapa variabel yang diambil dari wilayah studi kasus, maka didapatkan suatu penelitian yang baik dan menggambarkan kondisi sebenarnya.

Langkah-langkah berikut merupakan penjelasan dari diagram alir pada sub bahasan sebelumnya :

- Pengumpulan Data

Data didapat dari survey di stasiun radio pantai distrik navigasi kelas 1 Tanjung Perak Surabaya, selain itu juga dari database kapal Biro Klasifikasi Indonesia, serta sumber internet.

- Pembuatan Konsep

1. Menentukan model perhitungan jumlah emisi karbon dioksida

Model perhitungan ini menggunakan model *activity based bottom up* yaitu dengan menghitung terlebih dahulu konsumsi bahan bakar dari pergerakan kapal.

2. Menentukan model perhitungan jumlah dan tren emisi karbon dioksida

Dengan jumlah konsumsi bahan bakar yang telah didapat, maka dapat dicari jumlah emisi dengan memasukkan faktor emisi karbon dioksida. Setelah itu dengan pendekatan regresi didapatkan tren berdasarkan data kunjungan kapal dan ukuran GT kapal.

3. Menentukan Implikasi

Dengan memasukkan nilai *social cost of carbon* maka dapat dihitung implikasi pencemaran secara ekonomi. Garis besar dari *social cost of carbon* adalah setiap emisi yang terjadi akan mempengaruhi keberlangsungan kehidupan manusia sehingga meningkatkan biaya-biaya untuk pemeliharaan kesehatan dan lain sebagainya.

4. Menentukan model serta skema untuk penurunan jumlah emisi karbon dioksida

Skema yang digunakan adalah skema karbon nusantara dan digabungkan dengan skema penalti insentif yang dirancang oleh penulis berdasarkan studi literatur skema yang telah ada di negara lain.

- Penarikan Kesimpulan

BAB IV GAMBARAN UMUM

IV.1. Pelabuhan Tanjung Perak

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan primer kedua di Indonesia setelah Pelabuhan Tanjung Priok. Secara geografis pelabuhan ini terletak pada 1120 32' 22'' BT dan 070 11'54'' LS. Perannya sangat strategis dalam kolektor dan distributor muatan di Kawasan Indonesia Timur.

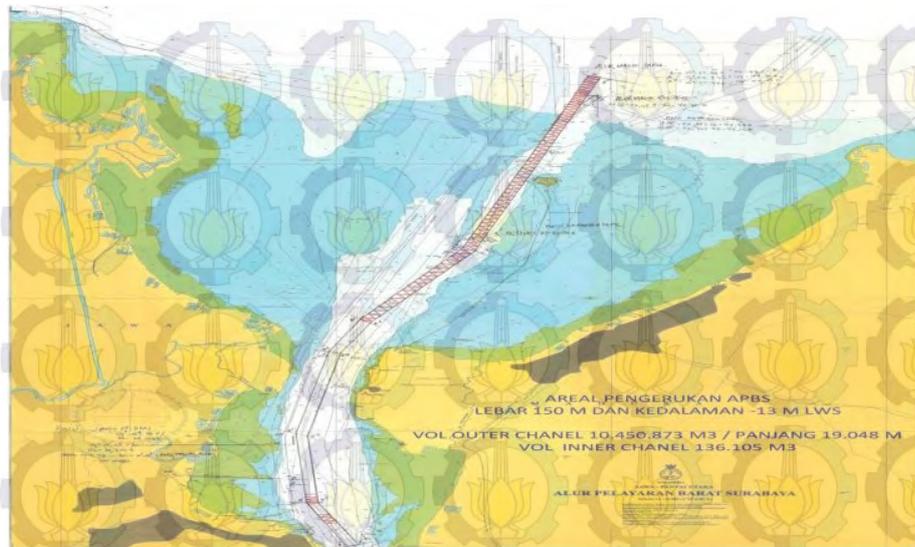
Secara umum, terdapat dua jalur masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak:

1. APBS (Alur Pelayaran Barat Surabaya)

Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan pintu masuk utama menuju Pelabuhan Tanjung Perak dan sekitarnya. Alur pelayaran ini memiliki panjang 25 mil laut, lebar 100 meter dan kedalaman minus 9 meter *low water spring* (LWS). Hal tersebut memungkinkan hanya terdapat satu jalur perlintasan, kondisi kapasitas APBS yang tersedia adalah 27 ribu gerakan kapal. Dengan realisasi jumlah kapal yang melintas melalui APBS pada tahun 2013 telah mencapai 43 ribu gerakan mengakibatkan terbatasnya ruang gerak kapal. Keterbatasan ini menyebabkan alur tidak mampu dilewati kapal dengan draft lebih dari 8,5 meter.

Pengembangan mulai dilakukan pada tahun 2014 untuk mendukung navigasi kapal-kapal yang lebih besar agar dapat masuk ke Tanjung Perak. Pada tahap awal Pelindo III selaku pemegang hak atas pengoperasian APBS melakukan pelebaran alur dari 100 meter menjadi 150 meter dan pendalaman alur hingga minus 13 meter LWS. Diharapkan pada 2015 akan lebih banyak kapal-kapal besar yang bisa masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak.

Pusat stasiun navigasi untuk alur pelayaran barat surabaya adalah di karang jemuang. Setiap kapal wajib melaporkan kapalnya yang akan masuk ataupun keluar dari Tanjung Perak dan sekitarnya kepada stasiun karang jemuang untuk keselamatan pelayaran.



Gambar IV-1 Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS)

1. APTS (Alur Pelayaran Timur Surabaya)

Alur Pelayaran Timur Surabaya merupakan pintu masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak dan kawasan timur dari Provinsi Jawa Timur. Alur pelayaran ini memiliki panjang 22,5 mil laut dan kedalaman minus 2,5 hingga minus 5 meter *low water spring* (LWS). Pusat stasiun navigasi untuk alur pelayaran barat surabaya adalah di karang kleta.



Gambar IV-2 Alur Pelayaran Timur Surabaya (APTS)

Pada penelitian ini, yang menjadi studi kasus adalah Jalur Pelayaran Selat Madura. Oleh karena itu, pengumpulan data dan analisis yang dilakukan hanya diambil dari Alur Pelayaran Barat Surabaya. Hal ini sekaligus menjadi batasan penelitian.

IV.2. Kunjungan Kapal

Dari data yang diperoleh dari Pelabuhan Tanjung Perak. Jumlah kedatangan kapal mengalami fluktuasi dari tahun 2009-2013. Beberapa jenis kapal memiliki kecenderungan jumlah kunjungan yang bervariasi. Kapal Petikemas misalnya, dari tahun 2009 hingga 2013 jumlah kunjungan kapal jenis ini paling banyak terjadi pada tahun 2012 dengan 4.925 unit. Sedangkan paling sedikit terjadi pada tahun 2010 dengan jumlah kunjungan 4.645 unit.

Jumlah Kedatangan Kapal Tanjung Perak (unit/Tahun)



Gambar IV-3 Grafik Kunjungan kapal per tahun Pelabuhan Tanjung Perak diolah kembali

Berdasarkan rata-rata jumlah kunjungan kapal per jenis kapal dapat dilihat pada tabel berikut.

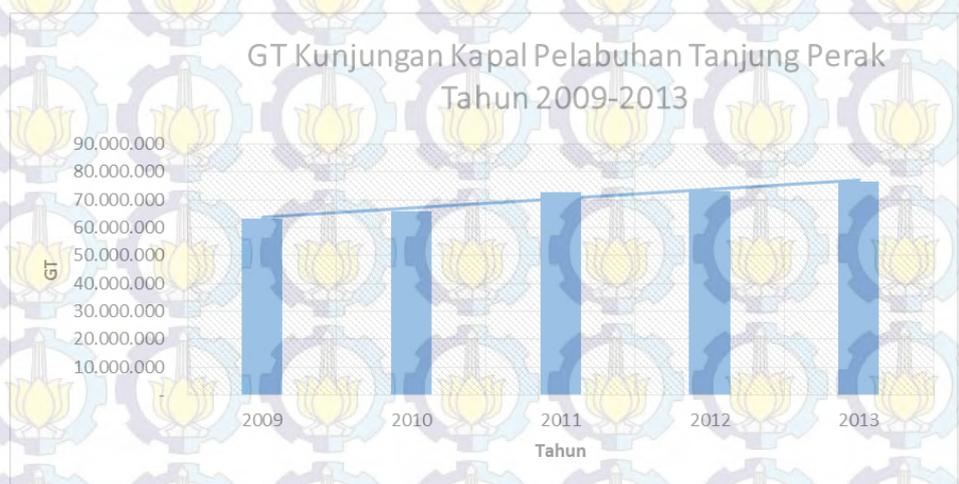
Tabel IV-1 Tabel Jumlah Kunjungan Kapal Berdasarkan Jenis Kapal

Jenis Kapal	Jumlah /tahun					Rata-rata
	2009	2010	2011	2012	2013	
Kapal Petikemas	4.887	4.645	4.749	4.925	4.829	4.807
Kapal Kargo Non Petikemas	2.591	2.263	3.035	3.361	3.018	2.854
Kapal Penumpang	1.346	1.396	1.095	1.419	1.552	1.362
Kapal Tanker	2.341	2.367	1.809	1.381	1.453	1.870
Kapal Lain	3.909	3.527	3.429	3.687	3.346	3.580
Total	15.074	14.198	14.117	14.773	14.198	14.472

Ukuran kapal di Pelabuhan Tanjung Perak mengalami banyak perubahan, yakni kapal yang datang semakin besar meski dari sisi jumlah mengalami penurunan. Dengan demikian, muatannya semakin besar seiring dengan revitalisasi Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS).

Langkah revitalisasi Alur Pelayaran Barat Surabaya menjadi alur yang sangat penting dan merupakan salah satu yang paling ramai di Indonesia. Banyak dampak positif yang akan terjadi dari pengembangan alur tersebut. Seperti yang terjadi saat ini adalah semakin

meningkatnya ukuran kapal yang datang ke Pelabuhan Tanjung Perak. Peningkatan tersebut dapat dilihat dari grafik berikut.



Gambar IV-4 Grafik GT kunjungan kapal Pelabuhan Tanjung Perak tahun 2009-2013

Berdasarkan jenis kapalnya, jumlah GT kapal yang paling banyak adalah kapal petikemas diikuti oleh kapal tanker, kapal penumpang, kapal kargo non petikemas dan kapal lain.

IV.3. *Automatic Identification System (AIS) Stasiun Radio Pantai Surabaya*

Stasiun radio pantai Surabaya (SRPOP) merupakan salah satu divisi yang berada di bawah Kementerian Perhubungan Distrik Navigasi Kelas I Surabaya. Stasiun Radio Pantai ini bertugas untuk pengaturan dan pengawasan lalu-lintas kapal yang masuk dan keluar dari perairan wilayah Pelabuhan Tanjung Perak. Setiap kapal yang masuk wajib melaporkan melalui saluran radio pada Stasiun radio pantai ini untuk menjaga keamanan dan keselamatan transportasi laut.



Gambar IV-5 Vessel Traffic System (VTS)

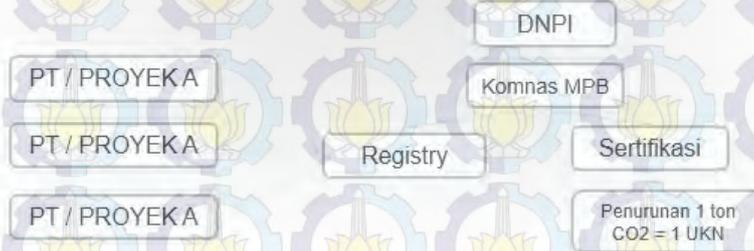
misalnya monitoring pencemaran yang disebabkan oleh kapal, hingga identifikasi terhadap kapal-kapal yang melanggar aturan.



Gambar IV-7 Prosedur sandar kapal dengan bantuan tugboat yang terekam di VTS

IV.4. Skema Karbon Nusantara (SKN)

Skema Karbon Nusantara adalah suatu mekanisme sertifikasi dan registrasi hasil kegiatan penurunan emisi gas rumah kaca. Mekanisme ini bersifat sukarela (voluntary): tidak ada kewajiban bagi siapapun untuk mengikutinya.



Gambar IV-8 Skema karbon nusantara (SKN)

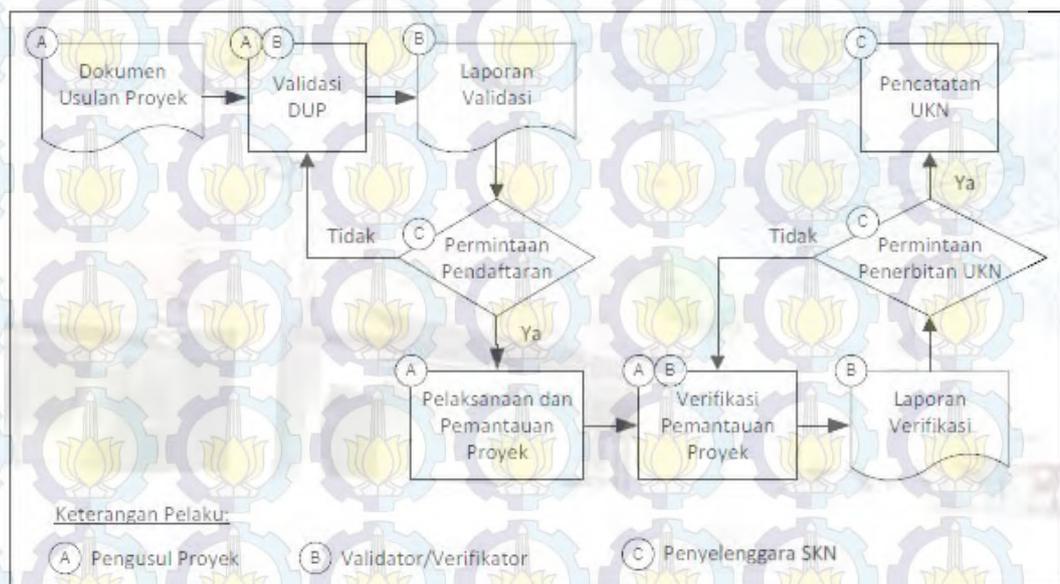
Hasil dari skema ini adalah sertifikat kredit karbon yang bernama Unit Karbon Nusantara (UKN). Beberapa sifat dari UKN adalah:

- Satu UKN adalah setara penurunan 1 ton emisi gas karbon dioksida.

- UKN yang dihasilkan akan dicatat dalam basis data registry SKN dan dapat digunakan untuk menggantikan emisi gas rumah kaca yang dilepaskan (carbon offset) oleh si pemilik UKN.
- Kepemilikan UKN dapat dipindah-tangankan antara sesama pengguna registry.
- UKN yang telah diterbitkan akan menjadi bukti keberhasilan kegiatan secara terukur.
- UKN yang didapat juga dapat diperjualbelikan sebagai pendapatan bagi kegiatan tersebut.

Kegiatan penurunan emisi gas rumah kaca yang telah dilakukan akan mendapatkan pengakuan dan jaminan bahwa kegiatan tersebut telah berhasil menurunkan emisi gas rumah kaca dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*).

Alir proses seperti CDM, dengan validasi/verifikasi oleh pihak ketiga sesuai SNI ISO 14064-2 dan 14065.



Gambar IV-9 Alur proses verifikasi dan validasi SKN

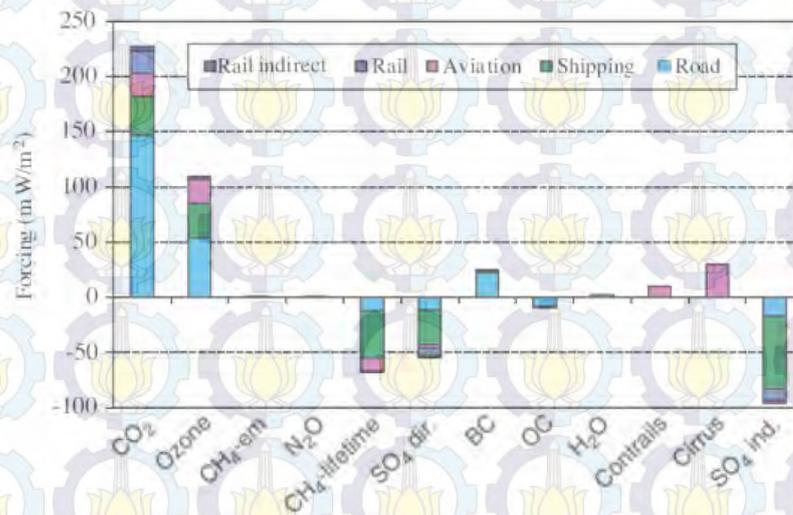
IV.5. Emisi Gas Rumah Kaca pada Kapal

Seperti telah dibahas dalam bab sebelumnya bahwa kelompok gas rumah kaca ada 6 yaitu karbon dioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitrat Oksida(NO₂), Perfluorokarbon (PCFs), Hidrofluorokarbon(HCFs) dan Sulfurheksafluorida (SF₆). Keenam gas tersebut dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, baik dari proses industri maupun transportasi.

Pada kapal, secara umum yang digunakan adalah mesin diesel sehingga gas buang yang dihasilkan akan mengandung keenam jenis gas rumah kaca tersebut. Besarnya prosentase

jumlah kandungan masing-masing gas dari sistem pembakaran kapal tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan.

Potensi pemanasan global dihitung berdasarkan besarnya *radiative forcing* dari masing-masing jenis gas buang. *Radiative forcing* yang bernilai positif berdampak pada pemanasan global sedangkan yang bernilai negatif berdampak pada pendinginan. Besarnya *radiative forcing* beberapa moda transportasi (berdasarkan jurnal A&NZ Mar LJ – 2010) dapat dilihat dalam grafik berikut:



Gambar IV-10 Radiatif forcing sektor transportasi tahun 2000, Fuglestvedt et al. ²⁾

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa karbon dioksida memiliki *radiative forcing* yang paling besar sehingga hal ini menjadi alasan pentingnya perhitungan terhadap pencemaran karbon dioksida.

²⁾ Jan Fuglestvedt et al, 'Climate Forcing from the Transport Sectors' (2008) 105(2) Proceedings of the National Academy of Sciences 454

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

V.1. Konsep Perhitungan

Pada bahasan kali ini, perhitungan tidak hanya memberikan gambaran mengenai kondisi pencemaran udara dan lingkungan di wilayah penelitian, akan tetapi juga memberikan gambaran terhadap bidang lain seperti aktivitas pelayaran, efisiensi kapal, pola operasional kapal yang terjadi, kemajuan teknologi, hingga arah kebijakan.

Perhitungan yang akan dibahas dalam sub bahasan ini meliputi:

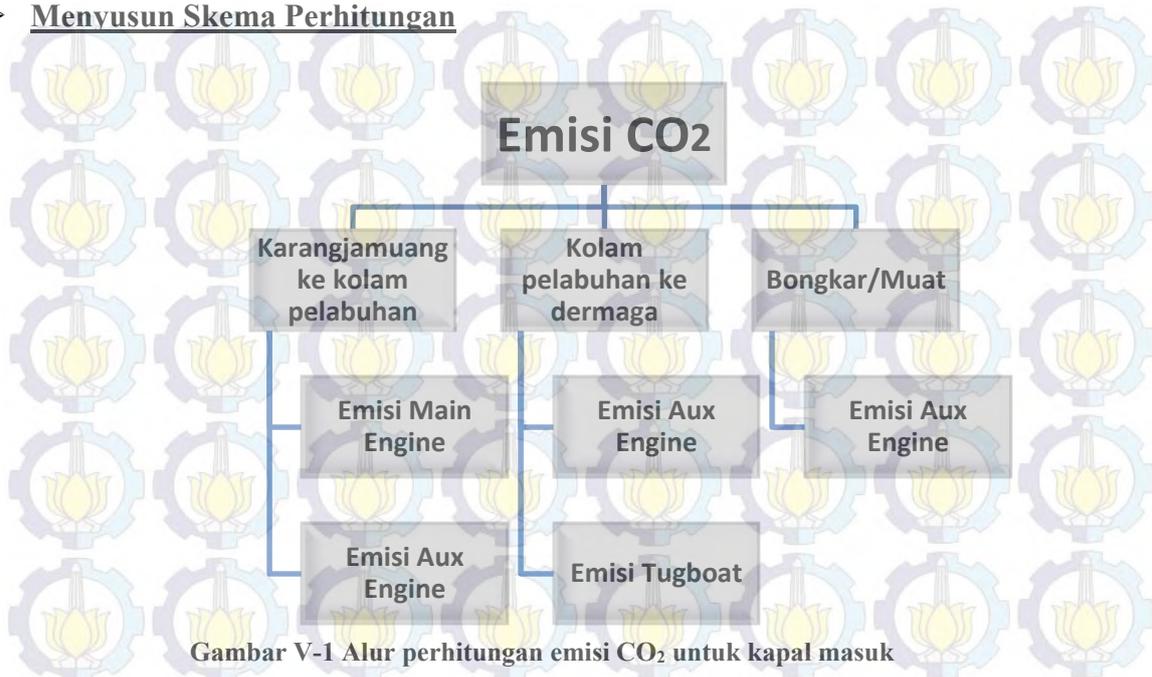
- Perhitungan konsumsi bahan bakar rata-rata yang dihasilkan berdasarkan kategori kapal berdasarkan aktivitas kapal di wilayah Pelabuhan Tanjung Perak
- Perhitungan Emisi CO₂ Kapal berdasarkan aktivitas kapal di wilayah Pelabuhan Tanjung Perak atau Selat Madura
- Perhitungan Biaya atas emisi CO₂ didasarkan pada nilai *Social Cost of Carbon* yang diambil dari penelitian *IWG*
- Perhitungan proyeksi emisi CO₂ dari tahun 2009 hingga tahun 2020
- Analisis hubungan antar variabel yang terkait dengan jumlah emisi CO₂ hasil dari perhitungan CO₂

Beberapa data yang dibutuhkan untuk perhitungan diambil dari berbagai sumber meliputi; Data dari website pelindo III, Data real time kapal dan pergerakannya dari AIS dalam hal ini menggunakan data dari AIS stasiun radio pantai Surabaya untuk data kapal lebih lengkap mengambil dari ship register Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Data mesin yang lengkap juga dibutuhkan untuk menghasilkan ketepatan dalam hasil penelitian.

V.2. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar adalah awal perhitungan yang sangat penting dalam memperkirakan besarnya emisi. Langkah perhitungan pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

➤ Menyusun Skema Perhitungan



Gambar V-1 Alur perhitungan emisi CO₂ untuk kapal masuk

Diasumsikan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dari jumlah emisi kapal masuk ataupun kapal keluar sehingga dapat dihitung total emisi sekali roundtrip sebagai berikut:

Total Emisi karbon dioksida (roundtrip karangjaluang-kolam pelabuhan-bongkar/muat) = 2 x Emisi Kapal Masuk

➤ Menentukan Sampel

Rumus Slovin :

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

n=sampel

N=populasi

e=tingkat kesalahan, misal 10%

Dari data jumlah kunjungan rata-rata kapal per tahun didapatkan nilai N= 14.472,

e=10% maka didapat n=100.

Proporsi sampel yang didapat :

- Kapal Petikemas = 33 unit,
- Kapal Kargo non petikemas = 20 unit,
- Kapal Penumpang = 9 unit,
- Kapal Tanker = 13,
- Kapal lain = 25

Mencatat Data Pergerakan Kapal dari AIS

Nama Kapal	: Mentaya River
IMO	: 7928237
Kecepatan aktual	: 4,6 knot
Tahun Pembuatan	: 1981



Mencari data yang lebih lengkap di BKI

DWT	: 5.313 ton
GT	: 4.152 ton
Panjang Kapal	: 101 m
Kecepatan Dinas	: 12,5 Knot

Data Main Engine										
MAIN ENGINE										
Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service(kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	
1	4	9	diesel	600	3670	2737,82	225	1981	MAK	

Data Aux Engine					
AUXILLIARY ENGINE					
Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie
3	385	287,21	230	1981	MAN

Menghitung Daya Aktual(kW)

Daya $\sim V^3$

Daya Aktual/(kecepatan aktual)³ = Daya service / (kecepatan dinas)³

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktual} &= \{ \text{Daya service} \times (\text{kecepatan aktual})^3 \} / (\text{kecepatan dinas})^3 \\ &= \{ 2737,82 \times (4,6)^3 \} / (12,5)^3 \\ &= 136,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

Menghitung SFOC

Dari tabel IMO maka SFOC

Main Engine dengan power 2738 kW tahun 1981 didapat SFOC= 225 g/kWh,

Aux Engine dengan power 287 kW didapat = 230 g/kWh

Menghitung Fuel Consumption (FC)

$$FC = \text{Daya Aktual} \times \text{SFOC} \times t$$

Sebelum menghitung konsumsi bahan bakar (FC), maka dihitung terlebih dahulu waktu tempuh kapal saat masuk alur pelayaran:

Dari Karangjumuang ke kolam pelabuhan :

$$t = s/v = 19 \text{ nm}/4,6 \text{ knot} = 4,13 \text{ jam}$$

Dari kolam pelabuhan ke dermaga

$$t = s/v = 1,5 \text{ nm}/ 2 \text{ knot} = 0,75 \text{ jam}$$

Waktu bongkar muat

$$t = \text{jumlah muatan}/(\text{jml.alat} \times \text{kec.bongkar muat}) = 332/(2 \times 20) = 8,3 \text{ jam}$$

Maka didapatkan konsumsi bahan bakar:

Karangjumuang-Kolam		Kolam-Dermaga		Bongkar Muat	Total FC (ton)
FC Main Engine	FC Aux engine	FC Aux engine	FC dari tugboat	FC Aux engine	
0,126802155	0,003855691	0,000405862	0,00349128	0,054838742	0,189393731

V.3. Perhitungan Emisi Karbon dioksida

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (ton)} = \text{FC} \times \text{Faktor Emisi CO}_2$$

$$\text{Faktor Emisi} = 3,206 \text{ ton CO}_2/\text{ton Fuel}$$

Maka didapat besarnya emisi kapal masuk hingga bongkar muat:

Karangjumuang-Kolam		Kolam-Dermaga		Bongkar Muat	Total Emisi (ton)
Emisi Main Engine	Emisi Aux engine	Emisi Aux engine	Emisi dari tugboat	Emisi Aux engine	
0,40652771	0,012361345	0,001301194	0,011193044	0,175813008	0,6071963

Perhitungan untuk kapal keluar dari tanjung perak diasumsikan tidak jauh berbeda dengan saat kapal masuk sehingga total emisi CO₂ = (2 x total emisi kapal masuk). Dari asumsi tersebut maka didapatkan total emisi karbon dioksida dari kapal Mentaya River sebagai berikut;

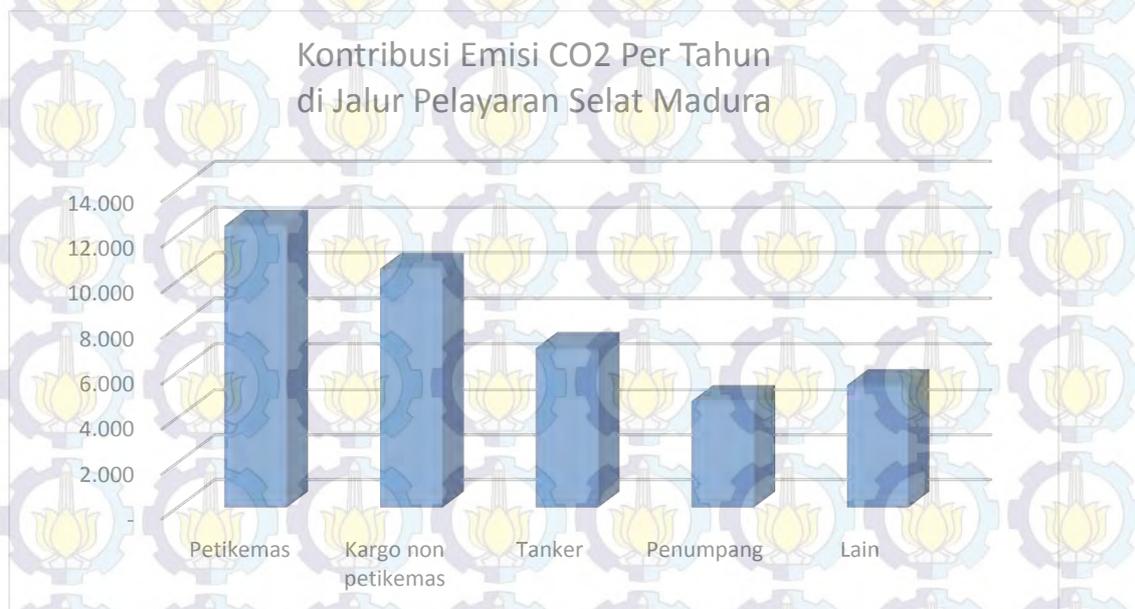
$$\text{TOTAL EMISI CO}_2 = 2 \times 0,6071963 = 1,2143926 \text{ ton}$$

Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan cara yang sama untuk jenis kapal lain sesuai dengan jumlah sampel yang ditentukan di awal penelitian. Beberapa data mengenai waktu bongkar/muat yang tidak didapatkan dari statistik bongkar/muat di Tanjung Perak maka diambil asumsi-asumsi. Perhitungan total emisi karbon dioksida untuk semua jenis kapal adalah sebagai berikut :

Tabel V-1 Hasil perhitungan total emisi karbondioksida rata-rata per tahun data sampel

Jenis Kapal	Jumlah Kapal Sampel(unit)	Total Emisi CO2 (ton)	Emisi CO2 (ton)/ kapal
Petikemas	33	79,13	2,40
Kargo non petikemas	20	73,74	3,69
Tanker	13	58,67	4,51
Penumpang	9	25,41	2,82
Lain	25	37,87	1,51
TOTAL	100	274,82	

Dengan membagi Total emisi CO₂ dengan jumlah kapal sampel, maka didapatkan jumlah emisi CO₂ untuk masing-masing jenis kapal. Nilai ini kemudian dimasukkan pada data jumlah kunjungan kapal berdasarkan tiap jenis kapal per tahun sehingga dapat diketahui jumlah emisi CO₂ real per tahun untuk masing-masing kapal .



Gambar V-2 Grafik Kontribusi tiap jenis kapal terhadap besarnya emisi per tahun

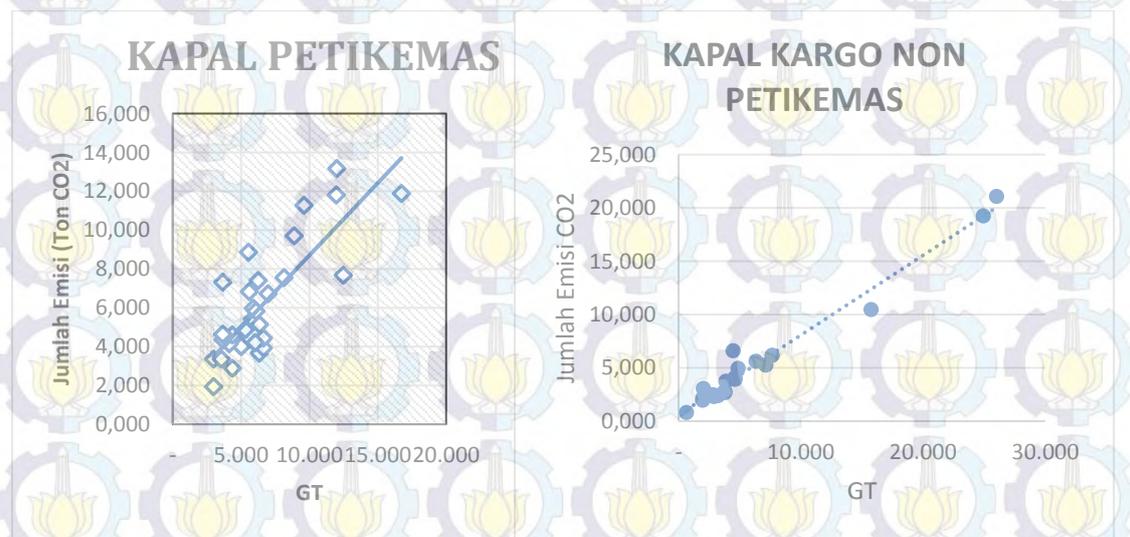
Berdasarkan grafik di atas, kapal petikemas merupakan jenis kapal yang menyumbang jumlah emisi karbon dioksida terbanyak hampir mencapai 12.000 ton per tahun. Sedangkan kapal penumpang menjadi kapal yang paling sedikit dalam jumlah emisi karbon dioksida dengan 4000 ton per tahun.

Meskipun dari segi jumlah total emisi per tahun kapal petikemas adalah yang paling banyak menyumbang emisi, namun bukan berarti emisi dari setiap kapal jenis ini adalah yang

terbesar. Jika dilihat dalam tabel sebelumnya, maka sebenarnya kapal tanker adalah jenis yang paling banyak menyumbang jumlah emisi di Jalur Pelayaran Selat Madura dengan 4,51 ton CO₂ per kapal. Kapal petikemas menjadi yang terbanyak menyumbang emisi karbon dioksida per tahun karena memang jumlah kunjungan kapal petikemas per tahun adalah yang paling banyak.

V.4. Analisis Hubungan Antar Variabel

V.4.1. Hubungan GT dengan Jumlah Emisi (Ton) CO₂



Gambar V-3 Grafik hubungan GT dengan jumlah emisi CO₂ (ton)

Dari grafik di atas didapatkan fungsi untuk mencari jumlah emisi CO₂ untuk masing-masing jenis kapal dengan regresi linier apabila GT kapal diketahui. Untuk hubungan Jumlah emisi CO₂ dengan variabel yang lain umumnya juga mengikuti fungsi linier.

Tabel V-2 Hubungan GT kapal dengan Jumlah Emisi (ton CO₂) tiap jenis kapal

Jenis Kapal	Fungsi	Variance (R ²)
Kapal Petikemas	$y = 0,0003x - 0,4089$	0,67
Kapal Kargo non Petikemas	$y = 0,0005x - 1,2159$	0,95
Kapal Tanker	$y = 0,0009x - 2,3693$	0,93
Kapal Penumpang	$y = 0,0001x + 0,3965$	0,84
Kapal Lain	$y = 0,0003x + 0,3786$	0,11

Kapal kargo non petikemas memiliki nilai koefisien determinasi (r²) yang paling baik diantara jenis kapal yang lain, artinya korelasi antara GT dengan jumlah emisi karbon dioksida untuk kapal ini sangat kuat. Sedangkan jenis kapal lain tidak memenuhi standar korelasi yang kuat. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak hal, salah satunya adalah kesalahan dalam penafsiran jenis kapal lain, kesalahan dalam pengambilan data sampel, dan lain sebagainya.

Sebagai contoh, pada perhitungan kapal petikemas Meratus Dili 5.553 GT, dalam perhitungan didapat jumlah emisi 1,609 ton. Ketika dimasukkan ke fungsi linier dari plotting grafik,

- Jumlah emisi CO₂ = 0,0003*(5553) – 0,4089 = 1,257 ton.
- Tingkat kesalahan = ((1,609-1,257)/1,609) x 100 % = 22 %

V.4.2. Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi (Ton) CO₂



Gambar V-4 Grafik Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi

Dari grafik di atas didapatkan fungsi untuk mencari jumlah emisi CO₂ untuk masing-masing jenis kapal dengan regresi linier apabila DWT kapal diketahui.

Tabel V-3 Hubungan DWT dengan Jumlah Emisi untuk masing-masing kategori kapal

Jenis Kapal	Fungsi	Variance (R ²)
Kapal Petikemas	$y = 0,0002x - 0,4113$	0,65
Kapal Kargo non Petikemas	$y = 0,0003x - 0,5706$	0,95
Kapal Tanker	$y = 0,0007x - 2,6792$	0,82
Kapal Penumpang	$y = 0,0003x + 0,5935$	0,39
Kapal Lain	$y = 0,0004x + 0,3566$	0,27

Dengan mengetahui persamaan-persamaan tersebut, akan sangat membantu dalam menentukan metode untuk perhitungan tren emisi karbon dioksida.

V.4.3. Faktor penyebab kenaikan jumlah emisi karbon dioksida

Perlu analisis yang lebih lanjut mengenai faktor-faktor penyebab kenaikan jumlah emisi. Salah satunya adalah analisis tentang pengaruh jumlah kapal dengan ukuran kapal

terhadap kontribusinya terhadap jumlah emisi. Pengaruh ukuran kapal terhadap jumlah emisi dapat dilihat berdasarkan contoh berikut:

Contoh analisis ukuran kapal terhadap jumlah emisi karbon dioksida

Kapal peti kemas 10.000 DWT.

Persamaan DWT dengan Jumlah Emisi untuk kapal petikemas :

$$y = 0,0002x - 0,4113$$

Skenario 1 : Penggunaan satu kapal 10.000 DWT

Skenario 2 : Penggunaan dua kapal 5.000 DWT

Skenario 3 : Penggunaan empat kapal 2.500 DWT

Hasil Perhitungan Emisi dari fungsi DWT untuk ketiga skenario di atas adalah:

Skenario 1		
Jumlah Emisi 1 Kapal 10.000 DWT		1,5887 ton
Skenario 2		
1 kapal 5000 DWT		0,5887 ton
Jumlah DWT 2 kapal 5000 DWT		1,1774 ton
Skenario 3		
1 Kapal 2500 DWT		0,0887 ton
Jumlah Emisi 4 kapal 2500 DWT		0,3548 ton

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui pengaruh ukuran kapal terhadap jumlah emisi karbon dioksida. Dengan 1 kapal 10.000 DWT maka emisi yang dikeluarkan adalah 1,5887 ton, jika kapal tersebut diganti dengan 4 kapal 2.500 DWT maka jumlah emisi yang dikeluarkan adalah 0,3548 ton. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar kapal-kapal yang datang maka akan semakin besar pula jumlah emisi yang dihasilkan.

Seperti dalam pembahasan sub bab sebelumnya bahwa didapat korelasi antara DWT dan GT adalah berbanding lurus positif, artinya kedua variabel tersebut sangat kuat korelasinya dengan jumlah emisi karbon dioksida. Melihat keterbatasan data yang didapat, dalam hal ini yang tersedia adalah data GT total dari kunjungan kapal ke Tanjung Perak dari tahun 2009 hingga tahun 2013. Oleh karena itu, dalam perhitungan tren emisi diambil dari persamaan GT kapal terhadap jumlah emisi.

Selain ukuran kapal, variabel lain yang berpengaruh dalam perhitungan jumlah emisi adalah kecepatan aktual kapal. Secara teori semakin cepat kapal maka semakin boros bahan bakar sehingga semakin tinggi emisi yang dihasilkan.

Contoh analisis pengaruh kecepatan terhadap jumlah emisi karbon dioksida

Kapal General Cargo

Persamaan kecepatan aktual dengan Jumlah Emisi *Main Engine* untuk kapal general cargo:

$$y = 0,835x^3 - 12,542x^2 + 62,505x - 102,77$$

Skenario 1 : Kecepatan aktual 6 knot

Skenario 2 : Kecepatan aktual 7 knot

Skenario 3: Kecepatan aktual 8 knot

Hasil perhitungan jumlah emisi karbon dioksida:

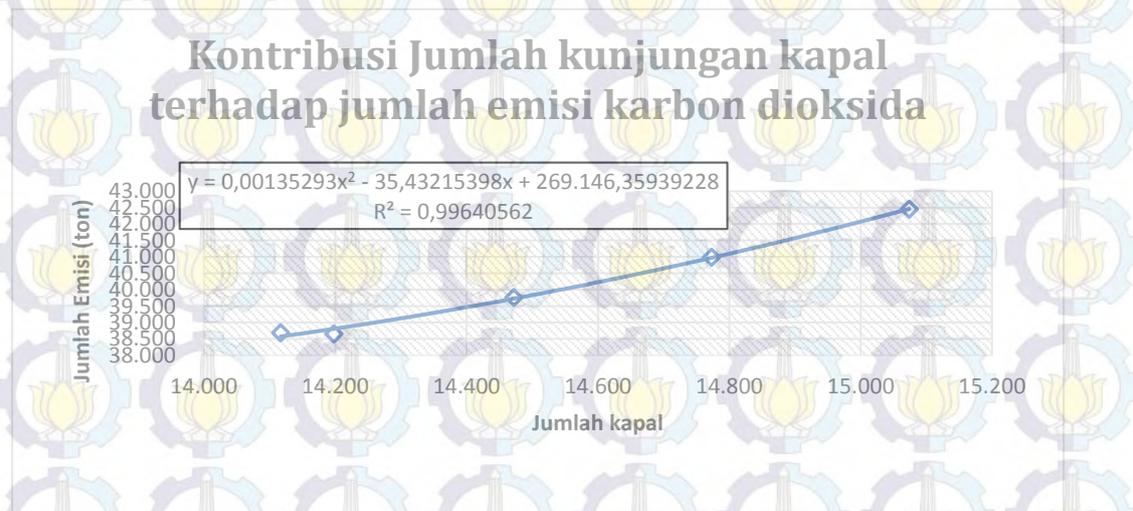
Skenario 1		
jumlah emisi :	1,108	ton
Skenario 2		
jumlah emisi :	6,612	ton
Skenario 3		
jumlah emisi :	22,102	ton

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui pengaruh kecepatan aktual terhadap jumlah emisi karbon dioksida. Dengan kecepatan 6 knot maka emisi yang dikeluarkan adalah 1,108 ton, jika mempercepat kapal menjadi 7 knot maka jumlah emisi yang dikeluarkan adalah 6,612 ton. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan aktual sangat besar pengaruhnya terhadap kenaikan jumlah bahan bakar yang otomatis juga menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, dikenal istilah *slow steaming* yaitu mempertahankan kapal pada limit kecepatan yang rendah dengan memperhitungkan keuntungan ekonomis yang akan didapat.

Dalam penelitian ini tidak dibahas lebih lanjut mengenai penerapan *slow steaming* dan berbagai skenarionya untuk penurunan emisi. Salah satu alasannya adalah daerah penelitian merupakan alur masuk ke Pelabuhan Tanjung Perak yang cukup padat sehingga pergerakan kapal sangat terbatas dan harus beroperasi dalam kecepatan rendah.

V.5. Perhitungan Tren Emisi Karbon dioksida

Jumlah CO₂ dari hasil penelitian *IMO GHG Study* terhadap pelayaran internasional menunjukkan bahwa akan terjadi peningkatan 150% hingga 300% pada tahun 2050 apabila tidak segera mendapat perhatian khusus. Sedangkan dalam penelitian ini nilai kenaikan emisi yang dihitung adalah untuk pelayaran domestik saja.



Gambar V-5 Grafik fungsi jumlah emisi terhadap jumlah kunjungan kapal per tahun

Dalam perhitungan tren emisi, awalnya adalah menentukan fungsi pertumbuhan jumlah kapal dari tahun ke tahun yang didapat dari persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Kapal} = -117,7 * (\text{tahun}) + 251166,7$$

Setelah itu, perhitungan dilanjutkan dengan menentukan fungsi pertumbuhan GT kapal dari jumlah kedatangan kapal, didapat persamaan:

$$\text{GT} = -6460,175822 * (\text{jumlah kapal}) + 163761809,9$$

Langkah terakhir adalah menentukan fungsi pertumbuhan jumlah emisi dari pertumbuhan GT kapal. Akan tetapi dihitung terlebih dahulu jumlah emisi pada tahun 2009-2013 untuk tiap-tiap kapal berdasarkan fungsi GT yang didapat untuk menghitung jumlah emisi. (Tabel V-2)

Hasil perhitungan emisi tiap jenis kapal tersebut kemudian dijumlahkan sehingga dapat diketahui jumlah emisi total tiap tahun dari 2009-2013 seperti ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel V-4 Jumlah emisi karbon dioksida tahun 2009-2013 dari fungsi GT

Tahun	Jumlah Kapal (unit)	Jumlah GT	Jumlah Emisi (ton CO ₂)
2009	15.074	63.248.150	22.789
2010	14.198	65.956.108	23.211
2011	14.117	72.730.588	26.260
2012	14.773	73.122.180	28.339
2013	14.198	76.293.701	28.920

Dari tabel tersebut didapatkan persamaan jumlah emisi karbon dioksida berdasarkan total GT kapal per tahun sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Emisi (ton CO}_2\text{)} = 0,000502353 * (\text{jumlah GT}) - 9396,818277$$

Untuk selanjutnya adalah peramalan jumlah emisi karbon dioksida dengan persamaan di atas. Peramalan dilakukan dengan periode 10 tahun maka didapatkan proyeksi jumlah emisi karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura dari tahun 2014 hingga tahun 2023 sebagai berikut:

Proyeksi Jumlah Emisi dari Aktivitas Pelayaran di Selat Madura 2014-2023



Dari grafik tersebut, kenaikan jumlah emisi karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura dari tahun 2009 hingga tahun 2023 adalah sebesar 7.698 ton atau meningkat sebesar 34%.

V.6. Perhitungan implikasi pencemaran karbon dioksida

Estimasi dari pencemaran karbon dioksida pada dasarnya cukup sulit dilakukan, karena sifat gas yang selalu bergerak. Selain itu, gas juga cenderung mudah bereaksi secara kimia pada suhu dan tekanan tertentu. Perlu pendekatan dengan variabel yang cukup kompleks untuk menghitung konsentrasi gas buang di ruang bumi, selain itu juga banyak ketidakpastian yang harus dimasukkan untuk mendapatkan nilai yang akurat.

Pada bahasan kali ini, implikasi yang dihitung oleh pencemaran karbon dioksida adalah dari sisi ekonomi. Pendekatan dilakukan dengan memasukkan nilai *Social Cost of Carbon* dari penelitian Pemerintah Amerika Serikat dalam *Interagency Working Group on Social Cost of Carbon 2010*, untuk kemudian dihitung terhadap studi kasus yang diambil yaitu pencemaran karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura.

Nilai yang cukup menggambarkan kondisi saat ini adalah pada discount rate 3% tahun 2015-2020 yaitu antara 37-43 atau diambil nilai tengahnya yaitu 40\$/mt CO₂. Discount rate disini adalah cara pakar ekonomi mengukur nilai mata uang dollar dari tahun ke tahun. Nilai tersebut dipakai sebagai acuan perhitungan *cost of carbon*.

Tabel V-5 Biaya Bahan Bakar rata-rata tiap jenis kapal

Jenis Kapal	Rata-rata Konsumsi BBM (liter)	Biaya Konsumsi BBM
Kapal Petikemas	473	Rp3.077.353
Kapal Kargo non Petikemas	677	Rp4.397.470
Kapal Tanker	1.025	Rp6.661.795
Kapal Penumpang	518	Rp3.366.915
Kapal Lain	278	Rp1.806.414

Dengan asumsi harga bahan bakar diesel oil Rp 6.500/liter maka didapatkan biaya konsumsi bahan bakar rata-rata untuk masing-masing kapal seperti pada tabel di atas. Konsumsi bahan bakar tersebut adalah konsumsi bahan bakar dari Karangjauang-Pelabuhan Tanjung Perak-Karangjauang.

Tabel V-6 Biaya Emisi per ton CO2

Jenis Kapal	Rata-rata Emisi CO2 (ton)	Rata-rata Emisi CO2 (metric ton)	Rata-rata Biaya Emisi CO2	Biaya per ton Emisi CO2
Kapal Petikemas	2,58	2,34	Rp 1.170.183	453.500
Kapal Kargo non Petikemas	3,69	3,34	Rp 1.672.166	
Kapal Tanker	5,59	5,07	Rp 2.533.189	
Kapal Penumpang	2,82	2,56	Rp 1.280.290	
Kapal Lain	1,51	1,37	Rp 686.900	

Dengan nilai *SCC* 40\$/mt CO₂ dan dengan asumsi nilai tukar satu dolar adalah Rp 12.500,- maka didapat biaya per ton CO₂ yaitu Rp 453.500,- . Artinya setiap ton karbon dioksida yang dikeluarkan oleh suatu kapal sama nilainya dengan Rp 453.500,-. Biaya atas karbon dioksida ini sebenarnya merupakan biaya yang muncul atas dampak atau kerugian yang ditanggung oleh masyarakat akibat adanya pencemaran karbon dioksida.

Dalam kaitannya dengan pencemaran di Jalur Pelayaran Selat Madura, biaya pencemaran karbon dioksida ini merupakan biaya yang ditanggung oleh kerugian-kerugian akibat emisi karbon dioksida di jalur pelayaran tersebut, misalnya biaya pengobatan atas gangguan kesehatan para *crew* kapal, biaya atas cuaca yang tidak menentu dan mengganggu operasional kapal, dll.

Tabel V-7 Social cost of carbon per tahun

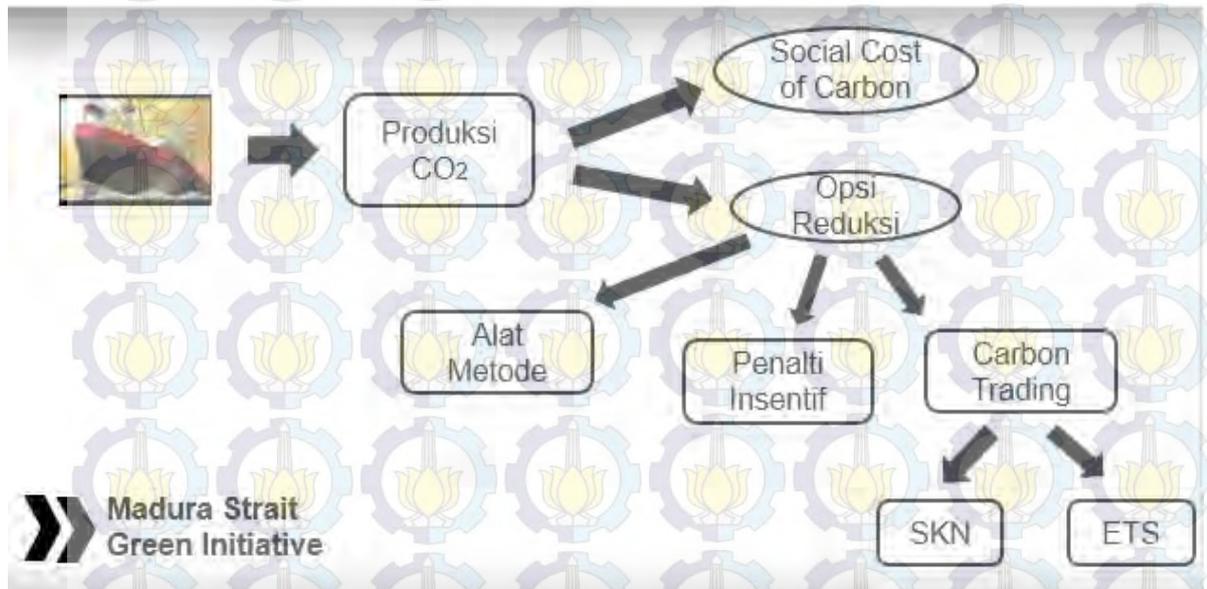
Jenis Kapal	Total Emisi CO2 (ton /tahun)	Social Cost of Carbon
Kapal Petikemas	12.404	Rp5.625.069.073
Kapal Kargo Non Petikemas	10.522	Rp4.771.691.575
Kapal Tanker	7.043	Rp3.194.172.448
Kapal Penumpang	4.718	Rp2.139.621.272
Kapal Lain	5.422	Rp2.458.827.935
Total	40.109	Rp18.189.382.302

Dari hasil perhitungan total emisi karbon dioksida untuk tiap jenis kapal, maka didapat total Social Cost of Carbon dari pergerakan kapal dari karangjaluang-perak-karangjaluang yaitu sebesar Rp 18.189.382.302,-. Besarnya biaya ini menunjukkan bahwa fakta dari sebuah polusi udara adalah adanya biaya yang tidak diperhitungkan dan cenderung diabaikan. Karena dampaknya memang tidak secara langsung kepada biaya operasional kapal-kapal tersebut.

Dengan adanya biaya atas emisi karbon dioksida ini maka dapat dilakukan perhitungan berdasarkan pendekatan ekonomi atas karbon dioksida yang dilepaskan ke udara pada Jalur Pelayaran Selat Madura. Selain itu, dengan adanya acuan biaya yang ditanggung atas emisi per ton karbon dioksida ini maka semua perhitungan karbon dioksida dapat dihitung kerugian dan

keuntungannya apabila diterapkan suatu skema pengurangan emisi di Jalur Pelayaran Selat Madura tersebut.

V.7. Skema reduksi karbon dioksida dengan pasar karbon



Gambar V-6 Skema Reduksi Karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura

Banyak cara untuk melakukan reduksi terhadap pencemaran karbon dioksida, salah satunya adalah dengan mekanisme pasar karbon. Seperti dibahas sebelumnya bahwa dalam skema pasar karbon terdapat dua mekanisme yaitu secara *trading* dan secara *crediting*.

Mekanisme trading biasanya dipakai pada pasar wajib dimana Pemerintah memberikan kuota terhadap emisi yang dikeluarkan suatu industri. Setelah itu bagi yang kuotanya tersisa, dalam hal ini tidak melewati batas yang ditetapkan akan mendapatkan keuntungan dapat menjual kuota yang dimilikinya. Sedangkan instansi yang kuotanya habis dan bahkan kekurangan kuota, wajib membayar kekurangan kuotanya. Mekanisme pasar yang paling terkenal dan banyak dicontoh oleh negara lain adalah *European Union Emission Trading System (EU ETS)*.

Mekanisme crediting biasanya dipakai pada pasar sukarela dimana tidak ada kewajiban untuk mengikutinya namun pasar ini menjadi tahap *Learning by doing* bagi negara-negara berkembang untuk mewujudkan *Sustainable Development*. Skemanya cukup sederhana yaitu dengan sistem registry dan sertifikasi. Setiap penurunan karbon dioksida satu ton dalam suatu proyek akan diberikan sertifikat penurunan emisi atau *Certified Emission Reduction (CER)*.

Dengan CER banyak keuntungan yang didapat, selain dapat diperjualbelikan, CER juga dapat dijadikan sebagai kebanggaan suatu perusahaan untuk bisa menarik investor karena industri tersebut mendukung program *Sustainable Development*. Mekanisme pasar yang paling terkenal adalah *Clean Development Mechanism* (CDM) dimana telah diterapkan di negara-negara seperti China, Korea Selatan, Thailand, Indonesia dll.

Secara teknis banyak sekali cara yang dapat dipilih untuk mengurangi pencemaran karbon dioksida antara lain; penggunaan bahan bakar yang efisien dan ramah lingkungan, rekayasa desain, hingga penambahan alat untuk pengurangan jumlah emisi. Dalam bidang perkapalan dan pelayaran, salah satu contoh alat yang dapat mengurangi emisi gas buang dari operasional kapal adalah *CSNOx System*.



Gambar V-7 CSNOx System

CSNOx System adalah sebuah alat yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik frekuensi sangat rendah (*Ultra Low Electromagnetic Wave*) untuk membersihkan gas buang dari hasil operasional kapal. Alat ini diklaim mampu menurunkan emisi tiga gas buang sekaligus dalam satu kali operasi yaitu CO₂, SO_x dan NO_x. Dari ujicoba yang dilakukan pada kapal Tanker 100.000DWT dari Singapore ke Timur Tengah dan telah diverifikasi hasilnya oleh *ABS(American Bureau of Shipping)* memberikan hasil sebagai berikut.

Kapal Tanker 100.000 DWT		
Main engine		11.000 kW
Investasi alat		300 Dollar/kW
1 Dollar		12.500 rupiah
Biaya Investasi		41.250.000.000 Rupiah
Biaya Operasional		1% dari biaya BBM
Hasil Reduksi	CO₂	77%
	SO₂	99%
	Nox	66%

Gambar V-8 Hasil uji coba penggunaan CSNOx System

Dengan pertimbangan kondisi pencemaran karbon dioksida yang semakin meningkat hingga mencapai 50.000 ton CO₂ pada tahun 2050, maka perlu dilakukan studi mengenai penerapan alat dan mekanisme pasar karbon untuk mengurangi emisi karbon dioksida pada Jalur Pelayaran Selat Madura dan mewujudkan program pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*) yang dicanangkan pemerintah.

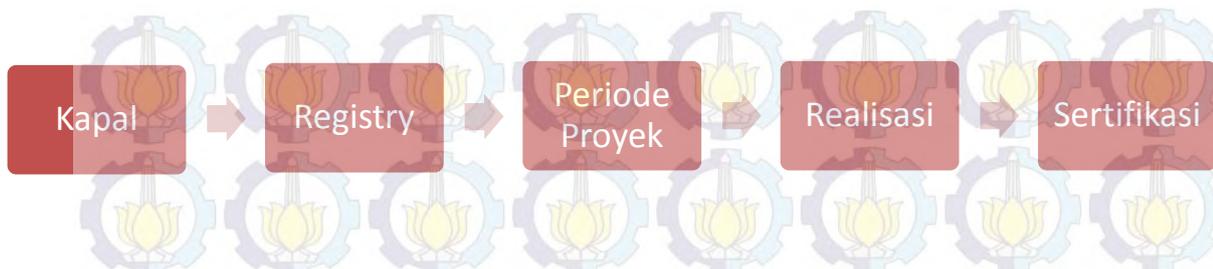
Selain itu, kajian ini juga dapat membuka paradigma baru dalam bidang transportasi laut bahwa dalam masa yang akan datang, akan muncul teknologi-teknologi yang mengarah kepada kelestarian lingkungan. Trend yang positif terhadap kelestarian lingkungan akan menjadi lini bisnis baru yang akan terus tumbuh mengedepankan pembangunan berkelanjutan.

V.7.1. Opsi Reduksi dengan Skema Karbon Nusantara (SKN)

Skema ini bersifat tidak wajib (*voluntary*) dan sedang dikembangkan oleh Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) sebagai satu-satunya skema yang merupakan produk rancangan Indonesia. Sistemnya hampir sama dengan skema CDM hanya saja SKN hanya berlaku untuk di Indonesia saja dengan produknya berupa UKN (Unit Karbon Nusantara), sedangkan CDM dapat masuk dalam perdagangan internasional dengan produknya berupa *CER* (*Certified Emission Reduction*).

Skema ini dapat diterapkan dalam industri-industri yang dikelompokkan oleh pemerintah untuk pencaangan pembangunan berkelanjutan. Sektor transportasi termasuk di dalam industri yang dimaksud, akan tetapi belum ada kajian proyek transportasi rendah emisi yang didaftarkan dalam Skema Karbon Nusantara tersebut. Oleh karena itu, selain sebagai opsi penurunan emisi di Jalur Pelayaran Selat Madura yang memiliki tren terus meningkat, penerapan Skema Karbon Nusantara pada industri pelayaran juga merupakan suatu peluang untuk mendapatkan insentif berupa penjualan UKN.

Kajian ini merupakan kajian yang sangat sederhana, yaitu dengan membandingkan kapal yang eksisting sekarang dengan kapal yang nantinya dipasang alat CSNO_x sebagai proyek penurunan emisi yang didaftarkan ke dalam SKN. Hal yang dibandingkan adalah biaya investasi untuk alat dengan potensi pendapatan yang didapat dari penjualan UKN.



Gambar V-9 Skema penerapan SKN pada kapal

Sebelum mendaftarkan pada registry SKN, kapal harus menghitung emisi karbon dioksida dengan metodologi yang terukur dan dapat dipertanggungjawabkan. Salah satu metodenya adalah dengan perhitungan emisi karbon dioksida berdasarkan aktivitas pergerakan kapal seperti telah dijelaskan pada penelitian ini.

Dalam penelitian ini telah dapat ditentukan jumlah emisi karbon dioksida dari fungsi DWT dan jenis kapal dari pergerakan di Jalur Pelayaran Selat Madura. Dari data persamaan DWT dengan jumlah emisi maka dapat ditentukan besarnya emisi suatu kapal.

Setelah mengetahui besar emisi suatu kapal pada Jalur Pelayaran Selat Madura maka dihitung jumlah UKN dari periode tertentu dalam proyek tersebut, misalnya dalam periode lima tahun. Dengan menghitung besarnya investasi alat dan potensi penjualan UKN yang terkumpul dari periode proyek tersebut maka akan dapat dibandingkan potensi pendapatan dari penjualan UKN dengan biaya investasi selama periode proyek tersebut.

Berikut adalah ilustrasi perhitungan potensi pendapatan dan biaya investasi alat untuk kapal peti kemas 5000 DWT.

Kapal	5000 DWT	Tanpa Alat		Dengan Alat	
		Tahun	Jumlah Emisi (ton)	Tahun	Jumlah Emisi (ton)
Jumlah Emisi (roundtrip krg.jamuang-perak)	0,5887 ton CO2				
Jumlah ShipCall/tahun	30 kali				
Biaya Investasi CSNOx	8.579.520.000 Rupiah	1	17,661	1	5,828
Umur ekonomis alat	20 tahun	2	17,661	2	5,828
Periode Proyek	5 tahun	3	17,661	3	5,828
Harga UKN(mengambil dari harga CER)	0,41 Euro	4	17,661	4	5,828
1 Euro	14.500 Rupiah	5	17,661	5	5,828
Setelah 5 Tahun			88,305		29,141
Potensi UKN	59 UKN				
Potensi Penjualan UKN	351.732 Rupiah				
Biaya Investasi CSNOx (5 tahun)	2.144.880.000 Rupiah				

Skema ini kemungkinan tidak cocok apabila diterapkan pada program penurunan emisi di Jalur Pelayaran Selat Madura. Dengan membandingkan potensi penjualan UKN setelah

periode proyek berakhir yaitu 5 tahun dengan biaya investasi untuk periode tersebut maka didapatkan hasil perbandingan yang sangat jauh, yaitu biaya investasi sebesar 2,4 milyar sedangkan potensi pendapatan hanya Rp 351.732,-

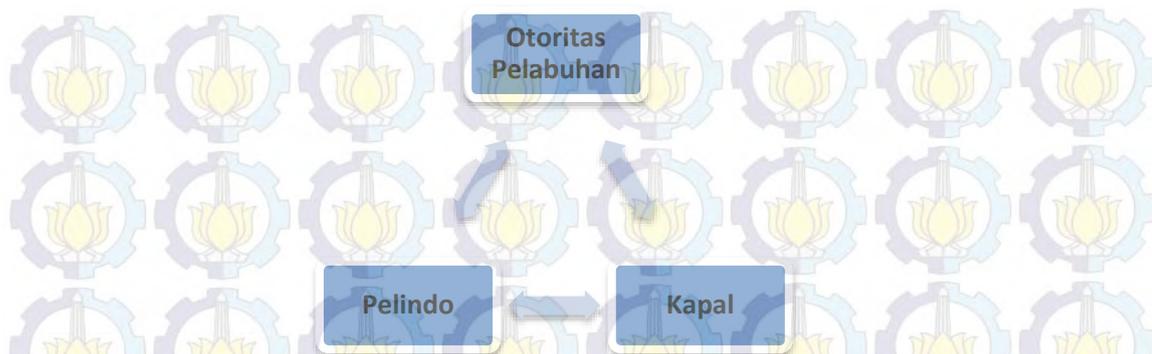
Tujuan dari ilustrasi tersebut adalah menggambarkan konsep Skema Karbon Nusantara apabila diterapkan pada kapal sehingga dalam perhitungan tersebut tidak sampai kepada langkah pengambilan keputusan. Banyak faktor yang mempengaruhi keterbatasan perhitungan antara lain:

- 1) Wilayah penelitian adalah wilayah pelabuhan sehingga jumlah emisi yang dihitung hanya sebagian kecil tidak menggambarkan pergerakan total suatu kapal dalam satu tahun.
- 2) Perhitungan dari awal hanya menentukan jumlah emisi dari karbon dioksida saja, tidak dihitung jumlah emisi dari gas rumah kaca yang lain hasil dari gas buang pergerakan kapal.
- 3) Belum ada harga yang terbentuk dari Skema Karbon Nusantara untuk 1 UKN sehingga menggunakan harga *CER* Pasar Eropa yang sebenarnya tidak ada korelasi dengan sistem UKN

V.7.2. Opsi reduksi dengan penerapan penalti dan insentif

Pada dasarnya opsi penalti insentif bisa bersifat wajib (*mandatory*) maupun sukarela (*voluntary*). Penalti insentif memiliki sifat yang lebih mengikat sehingga pada akhirnya menuju kepada suatu output desain kebijakan yang sifatnya wajib. Skema yang dibuat dalam penelitian ini mengacu pada beberapa skema penerapan penalti dan insentif di negara lain seperti Singapura, Amerika Serikat dan Uni Eropa.

Opsi reduksi dengan penalti insentif yang diterapkan pada studi kasus Jalur Pelayaran Selat Madura melibatkan beberapa pihak dengan kepentingan masing-masing sesuai dengan regulasi dari pemerintah (otoritas pelabuhan).



Gambar V-10 Diagram pemangku kepentingan dalam skenario penalti insentif di wilayah pelabuhan

Dalam kajian ini, sudut pandang penelitian adalah dari sisi kapal, sehingga perhitungan dan peraturan yang dirancang terfokus pada penerapan skema penalti insentif untuk kapal. Sebelumnya ikhtisar singkat tentang peran dan fungsi masing-masing pihak dalam bidang kepelabuhanan.

Dalam Permenhub no.. 63 Tahun 2010 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Kantor Otoritas Pelabuhan Otoritas Pelabuhan adalah wakil pemerintah di bawah kementerian perhubungan yang berperan sebagai regulator dan penyusun rencana induk pelabuhan. Salah satu tugas dari otoritas pelabuhan adalah menjaga kelestarian lingkungan pelabuhan.

Pelabuhan Indonesia (Pelindo) merupakan badan usaha pelabuhan (bup) yang bertindak sebagai operator dari kegiatan-kegiatan ekonomi di pelabuhan. Mengacu pada tugas dan fungsinya, maka dalam hal menjaga kelestarian pelabuhan, peran Pelindo juga sangat penting dalam skema penalti insentif terutama dalam hal tarif-tarif pelabuhan.

OTORITAS PELABUHAN

Ketentuan umum:

- o Aturan Penalti Insentif bersifat wajib bagi kapal-kapal berbendera Indonesia dan diterapkan oleh otoritas pelabuhan di seluruh Indonesia
- o Pemerintah menetapkan mandatory batas emisi karbon dioksida di wilayah pelabuhan sebesar 80% dari emisi eksisting tahun 2015, berlaku dari tahun 2016 hingga 2035.
- o Untuk kapal yang memasang alat untuk penurunan emisi karbon dioksida maka diberikan insentif berupa pembebasan pembayaran *social cost of carbon* dan insentif tambahan berupa pembiayaan atas investasi alat sebesar 10% per tahun selama masa ekonomis alat tersebut (tidak termasuk biaya operasional alat). Selain itu juga diberikan “sertifikat green” sebagai reward atas keberhasilan dalam mendukung *green shipping*.

- Untuk kapal yang tidak dapat menurunkan emisi karbon dioksida atau terkena batas emisi maka harus membayar penalti sebesar *social cost of carbon* yang ditimbulkan dari total hasil emisinya.

OPERATOR PELABUHAN (PELINDO)

Ketentuan umum:

- Mengikuti aturan dari otoritas pelabuhan kecuali dalam hal penalty dan insentif
- Untuk kapal yang memasuki wilayah pelabuhan dan dapat menurunkan jumlah emisinya di wilayah pelabuhan di bawah mandatory yang ditentukan pemerintah akan mendapat insentif pengurangan biaya pelabuhan sebesar 10% dari total biaya pelabuhan.
- Untuk kapal yang tidak dapat menurunkan emisi karbon dioksida atau terkena batas emisi maka harus membayar penalti sebesar 10% dari total biaya pelabuhan.

Dari ketentuan di atas, skema memunculkan biaya tambahan untuk kapal-kapal yang masuk ke wilayah pelabuhan serta memunculkan potensi pendapatan dari insentif yang diberikan. Biaya-biaya yang muncul dari penerapan skema penalti insentif di wilayah pelabuhan dapat digambarkan dari diagram berikut:



Gambar V-11 Biaya-biaya yang ditanggung kapal

Insentif yang diterima kapal dari penerapan skema penalti insentif di wilayah pelabuhan dapat digambarkan dari diagram berikut:



Gambar V-12 Insentif-insentif yang didapatkan kapal

Dalam penerapannya, monitoring adalah hal yang sangat penting untuk mengukur besarnya emisi karbon dioksida dari tiap-tiap kapal. Salah satu cara yang dapat diterapkan adalah dengan memasukkan metode perhitungan karbon dioksida pada AIS kapal. Sehingga

secara otomatis dapat dipantau besarnya pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas kapal tersebut.

Sebagai ilustrasi perhitungan penalti dan insentif, maka diambil contoh kapal yang menggunakan alat CSNOx dan kapal yang sama tetapi tidak menggunakan alat CSNOx. Dari skema yang telah dibuat kemudian akan dikaji keuntungan dan kerugian bagi kapal dengan kondisi tersebut.

Kapal A (Tanpa alat penurun emisi)

Jenis kapal : Peti Kemas

Ukuran : 5000 DWT

Jumlah muatan : 400 Teus

Jumlah shipcall : 30 kali/tahun

Wilayah Pelabuhan : Tanjung Perak (Karangjaluang-Perak-Karangjaluang)

Biaya-biaya : Biaya pelabuhan, Biaya bahan bakar, Biaya penalti, Social cost of Carbon

Perhitungan jumlah emisi dan konsumsi bbm:

Dari fungsi DWT dengan jumlah emisi yang didapat sebelumnya yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah emisi (ton CO2)} &= (0,0002 * \text{DWT}) - 0,4113 \\ &= (0,0002 * 5000) - 0,4113 \\ &= 0,5887 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi BBM (ton)} &= \text{jumlah emisi/faktor emisi} \\ &= 0,5887/3,206 \\ &= 0,1836 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari besarnya emisi dan konsumsi bahan bakar maka didapat biaya bahan bakar dan *social cost of carbon* dalam satu tahun sebagai berikut:

Social Cost of Carbon	Biaya BBM
Rp 8.009.264,-	Rp 42.125.610,-

Biaya pelabuhan dihitung dari tarif-tarif yang berlaku di Pelabuhan Tanjung Perak

Tarif Pelabuhan Tanjung Perak			
Jasa labuh	=	112	/GT/Kunjungan
Jasa Tambat	=	116	/GT/Kunjungan
Jasa pandu	=	225.000	per kapal/gerakan
Jasa Tunda	=		
s/d 3500 GT		670.500	per jam
3501-8000 GT		958.367	per jam
8001-14000 GT		1.443.149	per jam
140001-18000 GT		2.043.824	per jam
Tarif B/M		380.000	per teus



GT Kapal		5.014	GT
Waktu tunda		1,0	Jam
Biaya Labuh		561.568	Rupiah
Biaya Tambat		581.624	Rupiah
Biaya Pandu		225.000	Rupiah
Biaya Tunda		958.367	Rupiah
Biaya Bongkar/Muat		152.000.000	Rupiah
Total Biaya Pelabuhan		154.326.559	Rupiah

Dalam 1 tahun maka total biaya pelabuhan = 30 x Rp 154.326.559,- = **Rp 4.629.796.770,-**

Tabel V-8 Total Biaya dikurangi total insentif untuk kapal tanpa penggunaan alat CSNOx

Tahun	Kapal A (tanpa alat CSNOx)				OTORITAS PELABUHAN			TOTAL BIAYA	Total Insentif	Biaya-Insentif
	Emisi CO2 (ton)	Social Cost of Carbon	Biaya BBM	Biaya Pelabuhan	Emisi terkena penalti	Penalti	Penalti			
2015	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	0	-	0	4.671.922.380	0	4.671.922.380
2016	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	3,5	8.009.264	462.979.677	5.142.911.321	0	5.142.911.321
2017	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	3,5	8.009.264	462.979.677	5.142.911.321	0	5.142.911.321
2018	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	3,5	8.009.264	462.979.677	5.142.911.321	0	5.142.911.321
2019	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	3,5	8.009.264	462.979.677	5.142.911.321	0	5.142.911.321
2020	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770	3,5	8.009.264	462.979.677	5.142.911.321	0	5.142.911.321

Pada akhir periode yaitu tahun 2035,

- **Jumlah seluruh biaya dikurangi insentif = Rp107.530.148.791,-**
- **Jumlah emisi yang terkena penalti (wajib beli) = 70,6 ton**

Kapal B (dengan alat CSNOx)

Jenis kapal : Peti Kemas

Ukuran : 5000 DWT

Jumlah muatan : 400 Teus

Jumlah shipcall : 30 kali/tahun

Wilayah Pelabuhan : Tanjung Perak (Karangjaluang-Perak-Karangjaluang)

Biaya-biaya : Biaya pelabuhan, Biaya bahan bakar, Biaya Investasi alat, Biaya operasional alat

Insentif : Insentif dari OP, Insentif dari Pelindo

Ketentuan alat :

- Biaya investasi untuk kapal 5000 DWT = Rp 8.579.250.000
- Biaya operasional 1% dari konsumsi bahan bakar
- Mampu menurunkan emisi karbon dioksida sebanyak 77% dari kondisi eksisting
- Umur Ekonomis 20 tahun

Insentif dari Otoritas Pelabuhan

Insentif per tahun = 10% *(biaya investasi alat/20 tahun)

= Rp 42.896.250,-

Insentif dari Pelindo

Insentif per tahun = 10%*total biaya pelabuhan

= Rp 462.979.677,-

Tabel V-9 Total Biaya dikurangi total insentif untuk kapal dengan alat CSNOx

Kapal B (dengan alat CSNOx)							OTORITAS PELABUHAN		PELINDO	TOTAL BIAYA	TOTAL INSENTIF	Biaya-insentif
Tahun	Emisi CO2 (ton)	Biaya Emisi CO2	Biaya BBM	Biaya Pelabuhan	Biaya Operasional Alat	Capital cost alat CSNOx	Emisi terkena penalti	Insentif	Insentif			
2015	17,66	8.009.264	42.125.610	4.629.796.770		8.579.250.000	0	0	0	13.251.172.380	-	13.251.172.380
2016	4,24	1.922.223	42.125.610	4.629.796.770	421.256	-	-9,9	42.896.250	462.979.677	4.672.343.636	505.875.927	4.166.467.709
2017	4,24	1.922.223	42.125.610	4.629.796.770	421.256	-	-9,9	42.896.250	462.979.677	4.672.343.636	505.875.927	4.166.467.709
2018	4,24	1.922.223	42.125.610	4.629.796.770	421.256	-	-9,9	42.896.250	462.979.677	4.672.343.636	505.875.927	4.166.467.709
2019	4,24	1.922.223	42.125.610	4.629.796.770	421.256	-	-9,9	42.896.250	462.979.677	4.672.343.636	505.875.927	4.166.467.709
2020	4,24	1.922.223	42.125.610	4.629.796.770	421.256	-	-9,9	42.896.250	462.979.677	4.672.343.636	505.875.927	4.166.467.709

Pada akhir periode yaitu tahun 2035,

- **Jumlah seluruh biaya dikurangi insentif = Rp 96.580.526.563,-**
- **Jumlah emisi yang bisa dijual = 197,8 ton**

Dalam skema perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa total biaya yang harus ditanggung oleh kapal yang menggunakan alat CSNOx pada akhirnya akan lebih sedikit karena insentif yang diberikan cukup untuk membiayai besarnya investasi yang ditanggung oleh kapal. Namun dalam hal ini tidak dibuat analisis sensitivitas untuk besarnya insentif yang ditanggung oleh Pelindo dan Otoritas Pelabuhan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Rata-rata jumlah emisi karbon dioksida dari pergerakan kapal di Jalur Pelayaran Selat Madura menurut jenis kapal dari tahun 2009 hingga 2013 adalah sebagai berikut :

- Kapal petikemas = 9.853 ton CO₂
- Kapal kargo non petikemas = 3.716 ton CO₂
- Kapal tanker = 9.041 ton CO₂
- Kapal penumpang = 1.345 ton CO₂
- Kapal lain = 1.948 ton CO₂

Tren jumlah emisi karbon dioksida dari pergerakan kapal dari fungsi GT kedatangan kapal per tahun di Jalur Pelayaran Selat Madura 2009-2023 = 7.698 ton atau meningkat 34%.

Faktor penyebab kenaikan emisi meliputi :

- Ukuran kapal yang datang semakin besar dari tahun ke tahun
- Lamanya waktu bongkar/muat di pelabuhan

Implikasi yang harus ditanggung berupa *Social Cost of Carbon* untuk pencemaran 1 ton CO₂ oleh tiap kapal adalah Rp 453.500,-

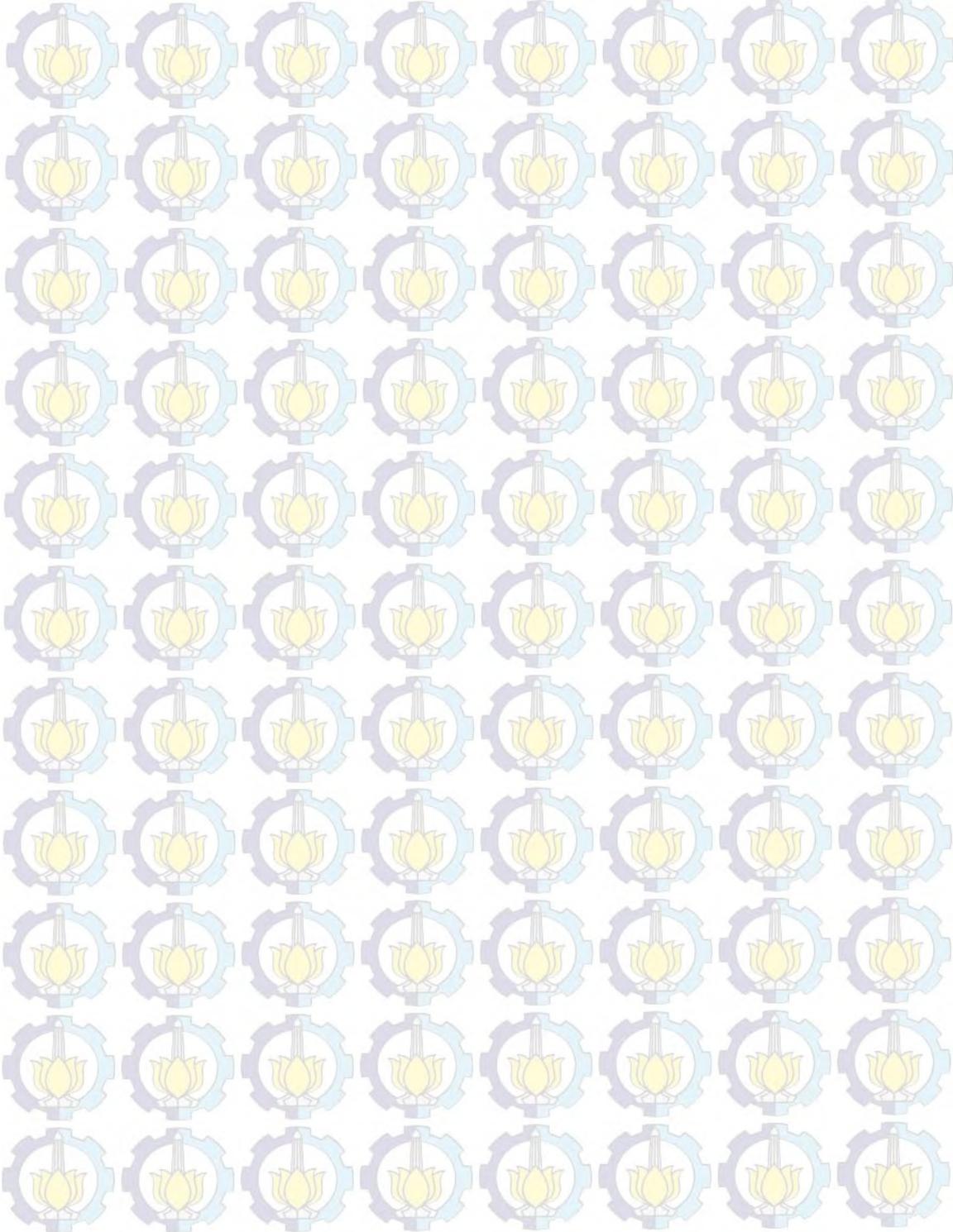
Dari dua opsi skema penurunan emisi karbon dioksida di Jalur Pelayaran Selat Madura, Skema Karbon Nusantara merupakan program yang tidak cocok diterapkan secara parsial/regional namun dapat digabungkan dengan skema lain sebagai pendukung.

Skema Penalti Insentif merupakan skema yang cocok untuk diterapkan secara parsial seperti di Jalur Pelayaran Selat Madura dengan catatan bahwa skema ini juga diterapkan di seluruh pelabuhan di Indonesia.

VI.2. Saran

Penelitian ini hanya memberikan analisis berdasarkan teknis dan operasional, sementara dari segi kebijakan dan ekonomis masih perlu penelitian lebih lanjut.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat pada penelitian selanjutnya, data primer yang lebih banyak.



LAMPIRAN
DATA KUNJUNGAN KAPAL

Jumlah kedatangan kapal Pelabuhan Tanjung Perak (unit/tahun)

Jenis Kapal	Jumlah /tahun					Rata-rata
	2009	2010	2011	2012	2013	
Kapal Petikemas	4.887	4.645	4.749	4.925	4.829	4.807
Kapal Kargo Non Petikemas	2.591	2.263	3.035	3.361	3.018	2.854
Kapal Penumpang	1.346	1.396	1.095	1.419	1.552	1.362
Kapal Tanker	2.341	2.367	1.809	1.381	1.453	1.870
Kapal Lain	3.909	3.527	3.429	3.687	3.346	3.580
Total	15.074	14.198	14.117	14.773	14.198	14.472

Jumlah GT kedatangan kapal Tanjung Perak (GT/Tahun)

Jenis Kapal	Jumlah /tahun					Rata2
	2009	2010	2011	2012	2013	
Kapal Petikemas	28.024.974	28.030.152	33.227.848	36.828.692	38.117.036	32.845.740
Kapal Kargo Non Petikemas	3.321.279	3.340.334	8.722.674	11.036.913	10.746.238	7.433.488
Kapal Penumpang	9.751.935	9.625.390	9.044.499	10.678.334	11.142.452	10.048.522
Kapal Tanker	13.488.460	15.078.601	13.637.798	11.046.541	13.999.985	13.450.277
Kapal Lain	8.661.502	9.881.631	8.097.769	3.531.700	2.287.990	6.492.118
Total	63.248.150	65.956.108	72.730.588	73.122.180	76.293.701	70.270.145

GT Rata-rata Tiap Jenis Kapal

Jenis Kapal	Jumlah /tahun					Rata-rata
	2009	2010	2011	2012	2013	
Kapal Petikemas	5.735	6.034	6.997	7.478	7.893	6.827
Kapal Kargo Non Petikemas	1.282	1.476	2.874	3.284	3.561	2.495
Kapal Penumpang	7.245	6.895	8.260	7.525	7.179	7.421
Kapal Tanker	5.762	6.370	7.539	7.999	9.635	7.461
Kapal Lain	2.216	2.802	2.362	958	684	1.804
Total	22.239	23.578	28.031	27.244	28.953	26.009

DATA ARUS BARANG PELABUHAN TANJUNG PERAK, ASUMSI DAN BATASAN

Data Arus Petikemas Pelabuhan Tanjung Perak (Cabang Perak, BJT, TPS)				Kapal Kontainer		
Unit	Jumlah/Tahun					Rata2
	2009	2010	2011	2012	2013	
Box	1.829.081	1.978.807	2.204.737	2.414.822	2.529.609	2.191.411
Teus	2.195.787	2.376.114	2.641.301	2.886.739	3.020.174	2.624.023

Data Arus Penumpang Pelabuhan Tanjung Perak				Kapal Penumpang		
Keterangan	Jumlah (orang) /Tahun					Rata2
	2009	2010	2011	2012	2013	
Debarkasi/turun	472.347	428.399	473.982	464.014	399.282	447.605
Embarkasi/Naik	465.450	489.637	506.871	432.302	335.518	445.956

Data Arus Barang Pelabuhan Tanjung Perak (Ton/m3)				Kapal Cargo Non Petikemas		
Keterangan	Arus barang (Ton/m3)					Rata2
	2009	2010	2011	2012	2013	
General Cargo	3.587.199	3.389.013	3.639.099	5.073.955	4.436.412	4.025.136
Bag Cargo	1.758.456	1.442.512	2.394.756	2.243.405	2.016.905	1.971.207
Curah Kering	5.426.082	6.856.868	8.348.454	7.522.133	7.309.804	7.092.668
Curah cair	2.137.064	1.713.609	2.361.782	2.385.290	2.179.216	2.155.392

Asumsi proporsi GT dgn TEUS	
GT	6.827
TEUS	546

Asumsi GT dengan Jumlah Penumpang	
GT	7.421
Jml. Penumpang	329

Asumsi proporsi GT dgn Muatan (untuk General cargo)	
GT	2.495
Muatan(Ton)	1411

Asumsi proporsi GT dgn Muatan (untuk Curah)	
GT	2.495
Muatan(Ton)	3.241

SPECIFIC FUEL OIL CONSUMPTION (SFOC)

Aturan SFOC Main Engine (Berdasarkan IMO GHG Study 2009)

Tahun Pembuatan Mesin	Power Terpasang (kW)		
	<5000	<=15000	>15000
Tahun 1983 ke bawah	225	215	205
setelah 1983 hingga 2000	205	195	185
setelah 2000	195	185	175

Aturan SFOC Auxilliary Engine (Berdasarkan IMO GHG Study 2009)

Tahun Pembuatan Mesin	Power Terpasang	
	diatas 800kW	800 kW ke bawah
Any	220	230

Jarak Tempuh

Karangjampung ke Kolam Pelabuhan	19 nautical mile
Kolam Pelabuhan ke Dermaga	1,5 nautical mile

FAKTOR EMISI

CO₂

The emission of CO₂ is proportional with the fuel oil consumption by following fuel specific emission rates (IMO, 2009):

Heavy Fuel Oil (HFO): 3.114 t per t oil
 Light Fuel Oil (LFO): 3.151 t per t oil
 Diesel Oil/Gas Oil (DO/GO): 3.206 t per t oil
 Liquefied Natural Gas (LNG): 2.750 t/t gas
 Liquefied Petroleum Gas (LPG): 3.000 t/t Propane and 3.003 t/t Butane
 LNG/DO: 2.78 t/t fuel (In some gas engines DO is used to ignite the gas in the combustion process by using 4 – 6 % diesel oil. The emission rate becomes: $(0.94 \cdot 2.75 + 0.06 \cdot 3.206) = 2.78$ t/t fuel)

Penggunaan Kapal Tunda										
Panjang (m)	Jumlah Kapal	BHP								
70-100	1	800								
100-150	2	1600-3400								
150-200	2	3400-5000								
200-300	3	5000-10000								
>300	4	10000								
				Main Engine						
Nama Kapal	Panjang	Tahun	GT	V.service	jml	BHP	Power(kW)	SFOC	Tahun	
ANOMANI	28,7	1975	170	10	2	1000	746,0	195	2008	
ANGGADA-XI	29,0	1986	202	10	2	400	298,4	205	1985	
JOYOBOYO I	28,0	2004	300	12	2	1300	969,8	195	2003	

BONGKAR/MUAT		
Kapal Petikemas		
Rata - rata Crane yang digunakan		
Panjang <100	1	buah crane/kapal
Panjang >100	2	buah crane/kapal
Kecepatan Bongkar muat		
	20	box/crane/jam

Jumlah Box di Atas Kapal	Beban Penuh (Ton)
1 Teus	20 Ton

Kapal General Cargo	
Kecepatan Bongkar muat Kapal General Cargo	
15 ton/gang/jam	General cargo
17 ton/gang/jam	Bag Cargo

Kapal Bulk Carrier	
Kecepatan Bongkar muat Kapal Bulk Carrier	
15 ton/gang/jam	General cargo
17 ton/gang/jam	Bag Cargo

Kapal Tanker	
Kecepatan Bongkar muat Kapal Tanker	
123,84 ton/jam	

Kapal Penumpang	
Kecepatan debarkasi/embarkasi	
400,00 orang/jam	

Kapal Lain
diasumsikan kapal hanya melakukan pergerakan terbatas (tugboat, supply vessel, crew boat, dll)

Sampel Jumlah Kedatangan Kapal			
Jenis Kapal	Sub Populasi	Proporsi Sampel	Jumlah yang diambil
Petikemas	4807	0,003321587	33
Kargo non Petikemas	2854	0,001971808	20
Penumpang	1362	0,000940851	9
Tanker	1870	0,001292289	13
Lain-lain	3580	0,002473466	25
Populasi	14472		
Asumsi ketidakteelitian 10%			
Maka Sampel Yang diambil		100	

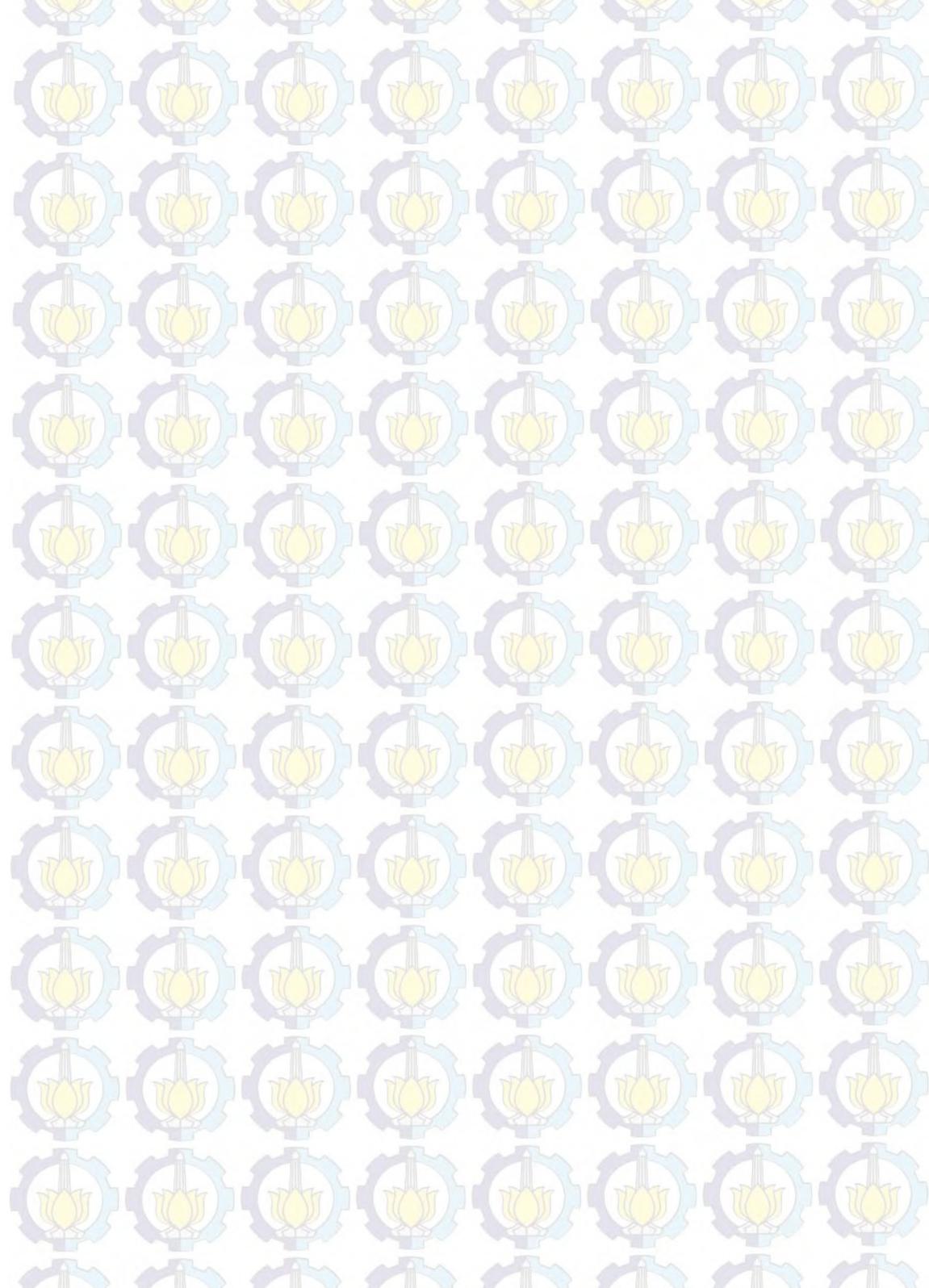
No	IMO Number	Nama Kapal	Tahun Pembuatan	DWT	GT	Kecepatan service(knot)	MAIN ENGINE										AUXILIARY ENGINE					
							Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service(kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie
1	8131166	Mahakam River	1983	5.223	5.014	13,5	1	4	6	diesel	425	3807	2840	225	1983	mak	3	385	287	230	1983	man
2	8131178	Musi River	1983	5.223	5.014	13,5	1	4	6	diesel	425	3807	2840	225	1983	mak	3	385	287	230	1984	man
3	9548976	Pulau Hoki	2008	9.137	6.285	15	2	4	8	diesel	525	2800	2089	195	2008	guangzhou	2	448	334	230	2007	zibo
4	9649598	Pulau Nunukan	2011	9.400	6.338	15	1	4	8	diesel	620	4503	3359	195	2011	Qing Dao	3	327	244	230	2011	Cummins
5	9147124	Meratus Dili	1997	6.800	5.553	10	1	4	8	diesel	500	8027	5988	195	1997	mak	3	514	383	230	1996	CAT
6	9672375	Telaga Mas	2012	8.180	6.640	10	1	4	8	diesel	525	2800	2089	195	2012	guangzhou	2	315	235	230	2012	weichai
7	8812746	Tanto Lestari	1989	9.918	6.979	10,8	1	4	6	diesel	159	6600	4924	205	1989	hitachi	3	600	448	230	1989	Yanmar
8	9150925	Ctp Honour	1996	7.761	5.906	11,7	1	4	8	diesel	170	7600	5670	195	1995	B&W	2	761	568	230	2005	CAT
9	9672351	Warih Mas	2012	8.180	6.640	10	1	4	8	diesel	525	2800	2089	195	2012	guangzhou	3	320	239	230	2012	weichai
10	9146792	Meratus tangguh 1	1996	8.721	6.251	11,3	1	4	8	diesel	210	7240	5401	195	1996	hitachi	3	540	403	230	1996	Yanmar
11	9509231	Meratus Benoa	2010	5.107	3.668	12	2	4	6	diesel	750	2610	1947	195	2008	yanmar	4	371	277	230	2008	Henan
12	7928237	Mentaya River	1981	5.313	4.152	12,5	1	4	9	diesel	600	3670	2738	225	1981	MAK	3	385	287	230	1981	MAN
13	9106625	Meratus Malino	1995	14.464	11.964	10	1	4	7	diesel	127	13610	10153	195	1995	B&W	3	1061	792	230	1995	Sulzer
14	9069956	Segoro Mas	2004	5.252	3.000	13	1	4	8	diesel	550	2400	1790	195	2004	Ningbo	2	162	121	230	2004	Nantong
15	9479981	Mentari Express	2008	4.142	3.000	11,1	1	4	8	diesel	525	2800	2089	195	2006	guangzhou	3	231	172	230	2006	weichai
16	8419491	Tanto Harmoni	1985	4.546	3.700	12	1	4	6	diesel	220	2900	2163	205	1984	Akasaka	2	360	269	230	1984	Yanmar
17	9003196	TANTO BERSAMA	1991	22.735	16.731	19	1	4	6	diesel	100	14400	10742	195	1990	Mitsubishi	3	1000	746	230	1990	Yanmar
18	9179505	Tanto Jaya	1998	15.236	12.471	18	1	4	7	diesel	127	13580	10131	195	1997	B&W	3	830	619	230	1997	Yanmar
19	9563976	Teluk Berau	2009	6.792	4.374	11,6	1	4	8	diesel	525	2800	2089	195	2009	guangzhou	2	326	243	230	2009	Nantong
20	9077202	CTP Eagle	1994	15.428	11.999	10	1	4	6	diesel	127	11640	8683	195	1994	hitachi	3	720	537	230	1994	Yanmar
21	9001019	CTP CHARLIE	1991	8.075	5.823	10	1	4	6	diesel	200	4560	3402	205	1990	B&W	2	500	373	230	1990	B&W
22	9563964	ORIENTAL SAMUDR	2008	8.700	6.040	12	1	4	8	diesel	625	3999	2983	195	2008	Wuxi	3	386	288	230	2008	Cummins
23	9118575	Meratus Banjar	1996	7.968	6.349	15	1	4	7	diesel	170	6662	4970	205	1995	B&W	3	330	246	230	1995	wartsila
24	9001473	FATIMA	1992	5.450	4.369	12	1	4	8	diesel	720	4024	3002	205	1991	wartsila	2	850	634	230	1991	Sulzer
25	9371921	MERATUS PALEMBA	2007	7.852	5.612	11	2	4	8	diesel	750	3401	2537	195	2007	daihatsu	3	402	300	230	2006	HND
26	9119658	BINTANG JASA - 35	1995	6.928	5.309	13	1	4	9	diesel	750	5384	4016	205	1995	B&W	2	510	380	230	1995	volvo
27	8130928	TANTO LUMOSO	1982	11.972	8.147	12	1	4	7	diesel	165	7000	5222	215	1981	Mitsubishi	3	570	425	230	1982	Yanmar
28	9070278	TANTO ABADI	1994	4.323	3.577	13,5	1	4	5	diesel	200	3807	2840	205	1993	B&W	3	272	203	230	1993	B&W
29	9167382	HIJAU JELITA	1997	11.592	8.890	13	1	4	6	diesel	148	10860	8102	195	1997	B&W	3	748	558	230	1997	Yanmar
30	9063990	ARMADA PERSADA	1993	12.587	9.603	10	1	4	6	diesel	140	9422	7029	195	1993	B&W	3	802	598	230	1993	Sulzer
31	9408657	MERATUS BORNEO	2007	5.161	3.668	14	2	4	6	diesel	750	2612	1949	195	2006	yanmar	4	371	277	230	2006	Henan
32	9458547	MERATUS BARITO	2008	5.161	3.668	14	2	4	6	diesel	750	2610	1947	195	2006	yanmar	4	375	280	230	2006	Henan
33	9000338	ARMADA SETIA	1990	8.286	6.088	14	1	4	8	diesel	200	6080	4536	205	1990	makita	3	660	492	230	1990	Yanmar

Karangjalu-Kolam

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Main Engine				Emisi Aux engine		
			Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Konsumsi bahan bakar (ton/jam)	Jumlah Emisi(ton)	Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)
19	4,0	4,8	127,7	0,11	0,03	0,36	1,7	0,003	0,010
19	4,1	4,6	112,4	0,10	0,03	0,33	1,6	0,003	0,010
19	3,7	5,2	87,0	0,12	0,03	0,40	1,5	0,001	0,004
19	4,1	4,6	96,9	0,08	0,02	0,25	1,0	0,002	0,006
19	4,5	4,2	443,6	0,39	0,09	1,25	4,8	0,010	0,032
19	4,8	4,8	231,0	0,22	0,05	0,69	3,4	0,004	0,012
19	3,8	4,3	310,8	0,24	0,06	0,78	4,6	0,008	0,026
19	3,9	3,9	210,0	0,16	0,04	0,51	4,1	0,004	0,012
19	4,5	5,2	293,7	0,26	0,06	0,83	3,7	0,008	0,025
19	3,8	5,0	479,2	0,35	0,09	1,13	4,2	0,007	0,023
19	3,7	6,7	338,9	0,49	0,13	1,57	3,2	0,008	0,026
19	4,1	4,6	136,4	0,13	0,03	0,41	2,0	0,004	0,012
19	3,4	3,9	602,3	0,40	0,12	1,28	9,3	0,014	0,046
19	3,7	5,2	114,6	0,08	0,02	0,26	0,9	0,001	0,002
19	4,4	5,0	195,5	0,17	0,04	0,54	1,9	0,004	0,012
19	4,4	6,7	376,5	0,34	0,08	1,09	3,1	0,003	0,010
19	3,5	5,6	133,7	0,09	0,03	0,29	4,6	0,007	0,024
19	3,2	4,8	192,1	0,12	0,04	0,38	1,5	0,002	0,007
19	4,4	4,3	106,4	0,09	0,02	0,29	2,0	0,002	0,007
19	3,7	5,1	1151,9	0,84	0,22	2,68	8,2	0,014	0,045
19	4,9	3,9	201,8	0,20	0,04	0,65	4,4	0,005	0,016
19	4,9	3,9	102,4	0,10	0,02	0,31	1,9	0,004	0,014
19	3,7	5,2	207,1	0,16	0,04	0,50	1,1	0,002	0,006
19	5,3	3,6	81,1	0,09	0,02	0,28	4,0	0,005	0,015
19	3,7	5,2	268,0	0,38	0,10	1,22	3,5	0,006	0,019
19	4,5	4,2	135,4	0,13	0,03	0,40	2,2	0,002	0,007
19	4,9	3,9	179,3	0,19	0,04	0,60	2,9	0,006	0,021
19	4,9	3,9	68,5	0,07	0,01	0,22	1,0	0,002	0,007
19	3,1	6,1	837,0	0,51	0,16	1,63	4,6	0,007	0,021
19	3,4	5,6	1234,4	0,82	0,24	2,62	10,1	0,016	0,050
19	4,0	4,8	78,5	0,12	0,03	0,39	1,5	0,004	0,013
19	4,4	4,3	56,4	0,10	0,02	0,31	1,3	0,004	0,013
19	2,8	6,7	497,1	0,29	0,10	0,93	3,6	0,005	0,015

Kolam-Dermaga

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Aux engine			Emisi dari tugboat					
			Power aktual	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)	Jumlah Tugboat	Power (kW)	Power Aktual(kW)	SFC	Konsumsi bbm	Jumlah Emisi(ton)
1,5	0,9	1,6	0,5	0,000	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	1,3	1,2	0,2	0,000	0,000	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	1,1	1,4	0,3	0,000	0,000	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	1,1	1,4	0,2	0,000	0,000	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	1,0	1,5	1,3	0,001	0,002	2	1.492	5,0	195	0,002	0,006
1,5	1,2	1,3	0,5	0,000	0,000	2	1.492	3,3	195	0,001	0,005
1,5	1,3	1,2	0,6	0,000	0,001	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	0,8	1,9	2,4	0,000	0,001	2	1.492	10,2	195	0,003	0,010
1,5	0,7	2,1	2,2	0,001	0,002	2	1.492	13,8	195	0,004	0,012
1,5	1,3	1,2	0,5	0,000	0,001	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	0,9	1,6	0,7	0,000	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	0,8	2,0	1,2	0,000	0,001	2	1.492	11,9	195	0,003	0,011
1,5	0,8	1,8	4,6	0,002	0,006	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	0,9	1,7	0,3	0,000	0,000	1	597	2,9	205	0,001	0,002
1,5	1,1	1,4	0,3	0,000	0,001	1	597	1,6	205	0,000	0,001
1,5	1,1	1,4	0,4	0,000	0,000	1	597	1,6	205	0,000	0,001
1,5	0,9	1,7	1,3	0,001	0,002	1	597	2,9	205	0,001	0,002
1,5	0,9	1,6	0,4	0,000	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	1,3	1,2	0,3	0,000	0,000	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	0,8	1,8	3,1	0,001	0,004	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	0,9	1,6	1,5	0,000	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	1,1	1,4	0,5	0,000	0,001	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	1,0	1,5	0,2	0,000	0,000	2	1.492	5,0	195	0,002	0,006
1,5	1,1	1,4	1,0	0,000	0,001	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	1,0	1,5	0,8	0,000	0,001	2	1.492	5,0	195	0,002	0,006
1,5	0,9	1,6	0,7	0,000	0,000	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	0,9	1,7	1,2	0,000	0,002	2	1.492	7,3	195	0,003	0,008
1,5	1,2	1,3	0,2	0,000	0,000	1	597	1,3	205	0,000	0,001
1,5	1,0	1,5	0,9	0,000	0,001	2	1.492	5,4	195	0,002	0,007
1,5	0,8	1,9	4,1	0,001	0,005	2	1.492	10,2	195	0,003	0,010
1,5	0,7	2,1	0,9	0,000	0,001	2	1.492	13,8	195	0,004	0,012
1,5	1,3	1,2	0,2	0,000	0,000	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	1,1	1,4	0,5	0,000	0,001	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005



Bongkar									TOTAL EMISI (Ton CO2)
Panjang Kapal	TEU	Kecepatan Crane (box/jam)	Jumlah Crane	Waktu B/M	Emisi Aux engine				
					Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)		
115,5	401	20	2	10,0	28,7	0,066	0,212	0,594	
115,5	401	20	2	10,0	28,7	0,066	0,212	0,561	
120,9	503	20	2	12,6	33,4	0,097	0,310	0,717	
120	507	20	2	12,7	24,4	0,071	0,228	0,490	
120	444	20	2	11,1	38,3	0,098	0,314	1,609	
120	531	20	2	13,3	23,5	0,072	0,230	0,940	
124	558	20	2	14,0	44,8	0,144	0,461	1,267	
126,5	472	20	2	11,8	56,8	0,154	0,494	1,030	
120	531	20	2	13,3	23,9	0,073	0,234	1,099	
115	500	20	2	12,5	40,3	0,116	0,371	1,529	
106,6	293	20	2	7,3	27,7	0,047	0,150	1,752	
101	332	20	2	8,3	28,7	0,055	0,176	0,607	
150	957	20	2	23,9	79,2	0,435	1,396	2,737	
96,5	240	20	1	12,0	12,1	0,033	0,107	0,373	
94,8	240	20	1	12,0	17,2	0,048	0,152	0,704	
97	296	20	1	14,8	26,9	0,091	0,293	1,394	
91,4	350	20	1	17,5	74,6	0,300	0,962	1,282	
101,1	997	20	2	24,9	61,9	0,355	1,138	1,538	
114,3	350	20	2	8,7	24,3	0,049	0,157	0,462	
145,6	960	20	2	24,0	53,7	0,296	0,950	3,691	
121	466	20	2	11,6	37,3	0,100	0,320	0,990	
128	483	20	2	12,1	28,8	0,080	0,256	0,589	
130	508	20	2	12,7	24,6	0,072	0,230	0,740	
105	349	20	2	8,7	63,4	0,127	0,408	0,711	
117	449	20	2	11,2	30,0	0,077	0,248	1,499	
116	425	20	2	10,6	38,0	0,093	0,298	0,715	
137,5	652	20	2	16,3	42,5	0,159	0,511	1,143	
93,5	286	20	1	14,3	20,3	0,067	0,214	0,441	
135,8	711	20	2	17,8	55,8	0,228	0,731	2,391	
149,6	768	20	2	19,2	59,8	0,264	0,847	3,530	
106,6	293	20	2	7,3	27,7	0,047	0,150	0,565	
106,6	293	20	2	7,3	28,0	0,047	0,151	0,480	
114	487	20	2	12,2	49,2	0,138	0,442	1,390	

General Cargo dan Bulk Carrier																						
No	IMO Number	Nama Kapal	Tahun Pembuat	DWT	GT	Kecepatan service(knot)	MAIN ENGINE										AUXILIARY ENGINE					
							Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service(kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie
1	9196668	Meratus Palu	1999	5.581	4.476	10,0	1	4	9	diesel	750	5.380	4.013	205	1997	Man	2	816	609	230	1997	Man
2	9046992	Meratus Ultima 2	1991	6.013	4.883	13,5	1	4	5	diesel	150	5.600	4.178	205	1991	akasaka	2	600	448	230	1991	yanmar
3	9387669	SINAR JEPARA	2006	3.630	4.632	10,7	1	4	8	diesel	750	3.399	2.536	195	2006	DAIHATSU	3	326	243	230	2005	Cummins
4	8909123	SERASHI	1990	2.457	7.677	10,0	1	4	6	diesel	164	3.600	2.686	205	1989	Hitachi	3	660	492	230	1989	Yanmar
5	9648740	LINTAS ASAHAN	2011	3.262	2.003	10,0	1	4	6	diesel	525	2.100	1.567	195	2011	guangzhou	2	196	146	230	2011	Dong Feng
6	8005812	DAHLIA MERAH	1980	6.251	3.893	12,4	1	2	6	diesel	230	3.800	2.835	225	1980	Akasaka	2	240	179	230	1980	Yanmar
7	9240938	TANTO SAKTI II	2003	5.664	6.361	16,5	1	4	6	diesel	176	8.117	6.055	185	2001	B&W	2	884	659	230	2001	Daihatsu
8	9378010	SINAR JIMBARAN	2006	6.300	4.632	11,3	1	4	8	diesel	750	3.400	2.536	195	2005	DAIHATSU	3	326	243	230	2005	Cummins
9	8823288	ALKEN PUSPA	1989	1.050	661	10,0	1	4	6	diesel	370	800	597	205	1988	Hanshin	1	135	101	230	1988	yanmar
10	9064061	CARAKA JAYA NIAGA III-20	1993	3.650	3.257	12,0	1	4	8	diesel	900	2.037	1.520	205	1991	niigata	3	292	218	230	1991	CAT
11	8812887	MULTI SPIRIT	1990	3.180	2.826	12,0	1	4	4	diesel	200	2.300	1.716	205	1990	B&W	3	255	190	230	1990	Duetz
12	9089619	BARUNA MAJU	2004	5.420	2.920	10,5	1	4	8	diesel	525	2.400	1.790	195	2004	Wuxi	2	150	112	230	2004	Nanthong
13	8419506	TANTO HANDAL	1985	5.063	3.814	13,0	1	4	6	diesel	220	3.000	2.238	205	1985	akasaka	2	360	269	230	1985	yanmar
14	8419518	MATARAM EXPRESS	1985	5.058	3.790	12,0	1	4	6	diesel	220	2.900	2.163	205	1985	Akasaka	2	360	269	230	1985	yanmar
15	9595668	INTAN DAYA	2010	3.255	1.998	10,6	1	4	6	diesel	525	2.100	1.567	195	2009	guangzhou	2	102	76	230	2009	weichai
1	8405218	ISA LUCKY	1984	26.650	15.763	12	1	4	6	diesel	123	6900	5147	215	1983	Hitachi	2	600	448	230	1984	yanmar
2	8309232	AZZAHRA	1985	42.842	24.943	15	1	4	6	diesel	109	9370	6990	195	1984	Mitshubishi	3	665	496	230	1984	Daihatsu
3	9038579	KAMORA	1992	3.679	2.044	8	2	4	4	diesel	1800	855	638	205	1992	CAT	3	247	184	230	1992	CAT
4	9207431	PAITON - II	1999	45.279	26.029	15	1	4	6	diesel	126	11300	8430	195	1999	B & W	3	761	568	230	1999	yanmar
5	8510427	ISA WINTER	1985	12.349	7.145	12	1	4	5	diesel	130	4099	3058	205	1985	Mitshubishi	2	450	336	230	1995	yanmar

Karangjalu-Kolam

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Main Engine			Emisi Aux engine		
			Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)	Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)
19	3,9	4,9	472,2	0,375	1,203	71,6	0,064	0,205
19	3,7	5,2	238,7	0,179	0,573	25,6	0,021	0,069
19	4,4	4,3	164,6	0,142	0,455	15,8	0,032	0,103
19	4,3	4,4	228,8	0,203	0,649	41,9	0,083	0,267
19	4,5	4,2	116,1	0,102	0,328	10,8	0,011	0,036
19	3,7	5,1	197,2	0,165	0,530	12,5	0,011	0,034
19	3,6	5,3	200,7	0,133	0,427	21,9	0,018	0,058
19	4,6	4,1	121,2	0,109	0,351	11,6	0,025	0,079
19	3,7	5,1	79,2	0,060	0,194	13,4	0,000	0,000
19	4,1	4,6	85,6	0,072	0,232	12,3	0,023	0,075
19	4,6	4,1	68,4	0,065	0,208	7,6	0,016	0,052
19	3,7	5,1	205,2	0,149	0,478	12,8	0,011	0,035
19	3,7	5,2	143,2	0,107	0,344	17,2	0,014	0,046
19	4,4	4,3	99,5	0,090	0,289	12,4	0,013	0,040
19	4,5	4,2	97,5	0,086	0,276	4,7	0,005	0,016
19	4,0	4,8	329,4	0,280	0,899	28,6	0,026	0,084
19	4,2	4,5	188,7	0,155	0,498	13,4	0,026	0,083
19	3,9	4,9	146,6	0,233	0,747	42,3	0,076	0,242
19	4,5	4,2	185,1	0,163	0,523	12,5	0,026	0,083
19	3,3	5,7	327,7	0,224	0,718	36,0	0,028	0,088

Kolam-Dermaga

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Aux engine			Emisi dari tugboat					
			Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar	Jumlah Emisi(ton)	Jumlah Tugboat	Power (kW)	Power Aktual(kW)	SFC	Konsumsi bbm	Jumlah Emisi(ton)
1,5	1,3	1,2	1,1	0,00030	0,001	2	1.492	2,6	195	0,001	0,004
1,5	1,1	1,4	0,5	0,00012	0,000	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	0,9	1,6	0,8	0,00035	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	0,8	1,8	2,9	0,00110	0,004	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	0,8	2,0	1,2	0,00020	0,001	1	597	4,8	205	0,001	0,002
1,5	0,8	1,8	0,5	0,00010	0,000	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	1,4	1,1	0,2	0,00006	0,000	2	1.492	2,0	195	0,001	0,003
1,5	1,1	1,4	0,5	0,00023	0,001	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005
1,5	1,2	1,3	0,2	0,00000	0,000	1	597	1,3	205	0,000	0,001
1,5	1,0	1,5	0,4	0,00020	0,001	1	597	2,0	205	0,000	0,001
1,5	0,9	1,7	0,5	0,00022	0,001	1	597	2,9	205	0,001	0,002
1,5	0,7	2,1	0,9	0,00015	0,000	1	597	5,5	205	0,001	0,003
1,5	0,8	1,8	0,7	0,00014	0,000	1	597	3,5	205	0,001	0,002
1,5	1,0	1,5	0,5	0,00012	0,000	1	597	2,0	205	0,000	0,001
1,5	0,9	1,6	0,3	0,00006	0,000	1	597	2,4	205	0,000	0,002
1,5	0,9	1,6	1,1	0,00023	0,001	2	1.940	7,9	195	0,003	0,009
1,5	0,8	1,9	1,0	0,00037	0,001	2	1.940	13,3	195	0,004	0,013
1,5	0,8	1,8	2,1	0,00080	0,003	1	597	3,5	205	0,001	0,002
1,5	0,8	1,8	1,0	0,00038	0,001	2	1.940	11,3	195	0,004	0,012
1,5	0,9	1,7	1,0	0,00019	0,001	2	1.492	7,3	195	0,003	0,008

		Bongkar						TOTAL EMISI (Ton CO2)
Panjang Kapal	Muatan	Kecepatan Bongkar (ton/gang/jam)	Jumlah Gang	Waktu B/M	Emisi Aux engine			
					Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)	
100,6	2.531	15	20	8,4	60,9	0,118	0,379	1,792
107,0	2.761	15	20	9,2	44,8	0,095	0,304	0,952
118,6	2.620	15	20	8,7	24,3	0,098	0,313	0,879
107,1	4.342	15	20	14,5	49,2	0,328	1,051	1,980
86,0	1.133	15	20	3,8	14,6	0,013	0,041	0,408
106,4	2.202	15	20	7,3	17,9	0,030	0,097	0,671
125,3	3.597	15	20	12,0	65,9	0,182	0,583	1,071
118,6	2.620	15	20	8,7	24,3	0,098	0,313	0,750
56,1	374	15	20	1,2	10,1	0,000	0,000	0,195
98,0	1.842	15	20	6,1	21,8	0,062	0,197	0,506
91,0	1.598	15	20	5,3	19,0	0,047	0,149	0,412
98,6	1.651	15	20	5,5	11,2	0,014	0,045	0,562
98,4	2.157	15	20	7,2	26,9	0,044	0,142	0,535
97,1	2.143	15	20	7,1	26,9	0,044	0,141	0,473
86,0	1.130	15	20	3,8	7,6	0,007	0,021	0,314
167,2	20.473	15	50	27,3	194,0	1,218	3,904	4,897
189,5	32.395	15	80	27,0	194,0	2,409	7,722	8,318
72,0	2.655	15	50	3,5	59,7	0,097	0,312	1,305
185,7	33.806	15	80	28,2	194,0	2,514	8,058	8,678
121,8	9.280	15	50	12,4	149,2	0,425	1,361	2,176

Kapal Penumpang																							
No	IMO Number	Nama Kapal	Tahun			Kecepatan service(knot)	MAIN ENGINE										AUXILLIARY ENGINE						
			Pembuatan	DWT	GT		Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service(kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	
1	9032159	LEUSER	1994	1438	6041	15	2	4	0	diesel	600	2175	1623	205	1994	MAK	4	615	459	230	1994	Daihatsu	
2	9226487	DORO LONDA	2001	3175	14685	22	2	4	8	diesel	428	11580	8639	195	2000	MAK	4	1199	894	220	2000	Daihatsu	
3	9281542	LABOBAR	2004	3482	15136	22	2	4	9	diesel	500	11420	8519	185	2003	MAK	4	1550	1156	220	2003	MAK	
4	9401324	GUNUNG DEMPO	2008	4018	14017	20	2	4	6	diesel	500	8160	6087	185	2007	MAK	4	1088	812	220	2007	yanmar	
5	9032147	DOBONSOLO	1993	3500	14581	20	2	4	6	diesel	428	8500	6341	195	1992	MAK	4	1200	895	220	1992	Daihatsu	
6	9032161	BINAIYA	1994	1418	6022	15	2	4	6	diesel	600	2176	1623	205	1993	MAK	4	615	459	230	1993	Daihatsu	
7	7128095	DHARMA FERRY-2	1985	2500	2673	15	2	4	6	diesel	840	700	522	205	1985	NIIGATA	3	218	163	230	2002	Mithsubishi	
8	8210015	TUNAS WISESA - 03	1983	1054	3869	15	4	4	6	diesel	550	1800	1343	225	1982	DAIHATSU	3	470	351	230	1982	yanmar	
9	7124116	KUMALA	1989	1146	5764	20	4	4	6	diesel	600	2000	1492	205	1987	NIIGATA	3	700	522	230	1987	Daihatsu	

Karangjaluang-Kolam									
Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(kn)	Emisi Main Engine			Emisi Aux engine			
			Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)	Power aktual	Konsumsi Bahan Bakar	Jumlah Emisi(ton)	
19	2,6	7,3	187,0	0,200	0,640	52,9	0,095	0,304	
19	2,3	8,1	431,2	0,394	1,265	44,6	0,069	0,222	
19	2,6	7,2	298,6	0,292	0,935	40,5	0,071	0,226	
19	2,6	7,3	296,0	0,285	0,914	39,5	0,068	0,217	
19	2,6	7,4	321,2	0,322	1,031	45,3	0,077	0,246	
19	2,3	8,2	265,2	0,252	0,808	75,0	0,120	0,384	
19	2,7	7,1	55,4	0,061	0,195	17,2	0,021	0,068	
19	2,8	6,8	125,1	0,315	1,009	32,7	0,042	0,135	
19	2,3	8,1	99,1	0,191	0,611	34,7	0,037	0,120	

Kolam-Dermaga												
Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Aux engine			Emisi dari tugboat						
			Power aktual	Konsumsi Bahan Bakar	Jumlah Emisi(ton)	Jumlah Tugboat	Power (kW)	Power Aktual(kW)	SFC	Konsumsi bbm	Jumlah Emisi(ton)	
1,5	1,0	1,5	0,46	0,0003	0,0010	1	597	2,0	205	0,000	0,001	
1,5	1,1	1,4	0,23	0,0002	0,0005	2	1.492	4,1	195	0,002	0,005	
1,5	1,2	1,3	0,24	0,0002	0,0006	2	1.492	3,3	195	0,001	0,005	
1,5	1,2	1,3	0,22	0,0002	0,0005	2	1.492	3,3	195	0,001	0,005	
1,5	0,9	1,6	0,46	0,0003	0,0009	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007	
1,5	0,8	1,8	0,79	0,0005	0,0015	1	597	3,5	205	0,001	0,002	
1,5	1,1	1,4	0,13	0,0001	0,0002	1	597	1,6	205	0,000	0,001	
1,5	1,0	1,5	0,35	0,0002	0,0005	1	597	2,0	205	0,000	0,001	
1,5	1,2	1,3	0,14	0,0001	0,0002	2	1.492	3,3	195	0,001	0,005	

		Bongkar						TOTAL EMISI (Ton CO2)
Panjang Kapal	Jumlah Penumpang	Kecepatan Debarkasi (orang/jam)	Waktu B/M	Emisi Aux engine				
				Power aktual (kW)	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)		
99,8	593	400	1,48	45,9	0,047	0,151	1,097	
146,5	1.443	400	3,61	89,4	0,213	0,683	2,175	
146,3	1.487	400	3,72	115,6	0,284	0,909	2,076	
147	1.377	400	3,44	81,2	0,184	0,591	1,728	
146	1.432	400	3,58	89,5	0,212	0,678	1,964	
99,8	592	400	1,48	45,9	0,047	0,150	1,345	
65,3	263	400	0,66	16,3	0,005	0,016	0,280	
91,66	380	400	0,95	35,1	0,015	0,049	1,194	
104,2	566	400	1,42	52,2	0,034	0,109	0,845	

Kapal Tanker																						
No	IMO Number	Nama Kapal	Tahun			Kecepatan service(knot)	MAIN ENGINE										AUXILLIARY ENGINE					
			Pembuat	DWT	GT		Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service(kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie
1	9118757	ATHENA	1995	4.896	3129	12	2	4	6	diesel	395	1400	1044	225	1994	Hanshin	2	540	403	230	1994	Yanmar
2	8211241	MELAHIN/PERTAMINA-36	1985	4.226	2660	13	1	4	6	diesel	290	2000	1492	225	1982	Niigata	3	300	224	230	1983	Yanmar
3	8818245	MAIDEN ALPHA	1991	15.999	9959	13,5	1	4	5	diesel	139	6200	4625	225	1989	Akasaka	3	830	619	230	1989	Daihatsu
4	7715109	NUSANTARA BERJAYA	1977	4.225	2443	12	1	4	0	diesel	260	3200	2387	225	1979	Hanshin	2	405	302	230	1977	MWM
5	9189586	KUANG	1998	6.500	5263	12	1	4	6	diesel	230	3500	2611	225	1997	Niigata	2	650	485	230	2007	Cummins
6	9545390	SINAR MATARAM	2009	3.818	2888	12,1	1	4	6	diesel	240	3599	2685	225	2009	Akasaka	2	482	360	230	2008	Yanmar
7	9004932	KURAU/PERTAMINA-59	1992	7.544	4731	13,3	1	4	8	diesel	221	3500	2611	225	1991	B&W	3	355	265	230	1990	Yanmar
8	8515867	MAIDEN EAST	1986	17.740	10804	12	1	4	6	diesel	133	6900	5147	215	1985	Akasaka	3	600	448	230	1985	Yanmar
9	9643685	CIPTA ANYER	2012	2.427	1950	12	1	4	6	diesel	310	2200	1641	225	2012	Niigata	2	245	183	230	2012	Yanmar
10	8513948	SOECHI CHEMICAL- III	1985	1.498	936	12	1	4	6	diesel	375	1300	970	225	1985	Hanshin	2	185	138	230	1985	Yanmar
11	9036131	ASIAN OIL-I	1991	4.957	2643	13	1	4	6	diesel	240	2800	2089	225	1990	Akasaka	2	250	187	230	1990	Yanmar
12	9509906	SUNGAI GERONG	2011	29.755	24167	14	1	4	6	diesel	136	8810	6572	215	2010	Hyundai	3	1900	1417	220	2010	Daihatsu
13	9062702	MEDELIN EXPO	1993	17.712	10829	15,4	1	4	6	diesel	133	9600	7162	215	1992	mitsubishi	3	600	448	230	1992	Yanmar

Karangjalu-Kolam

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Main engine			Emisi Aux engine		
			Power	Konsumsi	Jumlah	Power	Konsumsi	Jumlah
			aktual (kW)	Bahan Bakar (ton)		Emisi(ton)	aktual (kW)	
19	4,4	4,3	48,1	0,096	0,306	18,5	0,019	0,060
19	3,7	5,1	90,1	0,076	0,242	13,5	0,023	0,074
19	4,5	4,2	139,3	0,142	0,454	18,6	0,039	0,124
19	4,6	4,1	95,2	0,099	0,318	12,1	0,013	0,041
19	4,0	4,8	167,1	0,149	0,477	31,0	0,028	0,091
19	4,4	4,3	120,5	0,120	0,384	16,1	0,016	0,053
19	3,9	4,9	130,6	0,114	0,365	13,2	0,024	0,076
19	4,5	4,2	220,7	0,215	0,688	19,2	0,040	0,128
19	3,7	5,2	133,5	0,110	0,352	14,9	0,012	0,040
19	4,0	4,8	62,1	0,055	0,177	8,8	0,008	0,026
19	3,6	5,3	141,5	0,114	0,366	12,6	0,010	0,033
19	3,9	4,9	281,8	0,235	0,753	60,8	0,104	0,332
19	4,0	4,7	203,6	0,177	0,567	12,7	0,024	0,076

Kolam-Dermaga											
Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(kn)	Emisi Aux engine			Emisi dari tugboat					
			Power aktual	Konsumsi Bahan	Jumlah	Jumlah Tugboat	Power (kW)	Power Aktual(kW)	SFC	Konsumsi bbm	Jumlah Emisi(ton)
1,5	1,3	1,2	0,40	0,000	0,000	1	597	1,0	205	0,000	0,001
1,5	0,9	1,6	0,42	0,000	0,001	2	1.492	6,1	195	0,002	0,007
1,5	0,8	1,8	1,47	0,001	0,002	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	1,0	1,5	0,59	0,000	0,000	1	597	2,0	205	0,000	0,001
1,5	0,8	1,9	1,92	0,000	0,001	2	1.492	10,2	195	0,003	0,010
1,5	0,8	2,0	1,62	0,000	0,001	1	597	4,8	205	0,001	0,002
1,5	0,8	1,8	0,66	0,000	0,001	2	1.492	8,7	195	0,003	0,009
1,5	0,9	1,7	1,27	0,001	0,002	2	1.492	7,3	195	0,003	0,008
1,5	0,9	1,7	0,52	0,000	0,000	1	597	2,9	205	0,001	0,002
1,5	1,0	1,5	0,27	0,000	0,000	1	597	2,0	205	0,000	0,001
1,5	0,8	1,8	0,50	0,000	0,000	1	597	3,5	205	0,001	0,002
1,5	0,9	1,7	2,54	0,001	0,003	2	1.940	9,5	195	0,003	0,011
1,5	0,8	1,9	0,84	0,000	0,001	2	1.492	10,2	195	0,003	0,010

Bongkar									
Panjang Kapal (m)	Kapasitas tangki (m3)	Jumlah muatan(ton)	Kecepatan Aliran pipa (ton/jam)	Waktu Bongkar (jam)	Emisi Aux engine			TOTAL EMISI (Ton CO2)	
					Power aktual	Konsumsi Bahan Bakar	Jumlah Emisi(ton)		
90,9	6.169	4.547	247,7	18,36	40,3	0,170	0,545	0,913	
146,5	5.325	3.924	247,7	15,84	22,4	0,163	0,523	0,847	
143,0	20.159	14.857	247,7	59,98	61,9	1,708	5,477	6,067	
89,4	5.324	3.923	247,7	15,84	30,2	0,110	0,353	0,714	
105,0	8.190	6.036	247,7	24,37	48,5	0,272	0,871	1,450	
88,6	4.811	3.545	247,7	14,31	36,0	0,118	0,380	0,819	
105,0	9.505	7.006	247,7	28,28	26,5	0,345	1,105	1,555	
149,0	22.352	16.474	247,7	66,51	44,8	1,369	4,390	5,216	
83,2	3.058	2.254	247,7	9,10	18,3	0,038	0,123	0,517	
68,0	1.887	1.391	247,7	5,62	13,8	0,018	0,057	0,262	
89,9	6.246	4.603	247,7	18,58	18,7	0,080	0,256	0,657	
180,0	37.491	27.631	495,4	55,78	141,7	3,479	11,153	12,252	
149,0	22.317	16.448	247,7	66,41	44,8	1,367	4,383	5,038	

Kapal Lain (supply vessel, crew boat, tugboat dll)

No	IMO Number	Nama Kapal	Panjang Kapal	Tahun Pembuatan	DWT	GT	Kecepatan service(knot)	MAIN ENGINE										AUXILIARY ENGINE					
								Jumlah	Cycle	Silinder	Type	Rpm	BHP	P service (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie	Jumlah	BHP	Power (kW)	SFC(g/kwh)	year	Merk/Serie
1	9407641	PETEKA-5402	60,0	2006	1490	1371	15	2	4	8	diesel	720	2700	2014,2	225	2004	yanmar	2	462	344,65	230	2004	CAT
2	9695391	SEACOVE NOBLE	45,0	2013	195	499	10	2	4	6	diesel	1600	1750	1305,5	225	2012	CAT	3	349	260,35	230	2012	CAT
3	8108054	MGS. GEOSURVEY	56,8	1982	1200	1087	10	2	4	16	diesel	1225	1250	932,5	225	1982	CAT	2	210	156,66	230	1982	CAT
4	9027178	CONTAINER PASIFIK-I	46,6	2003	1100	552	12	2	4	10	diesel	2200	420	313,32	225	2002	Nissan	2	140	104,44	230	2002	Mitsubishi
5	9446805	PETROLEUM PIONEER	59,3	2007	1377	1678	10	2	4	6	diesel	1000	2760	2058,96	225	2006	CAT	2	428	319,29	230	2006	CAT
6	8917625	BESTLINK 88	42,8	1990	118	242	10	2	4	12	diesel	1800	1100	820,6	225	2007	CAT	2	117	87,28	230	2007	Beinei
7	8985440	PAN MARINE-1	31,8	1982	141	141	18	3	2	12	diesel	2100	539	402,094	225	1981	Detroit	2	113	84,30	230	1981	Detroit
8	9536533	INDOLIZIZ SATU	58,7	2009	1475	1517	10	2	4	16	diesel	2610	1600	1193,6	225	2007	CAT	3	520	387,92	230	2007	CAT
9	8203153	NORDIC BAHARI	72,8	1983	867,86	3244	12	4	4	6	diesel	1000	1440	1074,24	225	1982	General Electric	4	1428	1065,29	220	1982	B&W
10	7208572	VIKING VANGUARD	47,2	1972	520	604	10	1	4	8	diesel	350	1200	895,2	225	1971	wichman	2	360	268,56	230	1971	volvo
11	9165073	SAGAR MANTHAN	46,5	1997	182	534	10	2	4	6	diesel	1800	500	373	225	1996	Cummins	2	124	92,50	230	1996	cummins
12	9680487	SWIBER SAPPHIRE	54,0	2013	1400	1678	12	2	4	16	diesel	1600	2612	1948,552	225	2012	CAT	2	514	383,44	230	2012	CAT
13	8207496	TRIJAYA - 2	60,4	1982	1115	867	13	2	4	16	diesel	1000	2282	1702,372	225	1981	General Electric	2	134	99,96	230	1982	General Motors
14	9546564	SURF MANDIRI	59,8	2010	1456	1733	10	6	4	0	diesel	1145	1040	775,84	225	2009	Z-drive	3	2583	1926,92	220	2009	cummins
15	9028718	ARTAMA III	20,0	1985	17	104	10	2	4	6	diesel	2100	475	354,35	225	1985	Detroit	2	113	84,30	230	1985	Detroit
16	9559913	BIMA - 306	29,0	2009	147	294	12	2	4	6	diesel	750	1520	1133,92	225	2008	niigata	2	223	166,36	230	2008	cummins
17	9588225	BIMA - 333	29,0	2010	147	294	12	2	4	6	diesel	750	1520	1133,92	225	2010	niigata	2	223	166,36	230	2010	cummins
18	9443516	PACIFIC VALOUR	66,0	2009	2625	2147	12	2	4	9	diesel	800	3285	2450,61	225	2008	B&W	2	367	273,78	230	2008	CAT
19	9585091	PACIFIC FIVE	33,7	2010	447	453	10	2	4	6	diesel	1200	1318	983,228	225	2008	CAT	2	170	126,82	230	2008	Perkins
20	9581394	SMS VALIANT	36,6	2011	76	252	17	3	4	12	diesel	2300	1420	1059,32	225	2010	CAT	2	125	93,25	230	2010	volvo
21	9587934	WINPOSH RAMPART	71,5	2012	2448	2588	12	2	4	8	diesel	800	3970	2961,62	225	2011	MAN	2	886	660,96	230	2011	CAT
22	8957900	TRANSINDO- I	54,0	1998	1000	498	9	2	4	8	diesel	1800	480	358,08	225	1997	CAT	2	19	14,17	230	1997	Yanmar
23	9638745	CAMAR SAMUDRA	35,0	2011	336	336	15	2	4	12	diesel	1650	1414	1054,844	225	2004	Mitshubishi	2	82	61,17	230	2010	Weichai
24	8601020	ELANG SAMUDERA	60,4	1986	2000	1135	10	2	4	6	diesel	1000	1770	1320,42	225	1985	niigata	3	420	313,32	230	1985	Yanmar
25	9422861	SWIBER VENTURER	54,0	2007	1392	1678	14	2	4	16	diesel	1600	2575	1920,95	225	2007	CAT	3	462	344,65	230	2007	CAT

Karangjalu-Kolam

Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Main Engine			Emisi Aux engine		
			Power aktual	Konsumsi Bahan Bakar (ton)	Jumlah Emisi(ton)	Power aktual	Konsumsi i	Jumlah
19	3,7	5,1	79,2	0,133	0,425	13,5	0,012	0,037
19	3,6	5,3	194,4	0,314	1,005	38,8	0,064	0,205
19	3,1	6,1	211,7	0,297	0,951	35,6	0,025	0,082
19	4,0	4,7	18,8	0,034	0,110	6,3	0,006	0,019
19	3,6	5,3	306,5	0,494	1,585	47,5	0,039	0,126
19	4,1	4,6	79,9	0,148	0,476	8,5	0,008	0,026
19	4,0	4,8	7,6	0,020	0,065	1,6	0,001	0,005
19	4,1	4,6	116,2	0,216	0,692	37,8	0,072	0,230
19	3,7	5,2	87,4	0,287	0,922	86,7	0,209	0,670
19	4,9	3,9	53,1	0,058	0,187	15,9	0,018	0,057
19	4,8	4,0	23,9	0,051	0,164	5,9	0,006	0,021
19	4,2	4,5	102,8	0,195	0,626	20,2	0,020	0,063
19	4,4	4,3	61,6	0,122	0,393	3,6	0,004	0,012
19	4,0	4,7	80,6	0,440	1,409	200,1	0,356	1,141
19	4,0	4,8	39,2	0,070	0,224	9,3	0,008	0,027
19	4,0	4,7	68,1	0,124	0,397	10,0	0,009	0,030
19	4,1	4,6	63,9	0,119	0,381	9,4	0,009	0,029
19	3,8	5,0	177,3	0,303	0,972	19,8	0,017	0,055
19	4,0	4,7	102,1	0,186	0,595	13,2	0,012	0,039
19	3,9	4,9	25,4	0,066	0,213	2,2	0,002	0,006
19	4,0	4,8	189,5	0,338	1,082	42,3	0,039	0,123
19	3,7	5,1	65,2	0,109	0,350	2,6	0,002	0,007
19	3,7	5,2	43,9	0,072	0,232	2,5	0,002	0,007
19	3,7	5,1	175,2	0,294	0,941	41,6	0,071	0,228
19	3,9	4,9	82,4	0,144	0,461	14,8	0,026	0,085

Kolam-Dermaga							TOTAL EMISI (Ton CO2)
Total Jarak(nm)	Waktu tempuh(h)	Kecepatan aktual(knot)	Emisi Aux engine			TOTAL EMISI (Ton CO2)	
			Power aktual	Konsumsi i	Jumlah		
1,5	1,3	1,2	0,2	0,000	0,000	0,463	
2,5	2,3	1,1	0,3	0,000	0,001	1,211	
3,5	2,3	1,5	0,5	0,000	0,001	1,034	
4,5	2,1	2,1	0,6	0,000	0,001	0,129	
5,5	2,8	2,0	2,6	0,002	0,005	1,716	
6,5	3,6	1,8	0,5	0,000	0,001	0,503	
7,5	4,4	1,7	0,1	0,000	0,000	0,070	
8,5	5,7	1,5	1,3	0,003	0,011	0,933	
9,5	5,3	1,8	3,6	0,013	0,040	1,632	
10,5	5,5	1,9	1,8	0,002	0,008	0,251	
11,5	6,4	1,8	0,5	0,001	0,003	0,187	
12,5	4,6	2,7	4,4	0,005	0,015	0,704	
13,5	7,1	1,9	0,3	0,001	0,002	0,406	
14,5	6,3	2,3	23,4	0,065	0,208	2,759	
15,5	7,4	2,1	0,8	0,001	0,004	0,255	
16,5	6,6	2,5	1,5	0,002	0,007	0,434	
17,5	6,5	2,7	1,9	0,003	0,009	0,418	
18,5	6,9	2,7	3,1	0,005	0,016	1,043	
19,5	6,7	2,9	3,1	0,005	0,015	0,650	
20,5	6,4	3,2	0,6	0,001	0,003	0,222	
21,5	4,2	5,1	50,7	0,049	0,158	1,364	
22,5	5,4	4,2	1,4	0,002	0,006	0,363	
23,5	5,9	4,0	1,2	0,002	0,005	0,244	
24,5	6,8	3,6	14,6	0,046	0,147	1,316	
25,5	6,2	4,1	8,7	0,025	0,079	0,625	

DATA AIS

The image displays two overlapping software windows from an AIS tracking application. The left window, titled 'Track Details - MERATUS SUMBAWA 1', shows the following information:

- Name: MERATUS SUMBAWA 1
- Call Sign: YEHH
- MMSI: 525025004
- IMO: 8712207
- ID: 548407

The 'Dynamic' section contains the following data:

Property	Value
Speed	4.3 kts
Course	109.1°
Heading	N/A
Navigation Status	At anchor
Number Of Sources	1
Grid	4211B
Position	07°11.736'S 112°42.927'E
Position Accuracy	100
Quality	100
Status	Firm
Rate Of Turn	N/A
Time Of Last Update	14:05:20

The 'Voyage' section shows:

- Vessel
- Country
- Dimension
- Ship Type: Cargo
- Ship Category: AIS - Class A
- Ship Category Type: 70
- Ship Draught: 5.1m
- AIS
- PTMS

The right window, titled 'Track Details - ISA LUCKY', shows the following information:

- Name: ISA LUCKY
- Call Sign: PMTL
- MMSI: 525016401
- IMO: 8405218
- ID: 539804

The 'Dynamic' section contains the following data:

Property	Value
Speed	4.8 kts
Course	187.0°
Heading	N/A
Navigation Status	Under way using engine
Number Of Sources	1
Grid	3905B
Position	07°05.878'S 112°39.504'E
Position Accuracy	100
Quality	100
Status	Firm
Rate Of Turn	N/A
Time Of Last Update	14:03:44

The 'Voyage' section shows:

- Vessel
- Country
- Dimension
- Ship Type: Cargo
- Ship Category: AIS - Class A
- Ship Category Type: 70
- Ship Draught: 9m
- AIS
- PTMS
- HARTS

Both windows feature a 'Centre View' button and an 'Infolink' button at the bottom.

Track List

Integrated		AIS	Radar	Harts	Navigation	AIS										
Name	Callsign	Position: Lat/Long	Speed (kts)	Course (°)	Vessel of Interest	Ship Type	Length (m)	Beam (m)	MMSI	Draught (m)	Type					
MV ARMADA PURNAMA	YGGU	07°07.167'S 112...	0.0	000.0	None	None	150	20	525005186	7.7	AIS					
PARADIGMA PERKASA	PNZL	07°01.273'S 112...	0.0	000.0	None	Unknown	0	0	525005253	0	AIS					
LOGINDO STURDY	JZWT	06°50.558'S 113...	0.2	220.6	None	Tug	135	17	525005297	4.9	AIS					
MV SELILI BARU	YBYE	06°51.923'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	120	19	525005321	4.9	AIS					
MV DJITU	JZKO	07°12.470'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	148	23	525006211	7.5	AIS					
TRITON JAWARA	JZYX	07°08.378'S 112...	0.1	233.1	None	Others	60	14	525006284	4.5	AIS					
SINAR BITUNG	3ELD8	07°12.177'S 112...	0.0	000.0	None	None	162	26	372899843	9	AIS					
MT GANDINI	PNGS	06°49.911'S 112...	0.1	166.0	None	Tanker	180	31	525007035	7	AIS					
MT.KURAU/P.59	YDXO	07°11.643'S 112...	0.0	000.0	None	Tanker	105	18	525008007	4.3	AIS					
MT.GEUDONDONG	YDMZ	06°39.728'S 112...	0.1	180.0	None	None	243	41	525008038	0	AIS					
M05250001		07°03.627'S 112...	0.0	000.0	None	Unknown	0	0	005250001	0	AIS					
M305728000		07°11.154'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	0	0	305728000	6.3	AIS					
SINAR JIMBARAN	POBD	06°51.735'S 112...	0.1	090.0	None	Cargo	118	16	525009074	5.2	AIS					
AWB.BARUNA 1	YDNB	07°10.165'S 112...	0.0	000.0	None	Others	122	16	525009156	3.5	AIS					
MV.NORDIC EMMA	PORE	07°11.554'S 112...	0.0	000.0	None	Tug	30	10	525010310	4	AIS					
IRMGARD	ASYT9	07°06.602'S 112...	0.0	000.0	None	None	180	30	636092220	9.8	AIS					
JOOP	PBDB	07°05.154'S 112...	0.0	000.0	None	None	26	10	244259000	0	AIS					
MT COSMIC 15	PMTN	07°11.899'S 112...	0.0	000.0	None	Tanker	60	10	525011127	3.2	AIS					
NOVA NAOMI	PNEL	07°07.675'S 112...	0.1	206.6	Sensitive Vessels	None	93	16	525012095	4.3	AIS					
GOLDEN OCEAN	POFG	07°11.856'S 112...	0.0	000.0	None	None	176	22	525013019	9.8	AIS					
TANTO SAKTI II	POKA	07°08.235'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	125	20	525013020	5.5	AIS					
TANTO TERANG	POSV	07°05.845'S 112...	0.1	076.0	None	Cargo	145	22	525013021	6.1	AIS					
TANTO TANGGUH	POSW	07°06.591'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	145	22	525013022	6.5	AIS					
TANTO SENANG	POSX	07°05.943'S 112...	0.0	000.0	None	None	140	20	525013023	0	AIS					
MERATUS MAKASSAR	D11233	07°11.676'S 112...	7.4	108.1	None	Cargo	149	24	001193046	8.7	AIS					
SAGAR MANTHAN	YHYO	06°54.015'S 112...	0.8	024.7	None	Dredger	0	0	525015072	3	AIS					
SERASI 1	YDOJ	06°50.380'S 112...	0.1	346.0	None	Cargo	107	18	525015105	5.3	AIS					
MV ARMADA SENTANI	YFTE	07°08.041'S 112...	0.2	270.0	None	Cargo	112	19	525015177	5.4	AIS					
KIRANA3	YCRM	07°11.532'S 112...	0.1	116.6	Sensitive Vessels	Passenger Vessel	70	14	525015385	4.3	AIS					
PULAU WETAR	PNME	07°12.260'S 112...	0.0	000.0	None	None	0	0	525015736	4.2	AIS					
SURF MANDIRI	PNTA	06°51.718'S 112...	0.1	000.0	None	None	60	15	525015776	4.8	AIS					
M525015785		06°32.617'S 112...	4.4	090.0	None	Unknown	0	0	525015785	0	AIS					
SOECHI ASIA XXIX	PNWN	07°10.848'S 112...	0.0	000.0	None	Tanker	105	16	525015817	6.4	AIS					
M525015849		06°39.709'S 112...	0.3	007.6	None	Unknown	0	0	525015849	0	AIS					
MV.LUZON	POMP	07°12.345'S 112...	0.1	333.4	None	Cargo	0	0	525015943	6.7	AIS					
MV.PEKAN FAJAR	POQG	07°11.162'S 112...	0.0	000.0	MPA Custom	None	114	22	525015966	4.2	AIS					
TANTO KARUNIA II	YHPH	07°12.327'S 112...	0.0	000.0	None	Cargo	147	22	525016101	7.2	AIS					
PAN MARINE 1	YD4336	07°09.338'S 112...	0.0	000.0	Sensitive Vessels	Passenger Vessel	35	6	525016104	1.5	AIS					
PAN MARINE 2	YD4299	07°01.081'S 112...	0.0	000.0	Sensitive Vessels	None	0	0	525016105	1	AIS					
ARDHIANTO	YGOF	06°51.967'S 112...	0.1	315.0	None	Cargo	113	20	525016107	7.5	AIS					
ZALEHA FITRAT	YBLS	07°07.948'S 112...	0.1	256.0	None	Cargo	0	0	525016135	8.3	AIS					
MT SOECHI CHEMICAL 7	YH	07°11.897'S 112...	0.0	000.0	None	Tanker	106	15	526064878	3.5	AIS					
SPOB. KENCANA 3	PMXV	07°08.418'S 112...	0.0	000.0	None	None	79	18	525016329	0	AIS					

Tracks: 133 Export All... Export Selected...

Query...

HASIL EXPORT DATA KE NOTEPAD

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<CSOC-Print-File Generated-Time="27/10/2014 09:43:28">
  <Track>
    <Line>
      <Time>27/10/2014 09:43:26</Time>
      <Name>BIMA SAKTI UTAMA</Name>
      <ID>524449</ID>
      <Callsign>PLPW</Callsign>
      <MMSI>525001047</MMSI>
      <Position_LatLong>07°12.446'S 112°43.788'E</Position_LatLong>
      <Speed_kts>0.0</Speed_kts>
      <Course_deg>000.0</Course_deg>
      <Vessel_of_Interest>None</Vessel_of_Interest>
      <Length_m>60</Length_m>
      <Beam_m>12</Beam_m>
      <Sensor_Type>N/A</Sensor_Type>
      <Type>AIS</Type>
      <Warnings>New Track</Warnings>
    </Line>
  </Track>
  <Track>
    <Line>
      <Time>27/10/2014 09:43:26</Time>
      <Name>M525001098</Name>
      <ID>524500</ID>
      <Callsign></Callsign>
      <MMSI>525001098</MMSI>
      <Position_LatLong>06°51.821'S 112°22.104'E</Position_LatLong>
      <Speed_kts>0.0</Speed_kts>
      <Course_deg>000.0</Course_deg>
      <Vessel_of_Interest>None</Vessel_of_Interest>
      <Length_m>0</Length_m>
      <Beam_m>0</Beam_m>
      <Sensor_Type>N/A</Sensor_Type>
      <Type>AIS</Type>
      <Warnings>New Track</Warnings>
    </Line>
  </Track>
  <Track>
    <Line>
      <Time>27/10/2014 09:43:26</Time>
      <Name>INFINITI MARIS</Name>
      <ID>525512</ID>
      <Callsign>YDA4903</Callsign>
      <MMSI>525002110</MMSI>
      <Position_LatLong>06°58.761'S 112°42.672'E</Position_LatLong>
      <Speed_kts>0.0</Speed_kts>
      <Course_deg>000.0</Course_deg>
```

<Vessel_of_Interest>None</Vessel_of_Interest>
<Length_m>30</Length_m>
<Beam_m>10</Beam_m>
<Sensor_Type>N/A</Sensor_Type>
<Type>AIS</Type>
<Warnings>New Track</Warnings>
</Line>
</Track>

<Track>
<Line>
<Time>27/10/2014 09:43:26</Time>
<Name>SANTIKANUSANTARA</Name>
<ID>525528</ID>
<Callsign>POWQ</Callsign>
<MMSI>525002126</MMSI>
<Position_LatLong>07°11.803'S 112°43.836'E</Position_LatLong>
<Speed_kts>0.0</Speed_kts>
<Course_deg>000.0</Course_deg>
<Vessel_of_Interest>None</Vessel_of_Interest>
<Length_m>141</Length_m>
<Beam_m>20</Beam_m>
<Sensor_Type>N/A</Sensor_Type>
<Type>AIS</Type>
<Warnings>New Track</Warnings>
</Line>

</Track>
<Track>
<Line>
<Time>27/10/2014 09:43:26</Time>
<Name>MV CHUO NO.1</Name>
<ID>525720</ID>
<Callsign>POAA</Callsign>
<MMSI>999999998</MMSI>
<Position_LatLong>07°11.099'S 112°43.070'E</Position_LatLong>
<Speed_kts>0.0</Speed_kts>
<Course_deg>000.0</Course_deg>
<Vessel_of_Interest>None</Vessel_of_Interest>
<Length_m>0</Length_m>
<Beam_m>0</Beam_m>
<Sensor_Type>N/A</Sensor_Type>
<Type>AIS</Type>
<Warnings>New Track</Warnings>

</Line>
</Track>

DAFTAR SIMBOL

EHP	: Effective horse power (kW)
DHP	: Delivered horse power (kW)
BHP	: Brake horse power (kW)
SHP	: Shaft horse power (kW)
λ	: Konstanta
V_s	: Kecepatan kapal
η_H	: Efisiensi lambung
η_r	: Efisiensi relatif rotatif
η_o	: Efisiensi propulsi
$\eta_B \eta_s$: Losses akibat letak kamar mesin (2% - 3%)
η_G	: Losses akibat reduction gear (1% - 2%)
CO _{2e}	: Karbon dioksida equivalent
FC	: Konsumsi bahan bakar (g)
SFOC	: Specific fuel oil consumption (g/kwh)
t	: time travelled (hours)

DAFTAR PUSTAKA

IMO Second GHG Study.2009.International Maritime Organization.

Carlo Trozzi and Rita Vaccaro. Methodologies For Estimating Air Pollutant Emissions From Ships. Presented on 22nd CIMAC International Congress on Combustion Engines, Copenhagen 18-21 May 1998.

Borkowski, Kasyk, Kowalak. Assesment of Ship's Engine Effective Power Fuel Consumption and Emission Using Vessel Speed. Maritime University of Szczecin.

Garnaut,Ross.Carbon Pricing and Reducing Australia's Emission.2011.Garnaut Climate Change Review Paper 6 .

C.Wang, J.Callahan and James J.Corbett. Geospatial Modelling of Ship Traffic And Air emissions. ESRI UC #1863.

Clarkson,Richard & Deyes,Katherin. Estimating Social Cost of Carbon Emission. 2002. Environment Protection Economics Division, Department of Environment, Food and Rural Affairs: London.

Dewan Nasional Perubahan Iklim. Mari Berdagang Karbon. Oktober 2009.

Maritime Port Authority Singapore. Maritime Singapore Green Initiative.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 4 November 1989. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari TK Dharmawanita II (1994-1995), SDN Sambirejo II Ngawi (1995-2001), SLTPN I Mantingan Ngawi (2001-2004), SMAN 1 Sragen (2004-2007) dan pada tahun 2007, penulis diterima melalui jalur SPMB di Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Bidang studi yang dipilih penulis ketika menjalani perkuliahan adalah Bidang Studi Transportasi Laut dan Logistik.

Penulis pernah aktif pada organisasi dan kegiatan yang ada di kampus, antara lain tercatat sebagai anggota Divisi Seni dan Budaya, Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan periode 2008-2010, Badan Eksekutif Mahasiswa FTK divisi profesi dan usaha 2009-2010, Kajian jurusan As Safinah 2009-2011.

Selain aktivitas akademik, penulis juga aktif sebagai tutor privat untuk siswa SMA dengan mata pelajaran yang diajarkan adalah matematika, fisika, kimia hingga mendirikan organisasi bimbingan belajar Centrino bersama dengan teman-teman tutor yang lain. Selain itu, penulis juga pernah aktif bekerja sebagai shopkeeper di toko komputer, di bidang asuransi dengan bergabung sebagai finansial konsultan di AJB Bumiputera, serta mengambil sertifikasi Non-destructive testing di Batam dengan bidang keahlian *Magnetic testing*, *Penetrant testing* dan *Ultrasonic testing Method*. Penulis juga mempunyai banyak kegiatan di luar kampus yang berhubungan dengan musik, *travelling* dan kuliner.

Email : Danangnoe@gmail.com

Facebook : <https://www.facebook.com/danangnoe>

No.Telp : 085655788220