



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PENGEMBANGAN KONSEP *GREEN SHIPPING* ;
STUDI KASUS KAPAL PETI KEMAS DOMESTIK**

FITRI
NRP. 4110 100 037

DOSEN PEMBIMBING
ACHMAD MUSTAKIM, S.T., M.T., M.BA.
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.

BIDANG STUDI TRANSPORTASI LAUT
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA - 2016



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PENGEMBANGAN KONSEP *GREEN SHIPPING* ;
STUDI KASUS KAPAL PETI KEMAS DOMESTIK**

FITRI
NRP. 4110 100 037

DOSEN PEMBIMBING
ACHMAD MUSTAKIM, S.T., M.T., M.BA.
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.

BIDANG STUDI TRANSPORTASI LAUT
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA - 2016



FINAL PROJECT - MN 141581

**DEVELOPMENT CONCEPT OF GREEN SHIPPING ;
CASE STUDI DOMESTIC CONTAINER SHIP**

**FITRI
NRP. 4110 100 037**

**SUPERVISOR
ACHMAD MUSTAKIM, S.T., M.T, M.BA.
EKA WAHYU ARDHI, S.T., M.T.**

**CONCENTRATION OF SEA TRANSPORTATION
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA - 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGEMBANGAN KONSEP *GREEN SHIPPING* ;
STUDI KASUS KAPAL PETI KEMAS DOMESTIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Kelulusan

Mata Kuliah Tugas Akhir

Bidang Studi Transportasi Laut

Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Nama : Fitri
NRP : 4110100037
Dosen Pembimbing I : Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA
NIP : 19880605 201504 1 003
Dosen Pembimbing II : Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.
NIP : 19790525 201404 1 001

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dan telah disetujui serta disahkan oleh dosen pembimbing.

Disusun Oleh:

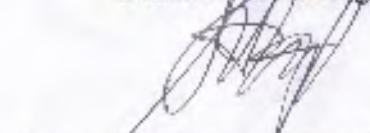


Fitri

NRP 4110100037

Disetujui Oleh:

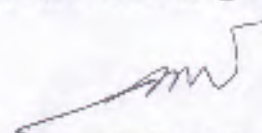
Dosen Pembimbing I



Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA

NIP. 19880605 201504 1 003

Dosen Pembimbing II



Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

NIP. 19790525 201404 1001



SURABAYA, 20 JULI 2016

LEMBAR REVISI

**PENGEMBANGAN KONSEP *GREEN SHIPPING* ;
STUDI KASUS KAPAL PETI KEMAS DOMESTIK**

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir

Tanggal 22 Juni 2016

Bidang Studi Transportasi Laut

Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

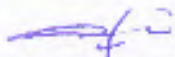
Oleh:

FITRI

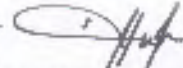
NRP. 4110100037

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :


1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.

()

2. Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.


()

3. Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T.

()

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA

()

2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

()



Surabaya, 20 Juli 2016

“Halaman ini didedikasikan untuk Ibu dan Bapak penulis”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya Tugas Akhir (MN 141381) ini dapat terselesaikan. Tugas ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bpk. Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA. selaku dosen pembimbing satu dan Bpk. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dua Tugas Akhir penulis
2. Bpk. Ir. Wasis Dwi Aryawan, MSc., Ph. D selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan
3. Bpk. Ir. Tri Achmadi Ph. D, selaku ketua Program Studi Transportasi Laut
4. Surajimah dan Dawut selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun finansial
5. Keluarga di Bhaskara yang telah memberikan banyak bantuan selama penulis melakukan studi di ITS
6. Susanti Hollander dan Jason Richard Hollander selaku saudara penulis yang telah membuka wawasan dan membuat penulis berani untuk bermimpi kedepannya
7. Moniqa Roze Herliyana dan Novitasari, Kevin Bombardier selaku teman baik penulis saat ini hingga seterusnya
8. Seluruh kru kapal mv. Isa Clarity dan staff PT. Anugerah Makmur Sejahtera yang telah berbaik hati memberikan informasi terkait Tugas Akhir penulis
9. Teman-teman Jurusan Teknik perkapalan dan Program Studi Transportasi Laut atas dukungan dan motivasinya

Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Serta tidak lupa penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan dalam laporan ini.

Terima kasih,

PENGEMBANGAN KONSEP *GREEN SHIPPING* ; STUDI KASUS KAPAL PETI KEMAS DOMESTIK

Nama Mahasiswa : Fitri
NRP : 4110100037
Jurusan : Teknik Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA
2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

ABSTRAK

MARPOL 73/78 annex VI regulasi 14 mengatur tentang kandungan sulfur pada bahan bakar sebesar 0.5% secara global. MARPOL 73/78 annex VI regulasi 13 mengatur tentang kandungan Nox (g/KWH) berdasarkan RPM dan tahun pembuatan kapal. MARPOL 73/78 annex VI chapter 4 mengatur tentang kandungan CO₂ berlaku untuk kapal baru yang dibangun setelah 1 Januari 2013 berisi penurunan prosentase emisi setiap 5 tahun. Guna memenuhi standar tersebut, perusahaan pelayaran perlu memikirkan lebih lanjut dampak dari aktivitas operasional armada kapalnya, namun masih memenuhi batasan dari kondisi *green*. Tentunya akan ada biaya yang harus dikorbankan untuk dapat tercipta *Green Shipping*. *Voyage calculation* diperlukan dalam perhitungan studi kasus.

Opsi *Green* yang dipilih adalah dengan mengurangi kecepatan atau mengkombinasikannya dengan mengganti bahan bakar menjadi *low sulfur fuel*, serta menambahkan alat seperti scrubber, direct water injection, exhaust gas recirculation, humid air motor, selective catalytic reduction, dan merubah kapal menjadi berbahan bakar LNG. Dari opsi *green* yang diberikan dicari *strategi green* yang menghasilkan *cost* dan nilai emisi yang paling minimum setelah x tahun. Pada tugas akhir ini digunakan 5 jenis kapal yang berbeda untuk merepresentasikan kondisi pelayaran peti kemas Indonesia saat ini berdasarkan pada kapasitas angkut dan tahun pembuatannya.

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh bahwa opsi *green* yang paling sesuai adalah dengan menambahkan alat exhaust gas recirculation, direct water injection dan mengganti bahan bakar ke *low sulfur fuel*, yang menghasilkan *profit* paling maksimum sesuai batas kondisi *green*.

Kata kunci :

Green Shipping, emisi NO_x, emisi SO_x, emisi CO₂, kapal peti kemas domestik

DEVELOPMENT CONCEPT OF GREEN SHIPPING ; CASE STUDI DOMESTIC CONTAINER SHIP

Student name : Fitri

NRP : 4110100037

Department : Naval Architecture

Supervisor : 1. Achmad Mustakim, S.T., M.T., MBA

2. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.

ABSTRACT

MARPOL 73/78 annex VI 14th regulates sulfur content 0.5% for globally. MARPOL 73/78 annex VI 13th regulates Nox (g/KWH) content based on RPM and the year when the ship built. MARPOL 73/78 annex VI chapter 4 regulates CO₂ content for new ships built after January 1st 2013; it has an emission percentage reduction target updated every 5 years. In order to meet this standard, shipping companies need to consider the effects of their operational activities to remain within the limit of their green condition. Shipping companies need to maintain a balance between environmental issues and profit that needs to be made. A Voyage Calculation is required on these case studies.

The various possible green options include reducing the speed of the ship, combining the fuel with low sulfur based fuel, adding more equipment such as scrubber, direct water injection, exhaust gas recirculation, humid air motor, selective catalytic reduction, and even changing the ship to use LNG based fuel. Based on the green options given before, the green strategy which minimizes cost and emissions after x period of time was calculated. This research used 5 different ships to represent current Indonesian domestic shipping condition based upon the ships' payload and the year built.

The calculation results show that adding exhaust gas recirculation, direct water injection and changing the fuel into low sulfur fuel maximize profit and are compatible with green standards.

Keywords :

Green Shipping, emissions of NO_x, SO_x emissions, CO₂ emissions, domestic container ship

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Hipotesis.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Polusi Udara	5
2.2 <i>Green Solution</i>	6
2.3 Regulasi.....	17
2.4 Metode Perhitungan <i>Cost</i> Kapal dan Emisi	23
2.5 Present Value.....	34
2.6 Optimasi	34
2.7 Kapal Representatif	35
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	47
3.1 Alur Penelitian.....	47
3.2 Alur Pengolahan Data dan Analisa	50
BAB 4 GAMBARAN UMUM PELAYARAN.....	51
4.1 Kondisi Pelayaran Secara Umum.....	51
4.2 Kondisi Pelayaran Peti Kemas di Indonesia Saat ini	53
BAB 5 KEBUTUHAN <i>GREEN SHIPPING</i>	65
5.1 <i>Green Shipping</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	65
5.2 <i>Green Shipping</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	67

5.3 Green Shipping (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	70
5.4 Green Shipping (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	73
5.5 Green Shipping (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013).....	76
BAB 6 DAMPAK PENERAPAN <i>GREEN SHIPPING</i> TERHADAP AKTIVITAS	
PELAYARAN PETI KEMAS INDONESIA.....	79
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan.....	81
7.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN	84
BIOGRAFI PENULIS	160

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Komponen <i>Scrubber</i>	11
Gambar 2 : Prinsip Direct Water injection	12
Gambar 3 : Exhaust Gas Recirculation.....	13
Gambar 4: Prinsip Humid Air Motor	14
Gambar 5 : Selective Catalytic Reduction.....	16
Gambar 6 : MV. Isa Clarity	36
Gambar 7 : Rute MV. Isa Clarity Gresik-Dili	37
Gambar 8 : Rute MV. Isa Clarity Dili-Wini.....	38
Gambar 9 : Rute MV. Isa Clarity Wini-Gresik	38
Gambar 10 : MV. Meratus Tangguh 2	38
Gambar 11 : Rute MV. Meratus Tangguh 2 Surabaya-Pantoloan.....	40
Gambar 12 : MV. Meratus Bontang	40
Gambar 13 : Rute MV. Meratus Bontang Surabaya-Banjarmasin	41
Gambar 14 : MV. Meratus Malino	42
Gambar 15 : Rute MV. Meratus Bontang Surabaya-Banjarmasin	43
Gambar 16 : MV. Meratus Kampar.....	43
Gambar 17 : Rute MV. Meratus Kampar Surabaya-Samarinda.....	45
Gambar 18 : Diagram Alur	48
Gambar 19 : Alur Pengolahan Data dan Analisa.....	50
Gambar 20 : Diagram Kontribusi Emisi Udara Pelayaran	51
Gambar 21 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Umur	52
Gambar 22 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Umur Kapal Representatif	52
Gambar 23 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Ukuran Representatif	53
Gambar 24 : Grafik Distribusi Kecepatan Kapal Peti Kemas di Indonesia.....	53
Gambar 25 : <i>Total cost</i> kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)	55
Gambar 26 : <i>Total cost</i> kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	57
Gambar 27 : <i>Total Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	59

Gambar 28 : <i>Total cost</i> kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	61
Gambar 29 : <i>Total Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013).....	63
Gambar 30 : <i>Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas<500TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	66
Gambar 31 : Perbandingan <i>total profit</i> kapal peti kemas konvensional dan <i>green</i> (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	66
Gambar 32 : <i>Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas <500TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	69
Gambar 33 : Perbandingan <i>total profit</i> antara kapal peti kemas konvensional dan <i>green</i> (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 -1 Januari 2013).....	69
Gambar 34 : <i>Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	72
Gambar 35 : Perbandingan <i>total profit</i> antara kapal peti kemas konvensional dan <i>green</i> (500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	72
Gambar 36 : <i>Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	75
Gambar 37 : Perbandingan <i>total profit</i> antara kapal peti kemas konvensional dan <i>green</i> (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	75
Gambar 38 : <i>Cost</i> pada tahun ke x untuk kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013).....	78
Gambar 39 : Perbandingan <i>total profit</i> antara kapal peti kemas konvensional dan <i>green</i> (500 TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013).....	78
Gambar 40 : Perbandingan hasil emisi kapal <i>green</i> dan kapal konvensional.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Opsi green.....	7
Tabel 2 : Karakteristik Bahan Bakar	9
Tabel 3 : Kandungan sulfur bahan bakar yang diperbolehkan secara global	18
Tabel 4 : Kandungan sulfur bahan bakar yang diijinkan khusus untuk daerah kontrol emisi..	18
Tabel 5 : Kandungan NOx yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2000	20
Tabel 6 : Kandungan NOx yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2011	21
Tabel 7 : Kandungan NOx yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2016	21
Tabel 8 : Penggunaan Cstern	23
Tabel 9 : Nilai <i>effective form factor</i>	25
Tabel 10 : Faktor emisi NOx	31
Tabel 11 : Kapal Representatif	35
Tabel 12 : <i>Expenses</i> dan <i>revenue</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	54
Tabel 13 : Emisi saat ini (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990) .	54
Tabel 14 : Batas kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	55
Tabel 15 : <i>Expenses</i> dan <i>revenue</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	56
Tabel 16 : Emisi saat ini (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	56
Tabel 17 : Batas kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	56
Tabel 18 : <i>Expenses</i> dan <i>revenue</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	58
Tabel 19 : Emisi saat ini (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	58
Tabel 20 : batas kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	58

Tabel 21 : <i>Expenses</i> dan <i>revenue</i> (kapal peti kemas>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	59
Tabel 22 : Emisi saat ini (kapal peti kemas>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	60
Tabel 23 : Batas kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	60
Tabel 24 : <i>expenses</i> dan <i>revenue</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	61
Tabel 25 : Emisi saat ini (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013).....	62
Tabel 26 : Batas kondisi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs -1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	62
Tabel 27 : Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap <i>green</i> (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990).....	65
Tabel 28 : Persamaan <i>present value profit</i> setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	67
Tabel 29 : Persamaan hasil SOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	67
Tabel 30 : Persamaan hasil NOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	67
Tabel 31 : Persamaan hasil CO ₂ setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	68
Tabel 32: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap <i>green</i> (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	68
Tabel 33 : Persamaan <i>present value profit</i> setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	70
Tabel 34 : Persamaan hasil SOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	70
Tabel 35 : Persamaan hasil NOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	70
Tabel 36 : Persamaan hasil CO ₂ setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	71

Tabel 37: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap <i>green</i> (500 TEUs -1000 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	71
Tabel 38 : Persamaan <i>present value profit</i> setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	73
Tabel 39 : Persamaan hasil SOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	73
Tabel 40 : Persamaan hasil NOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	73
Tabel 41 : Persamaan hasil CO ₂ setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)	74
Tabel 42: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap <i>green</i> (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013).....	74
Tabel 43 : Persamaan <i>present value profit</i> setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	76
Tabel 44 : Persamaan SOx setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	76
Tabel 45 : Persamaan NOx <i>profit</i> setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	76
Tabel 46 : Persamaan hasil CO ₂ setiap opsi <i>green</i> (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)	77
Tabel 47 : Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap <i>green</i> (500 TEUs - 1000TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 2013)	77

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelayaran merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhan, keselamatan dan keamanan, serta perlindungan di lingkungan maritim (dephub, 2008). Komponen terbesar yang dikeluarkan untuk biaya transportasi dalam pelayaran adalah bahan bakar, yakni lebih dari 50% (Han, 2010). Pada umumnya, bahan bakar yang digunakan oleh kapal tergolong pada bahan bakar terdegradasi dan mempunyai mutu rendah dengan tujuan untuk penghematan. Namun kandungan aspal, residu karbon, sulfur, senyawa logamnya memiliki viskositas yang tinggi. Selama proses pembakaran di mesin *diesel, incinerator, dan boiler*, bahan bakar ini dapat menghasilkan NO_x, SO_x, CO₂, PM (*particulate matters*), CO, UHC (*UnBurn Hydrocarbon*), dan asap hitam dalam jumlah yang signifikan. Polutan ini berperan dalam penipisan lapisan ozon, fenomena efek rumah kaca, dan hujan asam yang dapat menimbulkan dampak buruk terhadap makhluk hidup.

Produk sampingan hasil dari aktivitas pelayaran berkontribusi besar terhadap emisi udara yang berkembang cepat dan dapat menimbulkan permasalahan kesehatan, hujan asam dan eutrofikasi. Lebih dari 30 *human epidemiological* studi mengemukakan bahwa gas buang mesin *diesel* meningkatkan resiko kanker, serta 2000 studi yang dilakukan di California ditemukan bahwa gas buang mesin diesel bertanggung jawab pada 70% resiko kanker akibat polusi udara.

Kapal merupakan moda transportasi yang paling efisien untuk mengangkut dalam jika dilihat dari emisi CO₂ yang dihasilkan per satuan jaraknya. (IMO, 2009). Namun dengan semakin berjalannya waktu, emisi yang ditimbulkan oleh kapal semakin meningkat, sedangkan emisi darat turun secara bertahap. Jika dibiarkan, pada tahun 2020 pelayaran akan menjadi penghasil emisi terbesar bahkan melampaui emisi yang bisa dihasilkan oleh transportasi darat. (European Federation for Transport and Environment AISBL, 2016)

Melalui penemuan Corbett & Fishbeck, pertama kali dikembangkan secara global untuk kapal jenis *ocean going* dan ditemukan bahwa kapal jenis ini merupakan penyumbang emisi global yang utama untuk polutan jenis nitrogen dan sulfur. Pada

tingkat yang lebih rendah, emisi global disumbang oleh CO₂, PM, CO, HCs (*Hydrocarbons*). Mereka bersikeras bahwa mendekati 80% dari armada kapal seluruh dunia menghabiskan 55 % dari waktu operasionalnya berada di dermaga dan 25 % waktunya berada di peisisr pantai dan 20 % dari waktunya berada di laut dan jauh dari daratan. Hal ini mengindikasikan bahwa kebanyakan dari emisi yang ditimbulkan oleh kapal terjadi cukup dekat dengan daratan (Corbet, 1998)

Untuk menekan jumlah emisi udara akibat kativitas pelayaran, *International Maritime Organization* (IMO) sebagai organisasi dunia yang salah satunya menaungi tentang pencemaran dalam MARPOL annex VI, menetapkan standar polusi untuk setiap jenis kapal. Guna memenuhi standar ini, perusahaan pelayaran perlu memikirkan lebih lanjut tentang dampak dari aktivitas operasional dari armada kapalnya dan juga masih dapat memenuhi batasan dari kondisi *green*. Berbagai solusi yang ramah terhadap lingkungan (*green solution*) diperlukan, khususnya untuk Indonesia sebagai negara yang berbasis maritim. *Green Solution* yang telah berkembang saat ini lebih condong untuk negara-negara maju yang lebih memperhatikan dampak lingkungan dari tiap aktivitas produksi yang ditimbulkan. Hal ini dikarenakan tingginya biaya (*cost*) yang harus diperlukan untuk investasi menuju kondisi yang lebih *green*. Sementara negara berkembang yang mempunyai permasalahan yang lebih kompleks dan minim nya kemampuan dalam hal pembiyaan dan kesiapan menjadi masalah tersendiri. Suatu *green solution* yang sesuai dengan kondisi wilayah Indonesia diperlukan agar tercipta *Green Shipping* yang sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, rumusan masalah yang diangkat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi pelayaran kapal peti kemas di Indonesia ?
2. Apa yang menjadi kebutuhan dari perusahaan pelayaran di Indonesia untuk menuju *green shipping* ?
3. Bagaimana dampak dari aktivitas pelayaran di Indonesia dengan penerapan *green shipping* ?

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah, perlu adanya batasan masalah yang perlu di garis bawahi dalam Tugas Akhir ini. Dengan harapan bahwa masalah yang dibahas tidak melebar nantinya. Adapun batasan masalahnya antara lain adalah :

1. Analisa yang dilakukan hanya terbatas pada kegiatan pelayaran untuk kapal peti kemas domestik
2. Polusi yang dihitung adalah polusi udara (SO_x, NO_x, CO₂)

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi pelayaran kapal peti kemas di Indonesia
2. Menentukan kebutuhan dari perusahaan pelayaran di Indonesia untuk menuju *green shipping*
3. Mengetahui dampak dari aktivitas pelayaran di Indonesia dengan adanya penerapan *green shipping*

1.5 Manfaat

Tugas akhir ini diharapkan dapat dijadikan sebagai opsi bagi perusahaan pelayaran pada 2020 mendatang terkait dengan perturan MARPOL Annex VI regulasi 13 tentang NO_x, MARPOL Annex VI regulasi 14 tentang SO_x dan MARPOL Annex VI Chapter 4 tentang CO₂. Selain itu diharapkan juga tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi dalam dunia pendidikan dan untuk penelitian yang lebih lanjut.

1.6 Hipotesis

Operasional kapal yang efektif berkontribusi terhadap penekanan biaya transportasi yang dapat mempengaruhi harga barang. Harga barang yang murah berdampak pada ketersediaan barang yang tinggi untuk mendukung pertumbuhan perdagangan internasional dan juga berujung pada perkembangan ekonomi dunia.

Masalah operasional kapal dan kualitas lingkungan saling berhubungan. Industri pelayaran harus bisa menyeimbangkan keuntungan produktivitas dan perlindungan lingkungan. Sehingga perlu adanya pembahasan lebih lanjut mengenai desain aktivitas pelayaran, penghematan energi dan sumber daya alam yang sesuai dengan wilayah indonesia

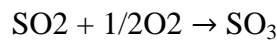
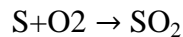
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polusi Udara

2.1.1 Sulfur Oksida (SO_x)

Emisi SO_x terbentuk dari fungsi kandungan sulfur dalam bahan bakar, selain itu kandungan sulfur dalam pelumas, juga menjadi penyebab terbentuknya emisi SO_x. Struktur sulfur terbentuk pada ikatan *aromatic* dan *alkyl*. Dalam proses pembakaran *sulfur dioxide* dan *sulfur trioxide* terbentuk dari reaksi:



Kandungan SO₃ dalam SO_x sangatlah kecil sekali yaitu sekitar 1-5%. (Sugiarti, 2009). Gas ini berciri-ciri memiliki bau yang tajam tapi tidak berwarna, bersifat korosif (penyebab karat). Pada manusia, gas ini dapat menimbulkan serangan asma, iritasi mata, selain itu gas ini juga mampu bereaksi dengan senyawa kimia lain membentuk partikel sulfat yang jika terakumulasi di paru-paru dapat menimbulkan kesulitan bernapas, penyakit pernapasan dan bahkan kematian. Pada lingkungan, gas ini pun jika bereaksi di atmosfer akan membentuk zat asam yang menjadi pemicu timbulnya hujan asam. (EPA, 2007)

Pada kapal emisi SO_x yang dihasilkan bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Jumlah emisi (dalam ton per hari) ini merupakan perkalian dari total konsumsi bahan bakar yang digunakan (dalam ton per hari) dengan prosentase sulfur saat ini yang terkandung dalam bahan bakar yang digunakan (semisal 4%, 1.5%, 0.5%, dan lainnya) kemudian dengan faktor 0.02. (Kontovas, 2008)

2.1.2 Nitrogen Oksida (NO_x)

Terdapat $2,3 \times 10^{15}$ gram produksi N₂O (Warneck, 1988) masuk ke atmosfer pertahun. Dimana sebesar 20×10^{12} gram N₂O tertinggal di atmosfer dengan kurun waktu rata-rata lebih dari 100 tahun (Cicerone, 1987). Lamanya substansi ini tertinggal, memungkinkan terjadi bercampur dengan bahan pencemar udara lainnya sehingga menghasilkan campuran pencemar yang lebih berbahaya bagi manusia.

NO_x terbentuk atas tiga fungsi yaitu Suhu (T), Waktu Reaksi (t), dan

konsentrasi Oksigen (O_2), $NO_x = f(T, t, O_2)$. Secara teoritis ada 3 teori yang mengemukakan terbentuknya NO_x , yaitu:

1. Terbentuk karena *Thermal* NO_x (*Extended Zeldovich Mechanism*). Proses ini disebabkan gas nitrogen yang beroksidasi pada suhu tinggi pada ruang bakar (>1800 K). *Thermal* NO_x ini didominasi oleh emisi NO ($NO_x = NO + NO_2$).
2. PromptNO Formasi NO_x ini akan terbentuk cepat pada zona pembakaran.
3. Fuel NO_x NO_x formasi ini kandungan N dalam bahan bakar.

Emisi NO_x pada kapal ditentukan oleh tipe dari mesin. Rasio dari emisi NO_x terhadap konsumsi bahan bakar (ton per hari terhadap ton perhari) bervariasi dari 0.087 untuk *slow speed engine* sampai dengan 0.057 untuk *medium speed engine*. (Kontovas, 2008)

2.1.3 Karbon dioksida (CO_2)

Karbon dioksida (CO_2) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Ia berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat.

Emisi CO_2 pada kapal ditentukan oleh jenis bahan bakar yang digunakan dan tipe dan mesinnya. Untuk menghitung jumlah emisi yang dihasilkan (dalam ton per hari) merupakan perkalian dari total bahan bakar yang digunakan (dalam ton per hari) dengan faktor 3.17. (Kontovas, 2008)

2.2 *Green Solution*

Tugas Akhir menggunakan 8 opsi green yang berbeda dan mempunyai karakteristik serta fungsi masing-masing dalam menurunkan emisi baik itu, SO_x , NO_x , CO_2

Tabel 1 : Opsi green

Keterangan	Opsi Green	SOx	NOx	CO ₂
Penurunan Kecepatan	Strategi 1	✓	✓	✓
Low sulfur Fuel	Strategi 2	✓	✗	✗
Scrubber	Strategi 3	✓	✗	✓
Direct Water Injection	Strategi 4	✗	✓	✗
Exhaust Gas Recirculation	Strategi 5	✓	✓	✗
Humid Air Motor	Strategi 6	✗	✓	✗
Selective Catalytic Reduction	Strategi 7	✗	✓	✗
Bahan Bakar Gas (LNG)	Strategi 8	✓	✓	✓

2.2.1 Penurunan Kecepatan

Kapal didesain dengan kecepatan tertentu sesuai dengan desain *requirement* yang diminta oleh *owner* kapal. Untuk kapal dengan ukuran yang besar biasanya tidak terlalu membutuhkan kecepatan yang bernilai cenderung besar dengan tujuan dapat menekan konsumsi bahan bakar. Mengingat kecepatan sendiri merupakan fungsi pangkat tiga dari konsumsi bahan bakar. Penurunan dari konsumsi bahan bakar ini akan berdampak pada penurunan emisi yang dihasilkan dan kapal akan lebih ramah lingkungan dibandingkan saat kapal melaju dengan kecepatan yang lebih tinggi pada kondisi sebelumnya.

Propulsi mesin yang dipasang pada kapal *ocean going* paling banyak berjenis *low speed two stroke*. Mesin ini didesain untuk menghasilkan daya tertentu sesuai dengan kecepatan kapal yang di rencanakan. Sejalan dengan penurunan kebutuhan daya propulsi kapal, perubahan dan penyesuaian pada komponen mesin dinilai menguntungkan dalam konteks konsumsi bahan bakar, yang berujung pada penurunan emisi CO₂. Secara keseluruhan hal ini dapat meningkatkan performa mesin pada beban yang rendah. Meskipun demikian, perubahan ini dapat berdampak pada sertifikasi mesin terhadap lingkungan, khususnya untuk emisi NOx.

Ketika mesin kapal dibuat, dilakukan tes sertifikasi untuk menjamin agar emisi berada pada batasan yang diijinkan oleh IMO. Saat perubahan terhadap desain mesin awal dilakukan, dibutuhkan sertifikasi baru yang mana akan menghabiskan waktu dan biaya. Karenanya metode ini bertujuan untuk menemukan solusi yang paling optimal untuk kapal yang telah beroperasi saat ini untuk sertifikasi yang sudah ada.

Banyak kemungkinan perubahan telah diteliti dan ada dua solusi dengan potensi besar yang telah dikembangkan. Solusi yang pertama adalah dengan berlayar dengan jumlah muatan rendah. Hal ini bisa dilakukan pada mesin kapal yang dikontrol secara elektronik. Mesin kapal dibuat untuk mengoptimalkan konsumsi bahan bakar pada kecepatan tertentu. Dengan menggunakan solusi yang pertama ini solusi optimum kecepatan kapal akan diperoleh pada kecepatan yang jauh lebih rendah ketimbang kecepatan normal namun menghasilkan konsumsi bahan bakar dan emisi udara yang rendah.

Solusi yang kedua adalah dengan memotong penggunaan *turbocharger*. Hal ini bisa dilakukan pada kapal yang mempunyai beberapa mesin *turbocharger*. Solusi ini mempunyai jangkauan yang lebih luas seperti pengurangan konsumsi bahan bakar dalam jumlah besar mungkin terjadi daripada solusi pertama. Selain itu *turbocharger* yang tidak terpakai dapat digunakan pada mesin yang dikontrol secara elektronik maupun mesin mekanik. Dengan melakukan ini, notabene kapal dengan mesin mekanik yang paling banyak beroperasi saat ini akan dapat mengurangi emisi gas buangnya.

Metode pemotongan penggunaan *turbocharger* bekerja dengan mematikan salah satu *turbocharger* dan menutup salah satu katup penutupnya. Mesin selanjutnya akan berjalan lebih efisien dan dengan kombinasi pengurangan kecepatan kapal. Konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ pun dapat berkurang.

Pemotongan penggunaan turbocharger telah diimplementasikan di kapal peti kemas Salalah dengan mesin MAN&BMW 12K98ME milik A.P Moller-Maersk berkapasitas 8000 TEU pada kondisi setifikasi yang sekarang. Tes yang dilakukan pada kapal ini dengan menurunkan kapal dari kecepatan 24 knot ke 22 knot menghasilkan daya mesin yang turun sampai dengan 77% dengan beban 56%. Kapal dengan kecepatan yang lebih rendah akan memangkas emisi sebesar 25% setiap *naautical mile* nya. Pengurangan emisi akibat optimasi operasi mesin dengan pemotongan penggunaan turbocharger akan mengurangi CO₂ sebesar 3%. (Green Ship, 2009)

2.2.2 Penggunaan Bahan Bakar Rendah Sulfur

Mengganti bahan bakar yang semula memiliki kandungan tinggi ke bahan bakar yang memiliki kandungan sulfur rendah bukanlah suatu masalah yang sulit

dan pada kenyataannya ini merupakan pilihan yang mudah dilakukan dibandingkan dengan opsi green yang lain. Kecenderungannya bahan bakar kapal yang tersedia di Indonesia memiliki karakteristik sebagai berikut :

Tabel 2 : Karakteristik Bahan Bakar

Bahan Bakar	Keterangan	Massa Jenis	Kandungan Sulfur
MGO	Merupakan bahan bakar sulingan (distillate).	865 kg/m ³	0.35 %
HSD	High speed Diesel.	870 kg/m ³	0.35 %
MFO 180	Merupakan bahan bakar residual yang mengandung komponen bahan bakar distillate.	991 kg/m ³	4.5 %
MFO 380	Tergolong bahan bakar residu yang memiliki kandungan sulfur rendah.	991 kg/m ³	4.5 %
MDF	Merupakan bahan bakar sulingan yang mengandung beberapa komponen residual.	900 kg/m ³	2 %
LNG	Liquified Natural Gas	500 kg/m ³	0 %

Mengganti bahan bakar akan membutuhkan biaya investasi yang cukup kecil untuk modifikasi mesin pada kasus yang membutuhkan *retrofitting*. Bahan bakar yang rendah sulfur mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar regular HFO yang digunakan pada kapal. Selain mampu untuk menjalankan mesin menjadi lebih lancar, menggunakannya juga mampu untuk mengurangi keausan pemakaian pada mesin. Masalah operasional pun juga akan berkurang, dan keharusan untuk melakukan *maintenance* kapal pun berkurang. Namun sayangnya harga bahan bakar rendah sulfur tidak lah murah dibandingkan dengan bahan bakar regular HFO.

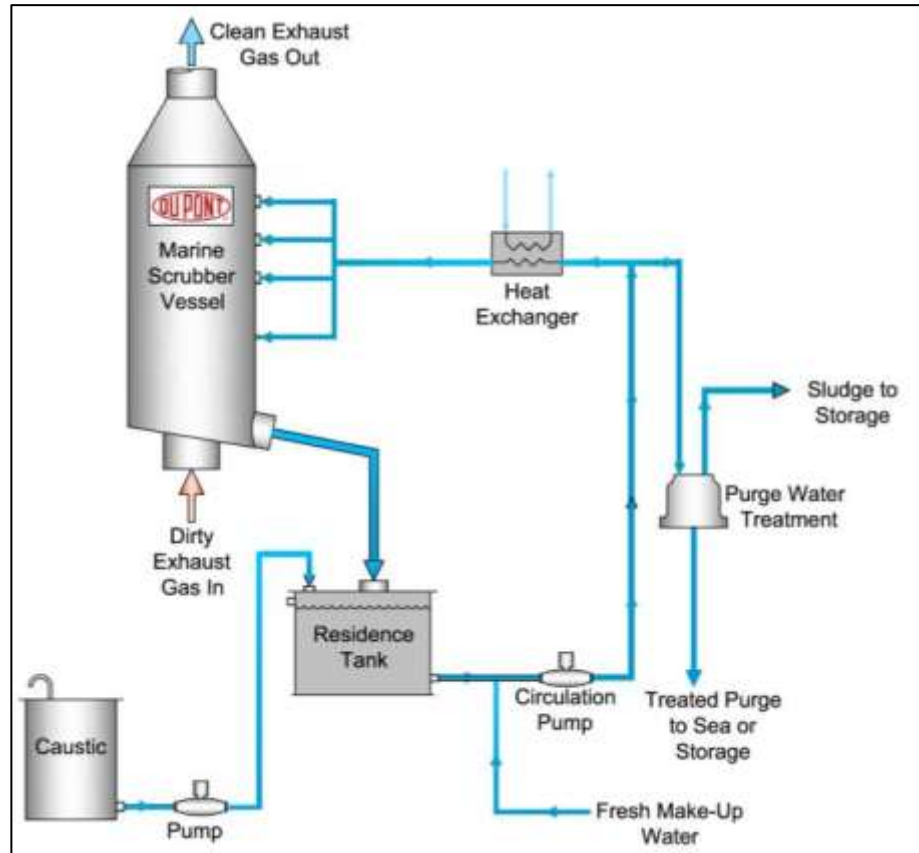
2.2.3 Scrubber

Scrubber merupakan alat bantu yang kuat dan efektif untuk dipasang tidak hanya di mesin induk tapi juga mesin bantu dan *boiler*. Menggunakan air sebagai media penyerapan sulfur. Alat ini mengandung partikel penghapus yang lebih dominan terhadap massa dibandingkan dengan jumlah. Komponen utama dari scrubber :

- 1) Sumber air, baik air laut, air tawar, ditambah dengan pereaksi
- 2) Pompa untuk memberikan tekanan yang spesifik *nozzle* semprot dan juga karena scrubber ditempatkan di tempat yang tinggi dari *base line* kapal
- 3) Menara Scrubber yang terdiri dari tiga bagian yang berbeda. Bagian pendingin untuk menurunkan suhu gas, bagian penyerap dimana reaksi berlangsung untuk menyerap sulfur kedalam air. Dan yang terakhir yakni *droplet separator*, dimana di bagian ini air dipisahkan dari emisi gas buang sehingga cerobong akan tetap kering.
- 4) Fasilitas pengolahan yang berfungsi untuk mencuci air (untuk *open system* dan *closed system*)
- 5) Dan yang paling penting adalah sistem monitoring. Aktivitas penerimaan pembersihan gas buang dipantau secara terus menerus terhadap udara dan parameter air.

Jenis-jenis *scrubber* yang tersedia dipasaran antara lain :

- *Open loop scrubber*, bekerja dengan menggunakan hanya air laut tanpa bahan kimia sehingga menimbulkan konfigurasi biaya operasional yang rendah
- *Closed loop scrubber*, menggunakan air tawar yang dicampur dengan *alkaline* (soda api, magnesium oksida, atau magnesium hidroksida). Memiliki konfigurasi *capital cost* yang rendah namun harus mengeluarkan biaya lebih untuk operasional penggantian dari *alkaline* yang digunakan.



Sumber : <https://www.green4sea.com>

Gambar 1 : Komponen Scrubber

- *Hybrid loop scrubber*, merupakan pilihan yang paling fleksibel. Jenis scrubber ini paling banyak digunakan di kawasan ECA (*Emission Control Area*). Namun sayangnya memiliki konfigurasi *capital cost* yang mahal mengingat alat ini merupakan kombinasi dari *open loop* dan *closed loop*.

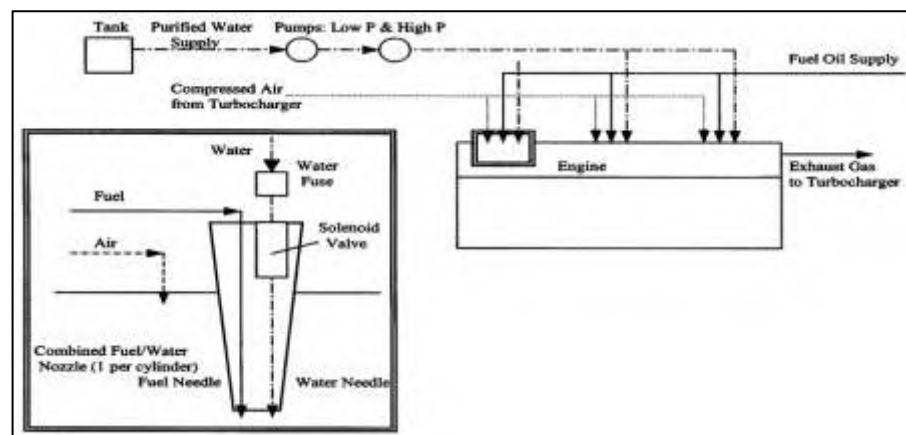
Pada dasarnya yang menjadi alasan utama penggunaan *scrubber* adalah untuk investasi jangka panjang dan fleksible dengan peraturan yang akan diterapkan per 2020 dan mampu mengurangi SO_x hingga 99% tergantung pada kandungan sulfur pada bahan bakar. Semakin tinggi sulfur yang terkandung, penurunan SO_x tidak akan mampu mencapai 100%.

2.2.4 *Direct Water Injection*

Merupakan satu alternatif yang bisa digunakan untuk mengemulsi bahan bakar dengan air secara langsung. Injeksi secara langsung ini memberikan keuntungan yakni dapat menambahkan air dalam jumlah yang besar pada operasi

rendah tanpa menggunakan proses pembakaran sehingga kemampuan bermanuver menjadi lebih handal. Keuntungan lain yang bisa ditawarkan adalah dengan waktu injeksi yang terpisah mampu menurunkan emisi NOx dapat lebih optimal.

Teknologi *Direct Water Injection* mampu mengurangi emisi NOx hingga 40%-60%, melalui injeksi kabut air bertekanan tinggi melalui ruang pembakaran. Penurunan *particulate matter* juga terjadi. Injeksi air terjadi secara terpisah dari injeksi bahan bakar pada siklus pembakaran, mendinginkan silinder dan mengurangi pembentukan NOx. Teknologi ini menggunakan air bersih yang diinjeksikan tersendiri kedalam ruang pembakaran mesin yang terletak dekat dengan injeksi dari bahan bakar. Sistem ini menggunakan kombinasi unik antara katup dan *nozzle* bahan bakar dan air. Setiap katup perlu bahan bakar dan air yang dikontrol secara terpisah. Perbandingan antara air terhadap bahan bakar yang digunakan yakni 40% sampai dengan 70 %, dengan melakukan ini dapat menurunkan NOx antar 50% hingga 60 %. Pada *medium speed engine*, biasanya teknologi ini mampu menghasilkan NOx antara 5 sampai dengan 7 g/kwh. Seperti sistem percampuran air dan bahan bakar lain, teknologi ini bekerja dengan menurunkan temperatur pembakaran. Dimana injeksi air terjadi sebelum injeksi bahan bakar yang mampu menghasilkan temperatur ruang pembakaran yang lebih rendah. Injeksi dari air berhenti sebelum bahan bakar diinjeksikan. Sehingga pengapian dari bahan bakar dan proses pembakaran tidak terganggu.



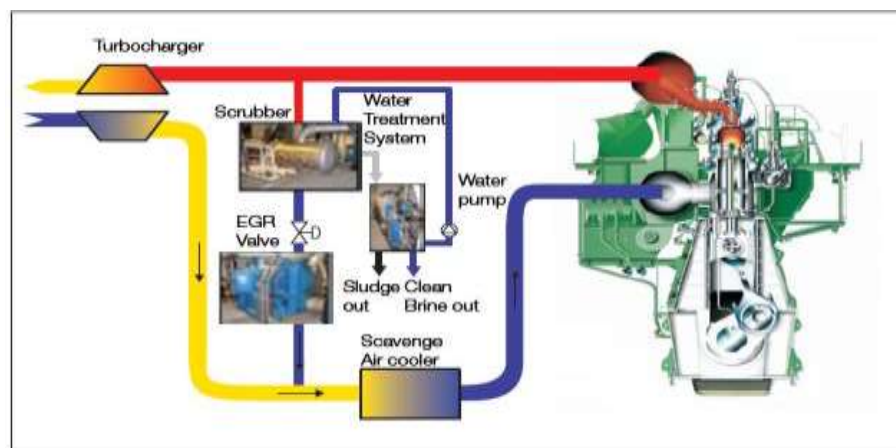
Sumber : Adamkiewicz Andrzej
Gambar 2 : Prinsip Direct Water injection

2.2.5 Exhaust Gas Recirculation

Teknologi ini bekerja dengan memanfaatkan bagian dari *exhaust gas turbocharger* yang diedarkan di *scavange receiver* setelah melalui *scrubber* (unit pencucian gas buang). Diklaim sekitar 50%-60% pengurangan NO_x dari tier I. (Chougle, 2014) Namun, pembuangan air yang digunakan sebagai pembersih membutuhkan penanganan seperti pemurnian dan pemisahan dari kotoran kering yang terdapat di gas. Beberapa Negara menentang pembuangan air ini, namun jika digunakan ulang dapat menimbulkan permasalahan korosi.

Pengurangan NO_x terjadi adanya adanya pengurangan kadar oksigen berlebih pada udara yang digunakan untuk pembakaran. Penambahan CO₂ dan uap air mengurangi temperatur titik puncak pembakaran karena memiliki kalor jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara.

Sistem *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) yang dikombinasikan dengan teknologi seperti metode injeksi, desain katup bahan bakar yang baru, prinsip injeksi *common rail*, mesin elektronik, *scavange air moisturizing*, dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan dari standar tier III.



Sumber : <https://www.greenship.org>

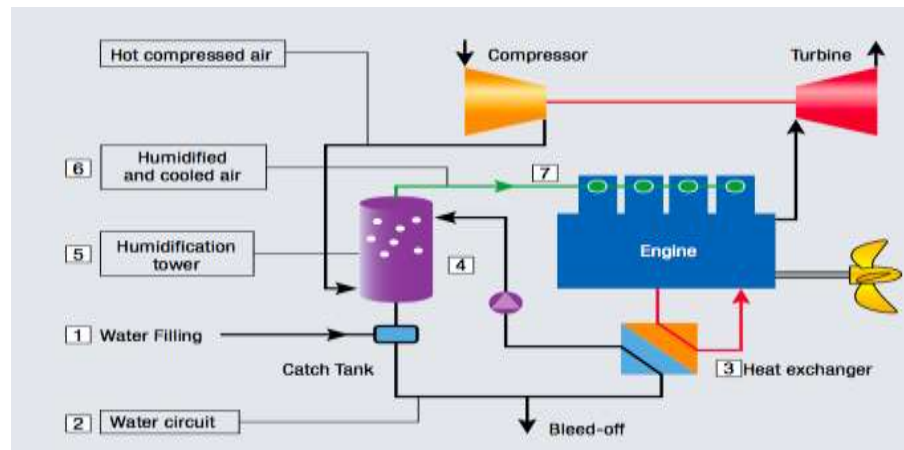
Gambar 3 : Exhaust Gas Recirculation

Scavenger air moisturizing menggunakan udara dari *turbocharger* yang telah melewati kompresor dengan suhu tinggi. Air laut diinjeksikan kedalam udara bersuhu tinggi dengan tujuan untuk mendinginkan dan membuatnya tersaturasi. Melalui proses penyulingan memungkinkan penggunaan air laut sebagai ganti air tawar. Pelembaban udara dikendalikan dengan menjaga tempeartur dari alat pada kisaran 60°C-70°C. Air yang berada pada udara jenuh

dapat mengurangi titik puncak pembakaran karena daya dukung udara. Sekitar 60% pengurangan NOx dapat tercapai dengan menggunakan metode ini.

2.2.6 Humid Air Motor

Humid Air Motor (HAM) telah banyak diketahui bahwa air dapat digunakan untuk mengurangi emisi NOx pada mesin *diesel*, yang juga dimanfaatkan oleh teknologi *Humid Air Motor* untuk bisa membantu mengurangi pembentukan NOx hingga 65 % yang diklaim oleh MAN. Pada sistem HAM, Udara jenuh terbentuk pada turbocharger memanfaatkan uap air yang dihasilkan diatas kapal yang berasal dari air laut. Hal ini dapat menurunkan titik puncak suhu pembakaran, yang biasanya menjadi sumber utama pembentukan NOx. HAM sendiri mempunyai karakteristik berbiaya rendah untuk operasionalnya karena hanya menggunakan air laut, mampu menurunkan konsumsi minyak pelumas, biaya maintenance yang rendah serta faktor ketersediaan yang tinggi. Dilihat dari segi ekonomis, HAM sendiri mampu menciptakan kondisi operional mesin yang menguntungkan.



Sumber : <https://www.man.eu>

Gambar 4: Prinsip Humid Air Motor

Pada prinsipnya HAM bekerja dengan melembabkan udara *inlet* untuk menurunkan suhu puncaknya. Sistem HAM, *humidifier* menghasilkan udara jenuh. Kemampuan dari air untuk mengurangi pembentukan NOx dimanfaatkan dengan cara yang sama, yakni dengan mengemulsifikasi air dan bahan bakar. Kuantitas air yang ditambahkan jauh lebih tinggi dan panas untuk penguapan air yang diambil dari udara yang terkompresi. Seperti yang terdapat di *turbocharger*

atau sumber mesin lain. Kuantitas air yang dapat diinjeksikan ke udara *inlet* tergantung pada suhu dan tekanan campuran. Ketika temperatur udara naik, memungkinkan udara untuk bisa terevaporasi. Pada alat ini tidak membutuhkan sumber energi eksternal.

Cara kerja HAM :

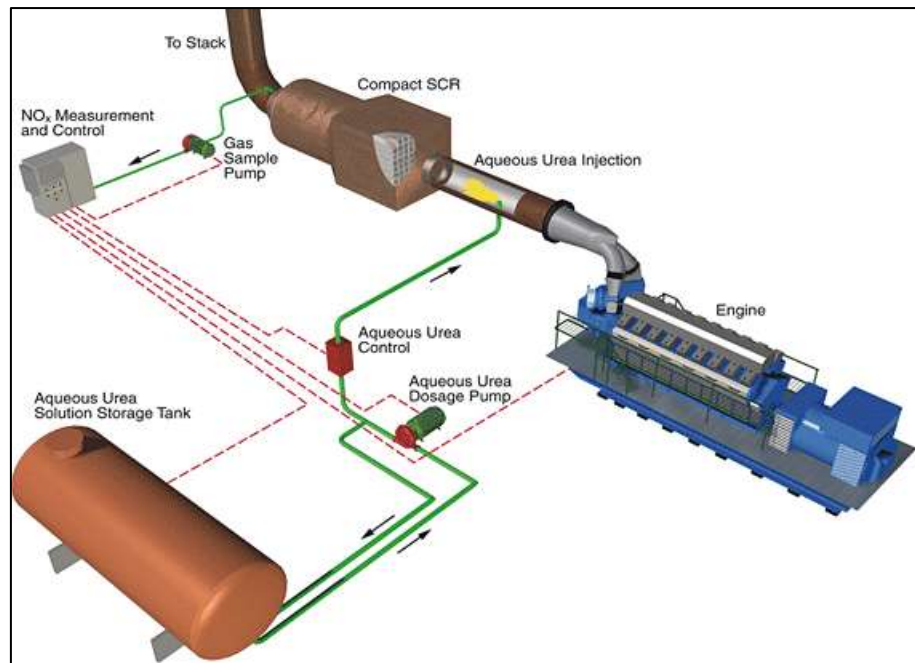
- 1) Air laut yang telah disaring, dipompa ke *catch tank* untuk menggantikan putaran air yang terevaporasi
- 2) HAM sendiri merupakan siklus perputaran air pada *catch tank* dan *humidification tower*
- 3) Terjadi pertukaran panas antara *catch tank* dan HAM kapal yang berujung pada pemanasan air laut, yang kemudian dijadikan sebagai sumber pemanas kapal.
- 4) Proses tiga kali injeksi memanaskan air laut dan membuatnya menguap
- 5) Pada saat yang sama udara buangan dari turbocharger melewati udara pendingin yang disalurkan pada HAM kapal. Bergerak melalui HAM, perubahan udara menimbulkan penyerapan air dan menjatuhkannya pada *catch tank* termasuk pula garam yang dihasilkan sehingga tidak ada kandungan garam pada mesin
- 6) Untuk menghindari tetesan air mencapai ruang pembakaran, udara lembab dilewatkan pada *mist catcher* pada akhir *humidification tower*.
- 7) Proses pelembaban udara inilah yang diumpankan ke dalam mesin.

2.2.7 *Selective Catalytic Reduction*

Pada teknologi ini, urea atau ammonia disuntikkan dalam gas buang sebelum melewati sebuah unit yang terdiri dari lapisan katalis khusus pada temperature antara 300°C sampai dengan 400°C. Reaksi kimia antara urea atau ammonia dan NOx pada gas buang dapat mengurangi NOx. Alat ini dipasang antara *manifold* penerima atau pembuangan dan turbocharger.

Efisiensi *turbocharger* yang tinggi diperlukan dalam sistem ini karena adanya penurunan tekanan di reaktor dari *selective catalytic reduction*. Beban mesin harus pada 40% atau lebih saat NOx dirubah menjadi N₂ pada temperature yang spesifik (300°C-400°C). Jika suhu diatas 400°C, ammonia akan terbakar dari pada bereaksi dengan NOx yang akan menyebabkan system menjadi tidak

efektif. Begitu juga ketika suhu berada dibawah 270°C , laju reaksi akan menjadi rendah dan aluminium sulfat terbentuk dan akan menghancurkan katalis. Lebih dari 90% pengurangan NO_x akan terjadi ketika menggunakan teknologi *selective catalytic reduction* sehingga mampu mentaati peraturan tier III dari standar emisi MARPOL. (Chougle, 2014)



Sumber : vikingline.com

Gambar 5 : Selective Catalytic Reduction

2.2.8 Penggunaan Bahan Bakar Gas (LNG)

Penggunaan LNG sebagai bahan bakar kapal telah terbukti dan merupakan salah satu alternatif yang tersedia untuk mengurangi kandungan emisi yang dihasilkan oleh kapal. Terlebih lagi dengan semakin ketatnya peraturan terkait dengan lingkungan. Ketika bahan bakar konvensional yang masih banyak dipakai pada kapal-kapal yang beroperasi saat ini, LNG memiliki daya tarik tersendiri terutama untuk investasi jangka panjang kedepannya. Selain lebih hemat karena memiliki densitas energi yang besar, pemanfaatan penggunaan LNG dapat menimbulkan :

- Peningkatan *revenue*
- Peningkatan *environmental foot print*
- Dapat meningkatkan efisiensi dengan memasang *flow-improving appendages* selama proses *dry docking*

- Menambah ruang gerak dan pertokoan
- Menambah *open deck tabs*
- Mengurangi waktu *maintenance* kapal
- Mengurangi jumlah engine kru
- Harga minyak pelumas yang lebih murah
- Ruang mesin menjadi lebih bersih
- Tidak ada jelaga di deck sehingga mengurangi waktu bersih-bersih
- Tidak memerlukan *exhaust cleaning devices or catalytic reactors*
- Tingkat kebisingan lebih rendah di ruang mesin

Penggunaan LNG tentunya tidak selalu menyenangkan, kekurangan yang muncul dengan pemasangan mesin berbahan bakar LNG adalah :

- Biaya design dan *retrofit* tinggi
- Membutuhkan waktu yang cukup lama untuk proses *retrofit*
- Tantangan terhadap ketersediaan lokasi dan proses bunkering
- Permasalahan *statutory*
- Tantangan terhadap harga LNG
- Membutuhkan banyak ruangan tanki untuk mengakomodasi kebutuhan bahan bakar
- Peraturan tentang LNG masih dikembangkan
- Peralatan bahan bakar yang lebih canggih dibutuhkan
- Persepsi publik belum sepenuhnya diketahui

Tidak hanya tentang SO_x, LNG sendiri diklaim mampu menurunkan emisi NO_x hingga 35% dan CO₂ hingga 25 % (DNV-GL, 2015)

2.3 Regulasi

2.3.1 Peraturan tentang sulfur oksida (SO_x)

MARPOL Annex VI regulasi 13 merupakan peraturan internasional yang mengatur terkait dengan *sulfur oxide* yang diperbolehkan dalam pelayaran. Secara umum Kandungan sulfur dari bahan bakar minyak yang digunakan di kapal wajib tidak melebihi batas berikut :

Tabel 3 : Kandungan sulfur bahan bakar yang diperbolehkan secara global

No	Jumlah	Satuan	Waktu
1.	4.5 %	m/m	Sebelum 1 Januari 2012
2.	3.5 %	m/m	Pada dan setelah 1 Januari 2012
3.	0.5 %	m/m	Pada dan setelah 2012

Rata-rata kandungan sulfur bahan bakar minyak residu di dunia yang digunakan di kapal wajib dipantau sesuai pedoman yang dikembangkan oleh Organisasi, yang diatur dalam MEPC. 82(43) . Sedangkan untuk daerah khusus, daerah kontrol emisi wajib mencakup :

1. Laut Baltic, Laut Utara, dan
2. Daerah laut lainnya, termasuk daerah-daerah pelabuhan yang ditentukan oleh Organisasi sesuai kriteria dan prosedur-prosedur.

Ketika kapal beroperasi pada daerah kontrol emisi, kandungan sulfur dari bahan bakar yang digunakan di kapal tidak boleh melebihi batas berikut:

Tabel 4 : Kandungan sulfur bahan bakar yang diijinkan khusus untuk daerah kontrol emisi

No.	Jumlah	Satuan	Waktu
1	1.50 %	m/m	Sebelum 1 Juli 2010
2	1.00 %	m/m	Pada dan setelah 1 Juli 2010
3	0.10 %	m/m	Pada dan setelah 1 Januari 2015

Kapal-kapal yang menggunakan bahan bakar dari jenis yang berbeda dengan tujuan memenuhi peraturan diatas, diperbolehkan keluar masuk daerah kontrol emisi yang ditetapkan. Namun harus membawa prosedur dalam bentuk tertulis untuk menunjukkan bagaimana pergantian bahan bakar dilakukan. Selain itu diperlukan cukup waktu untuk melakukan pembersihan sisa bahan bakar tersebut yang memiliki kelebihan kandungan sulfur sesuai pada peraturan diatas. Sebelum memasuki daerah kontrol emisi. Volume bahan bakar dengan kadar sulfur rendah pada setiap perlu tangki dilakukan pencatatan dalam buku harian kapal (*logbook*) seperti yang disyaratkan oleh pemerintah. Begitu juga dengan tanggal, waktu dan posisi kapal ketika proses pergantian bahan bakar telah selesai dilakukan sebelum memasuki daerah kontrol emisi atau dilaksanakan

setelah keluar dari daerah tersebut. Dalam waktu dua belas bulan pertama setelah suatu daerah ditetapkan sebagai daerah kontrol emisi khusus dari peraturan ini, kapal-kapal yang beroperasi di daerah kontrol emisi masih dilonggarkan dari persyaratan

Guna menentukan ketersediaan bahan bakar yang memenuhi standar bahan bakar wajib mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :

1. persediaan dan permintaan pasar global untuk bahan bakar yang memenuhi standar pada ayat 1.3 ada, pada saat tinjauan ini dilakukan;
2. suatu analisa terhadap kondisi pasar bahan bakar; dan
3. isu-isu lain yang terkait.

Organisasi wajib membentuk kelompok ahli, yang terdiri dari perwakilan tenaga ahli dibidang pengolahan bahan bakar, maritim, lingkungan, keilmuan dan ahli hukum yang sesuai untuk melakukan kajian lebih lanjut. Para pihak, berdasarkan informasi yang dikembangkan oleh kelompok ahli tersebut, dapat memutuskan apakah kapal-kapal tersebut memenuhi tenggat waktu yang diperlakukan pada peraturan ini. Apabila suatu keputusan diambil bahwa tidak dimungkinkan bagi kapal-kapal untuk memenuhi standar pada ayat tersebut, maka ayat tersebut wajib efektif berlaku pada bulan Januari 2025. (Perpres, 2012)

2.3.2 Peraturan Tentang Nitrogen Oksida (NOx)

Kandungan senyawa NOx yang diijinkan dalam kapal diatur dalam MARPOL Annex VI regulasi 14. Peraturan ini wajib berlaku pada :

1. Setiap mesin *diesel* kapal laut dengan output daya lebih dari 130 kW yang dipasang di suatu kapal; dan
2. Setiap mesin *diesel* kapal laut dengan output daya lebih dari 130 kW yang dipasang di suatu kapal yang mengalami perubahan yang besar pada atau setelah tanggal 1 Januari 2000 kecuali yang memenuhi syarat Otoritas Pemerintah yang berwenang pada saat ditunjukkan bahwa mesin tersebut diganti

Peraturan ini tidak berlaku untuk :

1. Mesin diesel kapal laut yang diperuntukkan untuk digunakan semata-mata pada keadaan darurat, atau digunakan untuk menguatkan setiap alat

atau perlengkapan dengan maksud akan digunakan dalam keadaan darurat, atau mesin disel laut yang dipasang pada sekoci pada keadaan darurat.

2. Suatu mesin disel kapal laut yang digunakan dalam pelayaran di perairan tunduk pada kedaulatan atau yurisdiksi negara terbut. Sehingga kapal yang dimaksud berhak mengibarkan bendera itu, namun dengan syarat bahwa mesin tersebut memenuhi standar pengawasan NOx alternatif yang ditetapkan oleh Otoritas Pemerintah yang berwenang.

Otoritas Pemerintah yang berwenang dapat memberikan suatu pengecualian terhadap pemberlakuan peraturan ini untuk setiap mesin disel laut yang dipasang untuk suatu pembangunan kapal, atau untuk setiap mesin disel yang telah mengalami perubahan besar, sebelum tanggal 19 Mei 2005, dengan catatan bahwa kapal dimana mesinnya dipasang semata-mata digunakan untuk berlayar di pelabuhan atau terminal lepas pantai dalam wilayah Negara yang bendera kapalnya diberi hak untuk dikibarkan.

Tier I

Pengoperasian suatu mesin diesel laut yang dipasang pada suatu kapal yang dibangun pada atau setelah tanggal 1 Januari 2000 atau sebelum tanggal 1 Januari 2011 dilarang, kecuali apabila emisi dari nitrogen oksida (dihitung sebagai keseluruhan berat total emisi NOx) dari mesin dengan batas-batas sebagai berikut,

apabila n = kecepatan putaran mesin (putaran mesin per menit) :

Tabel 5 : Kandungan NOx yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2000

No	Jumlah	Satuan	Ketentuan
1.	17.0	g/kWh	$n < 130$ rpm
2.	$45 \cdot n (-0,2)$	g/kWh	$130 \leq n < 2000$ rpm
3.	9.8	g/kWh	$n \geq 2000$ rpm

Tier II

Pengoperasian mesin disel kapal laut yang dibangun pada atau setelah tanggal 1 Januari 2011 dilarang kecuali apabila emisi dari nitrogen oksida

(dihitung sebagai keseluruhan berat total emisi NO₂) dari mesin. Adapun batas-batas yang ditentukan sebagai berikut, dengan n = kecepatan putaran mesin (putaran mesin per menit).

Tabel 6 : Kandungan NO_x yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2011

No.	Jumlah	Satuan	Ketentuan
1.	14.4	g/kWh	n < 130 rpm
2.	44. n (-0,23)	g/kWh	130 ≤ n < 2000 rpm
3.	7.7	g/kWh	n ≥ 2000 rpm

Tier III

Pengoperasian suatu mesin diesel laut yang dipasang pada suatu kapal yang dibangun pada atau setelah tanggal 1 Januari 2016 dilarang kecuali apabila emisi dari nitrogen oksida (dihitung sebagai keseluruhan berat total emisi NO₂) dari mesin dengan batas-batas sebagai berikut, apabila n = kecepatan putaran mesin (putaran mesin per menit):

Tabel 7 : Kandungan NO_x yang diijinkan pada mesin diesel kapal yang dibangun pada atau setelah 1 Januari 2016

No.	Jumlah	Satuan	Ketentuan
1.	3.4	g/kWh	n < 130 rpm
2.	9. n (-0,2)	g/kWh	130 ≤ n < 2000 rpm
3.	2.0	g/kWh	n ≥ 2000 rpm

Jika dilakukan perubahan besar atau modifikasi suatu mesin disel kapal yang pada atau setelah 1 Januari 2000 standarnya belum disertifikasi sebagaimana diatur pada Perpres no 29 tahun 2012 ayat 3.4. atau 5.1.1 peraturan ini apabila:

1. mesin tersebut digantikan dengan suatu mesin diesel laut atau suatu mesin disel laut tambahan yang dipasang, atau
2. setiap modifikasi substansial, sebagaimana telah ditentukan dalam Koda Teknis NO_x 2008, yang telah direvisi, dibuat untuk mesin tersebut, atau

3. Tingkat mesin maksimum yang berkelanjutan ditingkatkan lebih dari 10 % dibandingkan dari tingkat maksimum sertifikasi asli dari mesin yang berkelanjutan.

Apabila pada atau setelah tanggal 1 Januari 2016, dalam hal penggantian mesin apabila suatu penggantian mesin tidak mungkin memenuhi standar yang diatur dalam Perpres no 29 tahun 2012 ayat 5.1.1 dari peraturan ini (Tier III), kemudian penggantian mesin wajib memenuhi standar sebagaimana diatur pada Perpres no 29 tahun 2012 ayat 4 dari peraturan ini (Tier II). Pedoman-pedoman yang akan dikembangkan oleh Organisasi, untuk mengatur kriteria apabila hal tersebut tidak mungkin untuk suatu penggantian mesin yang memenuhi standar sesuai dengan Perpres no 29 tahun 2012 sub ayat 5.1.1 dari peraturan ini.

2.3.3 Peraturan Tentang Karbon Dioksida (CO₂)

Jumlah emisi CO₂ yang diperbolehkan dalam dunia pelayaran diatur oleh MARPOL Annex VI Chapter 4. Peraturan ini mulai diberlakukan per 1 Januari 2013. Secara umum isi regulasi tersebut yakni semua kapal baik bangunan baru maupun bangunan lama yang berukuran diatas 400 *Gross Tonnage (GT)* harus mempunyai *Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*, sedangkan khusus untuk kapal bangunan baru diatas 400GT dan dibangun setelah 1 Januari 2013 harus memiliki *Energy Efficiency Design Index (EEDI)*. Dalam wacananya IMO juga sedang mempertimbangkan Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) sebagai indikator wajib untuk SEEMP

EEDI mewakili jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh kapal dalam kaitannya dengan muatan yang diangkut dan diukur dalam gram CO₂/DWT/ nmil.

Pada dasar setiap kapal akan memiliki standar berbeda yang harus dipenuhi, namun secara umum akan berlaku :

1. Keseluruhan, peningkatan 10% target dari efisiensi energy kapal berlaku untuk kapal baru yang dibangun antara 2015 sampai dengan 2019
2. Kapal yang dibangun antara 2020 sampai dengan 2024 harus meningkatkan efisiensi energinya 15 % sampai dengan 20% tergantung dari tipe kapal
3. Kapal yang dibangun setelah 2024 harus lebih efisiensi sampai dengan 30%.

2.4 Metode Perhitungan *Cost* Kapal dan Emisi

2.4.1 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal untuk bergerak pada kecepatan yang telah direncanakan. Untuk menghitung nilai hambatan ini digunakan metode Holtrop dan Mennen. Hambatan kapal terdiri dari tiga komponen yakni :

1. *viscous resistance* (hambatan kekentalan),

Rumus *viscous resistance* dalam “Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 90” diberikan sebagai berikut :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} (1 + k_1) S \quad \dots (1)$$

dimana :

ρ = *mass density salt water* (1025 kg/m³)

V = *service speed* [m/s²]

C_{FO} = *friction coefficient* (ITTC 1957)

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Rn = *Reynold Number*

$$= \frac{V \cdot Lwl}{\nu}$$

ν = *kinematic viscosity*

$$= 1.18831 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$= 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L} \right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L} \right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R} \right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla} \right) \cdot 0,3649 \cdot (1 - C_p)^{-0.6042} \quad \dots(2)$$

$1+k_1$ = *form factor of bare hull*

[Principle of Naval Architecture Vol.II, hal 91]

Keterangan :

$$c = 1 + 0.011 \text{ cstern}$$

Tabel 8 : Penggunaan Cstern

No	Cstern	Digunakan Untuk
1	-25	<i>Pram with Gondola</i>

2	-10	<i>V - Shaped sections</i>
3	0	<i>Normal section shape</i>
4	10	<i>U - shaped section with Hogner stern</i>

Kemudian dipilih $c_{stern} = 0$ untuk *normal section shape*

$$\frac{L}{L_R} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)} \quad \dots(3)$$

LR = length of run

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line (Lwl) and all of coefficient base on Lwl
[m]

T = moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

2. Appendages resistance (hambatan karena bentuk kapal)

Hambatan kapal yang ini terbentuk oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air. Luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, *bulbous bow*, dan *bilge keel* (S_{app}) diperlukan untuk melakukan perhitungan lebih lanjut. Rumus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance* yaitu :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1 + k) \quad \dots(4)$$

(PNA Vol.II hal 90)

$$(1 + k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i} \quad \dots(5)$$

(Principle of Naval Architecture Vol II hlm.102)

dimana :

Harga $(1+k_2) = 1.4$

→ untuk *bilge keel*

= 1.3 – 1.5

→ untuk *single screw propeller*

$$1+k = 1 + k_1 + (1 + k_2 - (1 + k_1)) \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

(PNA Vol.II hal 92)

S = wetted surface area

(PNA Vol.II hal 91)

$$L(2T + B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left(0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.0346 \frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B} \dots(6)$$

A_{BT} = cross sectional area of bulb pada FP

= 10% Amidship

= 10% x B x T x Cm (B-series)

$A_{BT} = 0$, dari grafik [D.G.M. Watson, "Practical Ship Design", Elsevier, Amsterdam, 1998, hal 233] (dari kapal yang paling optimal), untuk $C_b = 0.737$ dan $F_n = 0.2112$ hanya memiliki keuntungan 0% - 5% jika menggunakan bulbous bow

k_2 = effective form factor of appendages (lihat tabel dibawah)

S_{app} = total wetted surface of appendages

= $S_{rudder} + S_{bilge keel}$

$S_{bilge keel} = L_{keel} \cdot H_{keel} \cdot 4$

(Watson 1998, hal 254)

$L_{keel} = 0.6 \cdot C_b \cdot L$

$H_{keel} = 1.8 / (C_b - 0.2)$

$Stot = S + S_{app}$

Tabel 9 : Nilai effective form factor

No.	Tipe Appendages	Nilai dari 1+k2
1.	<i>Rudder of single screw ship</i>	1.3 sampai dengan 1.5
2.	<i>Spade-type rudders of twin-screw ships</i>	2.8
3.	<i>Skeg-rudders off twin-screw ships</i>	1.5 sampai dengan 2.0
4.	<i>Shaft brackets</i>	3.0
5.	<i>Bossings</i>	2.0
6.	<i>Bilge keel</i>	1.4
7.	<i>Stabilizer fins</i>	2.8
8.	<i>Shafts</i>	2.0

9.	<i>Sonar dome</i>	2.7
----	-------------------	-----

$$S_{\text{Rudder}} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100}$$

C1 = faktor tipe kapal

C2 = faktor tipe kemudi

C3 = faktor tipe profil kemudi

C4 = faktor letak baling-baling

(Biro Klasifikasi Indonesia 2006 Vol.II 14-)

$$SBilge\ keel = LKeel \cdot Hkeel \cdot 4$$

(Watson 1998, hal 254, Practical Ship Design)

$$LKeel = 0.6 \cdot Cb \cdot L$$

$$HKeel = 1.8 / (Cb - 0.2)$$

Jika harga k2 lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus ini :

$$(1 + k_2)_{\text{effective}} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i} \quad \dots(7)$$

Catatan : *Srudder* harus dikali dengan 2

3. *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal).

Pada perhitungan hambatan gelombang dibutuhkan data terkait dengan berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow* dan transom. Adapun rumus diberikan sebagai berikut :

$$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})\}} \quad \dots(8)$$

(PNA Vol.II hal 92)

dimana :

untuk kecepatan rendah ($Fn \leq 0.4$)

W = *displacement weight*

$$= \rho \cdot g \cdot \nabla \text{ [N]}$$

$$C1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

keterangan :

$$C4 = 0.2296 \cdot ((B/Lwl)^{0.3333}) \text{ untuk } (B/Lwl \leq 0.11)$$

$$C4 = B/Lwl \text{ untuk } (0.11 \leq B/Lwl \leq 0.25)$$

$$C4 = 0.5 - 0.0625 * (Lwl/B) \quad \text{untuk } (B/Lwl > 0.25)$$

$$d = -0.9$$

$$iE = \text{half angle of entrance at the load waterline}$$

=

$$125.67 \frac{B}{L} - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 \frac{L}{L_{LCB}} + \frac{6.8 (T_a - T_f) \delta^3}{T \delta}$$

....(9)

$$T_a = \text{moulded draft pada AP [m]}$$

$$T_f = \text{moulded draft pada FP [m]}$$

$$T_a = T_f = T$$

$$m1 = 0.01404 L/T - 1.7525 L^{-1/3} - 4.7932 B/L - C_5$$

keterangan :

$$C5 = 8.0798.CP - 13.8673.CP^2 - 6.9844.CP^3 \quad \text{untuk } C_p \leq 0.8$$

$$C5 = 1.7301 - 0.7067 .CP \quad \text{untuk } C_p \geq 0.8$$

$$m2 = C_6 * 0.4e^{-0.034Fn^{-329}}$$

keterangan :

$$C6 = -1.69385 \quad \text{untuk } L3 / \nabla \leq 512$$

$$C6 = -1.69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2.36 \quad \text{untuk } 512 \leq Lwl3 / \nabla \leq 1727$$

$$C6 = 0 \quad \text{untuk } Lwl3 / \nabla \geq 1727$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.3 L/B \quad \text{untuk } L / B \leq 12$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.36 \quad \text{untuk } Lwl / B \geq 12$$

$$C2 = e^{-1.89 \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}}$$

$$C2 = 1, \text{ tidak ada bulb}$$

keterangan :

$$\gamma_B = \text{effective bulb radius}$$

$$= 0.56 A_{BT}^{0.5}$$

$$i = \text{effective submergence of the bulb}$$

$$= T_f - h_B - 0.4464 \gamma_B$$

$$T_f = \text{moulded draft pada FP} = T$$

$$\begin{aligned}
 h_B &= \text{height of the centroid of the area } ABT \text{ diatas base line} \\
 &= 85\% \frac{D}{2}
 \end{aligned}$$

$$C_3 = 1 - 0.8A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

keterangan :

$$A_T = \text{immersed area of the transom at zero speed} = 0$$

Untuk menghitung model *ship correlation allowance* diberikan rumus sebagai berikut :

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad [\text{untuk } T_f/L_{WL} > 0.04]$$

$$\begin{aligned}
 C_A &= \\
 &0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \left(\frac{L_{WL}}{7.5} \right)^{0.5} \cdot C_b^{0.4} (0.04 - T_f) \\
 &[\text{untuk } T_f/L_{WL} < 0.04] \quad \dots(10)
 \end{aligned}$$

2.4.2 Perhitungan Daya Kapal

Untuk mendapatkan harga daya mesin induk yang dibutuhkan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *propulsive coefficient*. Adapun untuk rumus-rumus perhitungan *propulsive coefficient* (η_D) dalam *Principle of Naval Architecture Vol.II* diberikan sebagai berikut:

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_R \quad [PNA \text{ vol II hal 153}] \quad \dots(11)$$

$$\begin{aligned}
 \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \quad [PNA \text{ vol II hal 152}] \\
 &= \frac{1 - t}{1 - w} \quad \dots(12)
 \end{aligned}$$

dimana :

$$t = 0.1 \text{ (untuk } \textit{single screw}) \quad [PNA \text{ vol II hal 163}]$$

$$\begin{aligned}
 w &= \textit{wake friction} \quad [PNA \text{ vol II hal 163}] \\
 &= 0.3 \times C_b + 10 \times C_b \times C_v - 0.1
 \end{aligned}$$

$$C_v = (1 + k) \times C_{FO} \times C_A$$

$$\eta_O = \textit{open water propeller efficiency} \quad [PNA \text{ vol II}]$$

$$= (J/2\pi) \cdot (KT/KQ)$$

η_R = relative rotative efficiency

$$= 0.98 \text{ (untuk single screw)}$$

dimana :

J = advance coefficient [PNA vol II hal 145]

$$= \frac{Va}{n \cdot D}$$

Va = $V_s \cdot (1 - w)$; V_s adalah kecepatan dinas kapal [m/s]

n(rps) = n(rpm)/60

T = $D \cdot n_{(rps)} \cdot K_T$; D adalah diameter Propeller (0.65T)

Q = $D \cdot n_{(rps)} \cdot K_Q$; K_T, K_Q didapat dari diagram KT-KQ

Untuk perhitungan daya motor induk (PB), rumus dalam "Parametric Design Chapter 11" diberikan sebagai berikut :

PB = BHP (break horse power)

$$= \frac{P_D}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \text{ [kW]} \quad \dots(13)$$

dimana :

PD = DHP (delivered power at propeller)

$$= \frac{R_T \cdot V_s}{\eta_D} \text{ [kW]}$$

η_S = shaft efficiency

$$= 0.98 - 0.985$$

η_{rg} = reduction gear efficiency

$$= 0.98$$

Setelah mendapat harga PB, kemudian dilakukan koreksi kerugian akibat letak kamar mesin dan rute pelayaran:

$$\text{Koreksi akibat letak kamar mesin} = 3\% \text{ PB}$$

$$\text{Koreksi akibat rute} = 10\% \text{ PB}$$

$$\text{Sehingga total PB} = \text{PB} + 3\% \text{ PB} + 10\% \text{ PB}$$

2.4.3 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar kapal dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Konsumsi\ BB = \frac{PB(kw)}{SFOC\ (\frac{ton}{kwh})} \dots(14)$$

Dimana SFOC (*Specific Fuel Oil Consumption*) diperoleh dari konsumsi bahan bakar dari survei lapangan pada MV. Isa clarity yang selanjutnya dijadikan acuan untuk kapal representatif lainnya. Dimana untuk mesin induk menggunakan bahan bakar jenis MFO 180 dan pemakaiannya 180 liter per jam. Generator listrik berbahan bakar HSD membutuhkan 840 liter per hari.

$$SFOC = \frac{konsumsi\ BB(m^3) * density\ bahan\ bakar\ (\frac{ton}{m^3})}{1\ (jam) * Daya\ mesin\ (kw)}$$

2.4.4 Perhitungan Emisi

Adapun rumus untuk menghitung emisi udara adalah sebagai berikut :

$$M_{(g)} = B \cdot \sum_{i=1}^n E_{i(g)} \cdot \alpha_i \dots(15)$$

Dimana :

$M_{(g)}$: Beban emisi (kg pousi) untuk komponen individual gas g

g : Komponen individu dari gas buang (NO_x, SO_x, CO₂)

B : Konsumsi bahan bakar (kg)

i : Untuk NO_x, tipe mesin (1=*slow speed*, 2=*medium speed*, 3=*other*)

Untuk SO_x, tipe bahan bakar (1= *residual*, 2=*distilate*)

Untuk CO₂, tipe bahan bakar (1= *residual + distilate*)

$E_{i(g)}$: Faktor emisi tergantung mesin atau bahan bakar

α_i : Untuk Nox, perbandingan dari total efek dari mesin terpasang di seluruh dunia dengan tipe mesin tertentu (*slow speed* = 1, *medium speed* = 2, lainnya = 3)

Untuk Sox, perbandingan dari bahan bakar *distilate* dan *residual*

Untuk CO₂, =1

Total distribusi dari mesin komersial yang terpasang diseluruh dunia diestimasikan berkisar 63% untuk *slow speed engine* (α_1), 31 % untuk *medium speed engine* (α_2), dan 1 % untuk lainnya (α_3) (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 2000)

2.4.5 Faktor Emisi

Nilai dari faktor emisi berbeda-beda untuk setiap jenis emisi yang akan dihitung

- SO_x

Dalam proses pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan, diasumsikan bahwa semua kandungan sulfur dalam bahan bakar dibakar menjadi SO₂. Sehingga faktor emisi dari SO_x merupakan prosentase dari kandungan sulfur dari bahan bakar yang digunakan.

- NO_x

Faktor emisi yang digunakan untuk perhitungan berdasarkan EMEP/CORINAIR, 1999 dan Appendix 1

Tabel 10 : Faktor emisi NO_x

Komponen Gas		Faktor CORINAIR (kg emisi yang dihasilkan/ton)
NO _x	<i>Slow speed</i>	870
	<i>Medium Speed</i>	570

- CO₂

Berdasarkan EMEP/CORINAIR, 1999 dan Appendix, untuk menghitung besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan digunakan faktor emisi 3.17

2.4.6 Perhitungan Cost

$$C_{Total}^a = C_{Capital}^a + \sum_{i=0}^n C_{Annual}^{a,i} + C_{Maintenance\ alat}^{a,i} \dots(16)$$

$$C_{Annual}^a = C_{Voyage}^a + C_{Operating}^a$$

Dimana :

- a = Index yang merujuk pada skenario yang digunakan
- i = Index yang merujuk pada tahun
- n = Lama waktu investasi (dalam tahun) yang diharapkan
- C_{Total}^a = Total cost pada skenario a

$C_{Capital}^a$ = *Capital cost* pada skenario a

$C_{Annual}^{a,i}$ = *Variabel cost* kapal untuk skenario a pada tahun ke i

$C_{Maintenance\ alat}^{a,i}$ = *Variabel cost maintenance* alat untuk skenario a pada tahun ke i

skenario = variasi kapal representatif yang digunakan

2.4.7 Voyage Cost

$$C_{Voyage}^a = \sum_{j=0}^n CFO_j^a + C_{Fresh\ water}^a + C_{crew\ storage}^a \dots(17)$$

Dimana :

j = Index yang merujuk pada *engine* kapal (*main engine 1, auxiliary 1, dst*)

CFO_j^a = *Fuel oil cost* pada skenario a

$C_{Fresh\ water}^a$ = *Fresh water cost* pada skenario a

$C_{crew\ storage}^a$ = *Cost* untuk konsumsi kru kapal saat berlayar pada skenario a

$$CFO_j^a = \text{Konsumsi } BB_j^a \times T_j^a \times PFO_j \dots(18)$$

Dimana :

Konsumsi BB_j^a = *Konsumsi bahan bakar* pada j *engine* pada skenario a

T_j^a = Waktu yang digunakan untuk j *engine* beroperasi pada skenario a

PFO_j = Harga bahan bakar untuk j *engine*

$$T_{main\ engine}^a = \left(\frac{\text{Jarak}_{origin-destination}}{\text{Kecepatan dinas}} \right)_{main\ engine}^a$$

$$T_{auxiliary\ engine}^a = \left(\text{port time}_{origin,destination} + \frac{\text{Jarak}_{origin-destination}}{\text{Kecepatan dinas}} \right)_{auxiliary\ engine}^a$$

Port time

$$= T_{loading} + T_{unloading} + idle\ time_{destination} \\ + waiting\ time_{destination} + approaching\ time_{destination}$$

2.4.8 Operating Cost

$$C_{Operating}^a \\ = C_{Lube\ Oil}^a + C_{Asuransi}^a + C_{Gaji\ kru}^a + C_{Maintenance\ kapal}^a \\ + C_{Administrasi}^a + C_{Over\ head}^a \\ \dots(19)$$

Dimana :

$C_{Lube\ Oil}^a$ = *Lube oil cost* pada skenario a

$C_{Asuransi}^a$ = Biaya asuransi pada skenario a

$C_{Gaji\ kru}^a$ = Biaya gaji kru pada skenario a

$C_{Maintenance\ kapal}^a$ = Biaya *maintenance* kapal pada skenario a

$C_{Administrasi}^a$ = Biaya administrasi pada skenario a

$C_{Over\ head}^a$ = *Over head cost* pada skenario a

2.4.9 Cost emisi

$$C_{emisi}^a = M_{SO_x}^a \times P_{SO_x} + M_{NO_x}^a \times P_{NO_x} + M_{CO_2}^a \times P_{CO_2} \\ \dots(20)$$

Dimana :

C_{emisi}^a = Biaya yang perlu dibayar atas emisi yang dihasilkan pada skenario a

$M_{SO_x}^a$ = Massa emisi SOx yang dihasilkan pada skenario a dalam setahun

P_{SO_x} = Harga emisi SOx

$M_{NO_x}^a$ = Massa emisi NOx yang dihasilkan pada skenario a dalam setahun

P_{NO_x} = Harga emisi NOx

$M_{CO_2}^a$ = Massa emisi CO₂ yang dihasilkan pada skenario a dalam setahun

P_{CO_2} = Harga emisi CO₂

2.5 Present Value

2.5.1 Present Value Cost kapital

$$PVC_{kapal}^a = C_{capital} + \sum_{t=1}^n \frac{C_{Annual}}{(1+r)^t} \quad \dots(20)$$

Dimana :

PVC_{kapal}^a = Present Value Cost kapital pada skenario a

r = Rate / tingkat bunga [%]

t = Tahun dimana cost terjadi

Diasumsikan bahwa r bernilai 15 % konstan selama tenggang waktu investasi berlangsung

2.5.2 Present Value Cost emisi

$$PVC_{emisi}^a = \sum_{t=1}^n \frac{C_{emisi}^a}{(1+r)^t} \quad \dots(17)$$

Dimana :

PVC_{emisi}^a = Present Value Cost emisi pada skenario a

2.6 Optimasi

Fungsi objektif (*objective function*) : maksimum *present value profit* kapital + *present value cost* emisi

Variabel keputusan (*decision variable*) : opsi strategi green yang terpilih

Konstrain (*constrain*) :

- $(\sum((M_{SO_x})_{strategi 1})_X + \dots + ((M_{SO_x})_{strategi 7})_X)_a \leq (M_{SO_x})_{Batas\ Kondisi\ green_a}$
- $(\sum((M_{NO_x})_{strategi 1})_X + \dots + ((M_{NO_x})_{strategi 7})_X)_a \leq (M_{NO_x})_{Batas\ Kondisi\ green_a}$
- $(\sum((M_{CO_2})_{strategi 1})_X + \dots + ((M_{CO_2})_{strategi 7})_X)_a \leq (M_{CO_2})_{Batas\ Kondisi\ green_a}$

Nilai *present value*, emisi SO_x, emisi NO_x, dan emisi CO₂ *value* didapat dari persamaan grafik dari perhitungan pendekatan untuk setiap kecepatan dan memiliki kelemahan dalam nilai akurasi.

Dimana :

(M_{SO_x}) : jumlah SO_x yang dihasilkan (ton)

(M_{NO_x}) : jumlah NO_x yang dihasilkan (ton)

(M_{CO_2}) : jumlah CO₂ yang dihasilkan (ton)

2.7 Kapal Representatif

Pada tugas akhir ini digunakan lima jenis kapal peti kemas domestik yang berbeda berdasarkan perpaduan antara tahun pembuatan kapal dan kapasitas angkut dari kapal. Dengan rincian kategori sebagai berikut :

Tabel 11 : Kapal Representatif

	Dibangun sebelum 1 Januari 1990	Dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013	Dibangun setelah 1 Januari 2013
X < 500 TEUs	MV. Isa Clarity	MV. Meratus Bontang	
500 TEUs ≤ X ≤ 1000 TEUs		MV. Meratus Tangguh 2	MV. Meratus Kampar
X > 1000 TEUs		MV. Meratus Malino	

*) X = kapasitas angkut kapal

Pemilihan kapal representatif didasarkan pada kondisi pelayaran kapal peti kemas Indonesia saat ini, dimana kapal peti kemas didominasi oleh kapal peti kemas yang dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 sehingga diambil jumlah kapal representatif terbanyak. Pengambilan batas tahun pembuatan kapal sendiri didasarkan pada syarat dari kondisi green yang berbeda. Untuk SO_x yakni berdasarkan tahun pembuatan kapal dan area berlayar, untuk NO_x berdasarkan pada tahun pembuatan kapal dan RPM dari kapal, untuk CO₂ berdasarkan pada tahun pembuatan kapal. Pengambilan batasan tahun 1990 sebagai batas bawah disebabkan oleh batasan tahun dari kondisi green yang berlaku untuk NO_x, sedangkan 2013 diakibatkan oleh batasan kondisi green dari CO₂. Pembagian Kapal representatif berdasarkan kapasitas angkut diambil dari asumsi yakni kurang dari 500 TEUs, lebih besar sama dengan 500 TEUs dan kurang dari dari sama dengan 1000 TEUs, dan lebih besar dari 1000 TEUs. Jumlah kapal terbanyak didominasi oleh kapal dengan kapasitas angkut kurang dari 500 TEUs

dan kemudian kapal dengan kapasitas lebih besar dari 500 TEUs sampai dengan 1000 TEUs. Dua kondisi batasan kapal berdasarkan kapasitas kapal ini diambil terbanyak dibandingkan kapal dengan kapasitas kapal lebih besar dari 1000 TEUs yang jumlahnya lebih sedikit.

2.8.1 MV. Isa Clarity



sumber : <https://www.vesseltracker.com>, 2015

Gambar 6 : MV. Isa Clarity

Nama kapal	: Isa Clarity
No. IMO	: 8601393
Tipe kapal	: <i>Container ship</i>
Pemilik	: PT. Anugerah Makmur Sejahtera
Kategori kapal	: Domestik
Tahun dibangun	: 1986
Tempat dibangun	: Jepang
Tanggal peluncuran	: 23/1/1986
Panjang (LOA)	: 96.78 m
Panjang (LPP)	: 89.95 m
Lebar (BMLD)	: 18 m
Tinggi (H)	: 10.5 m
Sarat (T)	: 6.58 m
<i>Gross Tonnage (GT)</i>	: 4,469 ton
<i>Nett Tonnage (GT)</i>	: 2,235 ton
<i>Dead Weight (DWT)</i>	: 5,935 ton
<i>Payload</i>	: 250 TEUs

<i>Speed</i>	: 7	knot
<i>Main engine</i>	: Akasaka A38	
RPM	: 240	
Kategori mesin	: <i>slow speed</i>	
Daya mesin	: 2,800	HP
Bahan bakar	: MFO 180	
<i>Auxiliary engine</i>	: Yanmar S165L-T (2X1500)	
RPM	: 1200	
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>	
Daya mesin	: 3,000	HP
Bahan bakar	: HSD	
<i>Commision days</i>	: 330	Hari
Rute	: Gresik-Dili-Wini-Gresik	
Total jarak	: 330	Hari

Adapun rute yang dilewati oleh MV. Isa clarity adalah sebagai berikut :



Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015
Gambar 7 : Rute MV. Isa Clarity Gresik-Dili



Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015
Gambar 8 : Rute MV. Isa Clarity Dili-Wini



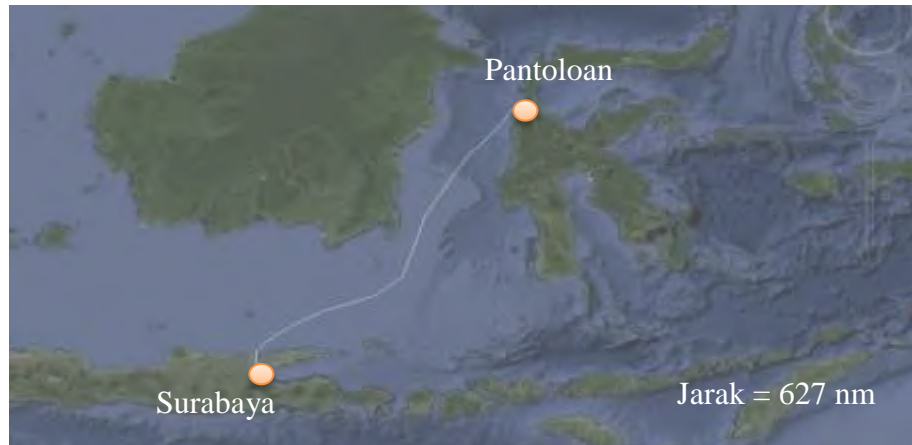
Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015
Gambar 9 : Rute MV. Isa Clarity Wini-Gresik

2.8.2 MV. Meratus Tangguh 2



Sumber : <https://www.shipspotting.com>, 2012
Gambar 10 : MV. Meratus Tangguh 2

Nama kapal	: Meratus Tangguh 2
No. IMO	: 9196345
Tipe kapal	: <i>Container ship</i>
Pemilik	: PT. Meratus Line
Kategori kapal	: Domestik
Tahun dibangun	: 1999
Tempat dibangun	: Jepang
Tanggal peluncuran	: 27/4/1999
Panjang (LOA)	: 119.16 m
Panjang (LPP)	: 110.5 m
Lebar (BMLD)	: 18.2 m
Tinggi (H)	: 11 m
Sarat (T)	: 7.8 m
<i>Gross Tonnage (GT)</i>	: 6,543 ton
<i>Nett Tonnage (GT)</i>	: 3,336 ton
<i>Dead Weight (DWT)</i>	: 8,515 ton
<i>Payload</i>	: 550 TEUs
<i>Speed</i>	: 15 knot
<i>Main engine</i>	: HITACHI ZOSEN 8 L 35 MC
RPM	: 210
Kategori mesin	: <i>slow speed</i>
Daya mesin	: 7,240 HP
Bahan bakar	: MFO 180
<i>Auxiliary engine</i>	: YANMAR S 165 L - ST
RPM	: 720
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>
Daya mesin	: 5220 HP
Bahan bakar	: HSD
<i>Commision days</i>	: 330 hari
Rute	: Surabaya-Pantoloan-Surabaya



Sumber: <https://www.earth.google.com>, 2015

Gambar 11 : Rute MV. Meratus Tangguh 2 Surabaya-Pantoloan

2.8.3 MV. Meratus Bontang



Sumber : <https://www.marinetraffic.com>, 2016

Gambar 12 : MV. Meratus Bontang

Nama kapal	: Meratus Bontang
No. IMO	: 9569865
Tipe kapal	: <i>Container ship</i>
Pemilik	: PT. Meratus Line
Kategori kapal	: Domestik
Tahun dibangun	: 2009
Tempat dibangun	: China
Tanggal peluncuran	: 29/12/2009
Panjang (LOA)	: 106.68 m
Panjang (LPP)	: 99.11 m
Lebar (BMLD)	: 20.6 m

Tinggi (H)	: 5.8	m
Sarat (T)	: 4.21	m
<i>Gross Tonnage</i> (GT)	: 3,668	ton
<i>Nett Tonnage</i> (GT)	: 1,100	ton
<i>Dead Weight</i> (DWT)	: 5,107.56	ton
<i>Payload</i>	: 368	TEUs
<i>Speed</i>	: 10.5	knot
<i>Main engine</i>	: YANMAR 6 EY 27	
RPM	: 750	
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>	
Daya mesin	: 5,220	HP
Bahan bakar	: MFO 180	
<i>Auxiliary engine</i>	: HND MWM TBD 234 V8	
RPM	: 1,500	
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>	
Daya mesin	: 7,484	HP
Bahan bakar	: HSD	
<i>Commision days</i>	: 330 hari	
Rute	: Surabaya-Banjarmasin-Surabaya	



Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015

Gambar 13 : Rute MV. Meratus Bontang Surabaya-Banjarmasin

2.8.4 MV. Meratus Malino



Sumber : <https://www.mtelegraph.com>, 2015

Gambar 14 : MV. Meratus Malino

Nama kapal	:	Meratus Malino
No. IMO	:	9106625
Tipe kapal	:	<i>Container ship</i>
Pemilik	:	PT. Meratus Line
Kategori kapal	:	Domestik
Tahun dibangun	:	1995
Tempat dibangun	:	Jerman
Tanggal peluncuran	:	30/1/1995
Panjang (LOA)	:	149.6 m
Panjang (LPP)	:	140.76 m
Lebar (BMLD)	:	23.1 m
Tinggi (H)	:	12.8 m
Sarat (T)	:	8.6 m
<i>Gross Tonnage (GT)</i>	:	11,964 ton
<i>Nett Tonnage (GT)</i>	:	4,931 ton
<i>Dead Weight (DWT)</i>	:	14,600 ton
<i>Payload</i>	:	1104 TEUs
<i>Speed</i>	:	12.5 knot
<i>Main engine</i>	:	MAN B&W 7S50 MC
RPM	:	127
Kategori mesin	:	<i>slow speed</i>

Daya mesin	: 13,610	HP
Bahan bakar	: MFO 180	
<i>Auxiliary engine</i>	: SULZER 6 S 20 HW	
RPM	: 1,750	
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>	
Daya mesin	: 6,234	HP
Bahan bakar	: HSD	
<i>Commision days</i>	: 330 hari	
Rute	: Surabaya-Belawan-Surabaya	



Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015

Gambar 15 : Rute MV. Meratus Bontang Surabaya-Banjarmasin

2.8.5 MV. Meratus Kampar



Sumber : <https://www.rosenkranz-shipphotos.de>, 2014

Gambar 16 : MV. Meratus Kampar

Nama kapal	: Meratus Kampar
No. IMO	: 9741205
Tipe kapal	: <i>Container ship</i>
Pemilik	: PT. Meratus Line
Kategori kapal	: Domestik
Tahun dibangun	: 2014
Tempat dibangun	: China
Tanggal peluncuran	: 8/9/2014
Panjang (LOA)	: 119.19 m
Panjang (LPP)	: 115.03 m
Lebar (BMLD)	: 21.8 m
Tinggi (H)	: 7.3 m
Sarat (T)	: 5.2 m
<i>Gross Tonnage (GT)</i>	: 6,626 ton
<i>Nett Tonnage (GT)</i>	: 3,323 ton
<i>Dead Weight (DWT)</i>	: 8,180 ton
<i>Payload</i>	: 558 TEUs
<i>Speed</i>	: 10 knot
<i>Main engine</i>	: ANQING DAIHATSU 8 DKM - 28
RPM	: 750
Kategori mesin	: <i>medium speed</i>
Daya mesin	: 3,480 HP
Bahan bakar	: MFO 180
<i>Auxiliary engine</i>	: CATERPILLAR C9 - DITA
RPM	: 2,500
Kategori mesin	: <i>Medium speed</i>
Daya mesin	: 7,152 HP
Bahan bakar	: HSD
<i>Commision days</i>	: 330 hari
Rute	: Surabaya-Samarinda-Surabaya



Sumber : <https://www.earth.google.com>, 2015

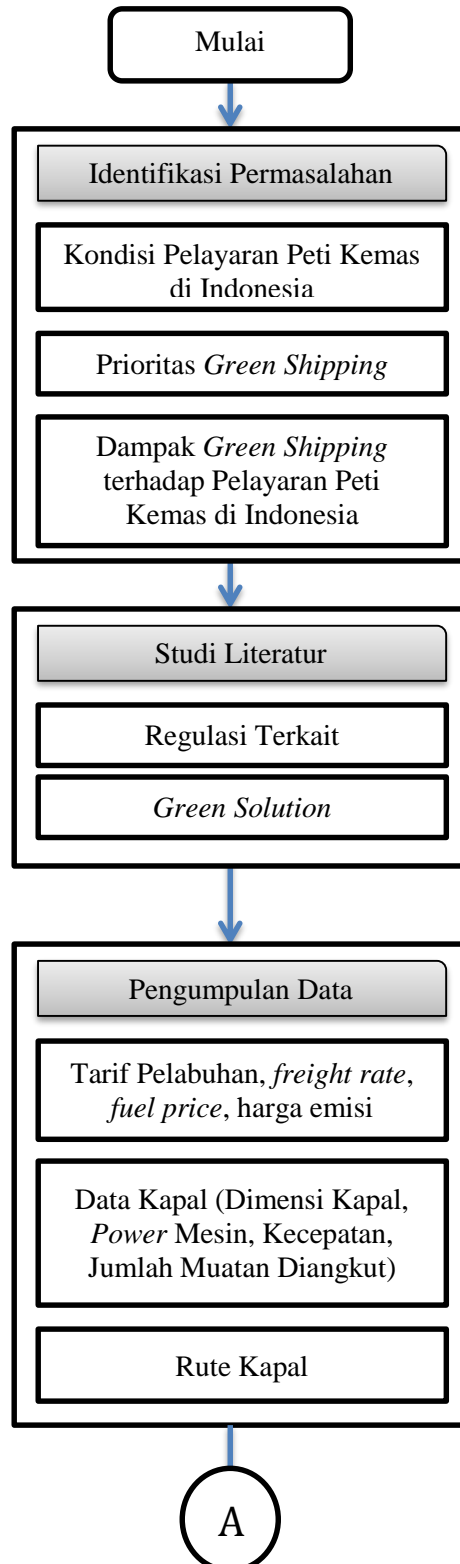
Gambar 17 : Rute MV. Meratus Kampar Surabaya-Samarinda

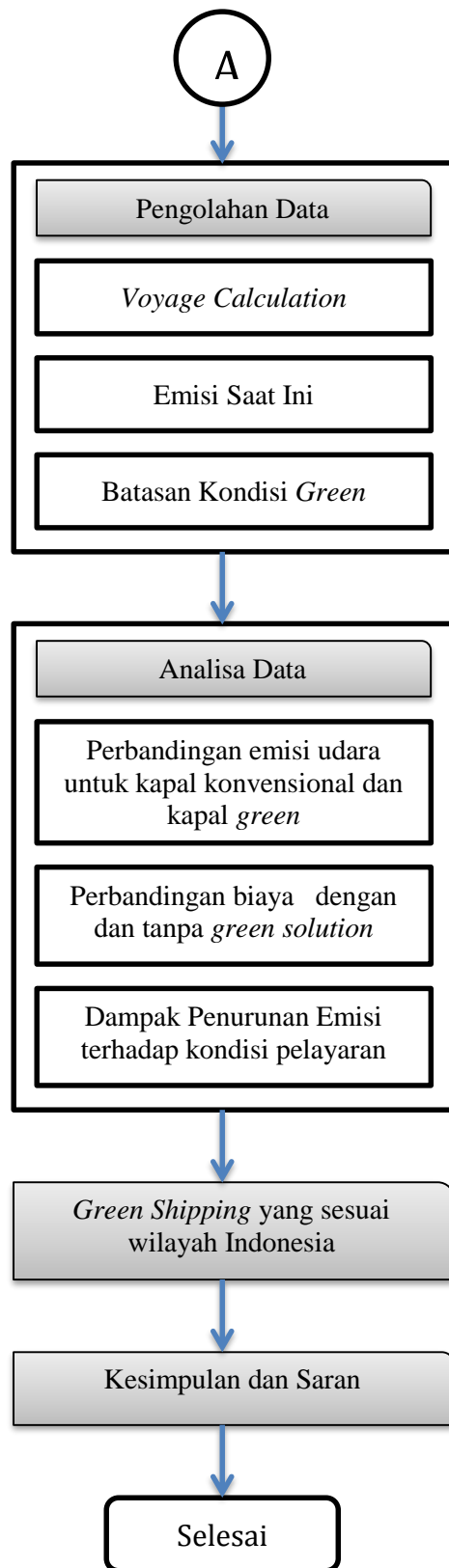
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, alur dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :





Gambar 18 : Diagram Alur

Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan apa saja yang muncul terkait dengan *green shipping*, apa saja yang menjadi kriteria dari *green shipping*, kondisi pelayaran petikemas di Indonesia, yang seharusnya menjadi prioritas *green shipping* untuk wilayah Indonesia, apa dampak yang akan timbul jika *green shipping* diterapkan di Indonesia.

Studi Literatur

Pada tahap ini dikumpulkan literatur-literatur yang berhubungan dengan *green shipping*, efisiensi energi serta teknologi pendukung yang dapat digunakan untuk mencapai kondisi *green*.

Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data terkait dengan data kapal yang dijadikan representatif, rute dan tariff yang dikenakan untuk pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan.

Pengolahan Data

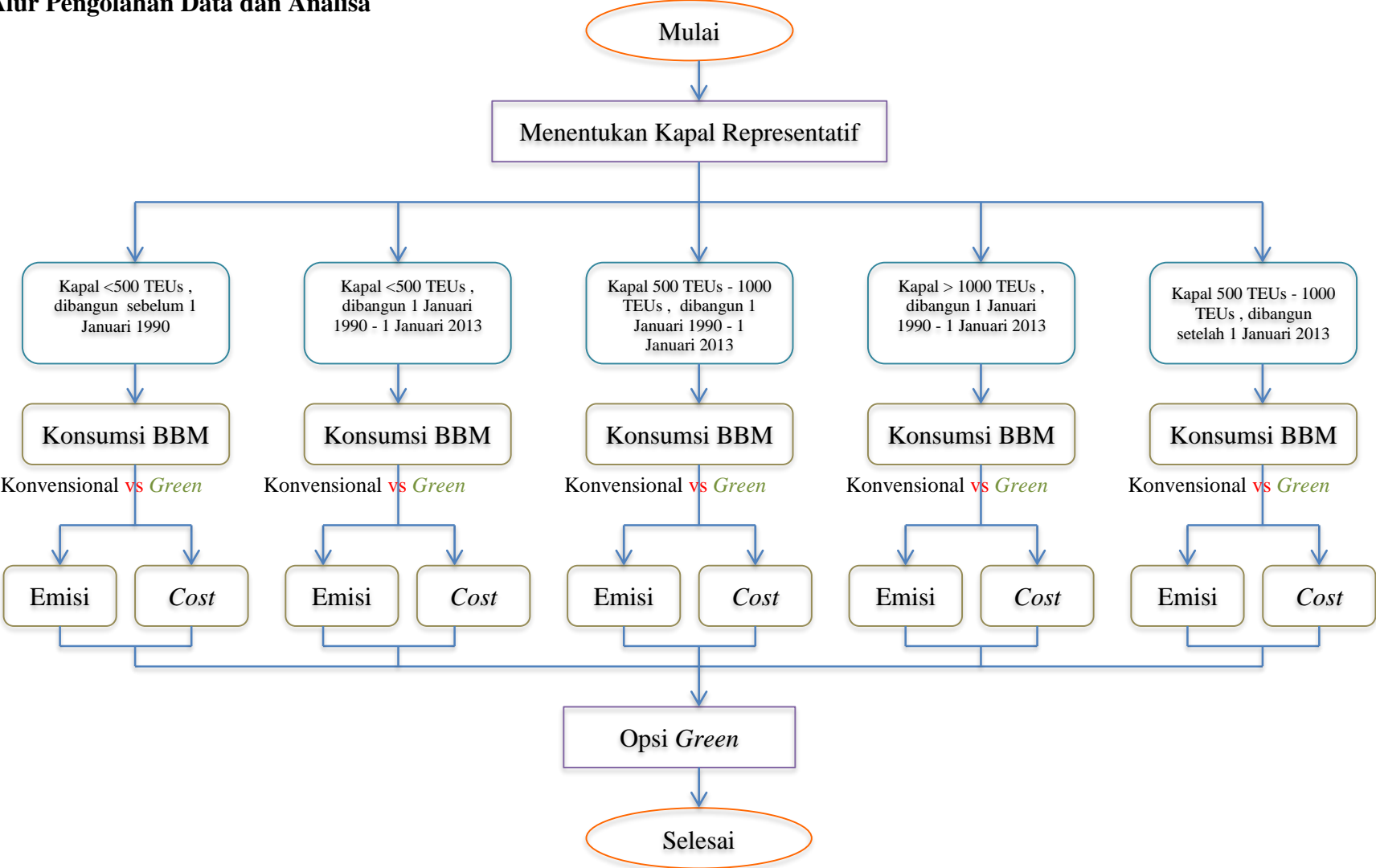
Dilakukan pengolahan data yang terkait dengan data kapal untuk melakukan *voyage calculation* dari kapal yang dijadikan representatif. Selain itu juga dilakukan perhitungan emisi serta dan batasan dari kondisi yang dianggap *green* akibat regulasi yang berlaku.

Analisa Data

Dilakukan analisa terkait dengan dampak di wilayah Indonesia yang muncul, jika opsi *green* yang terpilih diterapkan secara nyata dalam aktivitas pelayaran kapal petikemas secara umum.

Kesimpulan dan saran

3.2 Alur Pengolahan Data dan Analisa

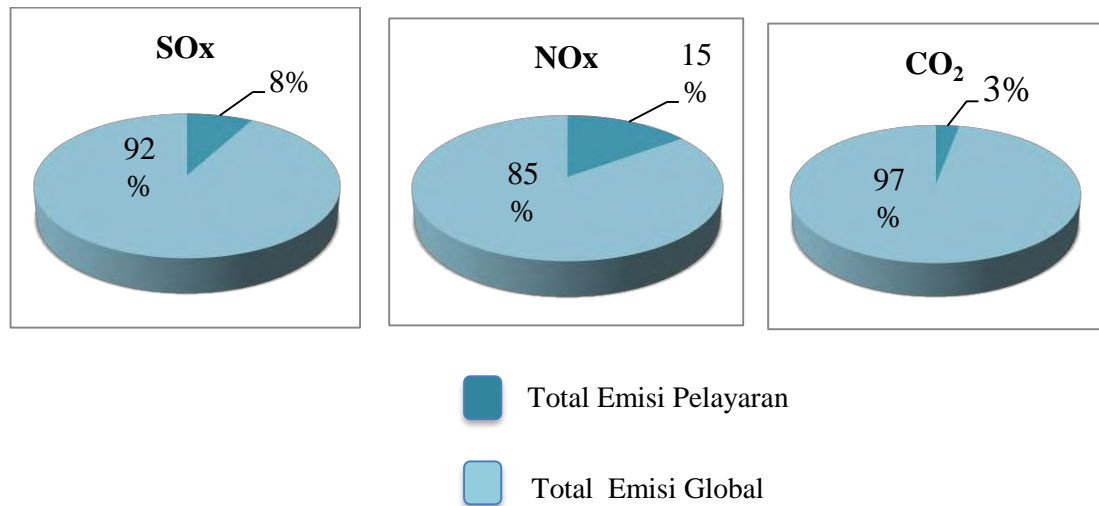


Gambar 19 : Alur Pengolahan Data dan Analisa

BAB 4 GAMBARAN UMUM PELAYARAN

4.1 Kondisi Pelayaran Secara Umum

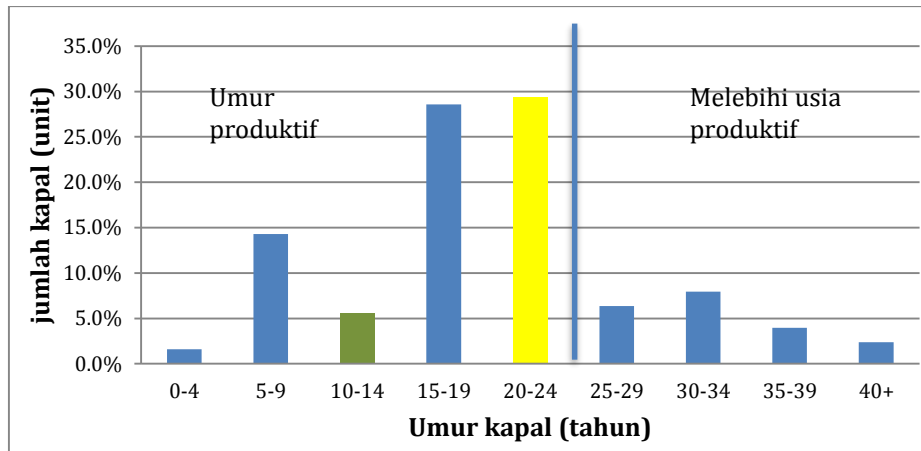
Sektor transportasi maritim menyumbang emisi udara dalam jumlah yang signifikan. Secara global kontribusi emisi SO_x, NO_x, dan CO₂ dari kegiatan pelayaran terhadap total emisi digambarkan pada diagram berikut:



Sumber : (Corbet J. , 2007)

Gambar 20 : Diagram Kontribusi Emisi Udara Pelayaran

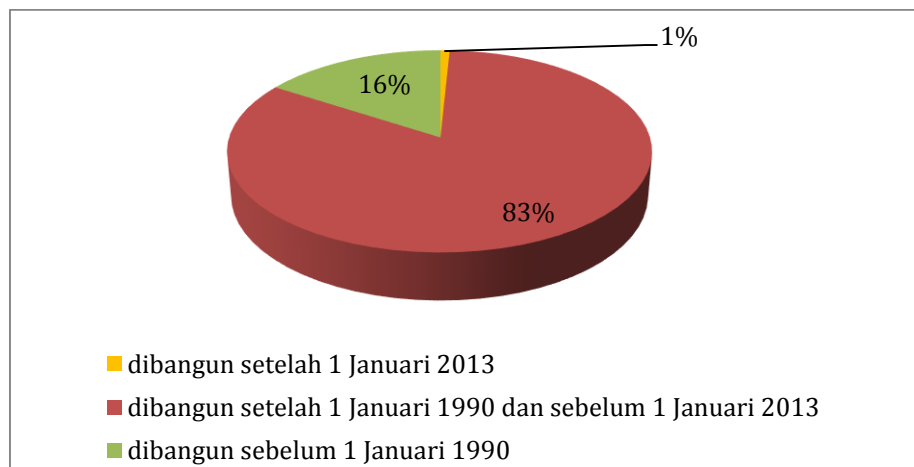
Di Indonesia terdapat 126 kapal peti kemas yang teregister menurut Biro klasifikasi Indonesia periode 2015. Dengan ekspektasi umur ekonomis kapal sebesar 25 tahun (World Economic Forum, 2012), Indonesia memiliki jumlah kapal yang tergolong produktif sebesar 79.4% sedang sisanya 20.6% masuk dalam kategori usia melebihi produktif. Untuk kapal dengan usia produktif, 1.6% berumur kurang dari 5 tahun, 14.3% berumur 5 sampai dengan kurang dari 10 tahun, 5.6 % berumur antara 10 sampai dengan kurang dari 15 tahun, 28.6% berusia antara 15 sampai dengan kurang dari 20 tahun, dan 29.4% berusia antara 20 sampai dengan kurang dari 25 tahun. Sedangkan kapal yang melebihi umur produktif, 6.3 % berumur antara 25 sampai dengan kurang dari 30 tahun, 7.9 % terdiri dari kapal yang berusia antara 30 sampai dengan kurang dari 35 tahun, 4 % didominasi oleh kapal berusia 35 sampai dengan kurang dari 40 tahun, dan sisanya 2.4% berusia lebih dari 40 tahun. Dari data tersebut, prosentase jumlah kapal peti kemas Indonesia diketahui paling banyak berada pada range usia antara 20 sampai dengan kurang dari 25 tahun. Selengkapnya bisa dilihat pada gambar berikut.



Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 2015)

Gambar 21 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Umur

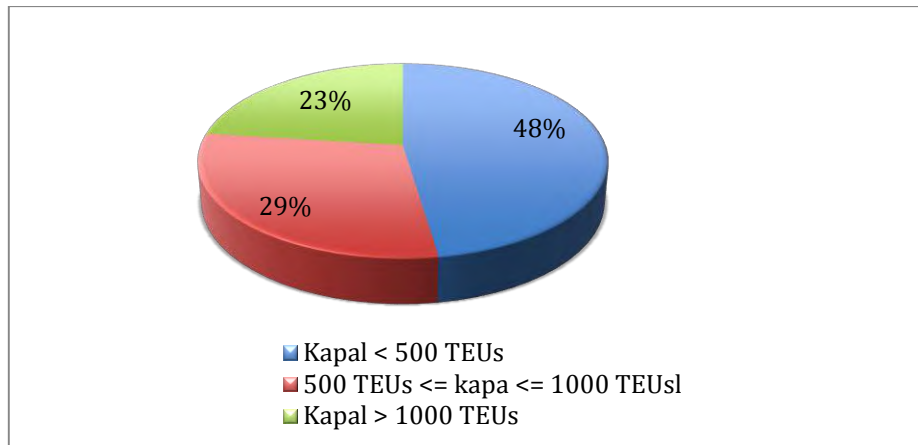
Jika dilihat berdasarkan pembagian kategori tahun pembuatan dari kapal representatif maka, kapal yang dibangun setelah 1 Januari 2013 menjadi minoritas sebesar 1% dari total kapal yang ada. Jumlah yang paling mendominasi adalah kapal yang dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 yakni sebesar 83%. Sedang kapal yang dibangun sebelum 1 Januari 1990 berada di urutan kedua yakni sebesar 16%.



Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 2015)

Gambar 22 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Umur Kapal Representatif

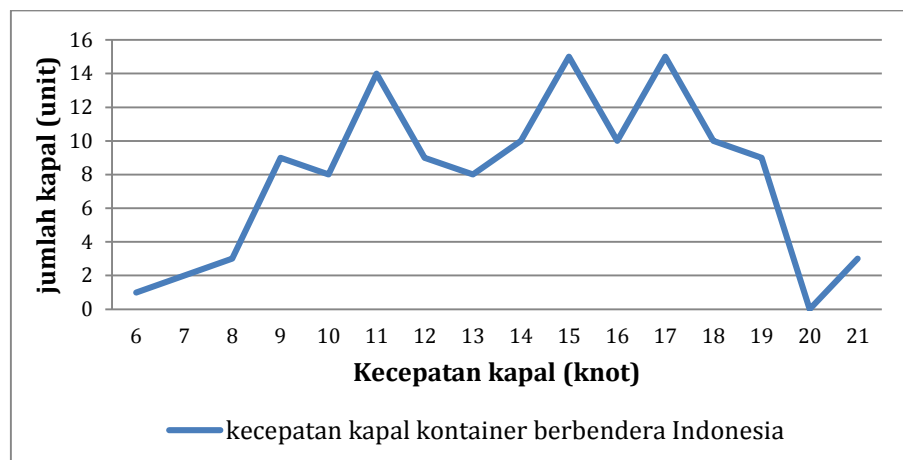
Berdasarkan kategori kapasitas kapal representatif, prosentase kapal yang mempunyai kapasitas dibawah 500 TEUs di Indonesia sebesar 48 %, yang mana merupakan ukuran yang paling dominan digunakan. Untuk kapal dengan kapasitas antara 500 TEUs sampai dengan 1000 TEUs jumlahnya sebesar 29 % , dan kapal berkapasitas lebih dari 1000 TEUs sebesar 23 % dari total keseluruhan kapal.



Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 2015)

Gambar 23 : Prosentase Kapal Peti Kemas Indonesia Berdasarkan Ukuran Representatif

Kecepatan kapal peti kemas yang paling sering digunakan berturut-turut terbesar yakni 15 knot, 18 knot, dan 11 knot dan yang paling rendah adalah 7 knot .



Sumber : (Biro Klasifikasi Indonesia, 2015)

Gambar 24 : Grafik Distribusi Kecepatan Kapal Peti Kemas di Indonesia

4.2 Kondisi Pelayaran Peti Kemas di Indonesia Saat ini

Untuk perhitungan *cost* tiap tahunnya sampai dengan tahun ke x (lama investasi), diasumsi bahwa kenaikan biaya sebesar inflasi per tahun yakni 4 %. Kapal representatif akan dioperasikan selama umur maksimal 40 tahun.

4.2.1 Kondisi Pelayaran Kapal Peti kemas (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

Kapal representatif pada kategori ini, dalam kegiatan operasionalnya selama satu tahun menghasilkan *expenses* dan *revenue* sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal : 7 knot
- Jarak : 1,640.7 nmil

- *Roundtrip days* : 15 hari
- Frekuensi : 22 kali / tahun
- Konsumsi bahan bakar : 0.6 ton / hari

Tabel 12 : Expenses dan revenue (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

No	Keterangan	Jumlah	satuan
1.	<i>Expenses</i>	Rp 144	Juta Per trip
		Rp 3,175	Juta Per tahun
		Rp 9	Per hari
2.	<i>Revenue</i>	Rp 3,327	Juta Per trip
		Rp 73,201	Juta Per tahun
		Rp 221	Juta Per hari

Unit cost yang dihasilkan olah kapal peti kemas kapasitas <500 TEUs dibangun sebelum 1 Januari 1990 adalah sebesar Rp7 juta per TEUs. Adapun emisi yang dihasilkan kapal selama beroperasi selama satu tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 13 : Emisi saat ini (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

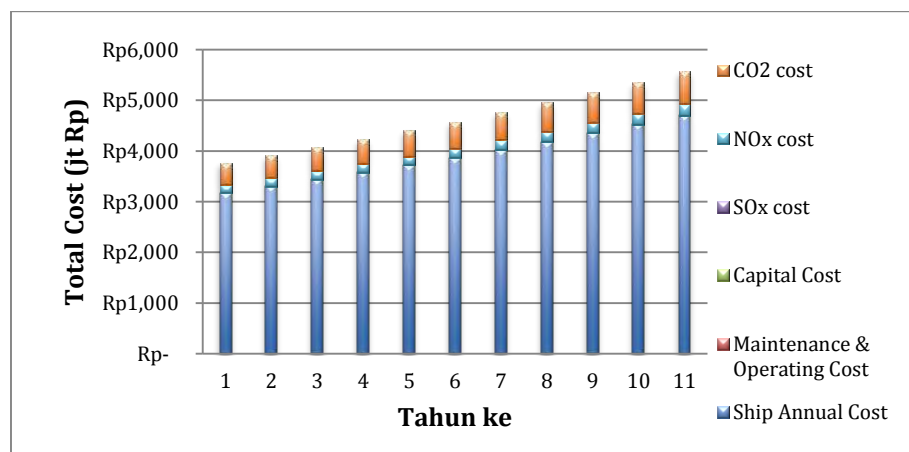
No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	8.06	Ton / tahun
2.	NOx	222.86	Ton / tahun
3.	CO ₂	1,239.42	Ton / tahun

Untuk menuju kondisi *green*, kapal peti kemas kapasitas <500 TEUs dibangun sebelum 1 Januari 1990 harus mematuhi peraturan yang telah diratifikasi oleh Indonesia. Yakni MARPOL annex VI regulasi 14 yang mengatur tentang SOx dimana kapal yang berlayar di kawasan global harus menghasilkan jumlah emisi SOx sampai dengan batas tertentu. Jumlah minimal emsi yang boleh dihasilkan oleh kapal adalah sebagai berikut :

Tabel 14 : Batas kondisi *green* (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	1.96	Ton / tahun
2.	NOx	-	Ton / tahun
3.	CO ₂	-	Ton / tahun

Dengan asumsi bahwa pada kondisi kapal konvensional, kapal dikenakan denda jika menghasilkan emisi melebihi batas kondisi *green* yang telah ditentukan. Besar denda untuk tiap jenis emisi berbeda-beda. Untuk satu ton emisi SOx dikenakan denda sebesar Rp 29,605.80, denda satu ton NOx adalah sebesar Rp 698,250.00, dan denda untuk satu ton CO₂ adalah Rp 349,125.00. Besar nilai denda emisi baik SOx, NOx, maupun CO₂ memiliki kecenderungan semakin mahal tiap tahunnya. Nilai dari kenaikan denda diasumsikan sebesar nilai inflasi per tahun. Adapun nilai *total cost* yang muncul adalah:



Gambar 25 : Total cost kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

4.2.2 Kondisi Pelayaran Kapal Peti kemas untuk Kapal (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Selama aktivitas operasionalnya, kapal pada kategori ini menghasilkan *expenses* dan *revenue* sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal : 10.5 knot
- Jarak : 656 nmil
- *Roundtrip days* : 6 hari
- Frekuensi : 53 kali / tahun

- Konsumsi bahan bakar : 0.68 ton / hari

Tabel 15 : Expenses dan revenue (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Jumlah	satuan
1.	<i>Expenses</i>	Rp 59	Juta Per trip
		Rp 3,173	Juta Per tahun
		Rp 9	Juta Per hari
2.	<i>Revenue</i>	Rp 1,368	Juta Per trip
		Rp 72,530	Juta Per tahun
		Rp 219	Juta Per hari

Unit cost yang dihasilkan adalah sebesar Rp 5 juta per TEUs. Adapun emisi yang dihasilkan kapal selama beroperasi selama satu tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 16 : Emisi saat ini (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	8.63	Ton / tahun
2.	NOx	2,59.06	Ton / tahun
3.	CO ₂	1,440.73	Ton / tahun

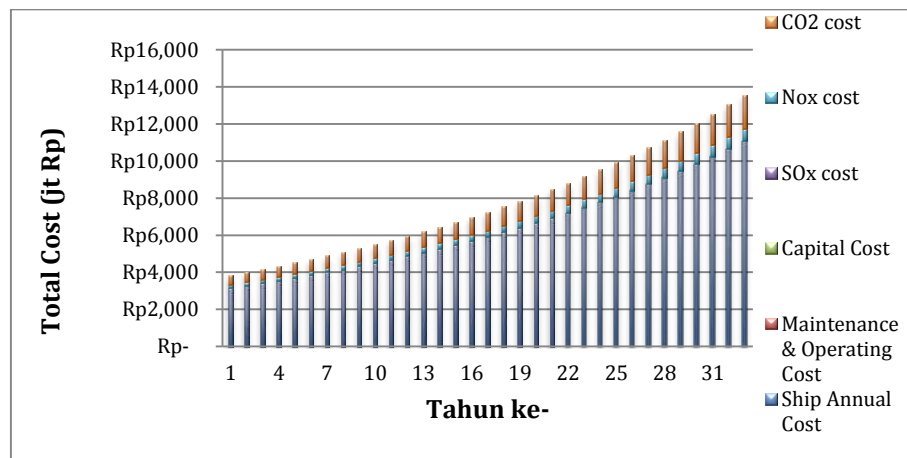
Kapal dengan kategori dibawah 500 TEUs yang dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 terikat oleh peraturan MARPOL annex VI regulasi 14 yang mengatur tentang jumlah minimal emisi SOx yang boleh dihasilkan oleh kapal. Dalam hal ini Indonesia tergolong pada peraturan yang ditujukan secara global. Selain itu juga terikat pula oleh MARPOL annex VI regulasi 13 yang mengatur tentang jumlah NOx minimal yang dihasilkan kapal, tergantung dengan tahun pembuatan kapal dan RPM dari mesin. Untuk menuju kondisi *green*, kapal minimal harus menghasilkan jumlah emisi sebagai berikut :

Tabel 17 : Batas kondisi green (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	2.27	Ton / tahun
2.	NOx	66.98	Ton / tahun

3.	CO ₂	-	Ton / tahun
----	-----------------	---	-------------

Menggunakan asumsi bahwa pada kondisi kapal konvensional, kapal mendapat penambahan denda jika menghasilkan emisi melebihi batas kondisi *green* yang telah ditentukan. Nilai denda untuk tiap jenis emisi berbeda-beda. Untuk satu ton emisi SOx dikenakan denda sebesar Rp 29,605.80, denda satu ton NOx adalah sebesar Rp 698,250.00, dan denda untuk satu ton CO₂ adalah Rp 349,125.00. Kecenderungan nilai denda semakin mahal tiap tahunnya. Kenaikan nilai denda diasumsikan sebesar nilai inflasi per tahun. Adapun nilai total cost yang muncul adalah sebagai berikut :



Gambar 26 : Total cost kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

4.2.3 Kondisi Pelayaran Kapal Peti kemas (500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Jumlah *Expenses* dan *Revenue* yang dihasilkan oleh kapal representatif selama aktivitas operasionalnya adalah sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal : 15 knot
- Jarak : 1,254 nmil
- *Roundtrip days* : 8 hari
- Frekuensi : 46 kali / tahun
- Konsumsi bahan bakar : 1.68 ton/hari

Tabel 18 : Expenses dan revenue (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Jumlah	satuan
1.	<i>Expenses</i>	Rp 172	Juta Per trip
		Rp 7,937	Juta Per tahun
		Rp 24	Juta Per hari
2.	<i>Revenue</i>	Rp 2,595	Juta Per trip
		Rp 119,408	Juta Per tahun
		Rp 361	Juta Per hari

Unit cost yang dihasilkan adalah sebesar Rp 6 juta per TEUs. Adapun emisi yang dihasilkan kapal selama beroperasi selama satu tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 19 : Emisi saat ini (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

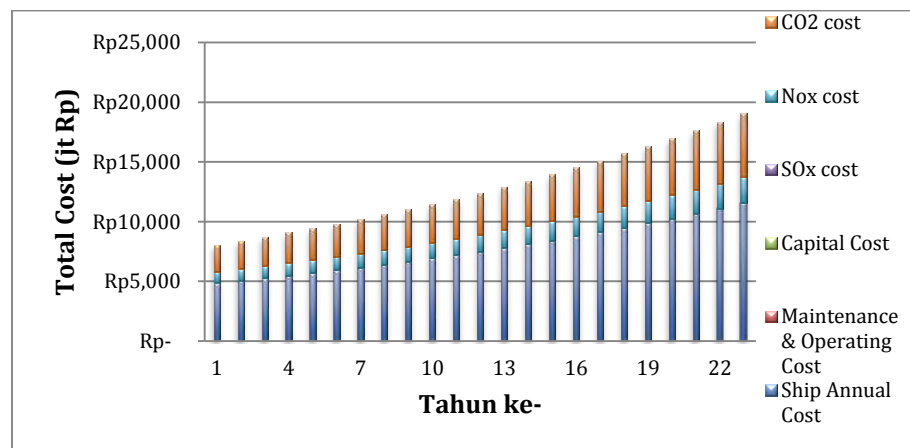
No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	27.75	Ton / tahun
2.	NOx	1,270.53	Ton / tahun
3.	CO ₂	6,626.82	Ton / tahun

Untuk menuju kondisi *green* sesuai dengan peraturan yang mengikat kapal peti kemas kapasitas 500 TEUs - 1000 TEUs dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 yakni MARPOL annex VI regulasi 14 yang mengatur tentang batasan jumlah SOx yang dihasilkan selama operasional kapal pada kawasan global harus menghasilkan jumlah emisi SOx sampai dengan batas tertentu. Selain itu juga MARPOL annex VI regulasi 13 yang mengatur tentang jumlah NOx minimal yang dihasilkan kapal, tergantung dengan tahun pembutan kapal dan RPM dari mesin. Untuk menuju *green*, kapal minimal harus menghasilkan jumlah emisi sebagai berikut :

Tabel 20 : batas kondisi *green* (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	9.82	Ton / tahun
2.	NOx	329.06	Ton / tahun
3.	CO ₂	-	Ton / tahun

Diasumsikan bahwa pada kondisi kapal konvensional, kapal dikenakan denda jika menghasilkan emisi melebihi batas kondisi *green* yang telah ditentukan. Besar denda untuk tiap jenis emisi berbeda-beda. Untuk satu ton emisi SO_x dikenakan denda sebesar Rp 29,605.80, denda satu ton NO_x adalah sebesar Rp 698,250.00, dan denda untuk satu ton CO₂ adalah Rp 349,125.00. Nilai denda memiliki kecenderungan semakin mahal tiap tahunnya. Nilai dari kenaikan nilai denda diasumsikan sebesar nilai inflasi per tahun. Adapun nilai *total cost* yang muncul adalah sebagai berikut :



Gambar 27 : Total Cost pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

4.2.4 Kondisi Pelayaran Kapal Peti kemas (kapal > 1000 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Hasil perhitungan jumlah *expenses* dan *revenue* yang muncul dalam aktivitas pelayaran kapal pada kategori ini sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal : 12.5 knot
- Jarak : 2,364 nmil
- *Roundtrip days* : 14 hari
- Frekuensi : 24 kali / tahun
- Konsumsi Bahan Bakar : 1 ton / hari

Tabel 21 : Expenses dan revenue (kapal peti kemas > 1000 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Jumlah	satuan
1.	<i>Expenses</i>	Rp 241	Juta Per trip

		Rp 5,801	Juta Per tahun
		Rp 17	Juta Per hari
2.	<i>Revenue</i>	Rp 9,281	Juta Per trip
		Rp 222,749	Juta Per tahun
		Rp 674	Juta Per hari

Unit cost yang dihasilkan adalah sebesar Rp 10 juta per TEUs. Adapun emisi yang dihasilkan kapal selama beroperasi selama satu tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 22 : Emisi saat ini (kapal peti kemas>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SO _x	16	Ton / tahun
2.	NO _x	842.13	Ton / tahun
3.	CO ₂	4,227.8	Ton / tahun

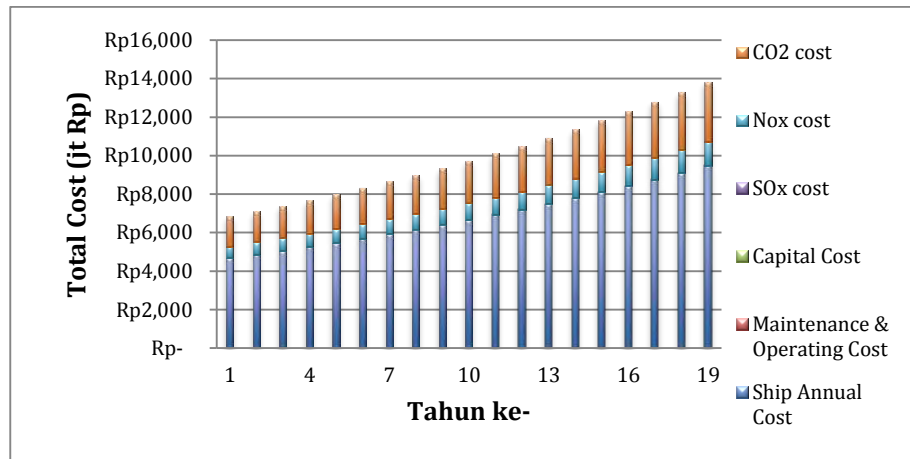
Kapal peti kemas dengan kapasitas >1000 TEUs dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013, agar bisa belayar pada kondisi *green* terikat oleh peraturan MARPOL annex VI regulasi 14 yang mengatur tentang SO_x, dimana kapal yang berlayar di kawan global harus menghasilkan jumlah emisi SO_x sampai dengan batas tertentu. Selain itu juga MARPOL annex VI regulasi 13 yang mengatur tentang jumlah NO_x minimal yang dihasilkan kapal, ditentukan oleh tahun pembuatan kapal dan RPM mesin. Untuk menuju *green*, kapal minimal harus menghasilkan jumlah emisi sebagai berikut :

Tabel 23 : Batas kondisi *green* (kapal peti kemas>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SO _x	6.67	Ton / tahun
2.	NO _x	332.31	Ton / tahun
3.	CO ₂	-	Ton / tahun

Penambahan asumsi bahwa pada kondisi kapal konvensional, kapal dikenakan denda jika menghasilkan emisi melebihi batasan kondisi *green* sesuai peraturan. Besar denda untuk tiap jenis emisi beragam. Untuk satu ton emisi SO_x dikenakan denda sebesar Rp 29,605.80, denda satu ton NO_x adalah sebesar

Rp 698,250.00, dan denda untuk satu ton CO₂ adalah Rp 349,125.00. Denda yang harus dibayarkan akibat lebihnya jumlah emisi baik SO_x, NO_x, maupun CO₂ yang dihasilkan kapal semakin meningkat tiap tahunnya. Nilai kenaikan nilai denda diasumsikan sebesar nilai inflasi per tahun. Adapun nilai *total cost* yang muncul adalah sebagai berikut :



Gambar 28 : Total cost kapal peti kemas pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

4.2.5 Kondisi Pelayaran Kapal Peti kemas (500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Expenses dan *Revenue* dari kapal kategori ini setelah dilakukan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal : 10 knot
- Jarak : 1,112 nmil
- *Roundtrip days* : 8 hari
- Frekuensi : 42 kali / tahun
- Konsumsi bahan bakar : 1.5 ton / hari

Tabel 24 : expenses dan revenue (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Jumlah	satuan
1.	<i>Expenses</i>	Rp 121	Juta Per trip
		Rp 5,111	Juta Per tahun
		Rp 15	Juta Per hari
2.	<i>Revenue</i>	Rp 2,332	Juta Per trip
		Rp 97,951	Juta Per tahun

		Rp 296	Juta Per hari
--	--	--------	---------------

Unit cost yang dihasilkan adalah sebesar Rp6 juta per TEUs. Adapun emisi yang dihasilkan kapal selama beroperasi selama satu tahun adalah sebagai berikut :

Tabel 25 : Emisi saat ini (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	19.48	Ton / tahun
2.	NOx	425.45	Ton / tahun
3.	CO ₂	2,366.11	Ton / tahun

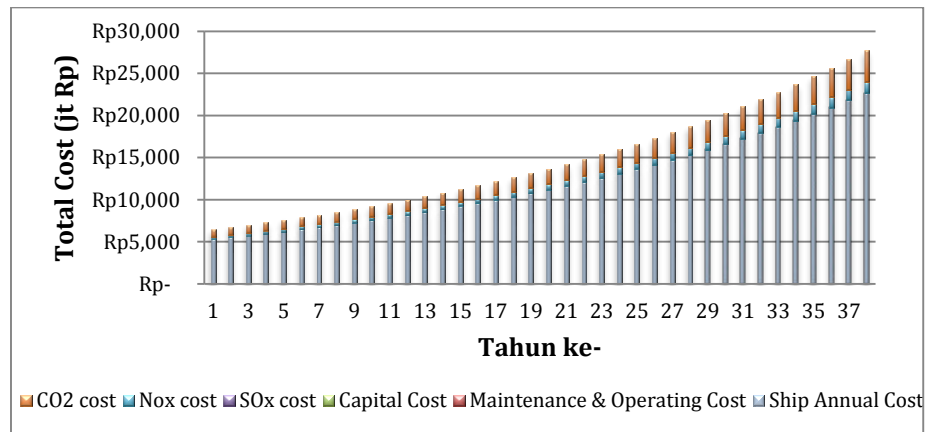
Untuk menuju kondisi *green* sesuai dengan peraturan yang mengikat kapal untuk kategori ini, dibangun setelah 1 januari 2013 yakni MARPOL annex VI regulasi 14 yang mengatur tentang SOx dimana kapal yang berlayar di kawasan global harus menghasilkan jumlah emisi SOx sampai dengan batas tertentu. Selain itu juga MARPOL annex VI regulasi 13 yang mengatur tentang jumlah NOx minimal yang dihasilkan kapal, tergantung dengan tahun pembutan kapal dan RPM dari mesin. Selain SOx dan NOx, kapal yang masuk dalam kategori ini terkena peraturan MARPOL annex V1 chapter 4 yang mengatur tentang CO₂ Untuk menuju *green*, kapal minimal harus menghasilkan jumlah emisi sebagai berikut :

Tabel 26 : Batas kondisi *green* (kapal peti kemas 500TEUs - 1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

No	Emisi	Jumlah	satuan
1.	SOx	3.73	Ton / tahun
2.	NOx	95.12	Ton / tahun
3.	CO ₂	1,892.89	Ton / tahun

Pada kondisi kapal konvensional, kapal dikenakan denda jika menghasilkan emisi melebihi batas kondisi *green* yang telah ditentukan. Besar denda untuk tiap jenis emisi berbeda-beda. Untuk satu ton emisi SOx dikenakan denda sebesar Rp 29,605.80, denda satu ton NOx adalah sebesar Rp 698,250.00, dan denda untuk satu ton CO₂ adalah Rp 349,125.00. Tiap tahunnya, biaya denda yang perlu dibayar untuk kelebihan hasil emisi baik SOx, Nox, maupun CO₂

kian naik. Kenaikan nilai denda diasumsikan sebesar nilai inflasi per tahun. Adapun nilai *total cost* yang muncul adalah sebagai berikut :



Gambar 29 : Total Cost pada tahun ke x untuk kondisi saat ini (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 KEBUTUHAN *GREEN SHIPPING*

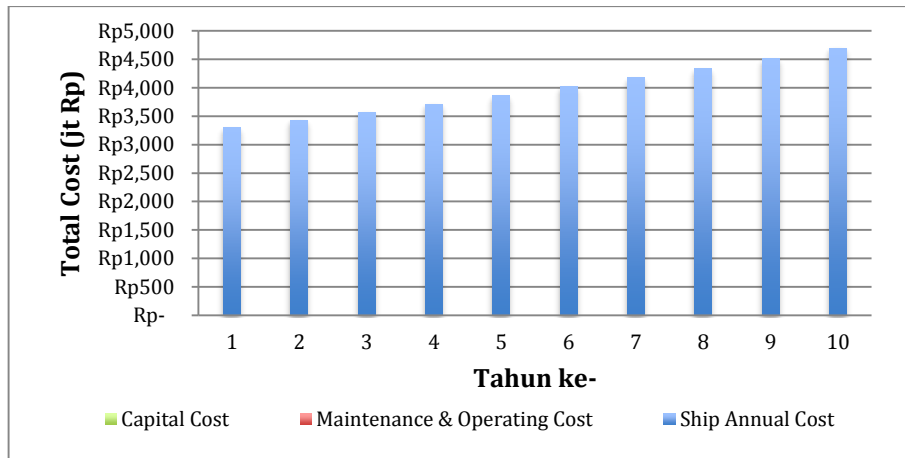
5.1 *Green Shipping* (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

Setelah dilakukan perhitungan *voyage calculation* dan optimasi (selengkapnya lihat di lampiran), dicari opsi *green* yang menghasilkan *present value profit* yang paling maksimum untuk kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990 dimana kapal sudah tergolong tua dan memiliki kecepatan yang rendah yakni 7 knot. Opsi *green* yang paling sesuai adalah dengan mengganti bahan bakar menjadi *low sulfur fuel* tanpa merubah kecepatan yang ada sekarang. Perbandingan antara kapal konvensional dan saat *green* adalah sebagai berikut :

Tabel 27 : Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap *green* (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

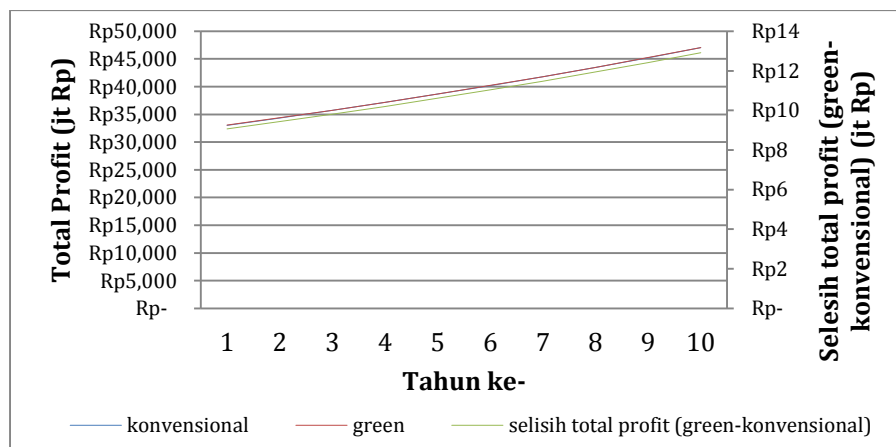
No	Keterangan	Kapal konvensional	Kapal <i>green</i>	Satuan
1.	<i>Total Cost</i>	Rp43,065	Rp43,080	Juta per tahun
2.	<i>Capital Cost</i>	-	-	
3.	M/O alat	-	-	Juta per tahun
4.	<i>Present Value Cost</i>	Rp248,254	Rp248,343	Juta
5.	Emisi :			
	SOx	8.06	0.56	Ton per tahun
	NOx	222.86	222.86	Ton per tahun
	CO2	1239.42	1239.42	Ton per tahun
	Nilai Emisi	Rp589	Rp588	Juta per tahun

Dengan cara yang sama dengan kapal konvensional, *total cost* dihitung berdasarkan total biaya-biaya kapal dalam setahun untuk berlayar dari *origin* menuju *destination*. Hal yang membedakan adalah, pada kondisi *green* yang notabene memenuhi peraturan yang berlaku, tidak ada denda yang dikenakan per tahunnya. *Total cost* pada kapal kategori ini adalah :



Gambar 30 : Cost pada tahun ke x untuk kondisi *green* (kapal peti kemas<500TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

Kemudian dilakukan proyeksi dari nilai *total cost* yang dihasilkan oleh kapal sampai dengan kapal diasumsikan akan dioperasikan hingga umur 40 tahun. Dengan ini, alat direncanakan untuk diinvestasikan selama kurun waktu 10 tahun. Grafik perbandingan total profit antara kapal konvensional dan *green* adalah sebagai berikut :



Gambar 31 : Perbandingan *total profit* kapal peti kemas konvensional dan *green* (<500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990)

Dari grafik nampak bahwa kapal *green* dan konvensional memiliki total profit yang hampir berhimpit. Namun secara perhitungan, nilai *total profit* dari opsi *green* lebih tinggi dibanding dengan kapal konvensional dimana pada tahun pertama selisih total profit adalah Rp 9 juta. Adapun present value dari kapal dengan opsi *green* adalah Rp190,514 juta.

5.2 Green Shipping (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Berdasarkan perhitungan *voyage calculation* nilai *present value profit*, SO_x, NO_x, dan CO₂ berturut-turut untuk kapal pada kategori ini memiliki persamaan :

Tabel 28 : Persamaan *present value profit* setiap opsi *green* (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	Present Value Profit
1	Penurunan Kecepatan	$Y = -6.00E+09 X^2 + 2.00E+11 X - 5.00E+11$
2	Low sulfur fuel	$Y = 8.00E+07 X^2 - 4.00E+08 X + 5.00E+08$
3	Scrubber	$Y = 4.00E-06 X^2 - 7.00E-05 X + 5.00E+10$
4	Direct Water Injection	$Y = -2.00E-07 X^2 + 4.00E-06 X + 2.00E+09$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 5.00E-07 X^2 - 5.00E-06 X + 5.00E+09$
6	Humid Air Motor	$Y = 2.00E-06 X^2 - 4.00E-05 X + 1.00E+10$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = -1.00E-06 X^2 + 2.00E-05 X + 3.00E+10$
8	LNG	$Y = 1.00E+07 X^2 - 5.00E+07 X + 4.00E+10$

Tabel 29 : Persamaan hasil SO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	SO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.0165 X^2 - 2.6624$
2	Low sulfur fuel	$Y = 0.0012 X^2 - 2.9886$
3	Scrubber	$Y = 0.0016 X^2 - 2.6624$
4	Direct Water Injection	$Y = 8.628503236$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.0133 X^2 - 2.6624$
6	Humid Air Motor	$Y = 8.628503236$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 8.628503236$
8	LNG	$Y = 0$

Tabel 30 : Persamaan hasil NO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	NO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.334 X^2 - 2.8323$
2	Low sulfur fuel	$Y = 259.058819$
3	Scrubber	$Y = 259.058819$
4	Direct Water Injection	$Y = 0.167 X^2 - 2.8323$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.0835 X^2 - 2.8323$
6	Humid Air Motor	$Y = 0.1169 X^2 - 2.8323$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 0.0167 X^2 - 2.8323$
8	LNG	$Y = 0.217 X^2 - 2.8323$

Tabel 31 : Persamaan hasil CO₂ setiap opsi *green* (kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

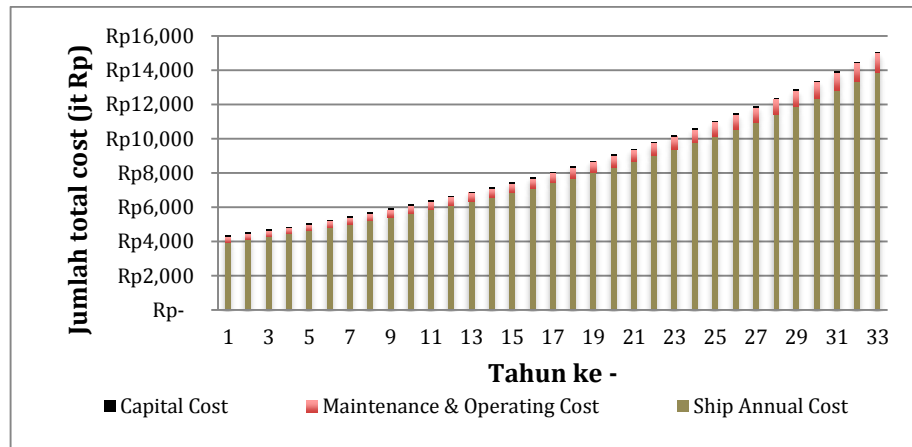
Strategi	Keterangan	CO ₂
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 1.8575 X^2 - 2.8323$
2	Low sulfur fuel	$Y = 1440.73062$
3	Scrubber	$Y = 1.8018 X^2 - 2.8323$
4	Diret Water Injection	$Y = 1440.73062$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 1440.73062$
6	Humid Air Motor	$Y = 1440.73062$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 1440.73062$
8	LNG	$Y = 1.3931 X^2 - 2.8323$

Dimana X adalah kecepatan kapal. Persamaan diatas merupakan hasil pendekatan untuk tiap kecepatan. Dalam perhitungan *total cost*, setiap penurunan kecepatan terhadap kecepatan awal terkena penambahan *cost* akibat hilangnya *revenue* yang besarnya adalah senilai *revenue* yang hilang. Optimasi dilakukan terhadap adanya sensitivitas perubahan kecepatan ditambah dengan kombinasi penambahan alat dengan *objective function* maksimum *profit* (selengkapnya lihat di lampiran). Opsi *green* yang menghasilkan *present value profit* yang paling maksimum untuk kapal peti kemas <500 TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 namun tetap sesuai dengan peraturan MARPOL annex VI regulasi 13 dan 14 tentang SO_x dan NO_x, opsi *green* yang bisa diambil adalah dengan menambahkan alat *exhaust gas recirculation* dan mengganti bahan bakar ke *low sulfur fuel*. Perbandingan antara kapal konvensional dan saat *green* adalah sebagai berikut :

Tabel 32: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap *green* (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

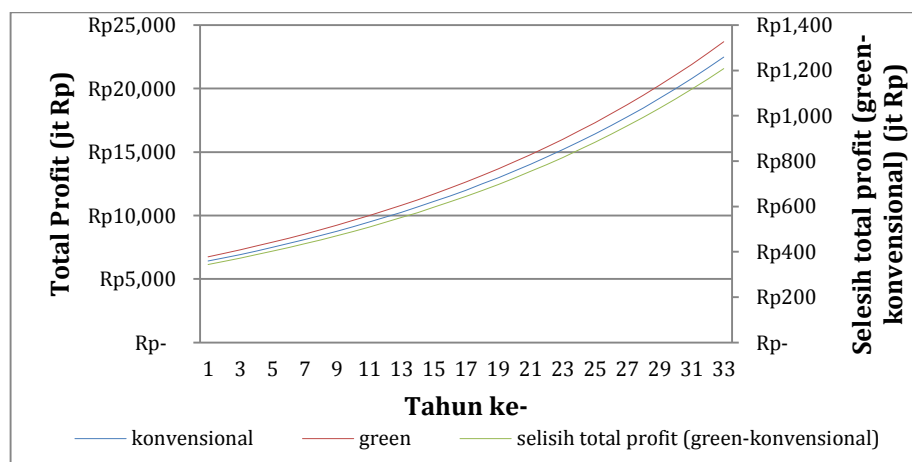
No	Keterangan	Kapal konvensional	Kapal <i>green</i>	Satuan
1.	<i>Total Cost</i>	Rp72,842	Rp69,323	Juta per tahun
2.	<i>Capital Cost</i>	-	Rp 2,281	Juta
3.	M/O alat	-	Rp 311	Juta per tahun
4.	<i>Present Value Cost</i>	Rp638,215	Rp609,052	Juta
5.	Emisi :			
	SO _x	8.63	0	Ton per tahun
	NO _x	259.06	66.76	Ton per tahun
	CO ₂	1,440.73	1449.58	Ton per tahun
	Nilai Emisi	Rp 684	Rp 552	Juta per tahun

Menggunakan cara yang sama untuk perhitungan pada kapal konvensional, *total cost* dihitung berdasarkan total biaya yang dikeluarkan kapal dalam setahun untuk berlayar dari *origin* menuju *destination*. Pada kondisi *green*, karena batas minimum jumlah emisi yang boleh dihasilkan memenuhi peraturan yang berlaku jadi tidak ada denda yang dikenakan per tahunnya. *Total cost* pada kapal kategori ini adalah :



Gambar 32 : Cost pada tahun ke x untuk kondisi *green* (kapal peti kemas <500TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Proyeksi nilai *total cost* yang dihasilkan oleh kapal sampai dengan 33 tahun. Lama investasi penggunaan alat ini merupakan hasil asumsi dimana kapal akan dijalankan hingga usia 40 tahun. Grafik perbandingan *total profit* antara kapal konvensional dan *green* adalah sebagai berikut :



Gambar 33 : Perbandingan *total profit* antara kapal peti kemas konvensional dan *green* (<500 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 -1 Januari 2013)

Dari grafik diatas nampak bahwa penambahan opsi *green* yang terpilih memiliki nilai *total profit* yang tinggi dibandingkan dengan kapal konvensional. Nilai *present value profit* dari kapal *green* adalah Rp 59,169 juta.

5.3 Green Shipping (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Menggunakan hasil perhitungan *voyage calculation* pada tiap kecepatan, didapatkan persamaan pendekatan untuk nilai *present value profit*, SO_x, NO_x, CO₂ yakni:

Tabel 33 : Persamaan *present value profit* setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	Present Value Profit
1	Penurunan Kecepatan	$Y = -6.00E+09 X^2 + 2.00E+11 X - 1.00E+12$
2	Low sulfur fuel	$Y = 1.00E+08 X^2 - 5.00E+08 X + 7.00E+08$
3	Scrubber	$Y = 0.00E+00 X^2 + 0.00E+00 X + 5.00E+10$
4	Direct Water Injection	$Y = -4.00E-07 X^2 + 4.00E-06 X + 3.00E+09$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = -2.00E-06 X^2 + 2.00E-05 X + 1.00E+10$
6	Humid Air Motor	$Y = -1.00E-06 X^2 + 2.00E-05 X + 1.00E+10$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = -1.00E-06 X^2 + 1.00E-06 X + 3.00E+10$
8	LNG	$Y = 1.00E+07 X^2 - 7.00E+07 X + 7.00E+10$

Tabel 34 : Persamaan hasil SO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	SO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.0162 X^2 - 2.7615$
2	Low sulfur fuel	$Y = 0.0011 X^2 - 2.9721$
3	Scrubber	$Y = 0.0016 X^2 - 2.7615$
4	Direct Water Injection	$Y = 27.74749453$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.0132 X^2 - 2.7615$
6	Humid Air Motor	$Y = 27.74749453$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 27.74749453$
8	LNG	$Y = 0$

Tabel 35 : Persamaan hasil NO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	NO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.538 X^2 - 2.8688$
2	Low sulfur fuel	$Y = 1270.53422$
3	Scrubber	$Y = 1270.53422$
4	Direct Water Injection	$Y = 0.269 X^2 - 2.8688$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.1345 X^2 - 2.8688$
6	Humid Air Motor	$Y = 0.1883 X^2 - 2.8688$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 0.0269 X^2 - 2.8688$
8	LNG	$Y = 0.3497 X^2 - 2.8688$

Tabel 36 : Persamaan hasil CO₂ setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

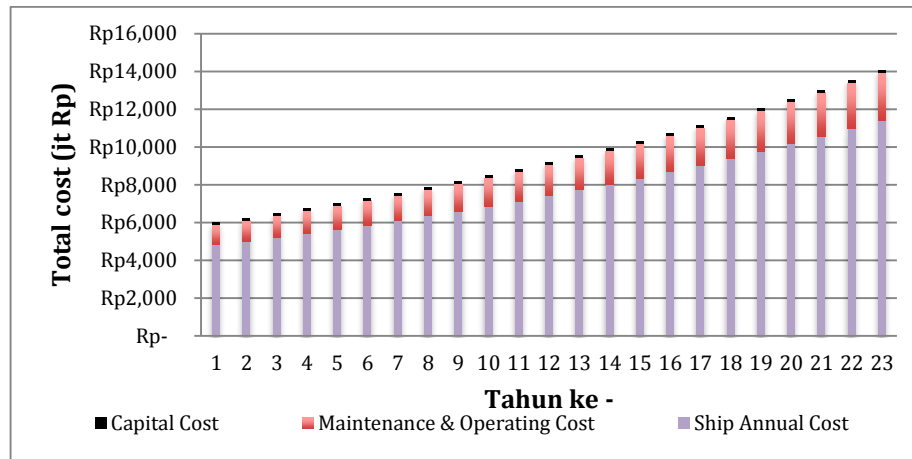
Strategi	Keterangan	CO ₂
1	Penurunan Kecepatan	Y= 2.4565 X [^] 2.8928
2	Low sulfur fuel	Y= 6226.81981
3	Scrubber	Y= 2.3828 X [^] 2.8928
4	Diret Water Injection	Y= 6226.81981
5	Exhaust Gas Recirculation	Y= 6226.81981
6	Humid Air Motor	Y= 6226.81981
7	Selective Catalityc Reduction	Y= 6226.81981
8	LNG	Y= 1.8423 X [^] 2.8928

Dimana X merupakan kecepatan kapal. Dalam perhitungan *total cost*, jika kapal mengalami penurunan kecepatan, jumlah frekuensi kapal selama setahun pun akan berkurang. Sehingga perlu adanya kompensasi biaya akibat *revenue* yang hilang yang besarnya adalah senilai *revenue* yang hilang tersebut. Optimasi dilakukan terhadap adanya sensitivitas perubahan kecepatan yang dikombinasikan dengan penambahan alat. *Objective functionnya* yakni maksimum profit (selengkapnya lihat di lampiran). *Opsi green* yang menghasilkan *present value profit* yang paling maksimum untuk kapal peti kemas 500 TEUs-1000TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 namun tetap sesuai dengan perturan MARPOL annex VI regulasi 13 dan 14 tentang SOx dan NOx opsi *green* yang bisa diambil adalah dengan menambahkan alat *exhaust gas recirculation* dan mengganti bahan bakar ke *low sulfur fuel*. Perbandingan antara kapal konvensional dan saat *green* adalah sebagai berikut:

Tabel 37: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap *green* (500 TEUs - 1000 TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

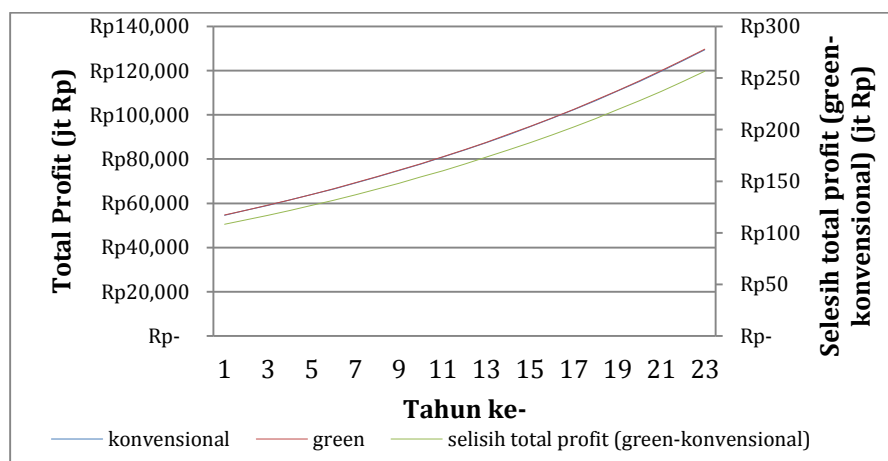
No	Keterangan	Kapal konvensional	Kapal <i>green</i>	Satuan
1.	<i>Total Cost</i>	Rp69,409	Rp69,380	Juta per tahun
2.	<i>Capital Cost</i>	-	Rp 2,281	Juta
3.	M/O alat	-	Rp 311	Juta per tahun
4.	<i>Present Value Cost</i>	Rp568,514	Rp570,473	Juta
5.	Emisi :			
	SOx	27.75	0	Ton per tahun
	NOx	1,270.53	320.44	Ton per tahun
	CO2	6,226.82	6,201.74	Ton per tahun
	Nilai Emisi	Rp3,061	Rp2,388	Per per tahun

Pada kapal *green*, *total cost* dihitung berdasarkan *total biaya* kapal dalam setahun untuk berlayar dari *origin* menuju *destination* sama halnya dengan kapal konvensional. Kondisi *green* yang telah terpenuhi sesuai peraturan yang berlaku, sehingga tidak perlu adanya denda yang dikenakan per tahunnya. *Total cost* pada kapal kategori ini adalah :



Gambar 34 : Cost pada tahun ke x untuk kondisi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Kapal diasumsikan akan beroperasi hingga usia 40 tahun, menyisakan waktu selama 23 tahun untuk kombinasi opsi *green* terpilih untuk diterapkan. Grafik proyeksi perbandingan total profit antara kapal konvensional dan *green* adalah sebagai berikut :



Gambar 35 : Perbandingan *total profit* antara kapal peti kemas konvensional dan *green* (500 TEUs-1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Pada gambar di atas grafik terlihat hampir berhimpit satu sama lain. Berdasarkan perhitungan pada tahun pertama, selisih nilai total *profit* terdapat perbedaan sebesar

Rp108 juta. Nilai *present value profit* yang diperoleh dengan menerapkan strategi *green* adalah Rp448,491 juta.

5.4 Green Shipping (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Berdasarkan perhitungan *voyage calculation* didapat pendekatan nilai *present value profit*, SO_x, NO_x, CO₂ pada kecepatan tertentu dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 38 : Persamaan *present value profit* setiap opsi *green* (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	Present Value Profit
1	Penurunan Kecepatan	$Y = -1.00E+10 X^2 + 4.00E+11 X - 2.00E+12$
2	Low sulfur fuel	$Y = 9.00E+07 X^2 - 5.00E+08 X + 6.00E+08$
3	Scrubber	$Y = 0.00E+00 X^2 - 3.00E-05 X + 5.00E+10$
4	Direct Water Injection	$Y = -1.00E-07 X^2 + 3.00E-06 X + 3.00E+09$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 5.00E-07 X^2 - 8.00E-06 X + 1.00E+10$
6	Humid Air Motor	$Y = -5.00E-07 X^2 + 8.00E-06 X + 1.00E+10$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = -2.00E-06 X^2 + 5.00E-05 X + 3.00E+10$
8	LNG	$Y = 1.00E+07 X^2 - 7.00E+07 X + 2.00E+09$

Tabel 39 : Persamaan hasil SO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	SO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.0117 X^2 - 2.8585$
2	Low sulfur fuel	$Y = 0.0008 X^2 - 3.0336$
3	Scrubber	$Y = 0.0012 X^2 - 2.8585$
4	Direct Water Injection	$Y = 16.00065224$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.0095 X^2 - 2.8585$
6	Humid Air Motor	$Y = 16.00065224$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 16.00065224$
8	LNG	$Y = 0$

Tabel 40 : Persamaan hasil NO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	NO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.4697 X^2 - 2.9623$
2	Low sulfur fuel	$Y = 842.127616$
3	Scrubber	$Y = 842.127616$
4	Direct Water Injection	$Y = 0.2348 X^2 - 2.9623$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.1174 X^2 - 2.9623$
6	Humid Air Motor	$Y = 0.1644 X^2 - 2.9623$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 0.0235 X^2 - 2.9623$
8	LNG	$Y = 0.35053 X^2 - 2.9623$

Tabel 41 : Persamaan hasil CO₂ setiap opsi *green* (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	CO ₂
1	Penurunan Kecepatan	Y= 2.2458 X [^] 2.9808
2	Low sulfur fuel	Y= 4227.80262
3	Scrubber	Y= 2.1784 X [^] 2.9808
4	Diret Water Injection	Y= 4227.80262
5	Exhaust Gas Recirculation	Y= 4227.80262
6	Humid Air Motor	Y= 4227.80262
7	Selective Catalityc Reduction	Y= 4227.80262
8	LNG	Y= 1.6844 X [^] 2.9808

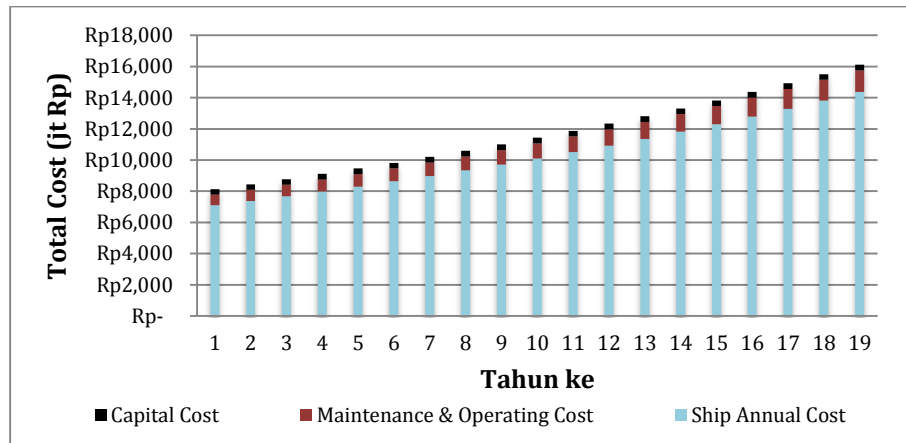
Dimana X adalah kecepatan kapal. Dalam perhitungan *total cost*, setiap penurunan kecepatan terhadap kecepatan awal terkena penambahan *cost* akibat hilangnya *revenue*. Besarnya penambahan *cost* adalah senilai *revenue* yang hilang. Optimasi dilakukan terhadap adanya sensitivitas perubahan kecepatan dan atau adanya penambahan investasi alat. *Objective function*nya adalah maksimum *profit* (selengkapnya lihat di lampiran). Dipilih opsi *green* yang menghasilkan *present value profit* yang paling maksimum untuk kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013 namun tetap sesuai dengan peraturan MARPOL annex VI regulasi 13 dan 14 tentang SO_x dan NO_x. Opsi *green* yang bisa terpilih oleh solver adalah dengan menambahkan alat *exhaust gas recirculation* dan mengganti bahan bakar ke *low sulfur fuel*. Perbandingan antara kapal konvensional dan saat *green* adalah sebagai berikut :

Tabel 42: Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap *green* (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Kapal konvensional	Kapal <i>green</i>	Satuan
1.	<i>Total Cost</i>	Rp 64,495	Rp64,450	Juta per tahun
2.	<i>Capital Cost</i>	-	Rp 2,281	Juta
3.	M/O alat	-	Rp 311	Juta per tahun
4.	<i>Present Value Cost</i>	Rp499,526	Rp503,232	Juta
5.	Emisi :			
	SO _x	16	0	Ton per tahun
	NO _x	842.13	200.4	Ton per tahun
	CO ₂	4,227.8	4,178.69	Ton per tahun
	Nilai Emisi	Rp2,064	Rp1,598	Juta per tahun

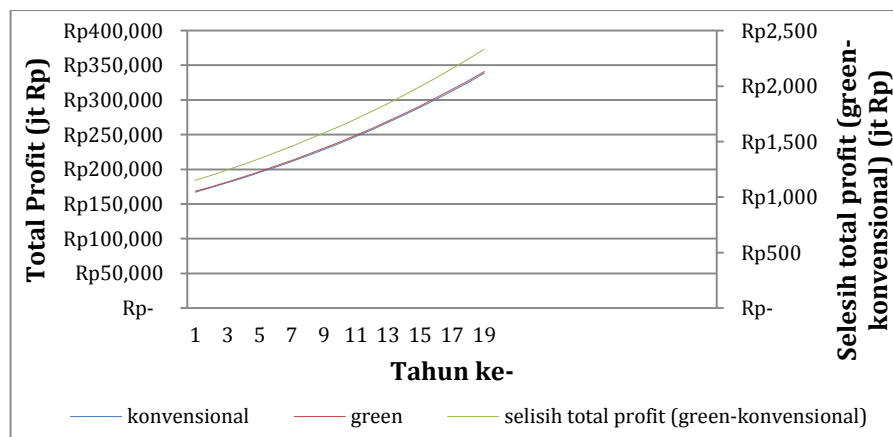
Dengan cara perhitungan yang sama dengan kapal konvensional, *total cost* dihitung berdasarkan total biaya kapal dalam setahun untuk berlayar dari *origin* menuju

destination. Yang menjadi pembeda adalah dikarenakan pada kondisi *green* telah memenuhi peraturan yang berlaku, tidak perlu adanya denda yang perlu dibayar per tahunnya. *Total cost* pada kapal kategori ini adalah :



Gambar 36 : Cost pada tahun ke x untuk kondisi *green* (kapal peti kemas >1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Setelah itu, dilakukan proyeksi dari nilai *total cost* yang dihasilkan oleh kapal sampai dengan kapal diasumsikan akan dioperasikan hingga umur 40 tahun. Kombinasi opsi *green* direncanakan untuk diinvestasikan selama kurun waktu 19 tahun. Grafik perbandingan *total profit* antara kapal konvensional dan *green* adalah sebagai berikut :



Gambar 37 : Perbandingan *total profit* antara kapal peti kemas konvensional dan *green* (>1000TEUs, dibangun 1 Januari 1990 - 1 Januari 2013)

Grafik diatas kedua garis tampak hampir berimpit satu sama lain, namun berdasarkan perhitungan diketahui bahwa pada keduanya terdapat perbedaan nilai, yakni selisih total profit sebesar Rp1,151 juta pada tahun pertama. Nilai dari *present value profit* untuk kapal *green* adalah Rp1,302,956 juta.

5.5 Green Shipping (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Menggunakan *voyage calculation* untuk menghitung nilai *present value profit*, SO_x, NO_x, CO₂ pada tiap berdasarkan variasi kecepatan sehingga memunculkan persamaan :

Tabel 43 : Persamaan *present value profit* setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	Present Value Profit
1	Penurunan Kecepatan	$Y = -9.00E+09 X^2 + 3.00E+11 X - 9.00E+11$
2	Low sulfur fuel	$Y = 3.00E+08 X^2 - 1.00E+09 X + 2.00E+09$
3	Scrubber	$Y = -4.00E-06 X^2 + 4.00E-06 X + 5.00E+10$
4	Direct Water Injection	$Y = 2.00E-07 X^2 - 3.00E-06 X + 3.00E+09$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 1.00E-06 X^2 - 3.00E-05 X + 9.00E+09$
6	Humid Air Motor	$Y = 1.00E-06 X^2 - 2.00E-05 X + 1.00E+10$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 3.00E-06 X^2 - 8.00E-05 X + 3.00E+10$
8	LNG	$Y = 4.00E+07 X^2 - 2.00E+08 X + 7.00E+10$

Tabel 44 : Persamaan SO_x setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	SO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.0318 X^2 - 2.7784$
2	Low sulfur fuel	$Y = 0.00024 X^2 - 3.0061$
3	Scrubber	$Y = 0.00032 X^2 - 2.7784$
4	Direct Water Injection	$Y = 19.48317174$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.0258 X^2 - 2.7784$
6	Humid Air Motor	$Y = 19.48317174$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 19.48317174$
8	LNG	$Y = 0$

Tabel 45 : Persamaan NO_x *profit* setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	NO _x
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 0.5725 X^2 - 2.8672$
2	Low sulfur fuel	$Y = 425.45213$
3	Scrubber	$Y = 425.45213$
4	Direct Water Injection	$Y = 0.2863 X^2 - 2.8672$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 0.1431 X^2 - 2.8672$
6	Humid Air Motor	$Y = 0.2004 X^2 - 2.8672$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 0.0286 X^2 - 2.8672$
8	LNG	$Y = 0.3721 X^2 - 2.8672$

Tabel 46 : Persamaan hasil CO₂ setiap opsi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Strategi	Keterangan	CO ₂
1	Penurunan Kecepatan	$Y = 3.1839 X^{2.8672}$
2	Low sulfur fuel	$Y = 2366.11097$
3	Scrubber	$Y = 3.0884 X^{2.8672}$
4	Diret Water Injection	$Y = 2366.11097$
5	Exhaust Gas Recirculation	$Y = 2366.11097$
6	Humid Air Motor	$Y = 2366.11097$
7	Selective Catalytic Reduction	$Y = 2366.11097$
8	LNG	$Y = 2.3879 X^{2.8672}$

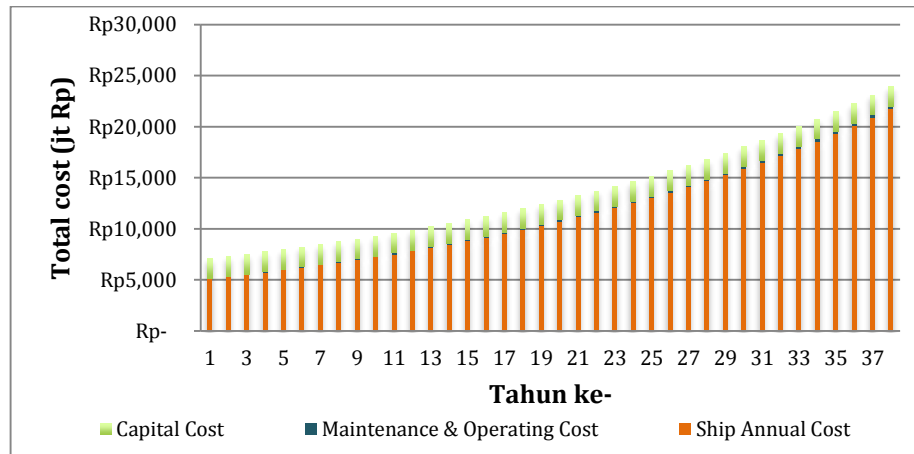
Dimana X adalah kecepatan kapal. Dalam perhitungan *total cost*, setiap penurunan kecepatan terhadap kecepatan awal terkena penambahan cost akibat hilangnya *revenue* yang besarnya adalah senilai *revenue* yang hilang. Optimasi dilakukan terfokus pada kombinasi sensitivitas perubahan kecepatan dan atau ditambah dengan investasi alat dengan *objective function* maksimum *profit*. (selengkapnya lihat di lampiran). Opsi *green* yang menghasilkan *present value profit* yang paling maksimum untuk kapal peti kemas 500 TEUs ≤ kapal peti kemas ≤ 1000 TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 2013 namun tetap sesuai dengan peraturan MARPOL annex VI regulasi 13 dan 14 tentang SO_x dan NO_x opsi *green* yang bisa diambil adalah dengan menambahkan *direct water injection* dan mengganti mesin menjadi *gas engine* berbahan bakar LNG. Perbandingan antara kapal konvensional dan saat *green* adalah sebagai berikut :

Tabel 47 : Perbandingan kapal peti kemas konvensional terhadap *green* (500 TEUs - 1000TEUs, dibangun sesudah 1 Januari 2013)

No	Keterangan	Kapal konvensional	Kapal <i>green</i>	Satuan
1.	<i>Total Cost</i>	Rp61,816	Rp62,426	Juta per tahun
2.	<i>Capital Cost</i>	-	Rp73,862	Juta
3.	M/O alat	-	Rp65	Juta per tahun
4.	<i>Present Value Cost</i>	Rp549,654	Rp539,786	Juta
5.	Emisi :			
	SO _x	19.48	0	Ton per tahun
	NO _x	425.45	54.82	Ton per tahun
	CO ₂	2,366.11	1,737.78	Ton per tahun
	Nilai Emisi	Rp1,123	Rp645	Juta per tahun

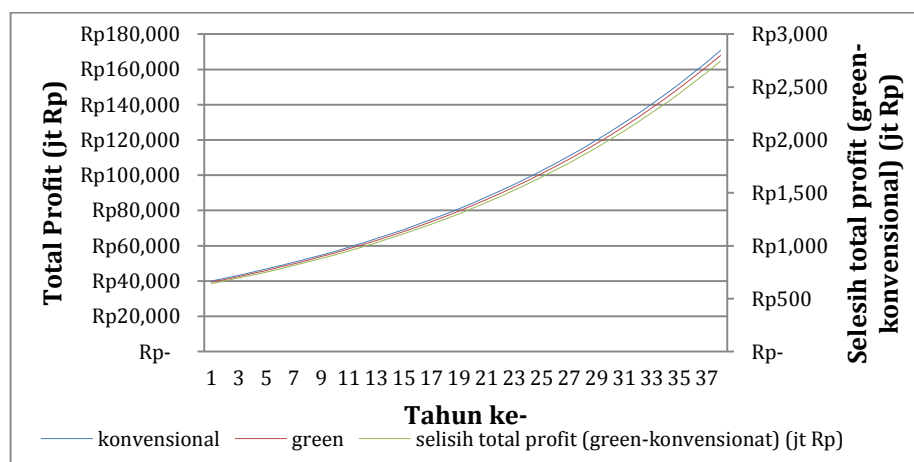
Dengan cara yang sama dengan kapal konvensional, *total cost* dihitung berdasarkan total biaya pada kapal dalam setahun untuk beroperasi dari *origin* menuju

destination. Hal yang membedakan adalah karena pada kondisi *green* kapal telah memenuhi peraturan yang berlaku sehingga tidak ada denda yang dikenakan per tahunnya. *Total cost* pada kapal kategori ini adalah :



Gambar 38 : Cost pada tahun ke x untuk kondisi *green* (kapal peti kemas 500TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Selanjutnya dilakukan proyeksi dari nilai *total cost* yang dihasilkan oleh kapal sampai dengan kapal diasumsikan akan dioperasikan hingga usia 40 tahun. Dikurangi dengan lama kapal telah beroperasi saat ini, menghasilkan lama investasi opsi *green* direncanakan selama 38 tahun. Grafik perbandingan *total profit* antara kapal konvensional dan *green* adalah sebagai berikut

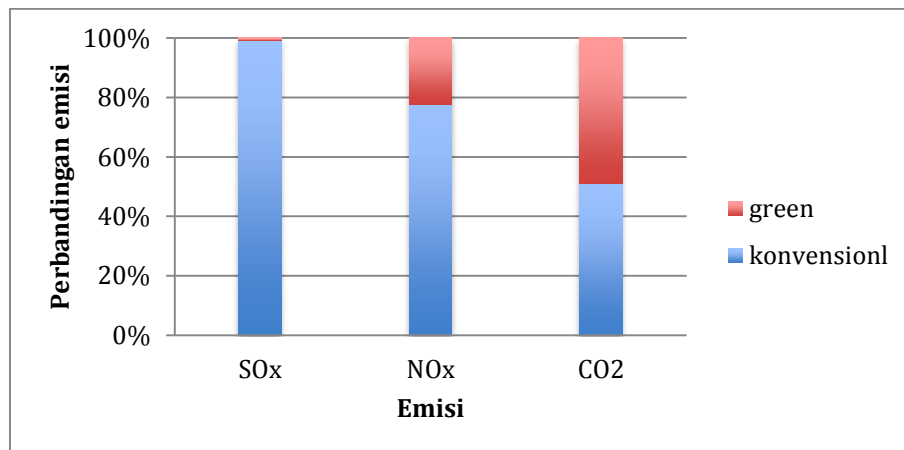


Gambar 39 : Perbandingan *total profit* antara kapal peti kemas konvensional dan *green* (500 TEUs-1000TEUs, dibangun setelah 1 Januari 2013)

Dari grafik nampak penambahan strategi *green* mempunyai *total profit* yang lebih rendah dibandingkan tanpa penambahn strategi *green*. Dimana nilai *present value profit* saat *green* adalah Rp350,000, juta.

BAB 6 DAMPAK PENERAPAN *GREEN SHIPPING* TERHADAP AKTIVITAS PELAYARAN PETI KEMAS INDONESIA

Penerapan *green shipping* pada pelayaran peti kemas domestik Indonesia ternyata mampu mengurangi jumlah emisi. Untuk emisi SO_x turun hingga ke angka rata-rata 1 % dari total emisi yang dihasilkan, emisi NO_x turun menjadi rata-rata 29 %, dan emisi CO₂ turun hingga rata-rata 96 % dari total emisi sebelumnya.



Gambar 40 : Perbandingan hasil emisi kapal *green* dan kapal konvensional

Penurunan jumlah emisi disebabkan karena penambahan alat, pada sebagian besar kapal dapat meningkatkan profit dibandingkan dengan kapal konvensional. Kapal konvensional yang menghasilkan emisi lebih batas kondisi *green*, sehingga perlu adanya sejumlah denda yang harus diberikan sesuai dengan regulasi yang diterapkan di tiap negara. Semakin besar nilai denda (*emission tax*), semakin besar pula jumlah denda yang harus dibayar terutama jika dibarengi dengan besarnya emisi yang dihasilkan tiap kapal. Di Indonesia sendiri *emission tax* memang belum diberlakukan sehingga jenis kapal yang beroperasi di Indonesia lebih dominan kapal jenis konvensional.

Untuk kapal yang berusia melebihi 25 tahun atau yang tidak lagi dianggap berada pada umur produktif, kecepatan kapal tidak lagi bisa diturunkan pada angka yang cukup signifikan dibandingkan dengan kapal yang masih tergolong berusia produktif dikarenakan adanya degenarasi yang terjadi pada mesin kapal. Selain itu adanya penebalan tempelan makhluk laut pada badan kapal juga berdampak pada performa kapal. Semakin banyak makhluk laut yang menempel akan dapat memperluas bidang air pada kapal serta koefisien gesek pun meningkat. Hal-hal ini menyebabkan kapal tidak lagi dapat bergerak pada kecepatan sebelumnya dengan menggunakan sejumlah daya yang sama. Kembali lagi, meskipun kapal berusia melebihi usia

produktif kapal, jika *maintenance* kapal dilakukan dengan baik dan teratur, kapal akan lebih berpotensi untuk berada pada kondisi yang lebih baik.

Opsi penggantian bahan bakar untuk kapal yang dibangun sebelum 1990 secara *cost* memang lebih mahal. Namun karena adanya penambahan nilai denda yang harus dibayarkan akibat jumlah emisi yang melebihi batas, *green shipping* menjadi lebih menarik dan bisa bersaing secara kompetitif dengan kapal konvensional dalam hal *cost* yang timbul. Melalui hasil perhitungan dari kapal-kapal representatif menunjukkan bahwa *green shipping* memang lebih unggul dalam hal profit dibandingkan dengan kapal konvensional.

Selain itu, penerapan *green shipping* sendiri dianggap menguntungkan untuk sebagian besar kapal, terutama kapal yang dibangun setelah 1 Januari 1990 karena mampu menimbulkan *total cost* yang bernilai lebih kecil dibandingkan saat kapal masih konvensional setelah penambahan denda. Penurunan *cost* ini rata-rata 9% dari kondisi kapal konvensional sehingga lebih menguntungkan dalam kacamata perusahaan pelayaran, namun masih dapat memenuhi peraturan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Timor Leste ministry of finance. (2009). *Logistic Capacity Assesment*. Dili: Democratic Republic of Timur Leste.
- Hansen, J. P. (2014). *Reduction of SO₂, NO_x and Particulate Matters from Ships with Diesel Engines*. Copenhagen: Miljøstyrelsen .
- IMO. (2012). Marpol 73/78 Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships.
- Henningsen, R. F. (2000). *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*. Norwegian Marine Technology Research Institute . Trondheim : MARINTEK.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2015). *Register kapal*. BKI.
- Helfre, J.-F. (2013). *Emission Reduction in the Shipping Industry: Regulations, Exposure and Solutions* . Sustainalytics.
- dephub. (2008). Undang-Undang Pelayaran. *Undang-Undang Republik Indonesia*. Kementrian Perhubungan.
- Han, C.-H. (2010). Strategies to Reduce Air Pollution in Shipping Industry. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* , 7-29.
- Corbet, J. &. (1998). *Letter to U.S. EPA Office of International Activities: CO₂ Emissions from International Shipping*. Pittsburg: Carnegie Mellon University.
- Green Ship. (2009). *Green Ship of the Future*. Esbjerg: climaware.
- Kontovas, H. N. (2008). *SHIP EMISSIONS STUDY*. Athens: National Technical University of Athens Laboratory for Maritime Transport.
- Sugiarti. (2009). Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia . *Jurnal Chemica* , 50-58.
- EPA. (2007). *Latest Findings on National Air Quality*. Durham, North Carolina: Research Triangle Park.
- IMO. (2009). *GHG study 2009*. London: IMO.
- world ocean review. (2015). *World Ocean Review*. Retrieved Desember 7, 2015, from World Ocean Review: <http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/litter/>
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2014). *BKI*. Retrieved oktober 29, 2015, from Biro klasifikasi Indonesia: <http://armada.bki.co.id/featapp/pagedetail-42-domestic-ship-register-lang-en.html>

European Marine Equipment Council. (2010). *Greenship Technology Book*. Brussels: European Council .

European Federation for Transport and Environment AISBL. (2016). Retrieved Februari 15, 2016, from <https://www.transportenvironment.org>:
<https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>

Corbet, J. (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *NVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY* .

Perpres. (2012). *Perpres no 29 tahun 2012*.

Planet Hijau. (2010, September 29). *Planet Hijau*. Retrieved June 5, 2016, from [Planethijau.com](http://www.planethijau.com):
<http://www.planethijau.com/mod.php?mod=publisher&op=viewarticle&cid=47&artid=1406>

Chogle, T. (2014, October 8). *Marine Sight*. Retrieved June 4, 2016, from [Marinesight.com](http://www.marineinsight.com):
<http://www.marineinsight.com/tech/different-ways-meet-nox-tier-iii-standards/>

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. (2000). *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*. Trondheim: Roar Frode Henningsen.

EPA. (2007). *Report on the Environment: Science Report*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN VOYAGE CALCULATION

Kategori kapal <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990

- Muatan per satu roundtrip

20 Feet		Gresik	Wini	Dili
Loading	Fullload container	217	33	0
	Empty container	0		180
Unloading	Fullload container	33	13	204
	Empty container	180	0	0

40 Feet		Gresik	Wini	Dili
Loading	Fullload container	13	0	0
	Empty container	0	1	1
Unloading	Fullload container	0	0	13
	Empty container	2	0	0

- Biaya angkut

20 Feet			Destination		
			Gresik	Wini	Dili
Origin	Gresik	Fullload container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED],000.00	Rp[REDACTED],266,750.00
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
	Wini	Fullload container	Rp[REDACTED],000.00		Rp[REDACTED] -
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
	Dili	Fullload container	Rp[REDACTED],266,750.00	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -

40 Feet			Destination		
			Gresik	Wini	Dili
Origin	Gresik	Fullload container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED],000.00	Rp[REDACTED],533,500.00
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
	Wini	Fullload container	Rp[REDACTED],000.00	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
	Dili	Fullload container	Rp[REDACTED],533,500.00	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -
		Empty container	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -	Rp[REDACTED] -

- Tarif Pelabuhan

Jasa Angkutan Kapal Pelindo III			
Jenis Jasa	Tarif Tetap	Tarif Variable	Satuan
Jasa Labuh		Rp[REDACTED]82.00	Per GT/Kunjungan
Jasa Tambat			
Dermaga Beton		Rp[REDACTED]06.00	Per GT/Etmal
Breasting Dolphin		Rp[REDACTED]53.00	Per GT/Etmal
Pinggiran		Rp[REDACTED]27.00	Per GT/Etmal
Jasa Pandu			
Tarif Tetap		Rp[REDACTED]93,750.00	Per Kapal Per Gerakan
Tarif Variabel		Rp[REDACTED]53.00	Per GT Kapal Per Gerakan
Jasa Tunda			
0-3.500 GT	Rp[REDACTED]18,750.00	Rp[REDACTED]12.00	/GT
3.501-7.000 GT	Rp[REDACTED]1,653,750.00	Rp[REDACTED]12.00	/GT
8.001-14.000 GT	Rp[REDACTED]2,450,000.00	Rp[REDACTED]12.00	/GT
14.001 GT keatas	Rp[REDACTED]3,430,000.00	Rp[REDACTED]12.00	/GT

Jasa B/M crane kermaga			
20 feet full		Rp 776,000,000.00	/box
20 feet empty		Rp 774,400,000.00	/box
40 feet full		Rp 779,000,000.00	/box
40 feet empty		Rp 776,600,000.00	/box
crane kapal			
20 feet full		Rp 774,200,000.00	/box
20 feet empty		Rp 773,080,000.00	/box
40 feet full		Rp 776,300,000.00	/box
40 feet empty		Rp 774,620,000.00	/box
Timor-Leste Port of Dili Charges & Rates			
Jenis Jasa	Tarif Tetap	Tarif Variable	Satuan
Berthing Service		Rp 777,777.837.90	Per Entry/GRT
Mooring Service			
Vessels at Quays, Wharves or Piers		Rp 777,777.349.13	per GT/hour
Vessels at Buoy or Ro-Ro Vessels		Rp 777,777.209.48	Per Operation
Vessels at Anchorage, except at Port	Rp 777,777.117.20	Rp 777,777.558.60	Per GT/1 Etmal
Pilotage Service			
using boat		Rp 777,491,250.00	Per Operation
not using boat		Rp 777,675,800.00	Per Operation
Shifting alongside		Rp 777,675,800.00	Per manoeuvre
tug service			
N/A			
Loading/discharge			
20 feet full load		Rp 777,88,775.00	/box
20 feet empty		Rp 777,209,475.00	/box
In excess of 20-foot length full load		Rp 777,1,117,200.00	/box
In excess of 20-foot length empty		Rp 777,558,600.00	/box
Other			
Labour			
fresh water		Rp 777,69,825.00	/m3

• Waktu dipelabuhan

Pelabuhan	Jenis Waktu	Lama Waktu	Satuan
Gresik	Idle time	2	hour
	Waiting time	3	hour
	Approching time	1	hour
Wini	Idle time	0	hour
	Waiting Time	0	hour
	Approching time	3	hour
Dili	Idle time	1	hour
	Waiting Time	48	hour
	Approching time	1	hour

• Biaya Maintenance

GRT	TARIF PENGEDOKAN	PERHARI BERIKUTNYA	ASISTENSI	TUG BOAT	DOCKING
	DOCKING/UNDOCKING	PERHARI BERIKUTNYA	NAIK TURUN DOK	ASISTENSI	REPORT
0-500	Rp 777,5,577,500.00	Rp 777,646,300.00	Rp 777,809,500.00	Rp 777,036,000.00	Rp 777,980,000.00
501-1000	Rp 777,7,147,500.00	Rp 777,775,500.00	Rp 777,520,400.00	Rp 777,289,000.00	Rp 777,980,000.00
1001-1500	Rp 777,7,716,500.00	Rp 777,969,400.00	Rp 777,231,300.00	Rp 777,554,000.00	Rp 777,980,000.00
1501-2500	Rp 777,9,487,500.00	Rp 777,1,227,900.00	Rp 777,942,200.00	Rp 777,175,000.00	Rp 777,980,000.00
2501-3500	Rp 777,12,017,500.00	Rp 777,1,551,000.00	Rp 777,653,000.00	Rp 777,037,500.00	Rp 777,300,000.00
3501-5000	Rp 777,13,725,300.00	Rp 777,1,938,800.00	Rp 777,636,900.00	Rp 777,612,500.00	Rp 777,300,000.00
5000-7000	Rp 777,17,140,800.00	Rp 777,2,585,000.00	Rp 777,074,800.00	Rp 777,187,500.00	Rp 777,300,000.00
7000-9000	Rp 777,21,568,300.00	Rp 777,3,231,300.00	Rp 777,785,700.00	Rp 777,614,000.00	Rp 777,300,000.00
9000-11000	Rp 777,28,272,800.00	Rp 777,4,071,400.00	Rp 777,819,700.00	Rp 777,0,062,500.00	Rp 777,300,000.00
4469	Rp 777,13,725,300.00	Rp 777,5,919,200.00	Rp 777,636,900.00	Rp 777,612,500.00	Rp 777,300,000.00
				Total	Rp 777,95,193,900.00

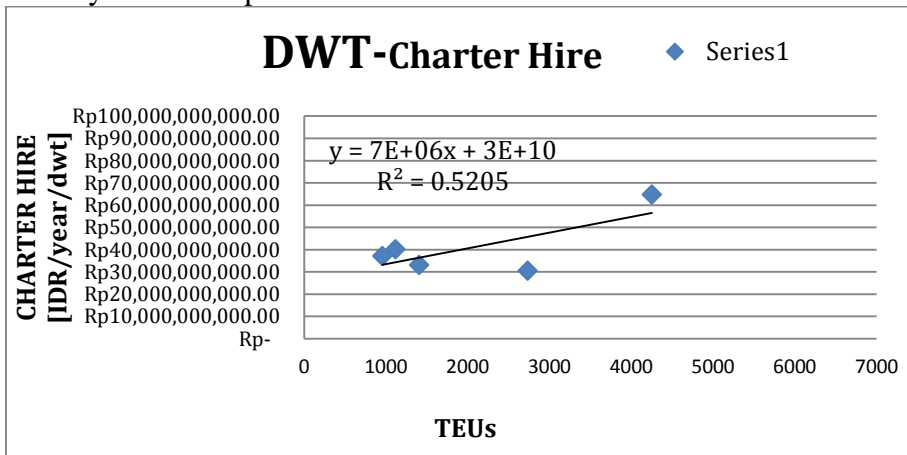
• Jumlah kru kapal

no	Jabatan	Jumlah	Satuan
1	Nahkoda	1	Orang
2	Chief Officer	1	Orang
3	Second Officer	1	Orang
4	Third Officer	1	Orang
5	Radio Officer	0	Orang
6	Boatswain	1	Orang
7	Juru Mudi	3	Orang
8	Sailor	2	Orang
9	Chief Engineer	1	Orang
10	Second Engineer	1	Orang
11	Third Engineer	1	Orang
12	Mandor Mesin	1	Orang
13	Wiper	0	Orang
14	Oiler	3	Orang
15	Koki	1	Orang
16	Pelayan	1	Orang
17	Cadet	5	Orang
Total Kru Kapal		24	Orang

• Asuransi

total insurance	1.5% KTSI
TSI	Rp 242,384,800.00
Harga mesin & Rangka	Rp 136,600,000.00
Biaya Operasional	105784800
Biaya Sewa kapal	0
Total insurance	Rp 3,635,772.00 /tahun

• Biaya Carter kapal



Charter

$$7092815.343 \text{ TEU} \times 26358665498 = 26358665498$$

$$7092815.343 \times 250 = 26358665498$$

$$= \boxed{\text{Rp } 26,358,665,497.77}$$

• Konsumsi Bahan Bakar, Lubricating Oil, dan Air

Ukuran Utama		Perhitungan Froude Number	
Lpp	= 89.95 m	Fn	= $V_s / \sqrt{g \cdot L}$
B	= 18.0 m		= 0.1905
T	= 6.6 m	<i>Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58</i>	
H	= 10.5 m	g	= 9.81 m/s ²
Vs	= 7.0 Knot	syarat Fn	= $0,15 \leq Fn \leq 0,3$
	= 3.6008 m/s	ρ	= 1.025 ton/m ³

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	=	5.00	→	3.5 < L/B < 10	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
B/T	=	2.74	→	1.8 < B/T < 5	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/T	=	13.67	→	10 < L/T < 30	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/16	=	5.62	→	H > L/16	BKI Vol. II Tahun 2006

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

$$C_B = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3 = 0.787 \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-12})$$

Koefisien Luas Midship (Series '60)

$$C_M = 0.977 + 0.085 (C_B - 0.60) = 0.993 \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-12})$$

Koefisien Prismatic

$$C_x = C_m \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-10})$$

$$C_p = C_b / C_x = 0.793$$

Koefisien Bidang Garis Air

$$C_{WP} = C_b / (0.471 + (0.551 * C_b)) = 0.870 \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-16})$$

Panjang Garis Air

$$L_{wl} = 104\% \cdot LPP = 93.55 \text{ m}$$

Longitudinal Center of Bouyancy

a. LCB (%)	=	-13.5 + 19.4 CP	Volume Displasemen	=	Lwl . B . T . Cb
	=	1.88 m		=	8723.34 m ³
b. LCB dari M	=	LCB % / 100 . LPP	Displasemen	=	Lwl . B . T . Cb . p
	=	1.69 m dari M		=	8941.42 ton
c. LCB dari AP	=	0.5 . LPP - LCBM			
	=	45.08 m dari AP			

Koreksi Ukuran Utama

Main Dimension Constraint

L/B	5.00	4,7 > L/B > 7,63	DITERIMA
L/H	8.91	12 > L/H > 15,	DITERIMA
B/H	1.71	,47 > B/H > 2,3	DITERIMA
B/T	2.74	,84 > B/T > 2,9	DITERIMA

Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 1

Ukuran Utama

LPP	=	90.0 m
LWL	=	93.5 m
B	=	18.0 m
H	=	10.5 m
T	=	6.6 m

Koefisien dan Ukuran utama lainnya

CB	=	0.79
CM	=	0.99
CP	=	0.79
C _{WP}	=	0.87
LCB	=	1.88
Fn	=	0.19
Cstern	=	0.00
VS	=	5.66 m/s ²

1. Viscous Resistance

$$R_n = \text{Angka reynolds} = (LWL \cdot Vs) / (1.18831 \times 10^{-6}) = 445,449,422.46$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$C_{F_o} = \text{Koefisien tahanan gesek} = 0,075 / (\log R_n - 2)^2 = 0.001696582$$

2. Resistance Appendages

$$C = 1 + (0.011 \cdot C_{stern})$$

$$= 1$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$L_R/L = (1 - C_p + 0.06 \cdot C_p \cdot LCB) / (4 \cdot C_p - 1)$$

$$= 0.248$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$L_{WL}^3/V = 93.847$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$1+k1 = 0.93 + 0.4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1.0681} \cdot (T/L)^{0.4611} \cdot (L/L_R)^{0.1216} \cdot (L^3/V)^{0.3649} \cdot (1-CP)^{-0.6042}$$

$$= 1.351$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$1 + k2 = \text{lihat di tabel}$$

$$= 1.4$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

Wetted Surface Area (S)

$$A_{BT} = 0.00 \quad ; \text{ tanpa bulb}$$

$$= 0.00 \quad m^2$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$S = \text{Wetted Surface Area}$$

$$= L(2T + B)C_m^{0.5} (0.453 + 0.4425 C_b - 0.2862 C_m - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{wp}) + 2.38 A_{BT}/C_b$$

$$= 2408.90 \quad m^2$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

Wetted Surface Area of Appendages (S_{app})

$$S_{rudder} = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 (1.75 \cdot L \cdot T / 100)$$

$$= 20.72 \quad m^2$$

(BKI Vol. II hal 14-1)

$$S_{bilgekeel} = 4 \cdot (0.6 \cdot CB \cdot LPP) \cdot (0.18 / (CB - 0.2))$$

$$= 52.09$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel}$$

$$= 72.81 \quad m^2$$

$$S_{total} = S + S_{app}$$

$$= 2481.71$$

$$1 + K = 1 + k1 + [1 + k2 - (1 + k1)] \cdot S_{app}/S_{tot}$$

$$= 1.35227096$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

3. Wave Making Resistance

C₁

$$B/LWL = 0.192$$

$$C_d = 0.192 \quad ; \text{ karena } 0.11 < B/LWL \leq 0.25$$

$$T_a = 6.58 \quad m$$

$$T_f = 6.58 \quad m$$

$$i_E = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (T_a - T_f)/T)^3$$

$$= 40.246$$

$$d = -0.9 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_1 = 2223105 C_d^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 6.774$$

$$\begin{aligned}
m_1 &= 1.7301 - 0.7067 \cdot CP \\
C_5 &= \mathbf{1.170} && ; \text{ untuk } CP \leq 0.8 \\
V^{1/3}/L &= 0.220 \\
m_1 &= 0.01404 L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5 \\
&= -2.278 \\
\lambda &= 1.446 C_p - 0.03 L/B && ; L/B < 16 \\
&= 0.991 \\
m_2 &= 93.847 \\
L^3/\nabla &= -1.694 \\
C_6 &= \mathbf{C_6 \cdot 0.4e^{-0.034Fn - 3.29}} \\
m_2 &= 0.000 && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92} \\
C_2 &= 1 && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92} \\
C_2 &= 1 && ; \text{ tanpa bulbous bow} \\
C_3 &= 0 \\
A_T &= 1 - 0.8 A_T/(BTC_M) \\
C_3 &= 1 \\
RW/W &= \mathbf{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 Fn^0.4 + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn - 2))}} \\
RW/W &= 0.00026958 && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92} \\
\mathbf{4. Air Resistance} \\
C_A &= \mathbf{0,006 (LWL + 100)^{-0,16} - 0,00205} \\
C_A &= 0.0005338 && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93} \\
\mathbf{Bouyancy} \\
W &= \mathbf{D \cdot g} \\
&= 87715.34 \\
\mathbf{Total Resistance} \\
R_{total} &= \mathbf{1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + RW/W \cdot W} \\
&= 46661.01 \quad \text{N} \\
&= 46.66 \quad \text{kN} && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93} \\
R_{total} + 15\% R_i &= 53.66 \quad \text{kN}
\end{aligned}$$

(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)

Input Data

L_{WL}	= 93.55	m	
T	= 6.580	m	
C_B	= 0.7873		
R_T	= 53.660	kN	
D	= 2.550	m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
n_{rpm}	= 110	rpm	
n_{rps}	= 1.833	rps	
P/D	= 1.0		; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	= 4	blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	= 0.4		; Expanded Area Ratio

Perhitungan Awal

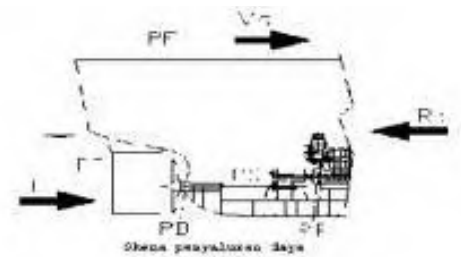
1+k	= 1.352		
CF	= 0.002		
CA	= 0.001		
CV	= $(1+k) C_F + C_A$; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162
	= 0.0028		
w	= $0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163
	= 0.158		
t	= 0.1		; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163
Va	= $V (1 - w)$; Speed of Advantages
	= 3.030		(parametric design hal 11-27)

Effective Horse Power (EHP)

$P_E = R_t \times V_s$
 = 193.219 KW

Thrust Horse Power

THP = $P_E \cdot (1-w) / (1-t)$
 = 180.668582 KW



Propulsive Coefficient Calculation

$$\begin{aligned}\eta_H &= \text{Hull Efficiency} && (\text{parametric design hal 11-29}) \\ &= (1 - t)/(1 - w) \\ &= 1.06946928 \\ \eta_o &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= (J/(2\pi)) \cdot (KT/KQ) && (\text{propeller B-series} = 0.5 - 0.6) \\ &= 0.6 \\ \eta_r &= \text{Rotative Efficiency} && ; \text{Ship Resistance and Propulsion} \\ &= 0.985 && \text{Modul 7 hal. 2} \\ &&& (\text{PNA vol 2 hal 163}) \\ \eta_p &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_o \eta_r && (\text{parametric design hal 11-27}) \\ &= 0.591\end{aligned}$$

Delivered Horse Power

$$\begin{aligned}\text{DHP} &= \text{Delivered Power at Propeller} && (\text{parametric design hal 11-29}) \\ &= PT/\eta_p \\ &= 305.6998 \text{ Kw}\end{aligned}$$

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned}\eta_s &= \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)} \\ &= 0.98 && ; \text{untuk mesin di after} \\ \text{PS} &= \text{Shaft Power} && (\text{parametric design hal 11-29}) \\ &= PD/\eta_s \\ &= 311.9386 \text{ kw}\end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned}\eta_r &= \text{Reduction Gear Efficiency} \\ &= 0.98 \\ \text{PB}_o &= \text{Brake Horse Power (BHP}_o) \\ &= PS/\eta_r \\ &= 318.304664 \text{ Kw}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koreksi MCR} &= 1.5\% \cdot \text{PBO} \\ \text{PB} &= 1.15\% \cdot \text{PBO} = \text{BHP} \\ \text{BHP} &= 366.05 \text{ Kw} \\ &= \text{BHP} \cdot 1.3596 \text{ HP} \\ &= 497.68 \text{ HP}\end{aligned}$$

MCR Mesin

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= 366.05 \text{ KW} \\ &= 497.68 \text{ HP}\end{aligned}$$

Mesin

$$\begin{aligned}\text{Merk} &= \text{Akasaka A38} \\ \text{SFOC} &= 8.54327\text{E-}05\end{aligned}$$

Konsumsi Fuel Oil

$$\begin{aligned}&= 0.03127266 \text{ ton/h} \\ &= 31.5567 \text{ liter/h}\end{aligned}$$

Konsumsi Fresh Water

$$= 6512.73123 \text{ ton/h}$$

MCR Mesin

BHP = 91.51 KW
 = 124.42 HP

Mesin

Merk = Yanmar S165L-T (2X1500)
 SFOC = 0.00032667 ton/KWh

Konsumsi Fuel Oil

= 0.02989469 ton/h
 = 30.1662 liter/h

Konsumsi Fresh Water

= 62567.7729 ton/h

- Voyage Calculation

(Gresik-Dili)

Kecepatan (Vs) = 7 knot
 Jarak (D-D) = 780 nmil
 Sea time = $\frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}}$
 = 111.4285714 jam

Port time = Port time Gresik - Port time Dili
 Waktu Muat (G) = 5.897435897 jam
 WT, IT, AT (Dili) = 50 jam
 Waktu Bongkar (D) = 21.7 jam
 = waktu muat (G) Gresik - (waiting time + idle time + approaching time) Dili - Waktu Bongkar (D)
 = 77.5974359 hour

Waktu Satu Trip = sea time + port time
 = 189.0260073 jam
 = 7.876083639 day

FO Consumption ME

FO ton (hour) = 0.03127266 ton/hour
 FO ton (day) = FO consumption (hour) * 24
 = 0.750543849 ton/day
 FO ton (year) = FO consumption (day) * Commission days
 = 247.6794701 ton/year
 FO W = sea time * FO consumption (hour) * (1+10%)
 = 3.833134656 ton
 FO Tank = FO W / 0.95 + (2% * FO W) / 0.95 + (2% * FO W) / 0.95
 = 4.196273728 ton

AE

DO ton (hour) = 0.029894686 ton/hour
 DO ton (day) = DO consumption (hour) * 24
 = 0.717472458 ton/day
 DO ton (year) = DO consumption (day) * Commission days
 = 236.7659112 ton/year
 CDO = 0.15
 DO Saat Berlayar = sea time * DO consumption (hour) * (1+10%) * CDO
 = 0.549635151 ton
 DO Saat di Pelabuhan = DO consumption (hour) * (port time) * (1+10%) * CDO
 = 0.382758909 ton
 DO W = DO Saat Berlayar + DO Saat di Pelabuhan
 = 0.93239406
 DO Tank = DO W / 0.85 + (2% * DO W) / 0.85 + (2% * DO W) / 0.85
 = 1.140811555 ton

LO Consumption**LO**

LO _{ton} (hour) =	0.000183025 ton/hour
LO _{ton} (day) =	LO _{consumption} (hour) * 24
=	0.004392604 ton/day
LO _{ton} (year) =	LO _{consumption} (day) * Commission _{days}
=	1.449559441 ton/year
LO _W =	sea _{time} * LO _{consumption} (hour) * 1.10
=	0.022433658 ton
LO _{Tank} =	LO _W / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9
=	0.025923338 ton

Fresh Water & Crew Consumption

CW1 =	220 kg
CW2 =	5 kg
ZC =	24 orang
Wftot =	(CW1 * (sea _{time}) * ZC * (1/24) / 1000) + (CW2 * daya _{mesin}) / 1000
=	26.3445375 ton
FW _{Tank} =	Wftot / 1 + (2% * Wftot) / 1 + (2% * Wftot) / 1
=	27.398319 ton

Consumption =	5 kg/kru
Storage =	consumption(kg/kru) * ZC * (sea _{time}) * (1/24) / 1000
	0.55714286 ton

Biaya-Biaya

Charter _{Kapal} =	Rp 26,358,665,497.77 /tahun
Charter _{Kapal} =	Rp 69,594,992.39 /trip
FO _{Price} =	Rp 5,481,262.50 /ton
DO _{Price} =	Rp 8,588,475.00 /ton
LO _{Price} =	Rp 1,895,000.00 /ton
FW _{Price} =	Rp 20,000.00 /ton
Storage _{Price} =	Rp 3,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FO _{Cost} =	FO _{Tank} * FO _{Price}
=	Rp 23,000,877.83 /trip
DO _{Cost} =	DO _{Tank} * DO _{Price}
=	Rp 9,797,831.52 /trip
FW _{Cost} =	FW _{Tank} * LO _{Price}
=	Rp 547,966.38 /trip
Storage _{Cost} =	Consumption _(ton) * Storage _{Price}
=	Rp 2,780,500.00 /trip
Total _{VC} =	FO _{Cost} + DO _{Cost} + FW _{Cost} + Storage _{Cost}
=	Rp 31,127,175.73

Operating Cost

LO _{Cost} =	LO _{Tank} * LO _{Price}
=	Rp 1,086,058.25 /trip
Asuransi =	(jarak _{origin} ke _{destination} / total _{jarak}) * Biaya _{Asuransi} (tahun) / frekuensi
=	Rp 26,848.91
Gaji _{Kru} =	(Total _{gaji} kru(sebulan) / 30) * waktu _{per} satu _{trip} (hari)
=	Rp 5,168,812.88 /trip
Maintenance =	(jarak _{origin} ke _{destination} / total _{jarak}) * Biaya _{Maintenance} (tahun) / frekuensi
=	Rp 2,057,083.23 /trip
Administrasi =	Rp 50,000.00 /trip
Over _{Head} Cost =	10% * (LO _{Cost} + Asuransi + Gaji _{Kru} + Maintenance + Administrasi)
=	Rp 2,908,880.33 /trip
Total _{OC} =	LO _{Cost} + Asuransi + Gaji _{Kru} + Maintenance + Administrasi + Over _{Head} Cost
=	Rp 11,997,683.59 /trip

Port Charge**Gresik (Pelabuhan Pemuatan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah TEU / M jasa B / M per TEU) + (Jumlah FEU / M jasa B / M per FEU)
	=	Rp 41,900,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 41,900,000.00

Port Charge**Dili (Pelabuhan Tujuan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp 3,744,575.10 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp 2,409,585.00 /trip
Pandu	=	Tarif jasa pandu (dengan atau tanpa kapal pandu) * jumlah operasi * Tarif shifting * jumlah manuver
	=	Rp 5,518,650.00 /trip
Tunda	=	
	=	0 /trip
Biaya B / M	=	(Jumlah TEU / M jasa B / M per TEU) + (Jumlah FEU / M jasa B / M per FEU)
	=	114233700 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 88,906,510.10

Total Biaya DP = Total Voyage Cost + Total Operating Cost

= Rp 3,124,859.32

Total Biaya = Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + charter kapal
Rp 73,526,361.81

Pendapatan**Gresik-Dili**

Muat		
Full (TEU)	=	Rp 7,706,417,000.00 TEUs
Empty (TEU)	=	0 TEUs
Full (FEU)	=	Rp 44,935,500.00 FEUs
Empty (FEU)	=	0 FEUs
Total Pendapatan	=	Total Pendapatan pelabuhan asal + Total Pendapatan pelabuhan tujuan
	=	Rp 7,051,352,500.00

(Dili-Wini)

Kecepatan (Vs)	=	7 knot
Jarak O-D	=	89.7 nmil
Sea time	=	jarak / kecepatan
	=	12.81428571 jam

Port time	=	Port time Gresik + Port time Dili
Waktu Muat D	=	18.1 jam
WT, IT, AT Wini	=	3 jam
Waktu Bongkar W	=	1.3 jam
	=	
	=	22.4 hour

Waktu satu trip	=	sea time + port time
	=	35.21428571 jam
	=	1.467261905 day

FO Consumption**ME**

FO _{hour}	=	0.03127266 ton/hour
FO _{day}	=	FO _{hour} * 24
	=	0.750543849 ton/day
FO _{year}	=	FO _{day} * commission days
	=	247.6794701 ton/year
FO _W	=	sea _{time} * FO _{hour} * (1+10%)
	=	0.440810485 ton
FO _{Tank}	=	FO _W / 0.95 + (2% * FO _W) / 0.95 + (2% * FO _W) / 0.95
	=	0.482571479 ton

AE

DO _{hour}	=	0.029894686 ton/hour
DO _{day}	=	DO _{hour} * 24
	=	0.717472458 ton/day
DO _{year}	=	DO _{day} * commission days
	=	236.7659112 ton/year
CDO	=	0.15
DO _{saat berlayar}	=	sea _{time} * DO _{hour} * (1+10%) * CDO
	=	0.063208042 ton
DO _{saat di Pelabuhan}	=	DO _{hour} * (port _{time}) * (1+10%) * CDO
DO	=	0.110490759 ton
DO _W	=	DO _{saat berlayar} + DO _{saat di Pelabuhan}
	=	0.173698801
DO _{Tank}	=	DO _W / 0.85 + (2% * DO _W) / 0.85 + (2% * DO _W) / 0.85
	=	0.212525592 ton

LO Consumption**LO**

LO _{hour}	=	0.000183025 ton/hour
LO _{day}	=	LO _{hour} * 24
	=	0.004392604 ton/day
LO _{year}	=	LO _{day} * commission days
	=	1.449559441 ton/year
LO _W	=	sea _{time} * LO _{hour} * (1+10%)
	=	0.002579871 ton
LO _{Tank}	=	LO _W / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9
	=	0.002981184 ton

Fresh Water & Crew Consumption

CW1	=	220 kg
CW2	=	5 kg
ZC	=	24 orang
Wftot	=	(CW1 * (sea _{time}) * ZC * (1/24) / 1000) + (CW2 * daya _{mesin}) / 1000
	=	4.64939468 ton
FW _{Tank}	=	Wftot / 1 + (2% * Wftot) / 1 + (2% * Wftot) / 1
	=	4.83537046 ton

Consumption =

5 kg/kru

Storage =

$$\text{consumption}(\text{kg/kru}) * \text{ZC} * (\text{sea}_{\text{time}}) * (1/24) / 1000$$

0.06407143 ton

Biaya-Biaya

Charter _{Kapal}	=	Rp 26,358,665,497.77 /tahun
Charter _{Kapal}	=	Rp 5,503,424.12 /trip
FO _{Price}	=	Rp 481,262.50 /ton
DO _{Price}	=	Rp 588,475.00 /ton
LO _{Price}	=	Rp 1,895,000.00 /ton
FW _{Price}	=	Rp 20,000.00 /ton
Storage _{Price}	=	Rp 3,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FO Cost	=	FO Tank Fee Price
	=	Rp 2,645,100.95 /trip
DO Cost	=	DO Tank Fee Price
	=	Rp 1,825,270.73 /trip
FW Cost	=	FW Tank Fee Price
	=	Rp 96,707.41 /trip
Storage Cost	=	Consumption (ton) Storage Price
	=	Rp 894,757.50 /trip
Total VC	=	FO Cost + DO Cost + FW Cost + Storage Cost
	=	Rp 5,461,836.59

Operating Cost

LO Cost	=	LO Tank Fee Price
	=	Rp 24,896.70 /trip
Asuransi	=	(jarak origin ke destination / total jarak) * Biaya Asuransi (tahun) / frekuensi
	=	Rp 3,587.62
Gaji Kru	=	(Total gaji kru (sebulan) / 30) * waktu per satu trip (hari)
	=	Rp 688,782.14 /trip
Maintenance	=	(jarak origin ke destination / total jarak) * Biaya Maintenance (tahun) / frekuensi
	=	Rp 236,564.57 /trip
Administrasi	=	Rp 50,000.00 /trip
Overhead Cost	=	10% LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi
	=	Rp 18,383.10 /trip
Total OC	=	LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi + Overhead Cost
	=	Rp 702,214.14 /trip

Port Charge**Dili (Pelabuhan Pemuatan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	Tarif jasa pandu (dengan atau tanpa kapal pandu) * jumlah operasi * tarif shifting * jumlah manuver
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah EUB / M jasa B / M per EU) + (Jumlah EUB / M jasa B / M per EU)
	=	Rp 8,264,100.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 8,264,100.00 Rp

Port Charge**Wini (Pelabuhan Tujuan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp 66,458.00 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp 2,368,570.00 /trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	Rp 1,591,821.00 /trip
Tunda	=	Rp 1,707,378.00 /trip
Biaya Bongkar	=	(Jumlah EUB / M jasa B / M per EU) + (Jumlah EUB / M jasa B / M per EU)
	=	Rp 7,800,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 3,834,227.00 Rp

Total Biaya DP = Total Voyage Cost + Total Operating Cost

= Rp 11,164,050.73

Total Biaya = Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
 = Rp 28,765,801.86 Rp

Pendapatan

Dili-Wini

Muat		
Full (TEU)	=	Rp 8,000,000.00 TEUs
Empty (TEU)	=	0 TEUs
Full (FEU)	=	Rp - FEUs
Empty (FEU)	=	0 FEUs
Total Pendapatan	=	Total Pendapatan Pelabuhan Asal - Total Pendapatan Pelabuhan Tujuan
	=	Rp 8,000,000.00

(Wini-Gresik)

Kecepatan (Vs)	=	7 knot
Jarak O-D	=	771 nmil
Sea time	=	$\frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}}$
	=	110.1428571 jam
Port time	=	$\text{Port time Gresik} + \text{Port time Dili}$
Waktu Muat/W	=	3.4 jam
WT,IT,AT Gresik	=	6 jam
Waktu Bongkar/G	=	5.512820513 jam
	=	$\text{waktu muat Gresik} + (\text{waiting time} + \text{idle time} + \text{approching time}) \text{ Dili} + \text{Waktu Bongkar Dili}$
	=	14.91282051 hour
Waktu Satu Trip	=	$\text{sea time} + \text{port time}$
	=	125.0556777 jam
	=	5.210653236 day

FO Consumption

ME

FO (ton/hour)	=	0.03127266 ton/hour
FO (ton/day)	=	$\text{FO consumption (hour)} \times 24$
	=	0.750543849 ton/day
FO (ton/year)	=	$\text{FO consumption (day)} \times \text{commission days}$
	=	247.6794701 ton/year
FO/W	=	$\text{sea time} \times \text{FO consumption (hour)} \times (1+10\%)$
	=	3.788906179 ton
FO/Tank	=	$\text{FO/W} / 0.95 + (2\% \times \text{FO/W}) / 0.95 + (2\% \times \text{FO/W}) / 0.95$
	=	4.147855185 ton

AE

DO (ton/hour)	=	0.029894686 ton/hour
DO (ton/day)	=	$\text{DO consumption (hour)} \times 24$
	=	0.717472458 ton/day
DO (ton/year)	=	$\text{DO consumption (day)} \times \text{commission days}$
	=	236.7659112 ton/year
CDO	=	0.15
DO Saat Berlayar	=	$\text{sea time} \times \text{DO consumption (hour)} \times (1+10\%) \times \text{CDO}$
	=	0.543293207 ton
DO Saat di Pelabuhan		
DO	=	$\text{DO consumption (hour)} \times (\text{port time}) \times (1+10\%) \times \text{CDO}$
	=	0.073559324 ton
DO/W	=	$\text{DO Saat Berlayar} + \text{DO Saat di Pelabuhan}$
	=	0.616852531
DO/Tank	=	$\text{DO/W} / 0.85 + (2\% \times \text{DO/W}) / 0.85 + (2\% \times \text{DO/W}) / 0.85$
	=	0.754737214 ton

LO Consumption**LO**

LO _{ton} (hour) =	0.000183025 ton/hour
LO _{ton} (day) =	LO _{consumption} (hour) * 24
=	0.004392604 ton/day
LO _{ton} (year) =	LO _{consumption} (day) * CommissionDays
=	1.449559441 ton/year
LO _W =	seaTime * LO _{consumption} (hour) * (1+10%)
=	0.022174808 ton
LO _{Tank} =	LO _W /0.9+(2%*LO _W)/0.9+(2%*LO _W)/0.9
=	0.025624223 ton

Fresh Water & Crew Consumption

CW1 =	220 kg
CW2 =	5 kg
ZC =	24 orang
Wftot =	(CW1*(seaTime)*ZC*(1/24)/1000)+(CW2*dayMesin)/1000
=	26.0616804 ton
FW _{Tank} =	Wftot/1+(2%*Wftot)/1+(2%*Wftot)/1
=	27.1041476 ton

Consumption =	5 kg/kru
Storage =	consumption(kg/kru)*ZC*(seaTime)*(1/24)/1000
	0.55071429 ton

Biaya-Biaya

CharterKapal =	Rp26,358,665,497.77 /tahun
CharterKapal =	Rp77777763,022,742.48 /trip
FO _{Price} =	Rp77777775,481,262.50 /ton
DO _{Price} =	Rp77777775,588,475.00 /ton
LO _{Price} =	Rp77777771,895,000.00 /ton
FW _{Price} =	Rp777777720,000.00 /ton
Storage _{Price} =	Rp77777773,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FO _{Cost} =	FO _{Tank} * FO _{Price}
=	Rp7777772,735,483.08 /trip
DO _{Cost} =	DO _{Tank} * DO _{Price}
=	Rp7777776,482,041.69 /trip
FW _{Cost} =	FW _{Tank} * LO _{Price}
=	Rp7777777542,082.95 /trip
Storage _{Cost} =	Consumption(ton) * Storage _{Price}
=	Rp7777777,690,725.00 /trip
TotalVC =	FO _{Cost} + DO _{Cost} + FW _{Cost} + Storage _{Cost}
=	Rp77777777,450,332.73

Operating Cost

LO _{Cost} =	LO _{Tank} * LO _{Price}
=	Rp7777771,073,526.81 /trip
Asuransi =	(jarakOriginKeDestination/totalJarak)*BiayaAsuransi(tahun)/frekuensi
=	Rp77777718,462.19
GajiKru =	(TotalGajiKru(sebulan)/30)*waktuPerSatuTrip(hari)
=	Rp7777776,651,163.48 /trip
Maintenance =	(jarakOriginKeDestination/totalJarak)*BiayaMaintenance(tahun)/frekuensi
=	Rp7777772,033,347.65 /trip
Administrasi =	Rp77777750,000.00 /trip
OverHeadCost =	10% * (LO _{Cost} + Asuransi + GajiKru + Maintenance + Administrasi)
=	Rp7777772,052,650.01 /trip
TotalOC =	LO _{Cost} + Asuransi + GajiKru + Maintenance + Administrasi + OverHeadCost
=	Rp77777722,579,150.15 /trip

Port Charge**Wini (Pelabuhan Pemuatan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah TEU / M jasa B / M (per TEU)) + (Jumlah FEU / M jasa B / M (per FEU))
	=	Rp 20,460,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 20,460,000.00 Rp

Port Charge**Gresik (Pelabuhan Tujuan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp 366,458.00 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp 5,684,568.00 /trip
Pandu	=	Tarif jasa pandu (dengan atau tanpa kapal pandu) * jumlah operasi * Tarif shifting * jumlah manuver
	=	Rp 1,591,821.00 /trip
Tunda	=	Tarif tetap tunda + Tarif variabel tunda * GT
	=	Rp 1,707,378.00 /trip
Biaya Bongkar	=	(Jumlah TEU / M jasa B / M (per TEU)) + (Jumlah FEU / M jasa B / M (per FEU))
	=	Rp 20,320,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 9,670,225.00 Rp

Total Biaya DP = Total Voyage Cost + Total Operating Cost

= Rp 60,029,482.88

Total Biaya = Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
= Rp 53,182,450.35 Rp

Pendapatan**Wini-Gresik**

Muat		
Full (TEU)	=	Rp 98,000,000.00 TEUs
Empty (TEU)	=	0 TEUs
Full (FEU)	=	Rp - FEUs
Empty (FEU)	=	0 FEUs
Total Pendapatan	=	Total Pendapatan Pelabuhan Asal + Total Pendapatan Pelabuhan Tujuan
	=	Rp 98,000,000.00

Kategori kapal <500 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013

- Muatan per satu roundtrip

20 Feet		Surabaya	Belawan
Loading	Full load container	332	294
	Empty container	0	33
Unloading	Full load container	33	332
	Empty container	294	0

40 Feet		Surabaya	Belawan
Loading	Full load container	13	2
	Empty container	0	0
Unloading	Full load container	0	13
	Empty container	2	0

- Biaya angkut

20 Feet			Destination	
			Surabaya	Belawan
Origin	Surabaya	Full load container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,500,000.00
		Empty container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,000,000.00 -
	Belawan	Full load container	Rp. 0,500,000.00	
		Empty container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,000,000.00 -

40 Feet			Destination	
			Surabaya	Pantoloan
Origin	Surabaya	Full load container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,000,000.00
		Empty container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,000,000.00 -
	Belawan	Full load container	Rp. 0,000,000.00	Rp. 0,000,000.00 -
		Empty container	Rp. 0,000,000.00 -	Rp. 0,000,000.00 -

- Tarif Pelabuhan

Jasa Angkutan Kapal Pelindo III			
Jenis Jasa	Tarif Tetap	Tarif Variable	Satuan
Jasa Labuh		Rp. 0,000,000.00	Per GT/Kunjungan
Jasa Tambat			
Dermaga Beton		Rp. 0,000,000.00	Per GT/Etmal
Breasting Dolphin		Rp. 0,000,000.00	Per GT/Etmal
Pinggiran		Rp. 0,000,000.00	Per GT/Etmal
Jasa Pandu			
Tarif Tetap		Rp. 0,000,000.00	Per Kapal Per Gerakan
Tarif Variable		Rp. 0,000,000.00	Per GT Kapal Per Gerakan
Jasa Tunda			
0-3.500 GT	Rp. 0,000,000.00	Rp. 0,000,000.00	/GT
3.501-7.000 GT	Rp. 1,653,750.00	Rp. 0,000,000.00	/GT
8.001-14.000 GT	Rp. 2,450,000.00	Rp. 0,000,000.00	/GT
14.001 GT keatas	Rp. 3,430,000.00	Rp. 0,000,000.00	/GT

Jasa B/M crane Dermaga			
20 feet full		Rp 77600,000.00	/box
20 feet empty		Rp 77440,000.00	/box
40 feet full		Rp 77900,000.00	/box
40 feet empty		Rp 77660,000.00	/box
crane kapal			
20 feet full		Rp 77420,000.00	/box
20 feet empty		Rp 77308,000.00	/box
40 feet full		Rp 77630,000.00	/box
40 feet empty		Rp 77462,000.00	/box
Jasa Angkutan Kapal Pelindo II			
Jenis Jasa	Tarif Tetap	Tarif Variable	Satuan
Jasa Labuh		Rp 77782.00	Per GT/Kunjungan
Jasa Tambat			
Dermaga Beton		Rp 777106.00	Per GT/Etmal
Breasting Dolphin		Rp 77753.00	Per GT/Etmal
Pinggiran		Rp 77727.00	Per GT/Etmal
Jasa Pandu			
Tarif Tetap		Rp 77293,750.00	Per Kapal Per Gerakan
Tarif Variabel		Rp 77753.00	Per GT Kapal Per Gerakan
Jasa Tunda			
0 B.500 GT	Rp 7718,750.00	Rp 7772.00	/GT
3.501 B.8.000 GT	Rp 771,653,750.00	Rp 7772.00	/GT
8.001 B.14.000 GT	Rp 772,450,000.00	Rp 7772.00	/GT
14.001 GT keatas	Rp 773,430,000.00	Rp 7772.00	/GT
18001-26000 GT	Rp 772,850,000.00	Rp 77757.00	/GT/jam
26001-40000 GT	Rp 772,850,000.00	Rp 77757.00	/GT/jam
40001-75000 GT	Rp 772,850,000.00	Rp 77757.00	/GT/jam
75000-dst	Rp 773,847,500.00	Rp 77757.00	/GT/jam
Jasa B/M crane Dermaga			
20 feet full		Rp 77600,000.00	/box
20 feet empty		Rp 77440,000.00	/box
40 feet full		Rp 77900,000.00	/box
40 feet empty		Rp 77660,000.00	/box
crane kapal			
20 feet full		Rp 77420,000.00	/box
20 feet empty		Rp 77308,000.00	/box
40 feet full		Rp 77630,000.00	/box
40 feet empty		Rp 77462,000.00	/box
Other			
Labour fresh water		Rp 7727,000.00	/m3

• Waktu dipelabuhan

Pelabuhan	Jenis waktu	Lama Waktu	Satuan
Surabaya	Idle time	2	hour
	Waiting time	3	hour
	Approching time	1	hour
Banjarmasin	Idle time	1	hour
	Waiting time	3	hour
	Approching time	1	hour

- Biaya Maintenance

Biaya Maintenance

GRT	TARIF PENGEDOKAN DOCKING/UNDOCKING	PERHARI BERIKUTNYA	ASISTENSI NAIK TURUN DOK	TUGAS BOAT ASISTENSI	DOCKING REPORT
0-500	Rp 5,577,500.00	Rp 546,300.00	Rp 809,500.00	Rp 1,036,000.00	Rp 1,980,000.00
501-1000	Rp 7,147,500.00	Rp 775,500.00	Rp 1,520,400.00	Rp 1,289,000.00	Rp 1,980,000.00
1001-1500	Rp 7,716,500.00	Rp 969,400.00	Rp 1,231,300.00	Rp 1,554,000.00	Rp 1,980,000.00
1501-2500	Rp 9,487,500.00	Rp 1,227,900.00	Rp 1,942,200.00	Rp 1,175,000.00	Rp 1,980,000.00
2501-3500	Rp 12,017,500.00	Rp 1,551,000.00	Rp 1,653,000.00	Rp 1,037,500.00	Rp 1,300,000.00
3501-5000	Rp 13,725,300.00	Rp 1,938,800.00	Rp 1,636,900.00	Rp 1,612,500.00	Rp 1,300,000.00
5000-7000	Rp 17,140,800.00	Rp 2,585,000.00	Rp 1,074,800.00	Rp 1,187,500.00	Rp 1,300,000.00
7000-9000	Rp 21,568,300.00	Rp 3,231,300.00	Rp 1,785,700.00	Rp 1,614,000.00	Rp 1,300,000.00
9000-11000	Rp 28,272,800.00	Rp 4,071,400.00	Rp 1,819,700.00	Rp 1,062,500.00	Rp 1,300,000.00
3668	Rp 13,725,300.00	Rp 1,938,800.00	Rp 1,636,900.00	Rp 1,612,500.00	Rp 1,300,000.00
Total					Rp 95,193,900.00

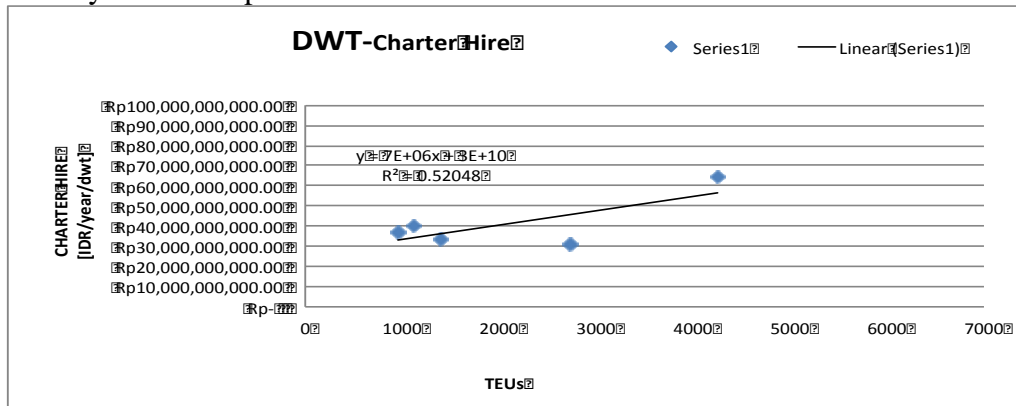
- Jumlah kru kapal

no	Jabatan	Jumlah	Satuan
1	Nahkoda	1	Orang
2	Chief Officer	1	Orang
3	Second Officer	1	Orang
4	Third Officer	1	Orang
5	Radio Officer	0	Orang
6	Boatswain	1	Orang
7	Juru Mudi	3	Orang
8	Sailor	1	Orang
9	Chief Engineer	1	Orang
10	Second Engineer	1	Orang
11	Third Engineer	1	Orang
12	Mandor Mesin	1	Orang
13	Wiper	0	Orang
14	Oiler	3	Orang
15	Koki	1	Orang
16	Pelayan	1	Orang
17	Cadet	2	Orang
Total Kru Kapal		20	Orang

- Asuransi

total insurance	1.5% KTSI
TSI	Rp 1,944,506,400.00
Harga mesin Rangka	Rp 1,838,721,600.00
Biaya Operasional	105784800
Biaya Sewa kapal	0
Total insurance	Rp 29,167,596.00 /tahun

- Biaya Carter kapal



Charter

$$7092815.343 \text{ TEU} \times 368 = 26358665498$$

$$7092815.343 \text{ Rpl} = 26358665498$$

$$= \boxed{\text{Rp}26,358,665,497.77}$$

● **Konsumsi Bahan Bakar, Lubricating Oil, dan Air**

Ukuran Utama

Lpp	=	99.11 m
B	=	20.6 m
T	=	4.2 m
H	=	5.8 m
Vs	=	10.5 Knot
	=	5.4012 m/s

Perhitungan Froude Number

Fn	=	$Vs / \sqrt{(g \cdot L)}$
	=	0.2227
<i>Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58</i>		
g	=	9.81 m/s ²
syarat Fn	=	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3
ρ	=	1.025 ton/m ³

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	=	4.81 →	3.5 < L/B < 10	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
B/T	=	4.89 →	1.8 < B/T < 5	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/T	=	23.54 →	10 < L/T < 30	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/16	=	6.19 →	H > L/16	BKI Vol. II Tahun 2006

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

$$C_B = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$$

$$= 0.706$$

(Parametric Ship Design hal. 11-12)

Koefisien Luas Midship (Series '60)

$$C_M = 0.977 + 0.085 (C_B - 0.60)$$

$$= 0.986$$

(Parametric Ship Design hal. 11-12)

Koefisien Prismatic

$$C_x = C_m$$

$$C_p = C_b / C_x$$

$$= 0.716$$

(Parametric Ship Design hal. 11-10)

Koefisien Bidang Garis Air

$$C_{WP} = C_b / (0.471 + (0.551 * C_b))$$

$$= 0.821$$

(Parametric Ship Design hal. 11-16)

Panjang Garis Air

$$L_{WL} = 104\% \cdot LPP$$

$$= 103.07 \text{ m}$$

Longitudinal Center of Bouyancy

a. LCB (%)	=	$-13.5 + 19.4 CP$	Volume Displasemen	=	$Lwl \cdot B \cdot T \cdot Cb$
	=	0.39 m		=	6313.04 m ³
b. LCB dari M	=	$LCB \% / 100 \cdot LPP$	Displasemen	=	$Lwl \cdot B \cdot T \cdot Cb \cdot \rho$
	=	0.39 m dari M		=	6470.87 ton
c. LCB dari AP	=	$0.5 \cdot LPP - LCBM$			
	=	51.15 m dari AP			

Koreksi Ukuran Utama

Main Dimension Constraint

L/B	4.81	4,7 > L/B > 7,63	DITERIMA
L/H	17.77	12 > L/H > 15,4	DITERIMA
B/H	3.55	,47 > B/H > 2,3	DITERIMA
B/T	4.89	,84 > B/T > 2,9	DITERIMA

Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 1

Ukuran Utama

LPP	=	99.1 m
LWL	=	103.1 m
B	=	20.6 m
H	=	5.8 m
T	=	4.2 m

Koefisien dan Ukuran utama lainnya

CB	=	0.71
CM	=	0.99
CP	=	0.72
C _{WP}	=	0.82
LCB	=	0.39
Fn	=	0.22
C _{stern}	=	0.00
VS	=	6.94 m/s ²

1. Viscous Resistance

$$\begin{aligned}
 R_n &= \text{Angka reynolds} \\
 &= (LWL \cdot V_s) / (1.18831 \times 10^{-6}) \\
 &= 602,359,538.64
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 C_{F_o} &= \text{Koefisien tahanan gesek} \\
 &= 0,075 / (\log R_n - 2)^2 \\
 &= 0.001631625
 \end{aligned}$$

2. Resistance Appendages

$$\begin{aligned}
 C &= 1 + (0.011 \cdot C_{stern}) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= (1 - C_p + 0,06 \cdot C_p \cdot LCB) / (4 \cdot C_p - 1) \\
 &= 0.293
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$L_{WL}^3/V = 173.466$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 1+k_1 &= 0,93 + 0,4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} \cdot (L^3/V)^{0,3649} (1-CP)^{-0,6042} \\
 &= 1.276
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 1+k_2 &= \text{lihat di tabel} \\
 &= 1.4
 \end{aligned}$$

*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92***Wetted Surface Area (S)**

$$\begin{aligned}
 A_{BT} &= 0.00 \quad ; \text{ tanpa bulb} \\
 &= 0.00 \quad m^2
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$\begin{aligned}
 S &= \text{Wetted Surface Area} \\
 &= L(2T + B)C_m^{0.5} (0.453 + 0.4425 C_b - 0.2862C_m - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{wp}) + 2.38 A_{BT}/C_b \\
 &= 2286.50 \quad m^2
 \end{aligned}$$

*Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91***Wetted Surface Area of Appendages (S_{app})**

$$\begin{aligned}
 \text{Srudder} &= c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 (1.75 \cdot L \cdot T / 100) \\
 &= 14.60 \quad m^2
 \end{aligned}$$

(BKI Vol. II hal 14-1)

$$\begin{aligned}
 \text{Sbilgekeel} &= 4 \cdot (0.6 \cdot CB \cdot LPP) \cdot (0.18 / (CB - 0.2)) \\
 &= 59.73
 \end{aligned}$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel} = 74.34 \text{ m}^2$$

$$S_{total} = S + S_{app} = 2360.83$$

$$1 + K = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \cdot S_{app}/S_{tot} = 1.27969657$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

3. Wave Making Resistance

$$C_1 = B/LWL = 0.200$$

$$C_4 = 0.200 \quad ; \text{karena } 0.11 < B/LWL \leq 0.25$$

$$T_a = 4.21 \text{ m}$$

$$T_f = 4.21 \text{ m}$$

$$i_E = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (T_a - T_f)/T)^3 = 29.042$$

$$d = -0.9 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757} = 3.157$$

$$m_1 = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_p = 1.224 \quad ; \text{untuk } C_p \leq 0.8$$

$$V^{1/3}/L = 0.179$$

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5 = -2.152$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B = 0.886 \quad ; L/B < 16$$

$$m_2 = L^3/\nabla = 173.466$$

$$C_6 = -1.694$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n - 3.29} = -0.006 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_2 = 1 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_2 = 1 \quad ; \text{tanpa bulbous bow}$$

$$C_3 = 0$$

$$A_T = 1 - 0.8 A_T/(BTC_M) = 1$$

$$RW/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda \cdot F_n - 2))} = 0.00076909 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

4. Air Resistance

$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{-0.16} - 0.00205 = 0.0005140 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93}$$

$$\text{Bouyancy } W = D \cdot g = 63479.20$$

Total Resistance

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{\text{tot}} [C_F(1+k) + C_A] + RW/W \cdot W$$

$$= 91893.28 \quad \text{N}$$

$$= 91.89 \quad \text{kN}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$R_{\text{total}} + 15\% R_i = 105.68 \quad \text{kN}$$

(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)

Input Data

L_{WL}	= 103.07	m	
T	= 4.210	m	
C_B	= 0.7062		
R_T	= 105.677	kN	
D	= 2.550	m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
n_{rpm}	= 110	rpm	
n_{rps}	= 1.833	rps	
P/D	= 1.0		; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	= 4	blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	= 0.4		; Expanded Area Ratio

Perhitungan Awal

$$1+k = 1.280$$

$$CF = 0.002$$

$$CA = 0.001$$

$$CV = (1+k) C_F + C_A = 0.0026$$

; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162

$$w = 0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1 = 0.130$$

; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163

$$t = 0.1$$

; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163

$$V_a = V(1-w) = 4.698$$

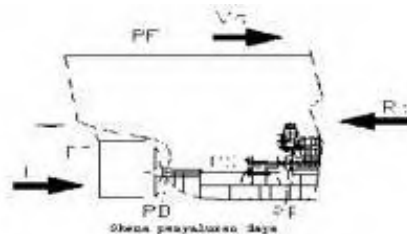
*; Speed of Advantages
(parametric design hal 11-27)*

Effective Horse Power (EHP)

$$P_E = R_t \times V_s = 570.784 \quad \text{KW}$$

Thrust Horse Power

$$THP = \frac{P_E(1-w)}{(1-t)} = 551.604943 \quad \text{KW}$$



Propulsive Coefficient Calculation

$$\eta_H = \text{Hull Efficiency} = \frac{(1-t)}{(1-w)} = 1.03476971$$

(parametric design hal 11-29)

$$\eta_o = \text{Open Water Test Propeller Efficiency} = \frac{(J/(2\pi)) \cdot (KT/KQ)}{0.6}$$

(propeller B-series = 0.5 - 0.6)

η_r = Rotative Efficiency ; Ship Resistance and Propulsion
 = 0.985 Modul 7 hal. 2
 (PNA vol 2 hal 163)

η_p = Quasi-Propulsive Coefficient (parametric design hal 11-27)
 = $\eta_o \eta_t$
 = 0.591

Delivered Horse Power
 DHP = Delivered Power at Propeller (parametric design hal 11-29)
 = PT/η_p
 = 933.3417 Kw

Shaft Horse Power
 η_s = Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)
 = 0.98 ; untuk mesin di after
 PS = Shaft Power (parametric design hal 11-29)
 = PD/η_s
 = 952.3895 kw

Brake Horse Power Calculation (BHP)

η_r = Reduction Gear Efficiency
 = 0.98
 PB_o = Brake Horse Power (BHP_o)
 = PS/η_r
 = 971.826007 Kw

Koreksi MCR = 15% · PBO
 PB = 115% · PBO = BHP
 BHP = 1117.60 Kw
 = $BHP \cdot 1.3596$ HP
 = 1519.49 HP

MCR Mesin
 BHP = 1117.60 KW
 = 1519.49 HP

Mesin
 Merk = YANMAR 6 EY 27
 SFOC = 4.5826E-05 ton/KWh

Konsumsi Fuel Oil
 = 0.05121508 ton/h
 = 51.6802 liter/h

Konsumsi Fresh Water
 = 4264.52691 ton/h

MCR Mesin
 BHP = 279.40 KW
 = 379.87 HP

Mesin
 Merk = HND MWM TBD 234 V8
 SFOC = 0.00013095 ton/KWh

Konsumsi Fuel Oil
 = 0.03658702 ton/h
 = 36.9193 liter/h

Konsumsi Fresh Water
 = 32446.9134 ton/h

• Voyage Calculation

(Surabaya-Banjarmasin)

Kecepatan(Vs) = 10.5 knot
Jarak(D-D) = 328 nmil
SeaTime = $\frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}}$
= 31.23809524 jam

PortTime = PortTimeOrigin - PortTimeDestination
WaktuMuat(D) = 8.846153846 jam
WT,IT,AT(D) = 5 jam
WaktuBongkar(D) = 28.75 jam
= 42.59615385 hour

WaktuSatuTrip = $\text{seaTime} + \text{portTime}$
= 73.83424908 jam
= 3.076427045 day

FOConsumption

ME

FOton(hour) = 0.051215082 ton/hour
FOton(day) = $\text{FOconsumption(hour)} \times 24$
= 1.229161963 ton/day
FOton(year) = $\text{FOconsumption(day)} \times \text{commissionDays}$
= 405.6234479 ton/year
FOBW = $\text{seaTime} \times \text{FOconsumption(hour)} \times (1+10\%)$
= 1.759847763 ton
FOTank = $\text{FOBW} / 0.95 + (2\% \times \text{FOBW}) / 0.95 + (2\% \times \text{FOBW}) / 0.95$
= 1.926570183 ton

AE

DOton(hour) = 0.036587015 ton/hour
DOton(day) = $\text{DOconsumption(hour)} \times 24$
= 0.878088369 ton/day
DOton(year) = $\text{DOconsumption(day)} \times \text{commissionDays}$
= 289.7691616 ton/year
CDO = 0.15
DOsaatberlayar = $\text{seaTime} \times \text{DOconsumption(hour)} \times (1+10\%) \times \text{CDO}$
= 0.188579931 ton
DOsaatdiPelabuhan
DO = $\text{DOconsumption(hour)} \times (\text{portTime}) \times (1+10\%) \times \text{CDO}$
= 0.257146912 ton
DOBW = $\text{DOsaatberlayar} + \text{DOsaatdiPelabuhan}$
= 0.445726843
DOTank = $\text{DOBW} / 0.85 + (2\% \times \text{DOBW}) / 0.85 + (2\% \times \text{DOBW}) / 0.85$
= 0.545359902 ton

LOConsumption

LO

LOton(hour) = 0.0005588 ton/hour
LOton(day) = $\text{LOconsumption(hour)} \times 24$
= 0.013411199 ton/day
LOton(year) = $\text{LOconsumption(day)} \times \text{commissionDays}$
= 4.425695634 ton/year
LOBW = $\text{seaTime} \times \text{LOconsumption(hour)} \times (1+10\%)$
= 0.019201431 ton
LOTank = $\text{LOBW} / 0.9 + (2\% \times \text{LOBW}) / 0.9 + (2\% \times \text{LOBW}) / 0.9$
= 0.02218832 ton

Fresh Water & Crew Consumption

CW1	=	220 kg
CW2	=	5 kg
ZC	=	20 orang
Wftot	=	$(CW1 * (sea\ time) * ZC * (1/24) / 1000) + (CW2 * daya\ mesin) / 1000$
	=	11.3149837 ton
FWTank	=	$Wftot / (1 + (2\% * Wftot) / 1 + (2\% * Wftot) / 1)$
	=	11.767583 ton

Consumption	=	5 kg/kru
Storage	=	$consumption(kg/kru) * ZC * (sea\ time) * (1/24) / 1000$
	=	0.13015873 ton

Biaya-Biaya

CharterKapal	=	Rp26,358,665,497.77 /tahun
CharterKapal	=	Rp7777777748,666,655.64 /trip
FOPrice	=	Rp777777775,481,262.50 /ton
DOPrice	=	Rp777777778,588,475.00 /ton
LOPrice	=	Rp777777771,895,000.00 /ton
FWPrice	=	Rp7777777720,000.00 /ton
StoragePrice	=	Rp777777773,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FOCost	=	$FO\ Tank * FO\ Price$
	=	Rp777777770,560,036.90 /trip
DOCost	=	$DO\ Tank * DO\ Price$
	=	Rp777777774,683,809.88 /trip
FWCost	=	$FW\ Tank * LO\ Price$
	=	Rp77777777235,351.66 /trip
StorageCost	=	$Consumption(ton) * Storage\ Price$
	=	Rp777777771,817,666.67 /trip
TotalVC	=	$FO\ Cost + DO\ Cost + FW\ Cost + Storage\ Cost$
	=	Rp777777777,296,865.11
	=	Rp777777777,296,865.11

Operating Cost

LOCost	=	$LO\ Tank * LO\ Price$
	=	Rp77777777929,579.67 /trip
Asuransi	=	$(jarak\ origin\ ke\ destination / total\ jarak) * Biaya\ Asuransi(tahun) / frekuensi$
	=	Rp77777777275,166.00
GajiKru	=	$(Total\ gaji\ kru(sebulan) / 30) * waktu\ per\ satu\ trip(hari)$
	=	Rp777777779,408,021.55 /trip
Maintenance	=	$(jarak\ origin\ ke\ destination / total\ jarak) * Biaya\ Maintenance(tahun) / frekuensi$
	=	Rp77777777898,055.66 /trip
Administrasi	=	Rp7777777750,000.00 /trip
OverHeadCost	=	$10\% \text{ dari } LOCost + Asuransi + GajiKru + Maintenance + Administrasi$
	=	Rp777777771,156,082.29 /trip
TotalOC	=	$LOCost + Asuransi + GajiKru + Maintenance + Administrasi + Over\ Head\ Cost$
	=	Rp777777772,716,905.16 /trip

Port Charge

Surabaya (Pelabuhan Pemuatan)

Labuh	=	$Jasa\ Labuh * GT\ kapal * jumlah\ kunjungan\ kapal$
	=	/trip
Tambat	=	$Jasa\ Tambat * GT\ kapal * etmal$
	=	/trip
Pandu	=	$(Tarif\ tetap\ jasa\ pandu * jumlah\ kapal * gerakan\ kapal) + (Tarif\ variabel\ jasa\ pandu * GT\ kapal * gerakan\ kapal)$

Tunda = $\text{Tarif tetap jasa pandu} + (\text{Tarif variabel jasa pandu} * \text{GT kapal})$
 = /trip
 Biaya Muat = $(\text{Jumlah TEU} / \text{M}^2 \text{ jasa} / \text{M}^2 \text{ per TEU}) + (\text{Jumlah FEU} / \text{M}^2 \text{ jasa} / \text{M}^2 \text{ per FEU})$
 = Rp 10,900,000.00 /trip
 Total Biaya Pelabuhan Pemuatan = Rp 10,900,000.00 Rp

Port Charge

Banjarmasin (Pelabuhan Tujuan)

Labuh = $\text{Jasa Labuh} * \text{GT kapal} * \text{jumlah kunjungan kapal}$
 = Rp 300,776.00 /trip
 Tambat = $\text{Jasa tambat} * \text{GT kapal} * \text{etmal}$
 = Rp 2,162,056.00 /trip
 Pandu = $(\text{Tarif tetap jasa pandu} * \text{jumlah kapal} * \text{gerakan kapal}) + (\text{Tarif variabel jasa pandu} * \text{GT kapal} * \text{gerakan kapal})$
 = Rp 1,464,462.00 /trip
 Tunda = $\text{Tarif tetap jasa pandu} + (\text{Tarif variabel jasa pandu} * \text{GT kapal})$
 = Rp 2,494,016.00 /trip
 Biaya B/M = $(\text{Jumlah TEU} / \text{M}^2 \text{ jasa} / \text{M}^2 \text{ per TEU}) + (\text{Jumlah FEU} / \text{M}^2 \text{ jasa} / \text{M}^2 \text{ per FEU})$
 = Rp 47,630,000.00 /trip
 Total Biaya Pelabuhan Pemuatan = Rp 74,051,310.00 Rp

Total Biaya OP = Total Voyage Cost + Total Operating Cost
 = Rp 80,013,770.27

Total Biaya = Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
 = Rp 63,631,735.91 Rp

Pendapatan

Surabaya-Banjarmasin

Muat
 Full (TEU) = Rp 1,162,000,000.00 TEUs
 Empty (TEU) = 0 TEUs
 Full (FEU) = Rp 1,000,000,000.00 FEUs
 Empty (FEU) = 0 FEUs
Total Pendapatan = Total Pendapatan Pelabuhan Asal + Total Pendapatan Pelabuhan Tujuan
 = Rp 2,253,000,000.00

(Banjarmasin-Surabaya)

Kecepatan (Vs) = 10.5 knot
 Jarak D-D = 328 nmil
 Sea time = $\text{jarak} / \text{kecepatan}$
 = 31.23809524 jam

Port time = $\text{Port time Origin} - \text{Port time Destination}$
 Waktu Muat = 27.41666667 jam
 WT, IT, AT = 6 jam
 Waktu Bongkar = 8.435897436 jam
 Waktu Satu Trip = $\text{sea time} + \text{port time}$
 = 73.09065934 jam
 = 3.045444139 day

FO Consumption

ME

FO (hour) = 0.051215082 ton/hour
 FO (day) = $\text{FO consumption (hour)} * 24$
 = 1.229161963 ton/day
 FO (year) = $\text{FO consumption (day)} * \text{commission days}$
 = 405.6234479 ton/year
 FO W = $\text{sea time} * \text{FO consumption (hour)} * 1.10$
 = 1.759847763 ton
 FO Tank = $\text{FO W} / 0.95 + (2\% * \text{FO W}) / 0.95 + (2\% * \text{FO W}) / 0.95$
 = 1.926570183 ton

AE		
DO _{ton} (hour)	=	0.036587015 ton/hour
DO _{ton} (day)	=	DO _{ton} (hour) * 24
	=	0.878088369 ton/day
DO _{ton} (year)	=	DO _{ton} (day) * Commission _{days}
	=	289.7691616 ton/year
CDO	=	0.15
DO _{saat} berlayar	=	sea _{time} * DO _{ton} (hour) * (1+10%) * CDO
	=	0.188579931 ton
DO _{saat} diPelabuhan		
DO	=	DO _{ton} (hour) * (port _{time}) * (1+10%) * CDO
	=	0.252657967 ton
DO _W	=	DO _{saat} berlayar + DO _{saat} diPelabuhan
	=	0.441237897
DO _{Tank}	=	DO _W / 0.85 + (2% * DO _W) / 0.85 + (2% * DO _W) / 0.85
	=	0.539867545 ton

LO_{Consumption}

LO		
LO _{ton} (hour)	=	0.0005588 ton/hour
LO _{ton} (day)	=	LO _{ton} (hour) * 24
	=	0.013411199 ton/day
LO _{ton} (year)	=	LO _{ton} (day) * Commission _{days}
	=	4.425695634 ton/year
LO _W	=	sea _{time} * LO _{ton} (hour) * (1+10%)
	=	0.019201431 ton
LO _{Tank}	=	LO _W / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9 + (2% * LO _W) / 0.9
	=	0.02218832 ton

Fresh_{Water} & Crew_{Consumption}

CW1	=	220 kg
CW2	=	5 kg
ZC	=	20 orang
Wftot	=	(CW1 * (sea _{time}) * ZC * (1/24) / 1000) + (CW2 * daya _{mesin}) / 1000
	=	11.3149837 ton
FW _{Tank}	=	Wftot / 1 + (2% * Wftot) / 1 + (2% * Wftot) / 1
	=	11.767583 ton

Consumption	=	5 kg/kru
Storage	=	consumption(kg/kru) * ZC * (sea _{time}) * (1/24) / 1000
	=	0.13015873 ton

Biaya-Biaya

Charter _{Kapal}	=	Rp 26,358,665,497.77 /tahun
Charter _{Kapal}	=	Rp 48,666,655.64 /trip
FO _{Price}	=	Rp 5,481,262.50 /ton
DO _{Price}	=	Rp 8,588,475.00 /ton
LO _{Price}	=	Rp 1,895,000.00 /ton
FW _{Price}	=	Rp 20,000.00 /ton
Storage _{Price}	=	Rp 3,965,000.00 /ton

Voyage_{Cost}

FO _{Cost}	=	FO _{Tank} * FO _{Price}
	=	Rp 10,560,036.90 /trip
DO _{Cost}	=	DO _{Tank} * DO _{Price}
	=	Rp 4,636,638.91 /trip
FW _{Cost}	=	FW _{Tank} * LO _{Price}
	=	Rp 235,351.66 /trip
Storage _{Cost}	=	Consumption _(ton) * Storage _{Price}
	=	Rp 1,817,666.67 /trip
Total _{VC}	=	FO _{Cost} + DO _{Cost} + FW _{Cost} + Storage _{Cost}
	=	Rp 17,249,694.14

Operating Cost		
LO Cost	=	LO Tank x LO Price
	=	Rp 929,579.67 /trip
Asuransi	=	(jarak origin ke destination / total jarak) * Biaya Asuransi (tahun) / frekuensi
	=	Rp 275,166.00
Gaji Kru	=	(Total gaji kru (sebulan) / 30) * waktu per satu trip (hari)
	=	Rp 9,313,272.72 /trip
Maintenance	=	(jarak origin ke destination / total jarak) * Biaya Maintenance (tahun) / frekuensi
	=	Rp 898,055.66 /trip
Administrasi	=	Rp 50,000.00 /trip
Overhead Cost	=	10% x (LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi)
	=	Rp 1,146,607.41 /trip
Total OC	=	LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi + Overhead Cost
	=	Rp 2,612,681.46 /trip

Port Charge

Banjarmasin (Pelabuhan Pemuatan)

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah TEU / M jasa / M per TEU) + (Jumlah FEU / M jasa / M per FEU)
	=	Rp 34,904,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 34,904,000.00 Rp

Port Charge

Surabaya (Pelabuhan Tujuan)

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp 300,776.00 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp 6,998,544.00 /trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	Rp 464,462.00 /trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	Rp 2,494,016.00 /trip
Biaya B/M	=	(Jumlah TEU / M jasa / M per TEU) + (Jumlah FEU / M jasa / M per FEU)
	=	Rp 50,480,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 61,737,798.00 Rp

Total Biaya DP	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost
	=	Rp 9,862,375.59

Total Biaya	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
	=	Rp 75,170,829.23 Rp

Pendapatan

Banjarmasin-Surabaya

Muat		
Full (TEU)	=	Rp 15,500,000.00 TEUs
Empty (TEU)	=	0 TEUs
Full (FEU)	=	Rp - FEUs
Empty (FEU)	=	0 FEUs
Total Pendapatan	=	Total Pendapatan pelabuhan Asal + Total Pendapatan pelabuhan Tujuan
	=	Rp 15,500,000.00

Kategori kapal 500 TEUs-1000 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013

• Muatan per satu roundtrip

20 Feet		Surabaya	Pantoloan
Loading	Fullload Container	473	180
	Empty Container	0	33
Unloading	Fullload Container	33	473
	Empty Container	180	0

40 Feet		Surabaya	Pantoloan
Loading	Fullload Container	13	2
	Empty Container	0	0
Unloading	Fullload Container	0	13
	Empty Container	2	0

• Biaya angkut

20 Feet			Destination	
			Surabaya	Pantoloan
Origin	Surabaya	Fullload Container	Rp. -	Rp. 879,377.43
		Empty Container	Rp. -	Rp. -
	Pantoloan	Fullload Container	Rp. 879,377.43	Rp. -
		Empty Container	Rp. -	Rp. -

40 Feet			Destination	
			Surabaya	Pantoloan
Origin	Surabaya	Fullload Container	Rp. -	Rp. 758,754.86
		Empty Container	Rp. -	Rp. -
	Pantoloan	Fullload Container	Rp. 758,754.86	Rp. -
		Empty Container	Rp. -	Rp. -

• Tarif Pelabuhan

Jasa Angkutan Kapal Pelindo II			
Jenis Jasa	Tarif Tetap	Tarif Variable	Satuan
Jasa Labuh		Rp. 82.00	Per GT/Kunjungan
Jasa Tambat			
Dermaga Beton		Rp. 106.00	Per GT/Etmal
Breasting Dolphin		Rp. 53.00	Per GT/Etmal
Pinggiran		Rp. 27.00	Per GT/Etmal
Jasa Pandu			
Tarif Tetap		Rp. 93,750.00	Per Kapal Per Gerakan
Tarif Variabel		Rp. 53.00	Per GT Kapal Per Gerakan
Jasa Tunda			
03.500 GT	Rp. 18,750.00	Rp. 2.00	/GT
3.501-78.000 GT	Rp. 1,653,750.00	Rp. 2.00	/GT
8.001-24.000 GT	Rp. 2,450,000.00	Rp. 2.00	/GT
14.001 GT keatas	Rp. 3,430,000.00	Rp. 2.00	/GT
Jasa B/M			
crane Dermaga			
20 Feet Full		Rp. 600,000.00	/box
20 Feet Empty		Rp. 40,000.00	/box

40feetfull		Rp77900,000.00	/box
40feetempty		Rp77660,000.00	/box
craneKapal			
20feetfull		Rp77420,000.00	/box
20feetempty		Rp77308,000.00	/box
40feetfull		Rp77630,000.00	/box
40feetempty		Rp77462,000.00	/box
JasaAngkutanKapalPelindoIV			
JenisJasa	TarifTetap	TarifVariable	Satuan
JasaLabuh		Rp7777777720.00	PerGT/Kunjungan
JasaTambat			
DermagaBeton		Rp7777777796.00	PerGT/Etmal
BreastingDolphin		Rp7777777748.00	PerGT/Etmal
Pinggiran		Rp7777777730.00	PerGT/Etmal
JasaPandu			
TarifTetap		Rp7777777717.50	PerKapalPerGerakan
TarifVariable		Rp7777777748.00	PerGTKapalPerGerakan
JasaTunda			
0-3500GT	Rp1,624,500.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
3501-8000GT	Rp1,624,500.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
8001-14000GT	Rp1,624,500.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
14001-18000GT	Rp1,781,250.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
18001-26000GT	Rp2,850,000.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
26001-40000GT	Rp2,850,000.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
40001-75000GT	Rp2,850,000.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
75000-dst	Rp3,847,500.00	Rp7777777757.00	/GT/jam
Loading/discharge			
CranePelabuhan			
20feetfull		Rp777317,500.00	/box
20feetempty		Rp77732,978.00	/box
40feetfull		Rp77735,000.00	/box
40feetempty		Rp77765,956.00	/box
CraneKapal			
20feetfull		Rp77765,000.00	/box
20feetempty		Rp77711,000.00	/box
40feetfull		Rp77730,000.00	/box
40feetempty		Rp77722,000.00	/box
Other			
Labour			
freshwater		Rp777777777,000.00	/m3

• Waktu dipelabuhan

Pelabuhan	JenisWaktu	LamaWaktu	Satuan
Surabaya	IdleTime	2	hour
	WaitingTime	3	hour
	ApprochingTime	1	hour
Belawan	IdleTime	1	hour
	WaitingTime	3	hour
	ApprochingTime	1	hour

• Biaya Maintenance

GRT	TARIFPENGEDOKAN	PERHARIBERIKUTNYA	ASISTENSI	TUGBOAT	DOCKING
	DOCKING/UNDOCKING	PERHARIBERIKUTNYA	NAIKTURUNDOCK	ASISTENSI	REPORT
0-500	Rp777777775,577,500.00	Rp77777777646,300.00	Rp1,809,500.00	Rp777,036,000.00	Rp777,980,000.00
501-1000	Rp777777777,147,500.00	Rp77777777775,500.00	Rp2,520,400.00	Rp777,289,000.00	Rp777,980,000.00
1001-1500	Rp777777777,716,500.00	Rp77777777969,400.00	Rp3,231,300.00	Rp777,554,000.00	Rp777,980,000.00

GRT	TARIF PENGEDOKAN	PERHARI BERIKUTNYA	ASISTENSI	TUGAS BOAT	DOCKING
	DOCKING/UNDOCKING	PERHARI BERIKUTNYA	NAIK TURUN DOK	ASISTENSI	REPORT
1501-2500	Rp 9,487,500.00	Rp 1,227,900.00	Rp 2,942,200.00	Rp 1,175,000.00	Rp 1,980,000.00
2501-3500	Rp 12,017,500.00	Rp 1,551,000.00	Rp 3,653,000.00	Rp 1,037,500.00	Rp 1,300,000.00
3501-5000	Rp 13,725,300.00	Rp 1,938,800.00	Rp 4,636,900.00	Rp 1,612,500.00	Rp 1,300,000.00
5000-7000	Rp 17,140,800.00	Rp 2,585,000.00	Rp 5,074,800.00	Rp 1,187,500.00	Rp 1,300,000.00
7000-9000	Rp 21,568,300.00	Rp 3,231,300.00	Rp 5,785,700.00	Rp 1,614,000.00	Rp 1,300,000.00
9000-11000	Rp 28,272,800.00	Rp 4,071,400.00	Rp 7,819,700.00	Rp 2,062,500.00	Rp 1,300,000.00
6543	Rp 13,725,300.00	Rp 1,938,800.00	Rp 4,636,900.00	Rp 1,612,500.00	Rp 1,300,000.00
Total					Rp 95,193,900.00

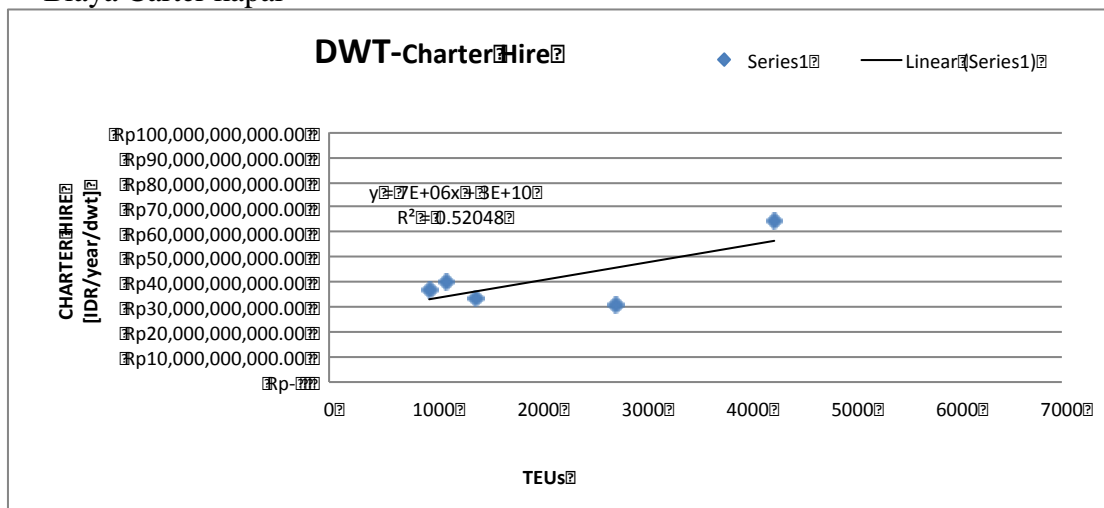
- Jumlah kru kapal

no	Jabatan	Jumlah	Satuan
1	Nahkoda	1	Orang
2	Chief Officer	1	Orang
3	Second Officer	1	Orang
4	Third Officer	1	Orang
5	Radio Officer	0	Orang
6	Boatswain	1	Orang
7	Juru Mudi	3	Orang
8	Sailor	2	Orang
9	Chief Engineer	1	Orang
10	Second Engineer	1	Orang
11	Third Engineer	1	Orang
12	Mandor Mesin	1	Orang
13	Wiper	0	Orang
14	Oiler	3	Orang
15	Koki	1	Orang
16	Pelayan	1	Orang
17	Cadet	5	Orang
Total Kru Kapal		24	Orang

- Asuransi

total insurance	1.5% KTSI
TSI	Rp 1,171,184,800.00
Harga mesin & Rangka	Rp 78,065,400,000.00
Biaya Operasional	105784800
Biaya Sewa kapal	0
Total insurance	Rp 17,567,772.00 /tahun

- Biaya Carter kapal



Charter

$$7092815.343 \text{ TEU} \times 26358665498 = 550 \times 26358665498 = \text{Rp}26,358,665,497.77$$

• Konsumsi Bahan Bakar, Lubricating Oil, dan Air

Ukuran Utama

Lpp	=	110.50 m
B	=	18.2 m
T	=	7.8 m
H	=	11.0 m
Vs	=	15.0 Knot
	=	7.7160 m/s

Perhitungan Froude Number

Fn	=	$Vs / \sqrt{(g \cdot L)}$
	=	0.2344
		<i>Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58</i>
g	=	9.81 m/s ²
syarat Fn	=	0,15 ≤ Fn ≤ 0,3
ρ	=	1.025 ton/m ³

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	=	6.07 →	3.5 < L/B < 10	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
B/T	=	2.33 →	1.8 < B/T < 5	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/T	=	14.17 →	10 < L/T < 30	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
L/16	=	6.91 →	H > L/16	BKI Vol. II Tahun 2006

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)		
C_b	=	$-4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$ <i>(Parametric Ship Design hal. 11-12)</i>
	=	0.675
Koefisien Luas Midship (Series '60)		
C_m	=	$0.977 + 0.085 (Cb - 0.60)$ <i>(Parametric Ship Design hal. 11-12)</i>
	=	0.983
Koefisien Prismatic		
C_x	=	C _m <i>(Parametric Ship Design hal. 11-10)</i>
C_p	=	C _b /C _x
	=	0.686
Koefisien Bidang Garis Air		<i>(Parametric Ship Design hal. 11-16)</i>
C_{wp}	=	$Cb / (0.471 + (0.551 \cdot Cb))$
	=	0.800
Panjang Garis Air		
L_{wl}	=	104% · LPP
	=	114.92 m

Longitudinal Center of Bouyancy

a. LCB (%)	=	$-13.5 + 19.4 CP$	Volume Displasemen	=	$Lwl \cdot B \cdot T \cdot Cb$
	=	-0.19 m		=	11004.83 m ³
b. LCB dari M	=	$LCB \% / 100 \cdot LPP$	Displasemen	=	$Lwl \cdot B \cdot T \cdot Cb \cdot \rho$
	=	-0.21 m dari M		=	11279.95 ton
c. LCB dari AP	=	$0.5 \cdot LPP - LCBM$			
	=	57.67 m dari AP			

Koreksi Ukuran Utama

Main Dimension Constraint

L/B	6.07	4,7 > L/B > 7,63	DITERIMA
L/H	10.45	12 > L/H > 15,4	DITERIMA
B/H	1.65	,47 > B/H > 2,3	DITERIMA
B/T	2.33	,84 > B/T > 2,9	DITERIMA

Ship Design for Efficient and Economy Schneekluth Vol 2. hal 1

Ukuran Utama

LPP	=	110.5 m
LWL	=	114.9 m
B	=	18.2 m
H	=	11.0 m
T	=	7.8 m

Koefisien dan Ukuran utama lainnya

CB	=	0.67
CM	=	0.98
CP	=	0.69
C _{wp}	=	0.80
LCB	=	-0.19
Fn	=	0.23
Cstern	=	0.00
VS	=	7.72 m/s ²

1. Viscous Resistance

$$\begin{aligned}
 R_n &= \text{Angka reynolds} && \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91} \\
 &= (LWL \cdot V_s) / (1.18831 \times 10^{-6}) \\
 &= 746,204,879.20
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{F_o} &= \text{Koefisien tahanan gesek} \\
 &= 0,075 / (\log R_n - 2)^2 \\
 &= 0.001587766
 \end{aligned}$$

2. Resistance Appendages

$$\begin{aligned}
 C &= 1 + (0.011 \cdot C_{stern}) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 L_R/L &= (1 - C_p + 0,06 \cdot C_p \cdot LCB) / (4 \cdot C_p - 1) \\
 &= 0.309
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$L_{WL}^3/V = 137.912$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 1+k_1 &= 0,93 + 0,4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} (L^3/V)^{0,3649} (1-C_p)^{-0,6042} \\
 &= 1.223
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$\begin{aligned}
 1 + k_2 &= \text{lihat di tabel} \\
 &= 1.4
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

Wetted Surface Area (S)

$$\begin{aligned}
 A_{BT} &= 0.00 && ; \text{ tanpa bulb} \\
 &= 0.00 && m^2
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$\begin{aligned}
 S &= \text{Wetted Surface Area} \\
 &= L(2T + B)C_m^{0.5} (0.453 + 0.4425 C_b - 0.2862 C_m - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{wp}) + 2.38 A_{BT}/C_b \\
 &= 2919.03 && m^2
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

Wetted Surface Area of Appendages (S_{app})

$$\begin{aligned}
 S_{rudder} &= c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 (1.75 \cdot L \cdot T / 100) \\
 &= 30.17 && m^2
 \end{aligned}$$

(BKI Vol. II hal 14-1)

$$\begin{aligned}
 S_{bilgekeel} &= 4 \cdot (0.6 \cdot CB \cdot LPP) \cdot (0.18 / (CB - 0.2)) \\
 &= 67.85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{app} &= S_{rudder} + S_{bilgekeel} \\
 &= 98.02 && m^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{total} &= S + S_{app} \\
 &= 3017.05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1 + K &= 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \cdot S_{app}/S_{tot} \\
 &= 1.22868292
 \end{aligned}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

3. Wave Making Resistance

C_1

$$B/LWL = 0.158$$

$$C_4 = 0.158 \quad ; \text{karena } 0.11 < B/LWL \leq 0.25$$

$$T_a = 7.80 \quad \text{m}$$

$$T_f = 7.80 \quad \text{m}$$

$$i_E = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (T_a - T_f)/T)^3 = 19.959$$

$$d = -0.9 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 2.404$$

m_1

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_p$$

$$= 1.245$$

; untuk $CP \leq 0.8$

$$V^{1/3}/L = 0.194$$

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5$$

$$= -2.137$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad ; L/B < 16$$

$$= 0.803$$

m_2

$$L^3/\nabla = 137.912$$

$$C_6 = -1.694$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n - 3.29}$$

$$= -0.012$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

C_2

$$C_2 = 1$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

C_3

$$A_T = 0$$

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$$

$$= 1$$

; tanpa bulbous bow

RW/W

$$RW/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 F_n^3 d + m_2 \cos(\lambda \cdot F_n - 2))}$$

$$= 0.00090869$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

4. Air Resistance

C_A

$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{-0.16} = 0.00205$$

$$= 0.0004909$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

Bouyancy

$$W = D \cdot g$$

$$= 110656.33$$

Total Resistance

$$R_{total} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{tot} [C_F (1 + k) + C_A] + RW/W \cdot W$$

$$= 224883.32 \quad \text{N}$$

$$= 224.88 \quad \text{kN}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$R_{total} + 15\% R_t = 258.62 \quad \text{kN}$$

(+15% margin akibat daerah pelayaran : kuliah perancangan kapal 1)

Input Data

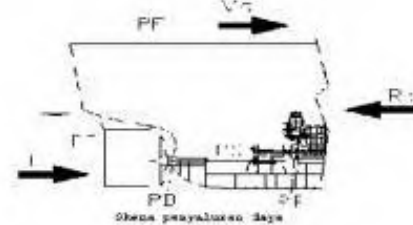
L_{WL}	= 114.92	m	
T	= 7.800	m	
C_B	= 0.6746		
R_T	= 258.616	kN	
D	= 2.550	m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
n_{rpm}	= 110	rpm	
n_{rps}	= 1.833	rps	
P/D	= 1.0		; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	= 4	blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	= 0.4		; Expanded Area Ratio

Perhitungan Awal

$1+k$	= 1.229	
CF	= 0.002	
CA	= 0.000	
CV	= $(1+k) C_F + C_A$; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162
	= 0.0024	
w	= $0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163
	= 0.119	
t	= 0.1	; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163
V_a	= $V (1 - w)$; Speed of Advantages
	= 6.799	(parametric design hal 11-27)

Effective Horse Power (EHP)

$$P_E = R_t \times V_s = 1995.480 \text{ KW}$$



Thrust Horse Power

$$THP = P_E \cdot (1-w) / (1-t) = 1953.708241 \text{ KW}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\eta_H = \text{Hull Efficiency} = (1-t) / (1-w) = 1.02138059$$

(parametric design hal 11-29)

η_o

$$\eta_o = \text{Open Water Test Propeller Efficiency} = (J / (2 \cdot n)) \cdot (KT / KQ) = 0.6$$

(propeller B-series = 0.5 - 0.6)

η_r

$$\eta_r = \text{Rotative Efficiency} = 0.985$$

; Ship Resistance and Propulsion Modul 7 hal. 2 (PNA vol 2 hal 163)

η_p

$$\eta_p = \text{Quasi-Propulsive Coefficient} = \eta_o \cdot \eta_r = 0.591$$

(parametric design hal 11-27)

Delivered Horse Power

$$DHP = \text{Delivered Power at Propeller} = PT / \eta_p = 3305.7669 \text{ Kw}$$

(parametric design hal 11-29)

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned} \eta_s &= \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)} \\ &= 0.98 \\ PS &= \text{Shaft Power} \\ &= \frac{PD}{\eta_s} \\ &= 3373.2315 \text{ kw} \end{aligned}$$

; untuk mesin di after
(parametric design hal 11-29)

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned} \eta_r &= \text{Reduction Gear Efficiency} \\ &= 0.98 \\ PB_0 &= \text{Brake Horse Power (BHP}_0) \\ &= \frac{PS}{\eta_r} \\ &= 3442.072995 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koreksi MCR} &= 1.5\% \cdot PB_0 \\ PB &= 1.15\% \cdot PB_0 = \text{BHP} \\ \text{BHP} &= 3958.38 \text{ Kw} \\ &= \text{BHP} \cdot 1.3596 \text{ HP} \\ &= 5381.82 \text{ HP} \end{aligned}$$

MCR Mesin

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 3958.38 \text{ KW} \\ &= 5381.82 \text{ HP} \end{aligned}$$

Mesin

$$\begin{aligned} \text{Merk} &= \text{HITACHI ZOSEN 8 L 35 MC} \\ \text{SFOC} &= 3.30403\text{E-}05 \text{ ton/KWh} \end{aligned}$$

Konsumsi Fuel Oil

$$\begin{aligned} &= 0.13078603 \text{ ton/h} \\ &= 131.9738 \text{ liter/h} \end{aligned}$$

Konsumsi Fresh Water

$$= 20817.475 \text{ ton/h}$$

MCR Mesin

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 989.60 \text{ KW} \\ &= 1345.45 \text{ HP} \end{aligned}$$

Mesin

$$\begin{aligned} \text{Merk} &= \text{YANMAR S 165 L - ST} \\ \text{SFOC} &= 0.00018774 \text{ ton/KWh} \end{aligned}$$

Konsumsi Fuel Oil

$$\begin{aligned} &= 0.18578978 \text{ ton/h} \\ &= 187.4771 \text{ liter/h} \end{aligned}$$

Konsumsi Fresh Water

$$= 323058.468 \text{ ton/h}$$

- Voyage Calculation
(Surabaya-Pantoloan)

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (Vs)} &= 15 \text{ knot} \\ \text{Jarak (D)} &= 627 \text{ nmil} \\ \text{Sea Time} &= \frac{\text{jarak}}{\text{kecepatan}} \\ &= 41.8 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Port Time} &= \text{Port Time Origin} - \text{Port Time Destination} \\ \text{Waktu Muat} &= 12.46153846 \text{ jam} \\ \text{WT, IT, AT} &= 5 \text{ jam} \\ \text{Waktu Bongkar} &= 40.5 \text{ jam} \end{aligned}$$

	=	57.96153846 hour
WaktuSaturip	=	seaime-portime
	=	99.76153846 jam
	=	4.156730769 day
FOConsumption		
ME		
FOCon(hour)	=	0.130786033 ton/hour
FOCon(day)	=	FOCon(hour)*24
	=	3.13886479 ton/day
FOCon(year)	=	FOCon(day)*commissiondays
	=	1035.825381 ton/year
FOBW	=	seaime*FOCon(hour)*(1+10%)
	=	6.013541794 ton
FOTank	=	FOBW/0.95+(2%*FOBW)/0.95+(2%*FOBW)/0.95
	=	6.583245754 ton
AE		
DOCon(hour)	=	0.185789779 ton/hour
DOCon(day)	=	DOCon(hour)*24
	=	4.458954692 ton/day
DOCon(year)	=	DOCon(day)*commissiondays
	=	1471.455048 ton/year
CDO	=	0.15
DOSaatBerlayar	=	seaime*DOCon(hour)*(1+10%)*CDO
	=	1.281392105 ton
DOSaatdiPelabuhan	=	DOCon(hour)*(portime)*(1+10%)*CDO
	=	1.776829133 ton
DOBW	=	DOSaatBerlayar+DOSaatdiPelabuhan
	=	3.058221237
DOTank	=	DOBW/0.85+(2%*DOBW)/0.85+(2%*DOBW)/0.85
	=	3.741823632 ton
LOConsumption		
LO		
LOCon(hour)	=	0.001979192 ton/hour
LOCon(day)	=	LOCon(hour)*24
	=	0.047500607 ton/day
LOCon(year)	=	LOCon(day)*commissiondays
	=	15.67520042 ton/year
LOBW	=	seaime*LOCon(hour)*(1+10%)
	=	0.091003247 ton
LOTank	=	LOBW/0.9+(2%*LOBW)/0.9+(2%*LOBW)/0.9
	=	0.105159308 ton
FreshWater&CrewConsumption		
CW1	=	220 kg
CW2	=	5 kg
ZC	=	24 orang
Wftot	=	(CW1*(seaime)*ZC*(1/24)/1000)+(CW2*dayamesin)/1000
	=	28.9879197 ton
FWTank	=	Wftot/1+(2%*Wftot)/1+(2%*Wftot)/1
	=	30.1474365 ton
Consumption	=	5 kg/kru
Storage	=	consumption(kg/kru)*ZC*(seaime)*(1/24)/1000
	=	0.209 ton

Biaya-Biaya

Charter Kapal	=	Rp26,358,665,497.77 /tahun
Charter Kapal	=	Rp286,507,233.67 /trip
FO Price	=	Rp5,481,262.50 /ton
DO Price	=	Rp8,588,475.00 /ton
LO Price	=	Rp1,895,000.00 /ton
FW Price	=	Rp20,000.00 /ton
Storage Price	=	Rp3,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FO Cost	=	FO Tank * FO Price
	=	Rp6,084,498.08 /trip
DO Cost	=	DO Tank * DO Price
	=	Rp2,136,558.71 /trip
FW Cost	=	FW Tank * LO Price
	=	Rp602,948.73 /trip
Storage Cost	=	Consumption (ton) * Storage Price
	=	Rp2,918,685.00 /trip
Total VC	=	FO Cost + DO Cost + FW Cost + Storage Cost
	=	Rp11,742,690.52

Operating Cost

LO Cost	=	LO Tank * LO Price
	=	Rp4,405,649.19 /trip
Asuransi	=	(jarak Origin ke Destination / total jarak) * Biaya Asuransi (tahun) / frekuensi
	=	Rp517,041.00
Gaji Kru	=	(Total gaji kru (sebulan) / 30) * waktu per satu trip (hari)
	=	Rp3,283,248.85 /trip
Maintenance	=	(jarak Origin ke Destination / total jarak) * Biaya Maintenance (tahun) / frekuensi
	=	Rp1,034,716.30 /trip
Administrasi	=	Rp50,000.00 /trip
Over Head Cost	=	10% * (LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi)
	=	Rp1,929,065.53 /trip
Total OC	=	LO Cost + Asuransi + Gaji Kru + Maintenance + Administrasi + Over Head Cost
	=	Rp11,219,720.87 /trip
	=	Rp11,126,607.79
Total Biaya	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
	=	Rp47,989,352.57 Rp

Port Charge**Surabaya (Pelabuhan Pemuatan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah TEU B / M * jasa B / M per TEU) + (Jumlah FEU B / M * jasa B / M per TEU)
	=	Rp95,500,000.00 /trip
Total biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp95,500,000.00 Rp

Port Charge**Belawan (Pelabuhan Tujuan)**

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp85,160.00 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp7,059,552.00 /trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	Rp42,544.50 /trip

Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	Rp 777,997,451.00 /trip
Biaya B/M	=	(Jumlah TEU B/M jasa B/M per TEU) + (Jumlah FEU B/M jasa B/M per FEU)
	=	Rp 32,235,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	777,307,945,525.29 Rp
Total Biaya DP	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost
	=	Rp 777,929,662,411.40
Total Biaya	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
	=	778,479,893,352.57 Rp

Pendapatan

Surabaya-Pantoloan

Muat

Full TEU = Rp 777,307,945,525.29 TEUs

Empty TEU = 0 TEUs

Full FEU = Rp 777,26,863,813.23 FEUs

Empty FEU = 0 FEUs

Total Pendapatan = Total Pendapatan Pelabuhan Asal + Total Pendapatan Pelabuhan Tujuan

= Rp 777,434,809,338.52

(Pantoloan-Surabaya)

Kecepatan (Vs) = 15 knot

Jarak D-D = 627 nmil

Sea time = jarak / kecepatan

= 41.8 jam

Port time = Port time Origin + Port time Destination

Waktu Muat D = 17.91666667 jam

WT, IT, AT D = 6 jam

Waktu Bongkar D = 5.512820513 jam

= 29.42948718 hour

Waktu Satu Trip = sea time + port time

= 71.22948718 jam

= 2.967895299 day

FO Consumption

ME

FO ton (hour) = 0.130786033 ton/hour

FO ton (day) = FO consumption (hour) * 24

= 3.13886479 ton/day

FO ton (year) = FO consumption (day) * Commission days

= 1035.825381 ton/year

FO W = sea time * FO consumption (hour) * (1+10%)

= 6.013541794 ton

FO Tank = FO W / 0.95 + (2% * FO W) / 0.95 + (2% * FO W) / 0.95

= 6.583245754 ton

AE

DO ton (hour) = 0.185789779 ton/hour

DO ton (day) = DO consumption (hour) * 24

= 4.458954692 ton/day

DO ton (year) = DO consumption (day) * Commission days

= 1471.455048 ton/year

CDO = 0.15

DO Saat Berlayar = sea time * DO consumption (hour) * (1+10%) * CDO

= 1.281392105 ton

DO Saat di Pelabuhan	=	$DO \text{ Consumption} \times (\text{port time}) \times (1+10\%) \times CDO$
DO	=	0.902170156 ton
DO W	=	$DO \text{ Saat Berlayar} + DO \text{ Saat di Pelabuhan}$
	=	2.18356226
DO Tank	=	$DO W / 0.85 + (2\% \times DO W) / 0.85 + (2\% \times DO W) / 0.85$
	=	2.671652648 ton

LO Consumption

LO		
LO Con (hour)	=	0.001979192 ton/hour
LO Con (day)	=	$LO \text{ Consumption} \times 24$
	=	0.047500607 ton/day
LO Con (year)	=	$LO \text{ Consumption} \times \text{Commission days}$
	=	15.67520042 ton/year
LO W	=	$\text{sea time} \times LO \text{ Consumption} \times (1+10\%)$
	=	0.091003247 ton
LO Tank	=	$LO W / 0.9 + (2\% \times LO W) / 0.9 + (2\% \times LO W) / 0.9$
	=	0.105159308 ton

Fresh Water & Crew Consumption

CW1	=	220 kg
CW2	=	5 kg
ZC	=	24 orang
Wftot	=	$(CW1 \times (\text{sea time}) \times ZC \times (1/24) / 1000) + (CW2 \times \text{day mesin}) / 1000$
	=	28.9879197 ton
FW Tank	=	$Wftot / 1 + (2\% \times Wftot) / 1 + (2\% \times Wftot) / 1$
	=	30.1474365 ton

Consumption	=	5 kg/kru
Storage	=	$\text{consumption} (\text{kg/kru}) \times ZC \times (\text{sea time}) \times (1/24) / 1000$
	=	0.209 ton

Biaya-Biaya

Charter Kapal	=	Rp 26,358,665,497.77 /tahun
Charter Kapal	=	Rp 286,507,233.67 /trip
FO Price	=	Rp 5,481,262.50 /ton
DO Price	=	Rp 8,588,475.00 /ton
LO Price	=	Rp 1,895,000.00 /ton
FW Price	=	Rp 20,000.00 /ton
Storage Price	=	Rp 3,965,000.00 /ton

Voyage Cost

FO Cost	=	$FO \text{ Tank} \times FO \text{ Price}$
	=	Rp 6,084,498.08 /trip
DO Cost	=	$DO \text{ Tank} \times DO \text{ Price}$
	=	Rp 2,945,421.98 /trip
FW Cost	=	$FW \text{ Tank} \times LO \text{ Price}$
	=	Rp 602,948.73 /trip
Storage Cost	=	$\text{Consumption} (\text{ton}) \times \text{Storage Price}$
	=	Rp 2,918,685.00 /trip
Total VC	=	$FO \text{ Cost} + DO \text{ Cost} + FW \text{ Cost} + \text{Storage Cost}$
	=	Rp 12,551,553.78

Operating Cost

LO Cost	=	$LO \text{ Tank} \times LO \text{ Price}$
	=	Rp 4,405,649.19 /trip
Asuransi	=	$(\text{jarak} \times \text{origin ke destination} / \text{total jarak}) \times \text{Biaya Asuransi (tahun)} / \text{frekuensi}$
	=	Rp 517,041.00

Gaji Kru	=	(Total Gaji Kru (sebulan)/30)*waktu per satu trip (hari)
	=	Rp 9,484,206.22 /trip
Maintenance	=	(jarak Origin ke Destination/total jarak)*Biaya Maintenance (tahun)/frekuensi
	=	Rp 1,034,716.30 /trip
Administrasi	=	Rp 50,000.00 /trip
Over Head Cost	=	10% (LO Cost+Asuransi+Gaji Kru+Maintenance+Administrasi)
	=	Rp 1,549,161.27 /trip
Total OC	=	LO Cost+Asuransi+Gaji Kru+Maintenance+Administrasi+Over Head Cost
	=	Rp 7,040,773.98 /trip

Port Charge

Belawan (Pelabuhan Pemuatan)

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	/trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	/trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	/trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	/trip
Biaya Muat	=	(Jumlah TEU B/M jasa B/M per TEU) + (Jumlah FEU B/M jasa B/M per FEU)
	=	Rp 2,423,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 2,423,000.00 Rp

Port Charge

Surabaya (Pelabuhan Tujuan)

Labuh	=	Jasa Labuh * GT kapal * jumlah kunjungan kapal
	=	Rp 36,526.00 /trip
Tambat	=	Jasa Tambat * GT kapal * etmal
	=	Rp 2,484,044.00 /trip
Pandu	=	(Tarif tetap jasa pandu * jumlah kapal * gerakan kapal) + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal * gerakan kapal)
	=	Rp 1,921,587.00 /trip
Tunda	=	Tarif tetap jasa pandu + (Tarif variabel jasa pandu * GT kapal)
	=	Rp 2,528,516.00 /trip
Biaya B/M	=	(Jumlah TEU B/M jasa B/M per TEU) + (Jumlah FEU B/M jasa B/M per FEU)
	=	Rp 320,000.00 /trip
Total Biaya Pelabuhan Pemuatan	=	Rp 17,790,673.00 Rp

Total Biaya OP	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost
	=	Rp 9,592,327.77

Total Biaya	=	Total Voyage Cost + Total Operating Cost + Port Charges + Charter Kapal
	=	Rp 36,313,234.44

Pendapatan

Banjarmasin-Surabaya

Muat		
Full (TEU)	=	Rp 61,019,455.25 TEUs
Empty (TEU)	=	0 TEUs
Full (FEU)	=	- FEUs
Empty (FEU)	=	0 FEUs
Total Pendapatan	=	Total Pendapatan Pelabuhan Asal + Total Pendapatan Pelabuhan Tujuan
	=	Rp 61,019,455.25

LAMPIRAN HASIL EMISI

Kategori kapal <500 TEUs, dibangun sebelum 1 Januari 1990

(Gresik-Dili)

Gresik

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.000617057 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.100492136 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.558877318 ton

Gresik

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Perjalanan Gresik-Dili

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.156810054 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.986260685 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	11.04639714 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.011658927 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.898739612 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	10.55965714 ton

Dili

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.002270501 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.369767368 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	2.056425538 ton

Dili

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00523157 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.851998544 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	4.738307692 ton

Total Emisi		
SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di perjalanan @ Total Emisi di pelabuhan Tujuan 0.17658811 ton/trip
NOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di perjalanan @ Total Emisi di pelabuhan Tujuan 5.207258345 ton/trip 5.20725835
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di perjalanan @ Total Emisi di pelabuhan Tujuan 28.95966483 ton/trip
BATASAN EMISI		
Gresik		
Effective Time		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00088151 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
Gresik		
Non Effective Time		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
Perjalanan Gresik-Dili		
ME		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.017423339 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
AE		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.016655611 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
Dili		
Effective Time		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.003243573 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
Dili		
Non Effective Time		
SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.007473671 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Total Batas Emisi		
SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0.045677705 ton/trip
NOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan - ton/trip
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0 ton/trip

(Dili-Wini)

EMISI

Dili

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.001893828 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.308423473 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.715267384 ton

Dili

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Perjalanan Dili-Wini

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.018033156 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.228419979 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.270335672 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.001340777 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.218355055 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.214360571 ton

Wini

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.000136021 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.022151962 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.123196 ton

Wini

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.000313894 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.051119913 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.284298462 ton

TotalEmisi

SOx	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
	=	0.021717676 ton/trip
Nox	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
	=	0.828470382 ton/trip 0.808533616
CO2	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
	=	4.607458089 ton/trip

BATASANEMISI**Dili**

EffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.002705469 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Dili

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

PerjalananDili-Wini**ME**

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.002003684 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

AE

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.001915395 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Wini

EffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.000194315 ton
NOx	=	- g/kwh
	=	- ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Wini

Non-Effective Time

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.00044842 ton

NOx = - g/kwh

= - ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0 ton

Total Batas Emisi

SOx = Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan

0.007267284 ton/trip

NOx = Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan

- ton/trip

CO2 = Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan

0 ton/trip

(Wini-Gresik)**EMISI****Wini**

Effective Time

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.000355747 ton

NOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.057935901 ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.322204923 ton

Wini

Non-Effective Time

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0 ton

NOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0 ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0 ton

Perjalanan Wini-Gresik**ME**

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.155000707 ton

NOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 1.963342293 ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 10.91893872 ton

AE

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.011524401 ton

NOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 1.876831078 ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 10.43781494 ton

Gresik

Effective Time

SOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.000576814 ton

NOx = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.093938301 ton

CO2 = Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi

= 0.522428797 ton

Gresik

NonEffectiveTime

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.000627788 ton
NOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.102239825 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.568596923 ton

TotalEmisi

SOx = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuar
0.168085458 ton/trip
NOx = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuar
4.094287398 ton/trip 4.094287398
CO2 = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuar
22.7699843 ton/trip

BATASANEMISI

Wini

EffectiveTime

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.00050821 ton
NOx = FALSE g/kwh
= 0 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton

Wini

NonEffectiveTime

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton
NOx = FALSE g/kwh
= 0 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton

PerjalananWini-Gresik

ME

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.017222301 ton
NOx = FALSE g/kwh
= 0 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton

AE

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.016463431 ton
NOx = FALSE g/kwh
= 0 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton

Gresik

EffectiveTime

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0.00082402 ton
NOx = FALSE g/kwh
= 0 ton
CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
= 0 ton

Gresik

NonEffectiveTime

SOx = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi

= 0.000896841 ton

NOx = FALSE g/kwh

= 0 ton

CO2 = KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi

= 0 ton

TotalBatasEmisi

SOx = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujar

0.035914802 ton/trip

Nox = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujar

0 ton/trip

CO2 = TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujar

0 ton/trip

Kategori kapal <500 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013

(Surabaya-Banjarmasin)

EMISI

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00113279 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.184482989 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.025984342 ton

Surabaya

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Perjalanan Surabaya-Banjarmasin

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.071993772 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.911921114 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	5.071561281 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00400018 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.651457942 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	3.623020484 ton

Banjarmasin

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.003681568 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.599569714 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	3.334449112 ton

Banjarmasin

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.000640273 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.104272994 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.579904193 ton

Total Emisi			
SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan	
		0.081448584 ton/trip	0.08144858
NOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan	
		2.451704752 ton/trip	2.45170475
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan	
		13.63491941 ton/trip	13.6349194

BATASAN EMISI

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0.001618272 ton	
NOx	=	10.42303658 g/kwh	
	=	0.025761735 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

Surabaya

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	
NOx	=	10.42303658 g/kwh	
	=	0 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

Perjalanan Surabaya-Banjarmasin

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0.007999308 ton	
NOx	=	11.97292497 g/kwh	
	=	0.417995073 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0.005714543 ton	
NOx	=	10.42303658 g/kwh	
	=	0.090971462 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

Banjarmasin

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0.005259383 ton	
NOx	=	10.42303658 g/kwh	
	=	0.08372564 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

Banjarmasin

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0.000914675 ton	
NOx	=	10.42303658 g/kwh	
	=	0.014560981 ton	
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi	
	=	0 ton	

Total Batas Emisi		
SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0.021506182 ton/trip
Nox	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0.633014891 ton/trip
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0 ton/trip

(Banjarmasin-Surabaya)

Banjarmasin

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.003510829 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.571763582 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 3.179807994 ton

Banjarmasin

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Perjalanan Banjarmasin-Surabaya

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.071993772 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.911921114 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 5.071561281 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.00400018 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.651457942 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 3.623020484 ton

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.001080255 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.175927256 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.97840246 ton

Surabaya

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.000768327 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.125127593 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.695885032 ton

Total Emission		
SOx	=	Total Emission di Pelabuhan Pemuatan - Total Emission di Perjalanan - Total Emission di Pelabuhan Tujuan 0.081353364 ton/trip
NOx	=	Total Emission di Pelabuhan Pemuatan - Total Emission di Perjalanan - Total Emission di Pelabuhan Tujuan 2.436197487 ton/trip 2.43619749
CO2	=	Total Emission di Pelabuhan Pemuatan - Total Emission di Perjalanan - Total Emission di Pelabuhan Tujuan 13.54867725 ton/trip

BATASAN EMISI

Banjarmasin

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00501547 ton
NOx	=	10.42303658 g/kwh
	=	0.079842712 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Banjarmasin

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	10.42303658 g/kwh
	=	0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Perjalanan Banjarmasin-Surabaya

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.007999308 ton
NOx	=	11.97292497 g/kwh
	=	0.417995073 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.005714543 ton
NOx	=	10.42303658 g/kwh
	=	0.090971462 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.001543222 ton
NOx	=	10.42303658 g/kwh
	=	0.024566988 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Surabaya

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.00109761 ton
NOx	=	10.42303658 g/kwh
	=	0.017473177 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

TotalBatasEmisi

SOx	=	TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuan
		0.021370153 ton/trip
Nox	=	TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuan
		0.630849412 ton/trip
CO2	=	TotalEmisiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiPerjalanan+TotalEmisiPelabuhanTujuan
		0 ton/trip

**Kategori kapal 500 TEUs-1000 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013
(Surabaya-Pantoloan)**

EMISI

Surabaya

EffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.008103293 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	1.31967909 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	7.339267924 ton

Surabaya

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Perjalanan Surabaya-Pantoloan

ME

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.246008528 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	4.756164874 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	17.32993408 ton

AE

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.027181045 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	4.42662727 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	24.61826043 ton

Pantoloan

EffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.026335701 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	4.288957044 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	23.85262075 ton

Pantoloan

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.003251321 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.52950087 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	2.944767994 ton

Total Emisi		
SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 0.310879888 ton/trip 0.31087989
NOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 15.32092915 ton/trip 15.3209291
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan @ Total Emisi di Perjalanan @ Total Emisi di Pelabuhan Tujuan 76.08485118 ton/trip 76.0848512

BATASAN EMISI

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.011576132 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0.148859173 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Surabaya

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh 0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Perjalanan Surabaya-Pantoloan

ME

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.027334281 ton
NOx	=	15.44431514 g/kwh 2.555423316 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.038830064 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh 0.499321448 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Pantoloan

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.03762243 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh 0.483792312 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Pantoloan

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0.004644744 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh 0.059727446 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi 0 ton

Total Batas Emisi

SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		0.120007652 ton/trip
NOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		3.747123695 ton/trip
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di Perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		0 ton/trip

(Pantoloan-Surabaya)**EMISI****Pantoloan**

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.011650567 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	1.897378116 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	10.55208531 ton

Pantoloan

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Perjalanan Banjarmasin-Surabaya**ME**

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.246008528 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	4.756164874 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	17.32993408 ton

AE

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.027181045 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	4.42662727 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	24.61826043 ton

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.00358479 ton
NOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.583808651 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	3.246795481 ton

Surabaya

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.003901585 ton
NOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.635401044 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	3.533721593 ton

TotalEmisi

SOx	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
		0.292326515 ton/trip
Nox	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
		12.29937995 ton/trip 12.29938
CO2	=	TotalEmisiDiPelabuhanPemuatan+TotalEmisiDiPerjalanan+TotalEmisiDiPelabuhanTujuan
		59.2807969 ton/trip

BATASANEMISI**Pantoloan**

EffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.016643668 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0.214023348 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Pantoloan

NonEffectiveTime

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

ME

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.027334281 ton
NOx	=	15.44431514 g/kwh
	=	2.555423316 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

AE

SOx	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0.038830064 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0.499321448 ton
CO2	=	KonsumsiBahanBakar*FaktorEmisi
	=	0 ton

Surabaya

Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.005121129 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0.065853338 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

Surabaya

Non Effective Time

SOx	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0.005573693 ton
NOx	=	12.07107684 g/kwh
	=	0.071672935 ton
CO2	=	Konsumsi Bahan Bakar * Faktor Emisi
	=	0 ton

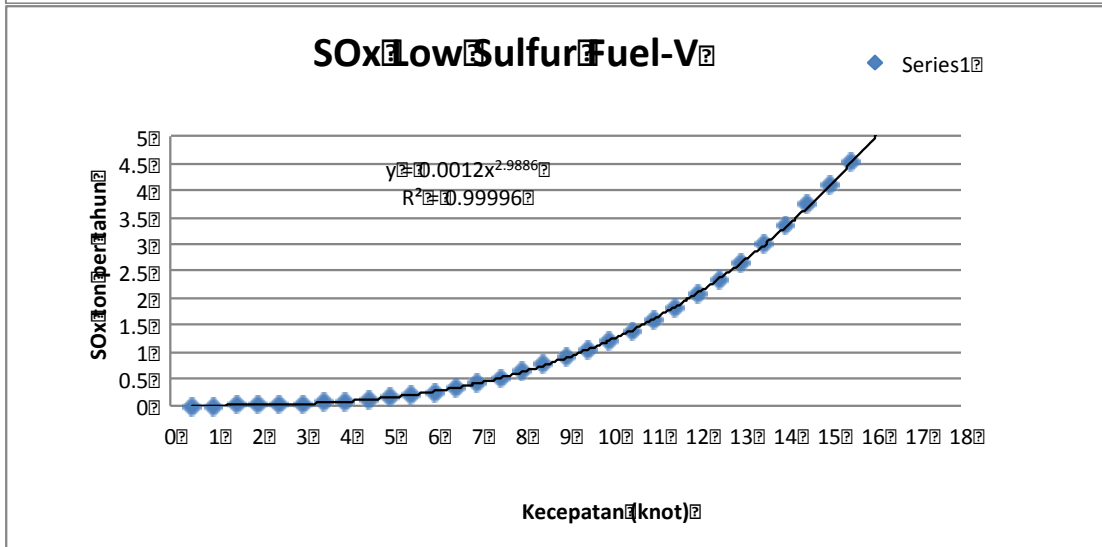
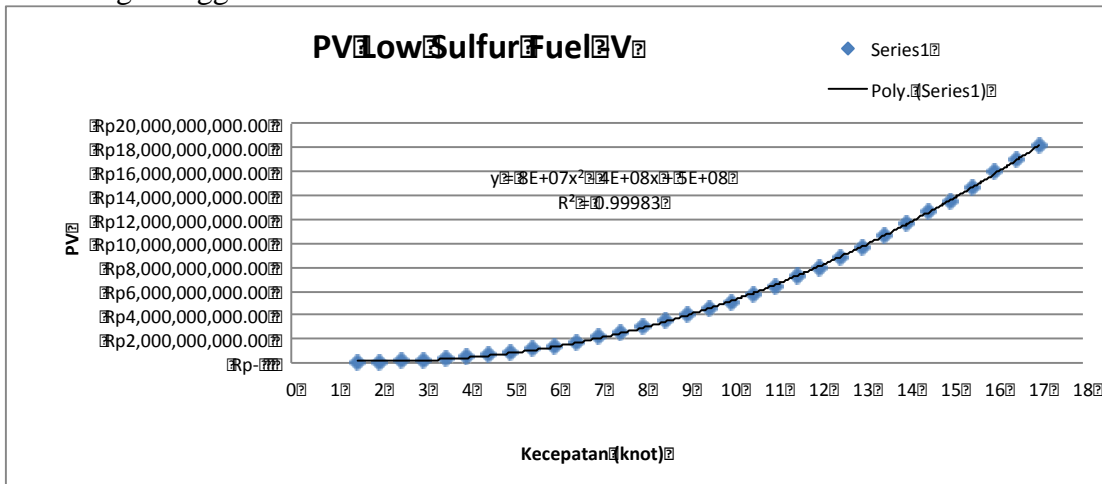
Total Batas Emisi

SOx	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		0.093502834 ton/trip
Nox	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		3.406294385 ton/trip
CO2	=	Total Emisi di Pelabuhan Pemuatan + Total Emisi di perjalanan + Total Emisi di Pelabuhan Tujuan
		0 ton/trip

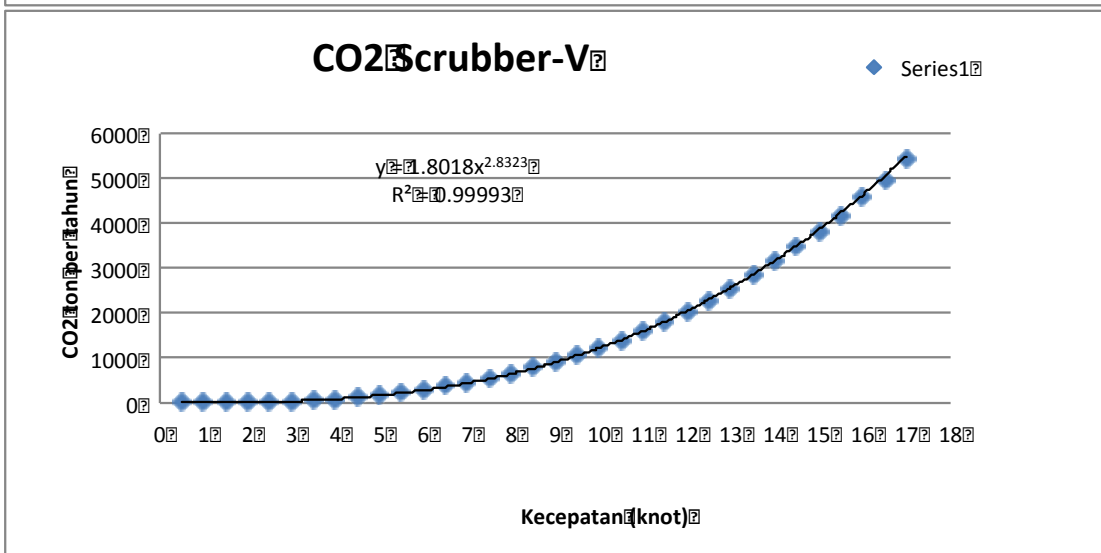
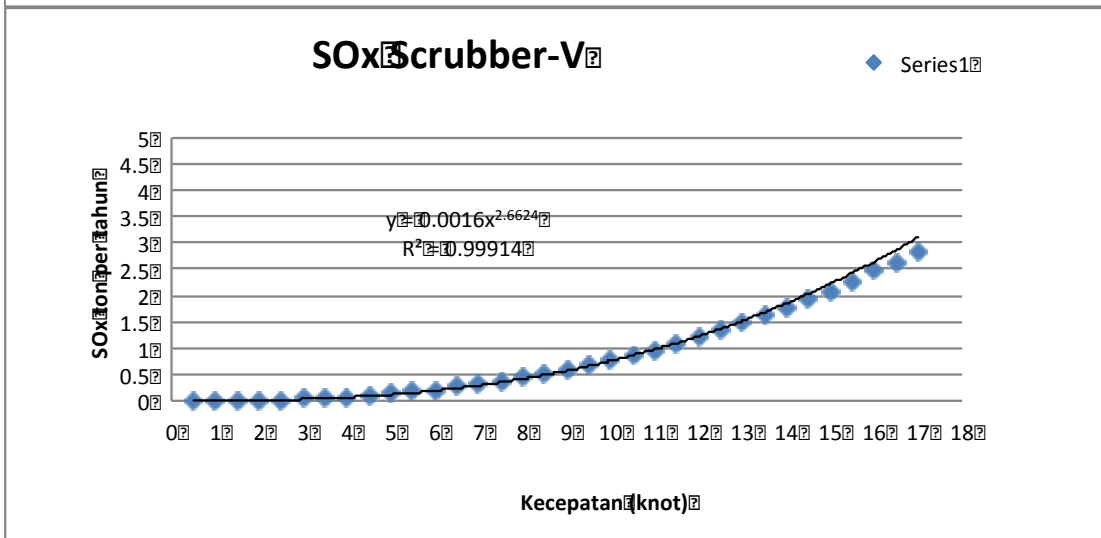
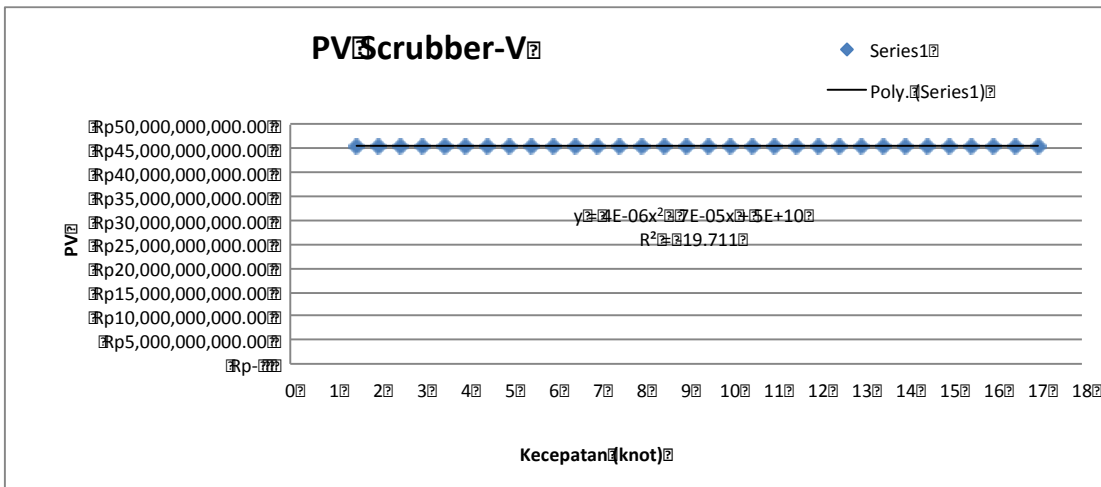
LAMPIRAN OPSI GREEN DAN PERSAMAANNYA

Kategori kapal <500 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013

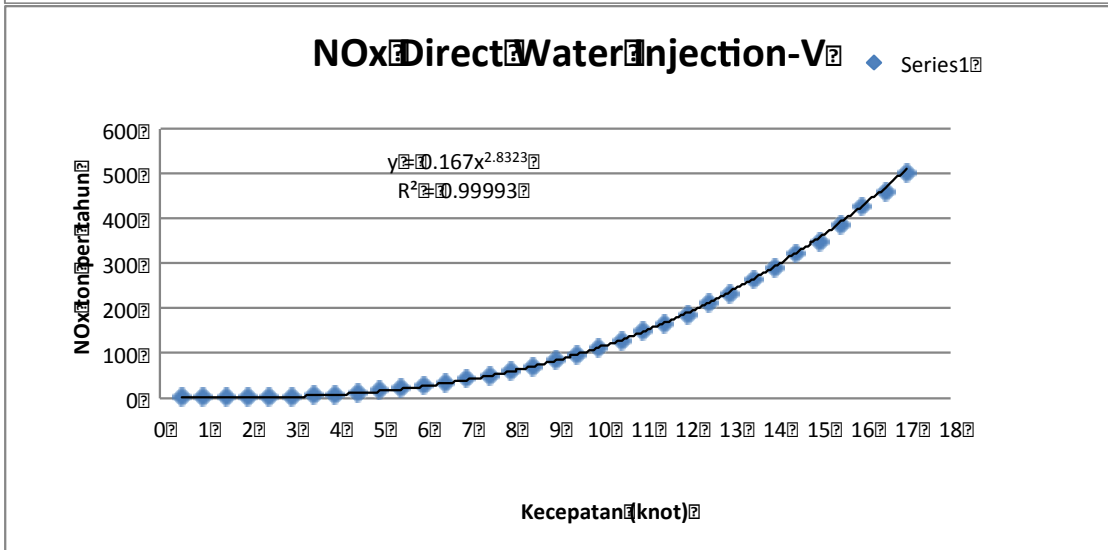
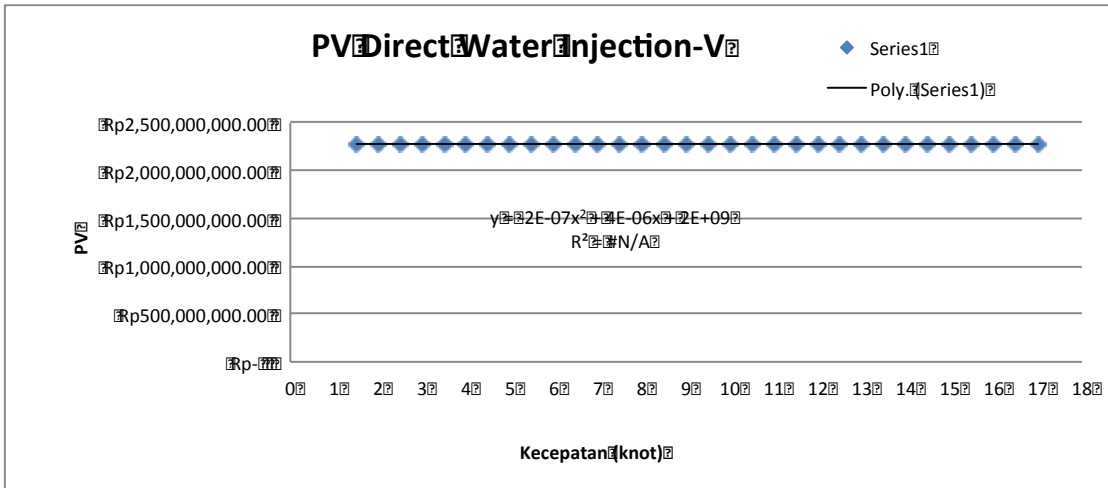
- Strategi Penggunaan Low sulfur Fuel



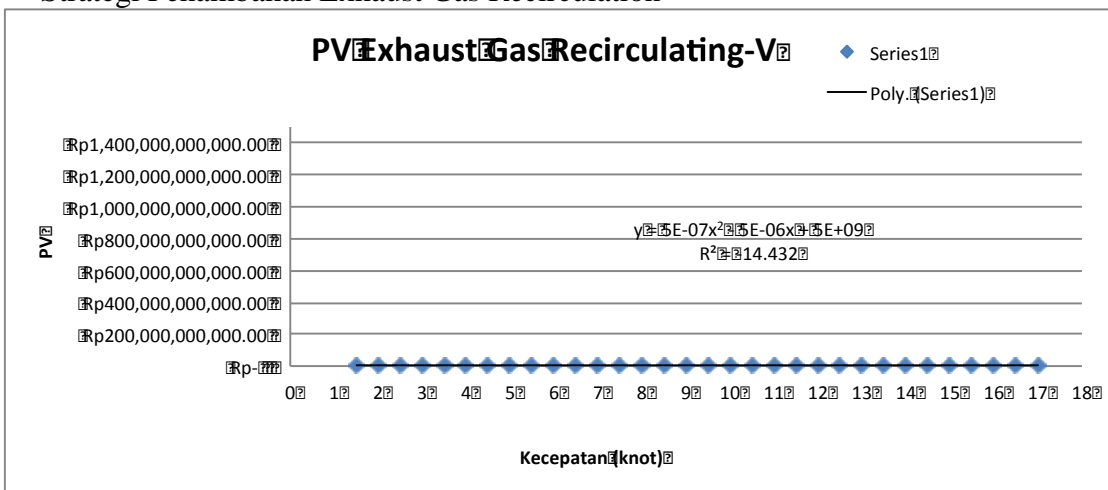
- Strategi Penambahan Scrubber

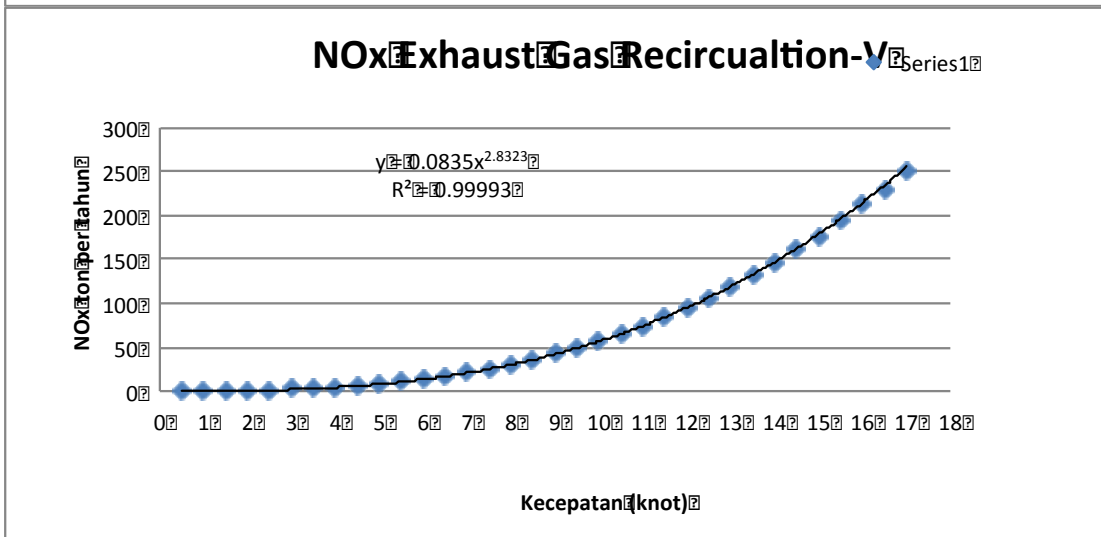
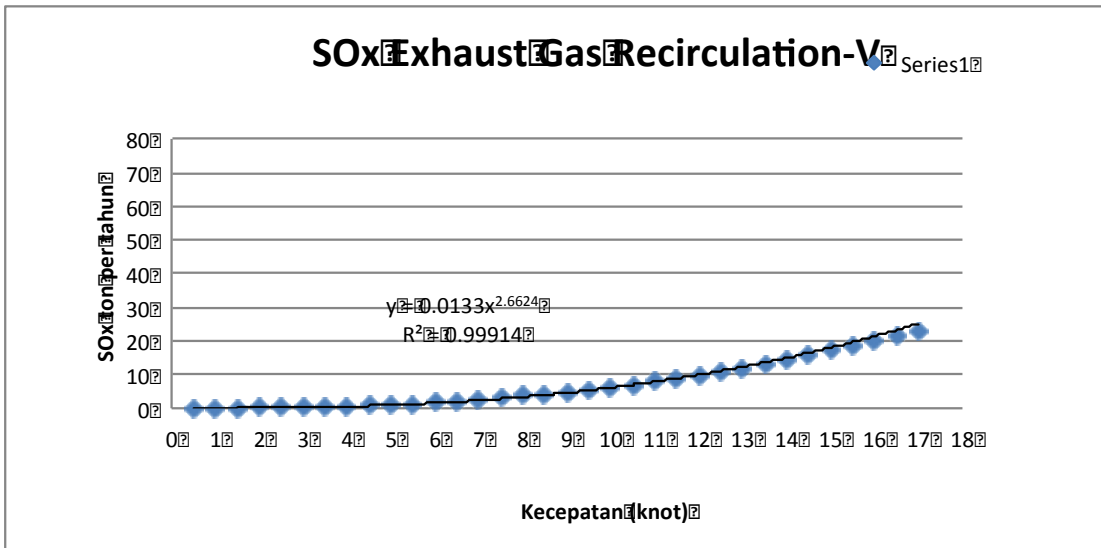


- Strategi Penambahan Direct Water Injection

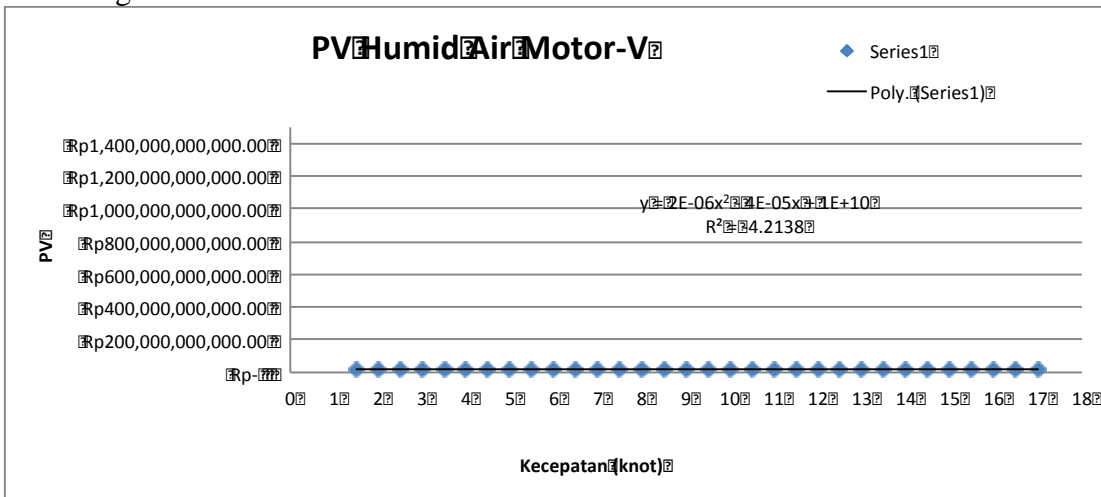


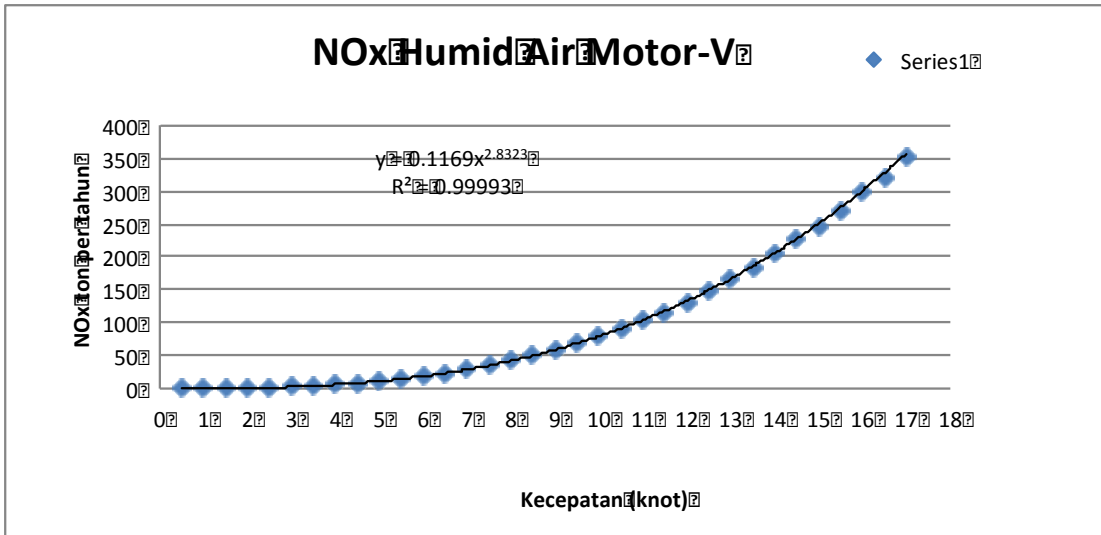
- Strategi Penambahan Exhaust Gas Recirculation



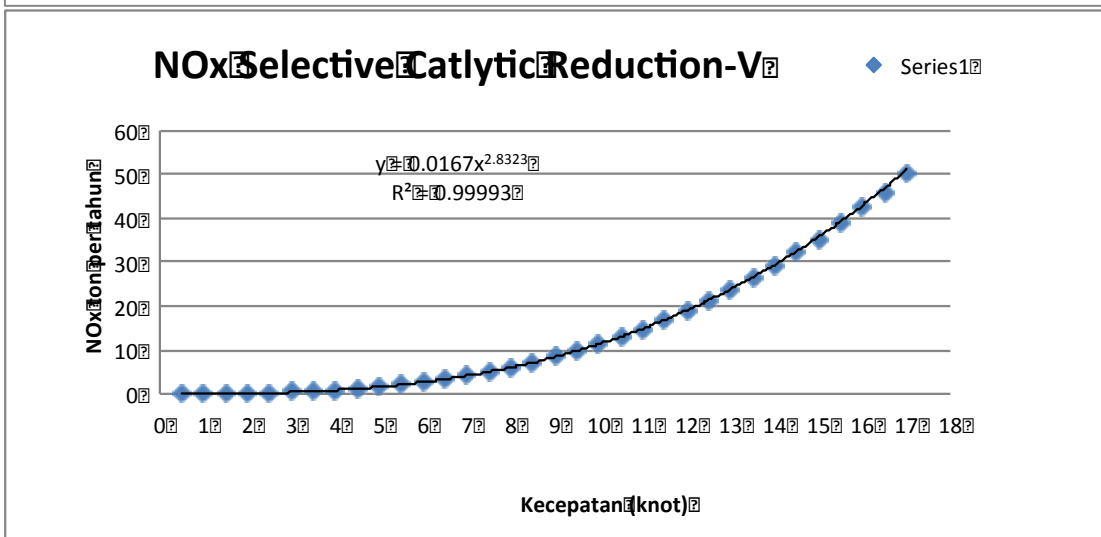
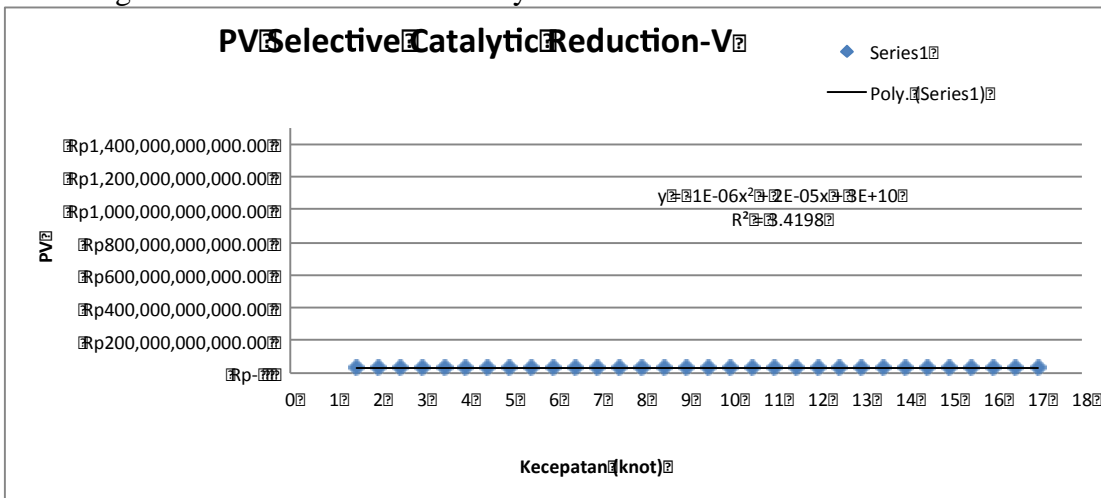


- Strategi Penambahan Humid Air Motor

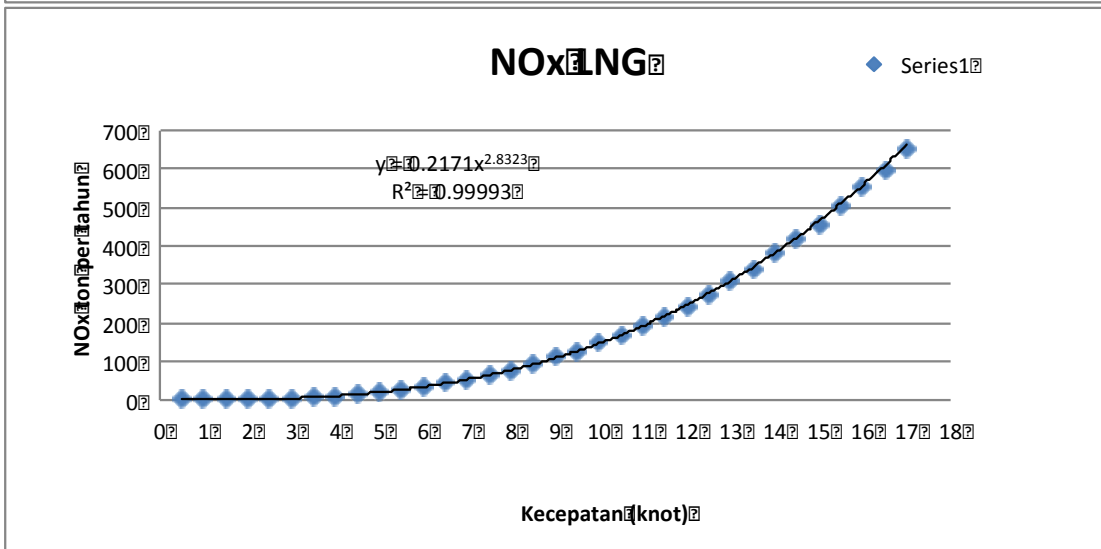
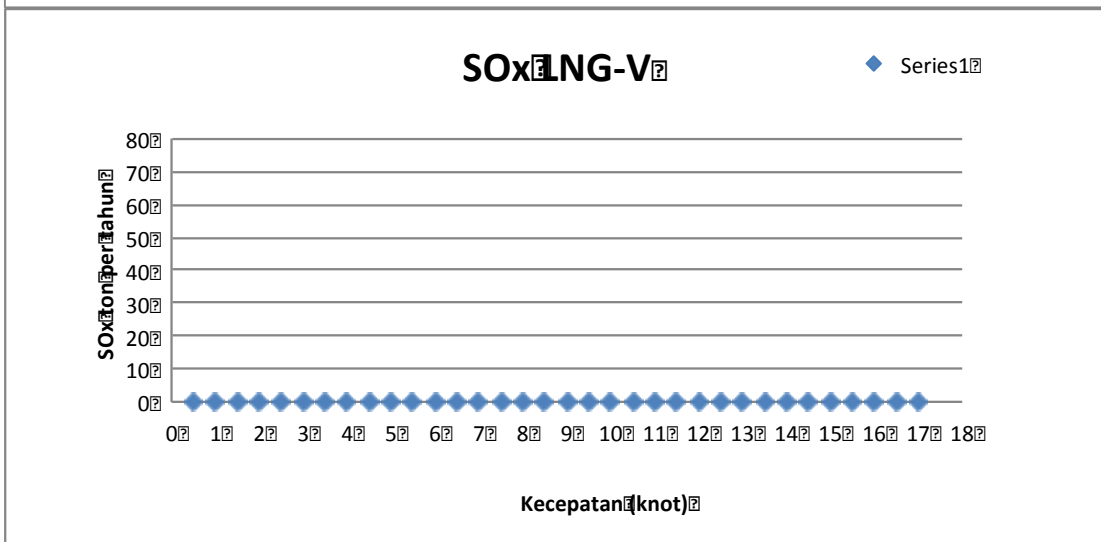
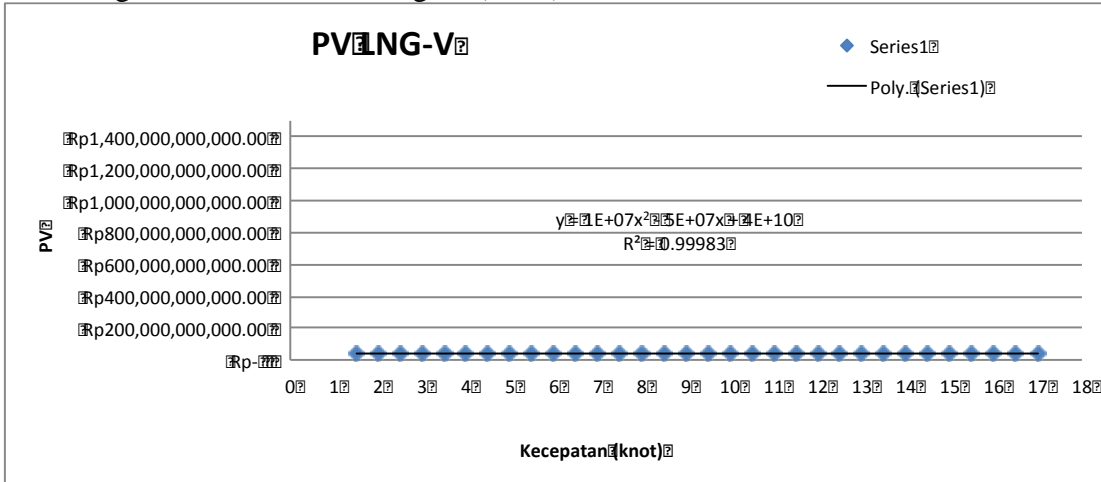


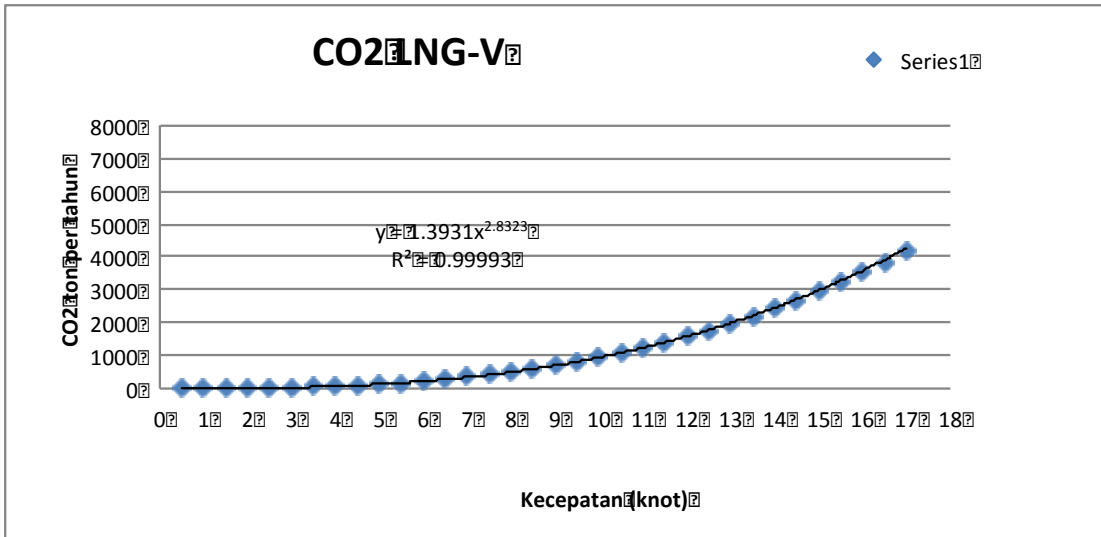


- Strategi Penambahan Selective Catalytic Reduction

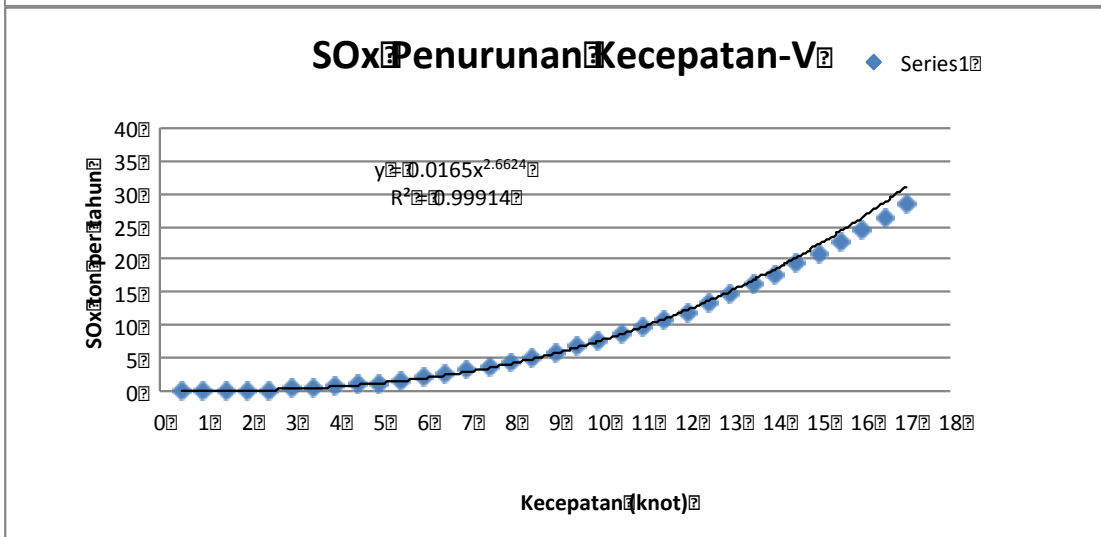
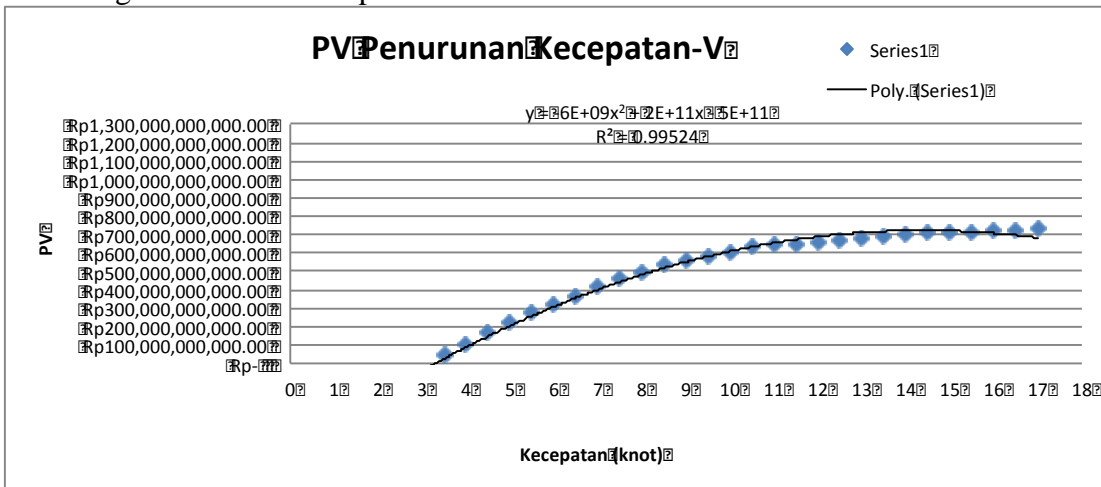


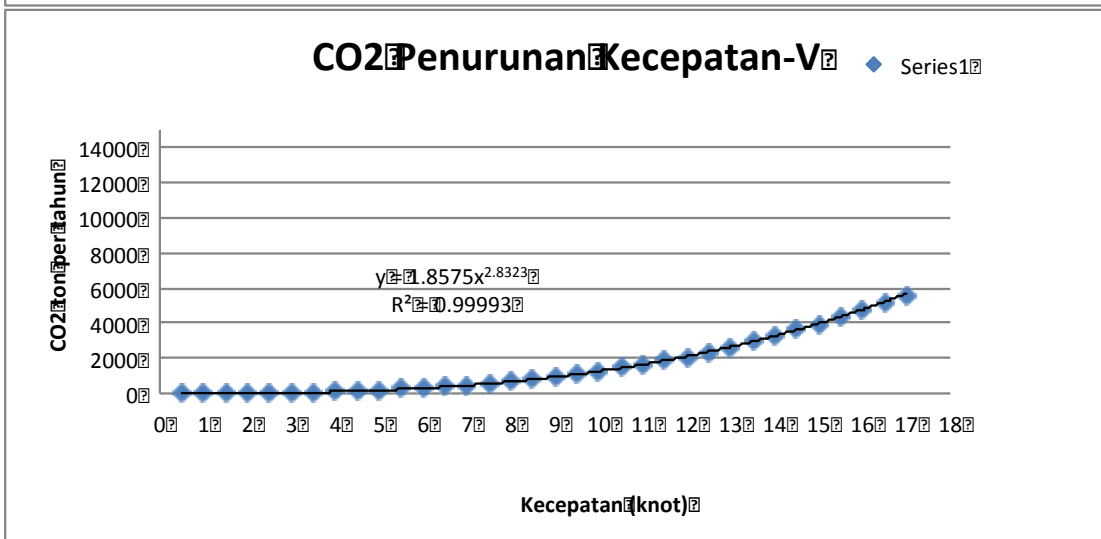
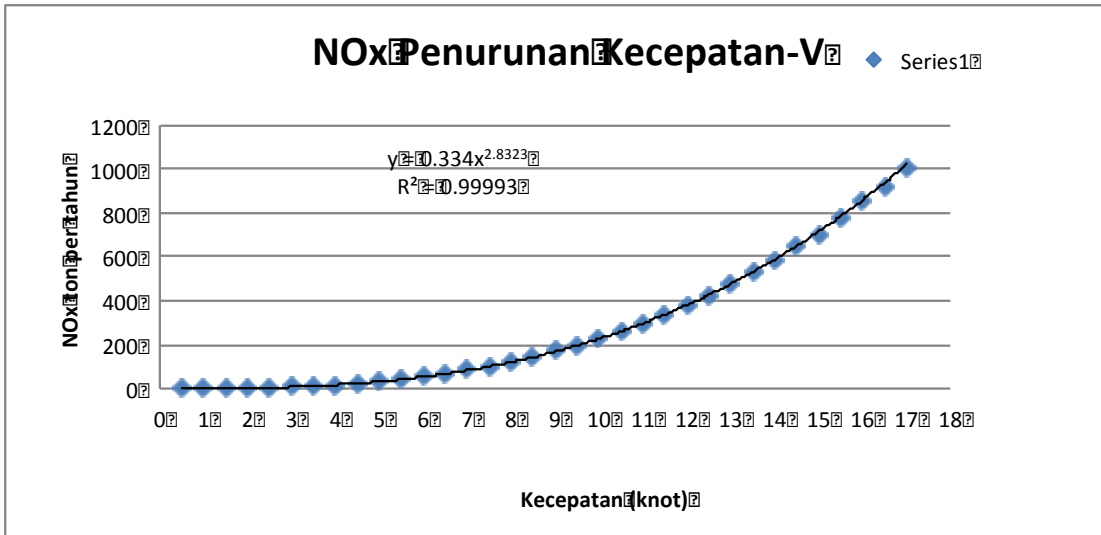
- Strategi Penambahan Gas Engine (LNG)





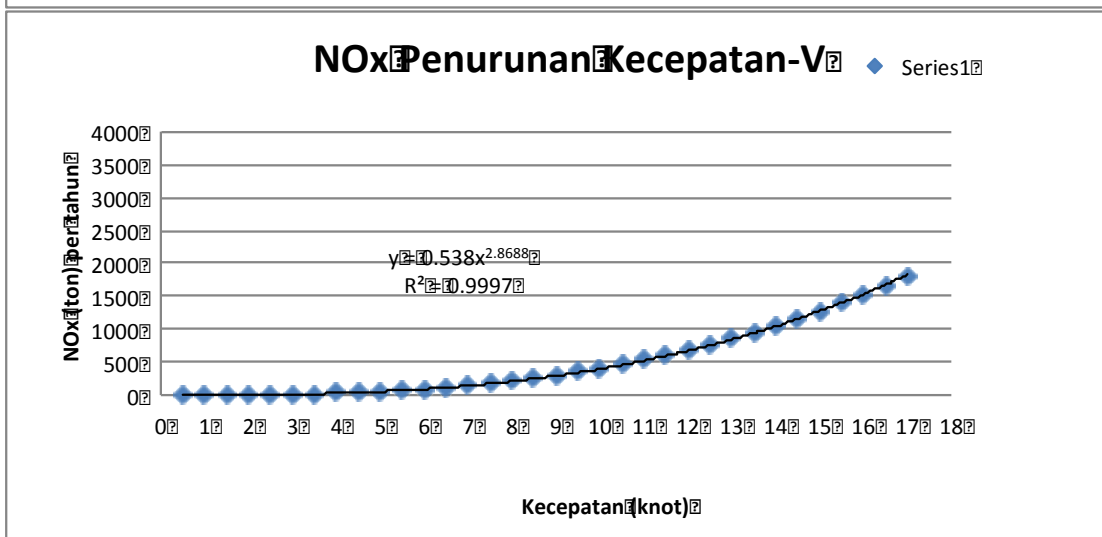
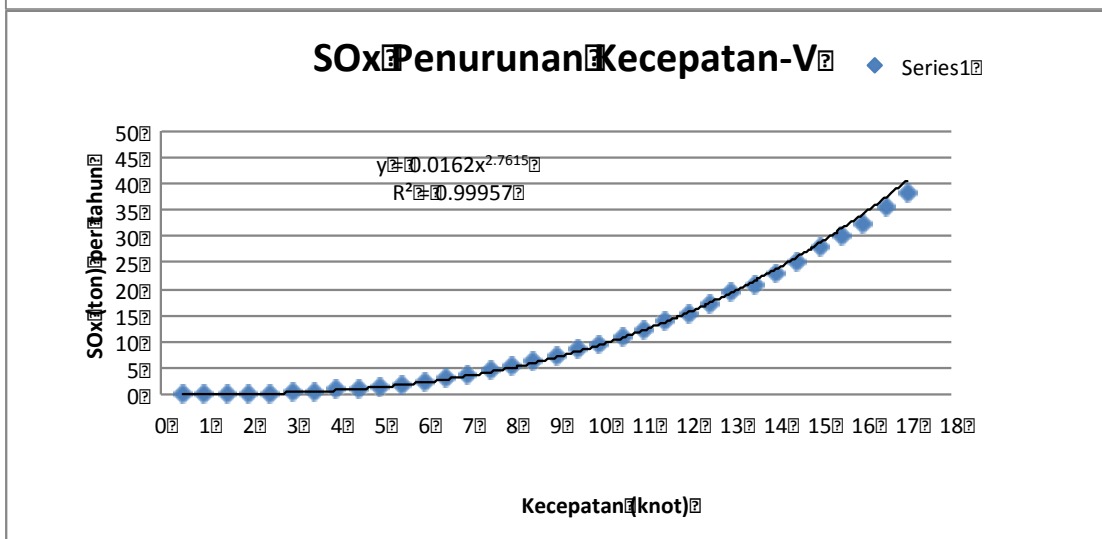
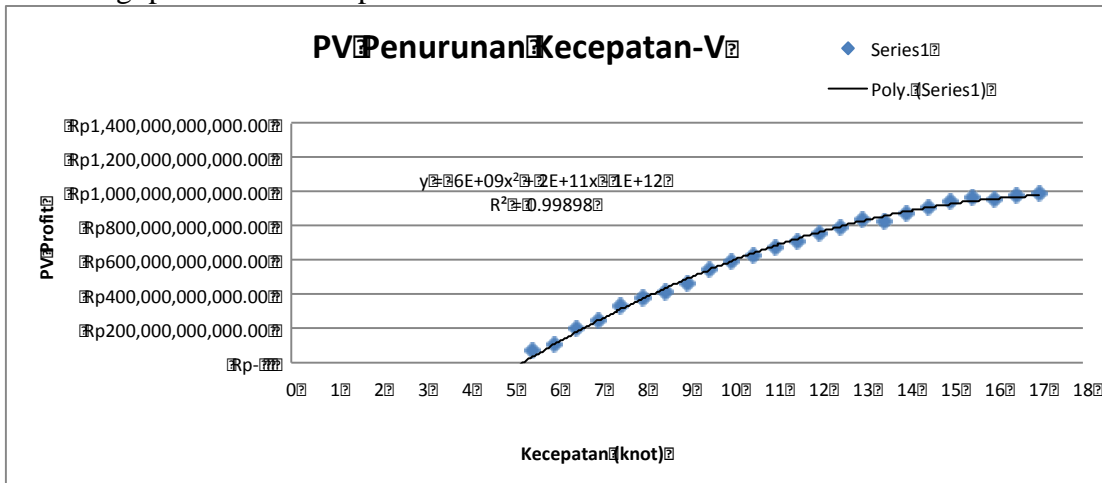
- Strategi Penurunan Kecepatan

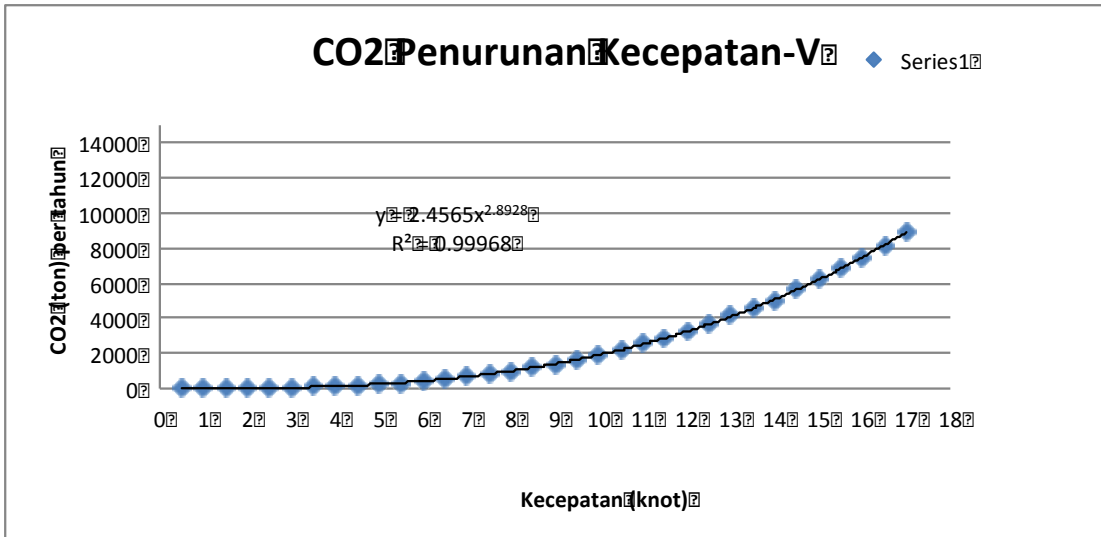




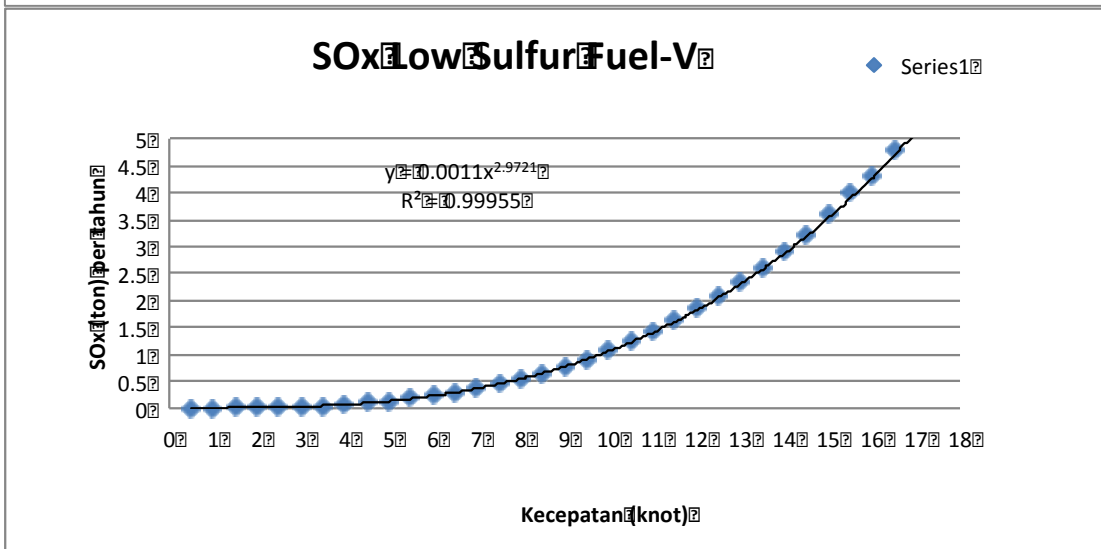
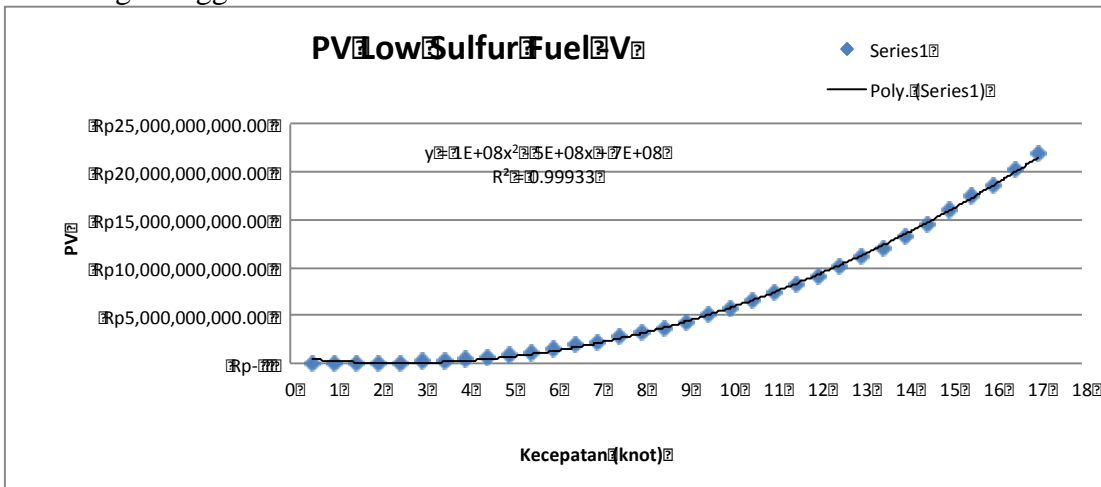
Kategori kapal 500 TEUs ≤ kapal ≤ 1000 TEUs, dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2013

- Strategi penurunan Kecepatan

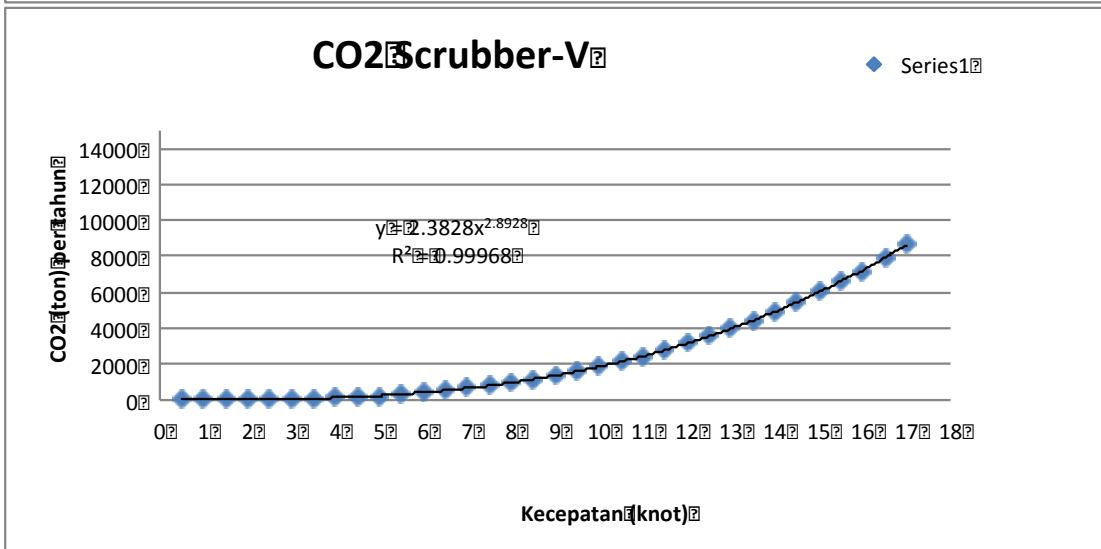
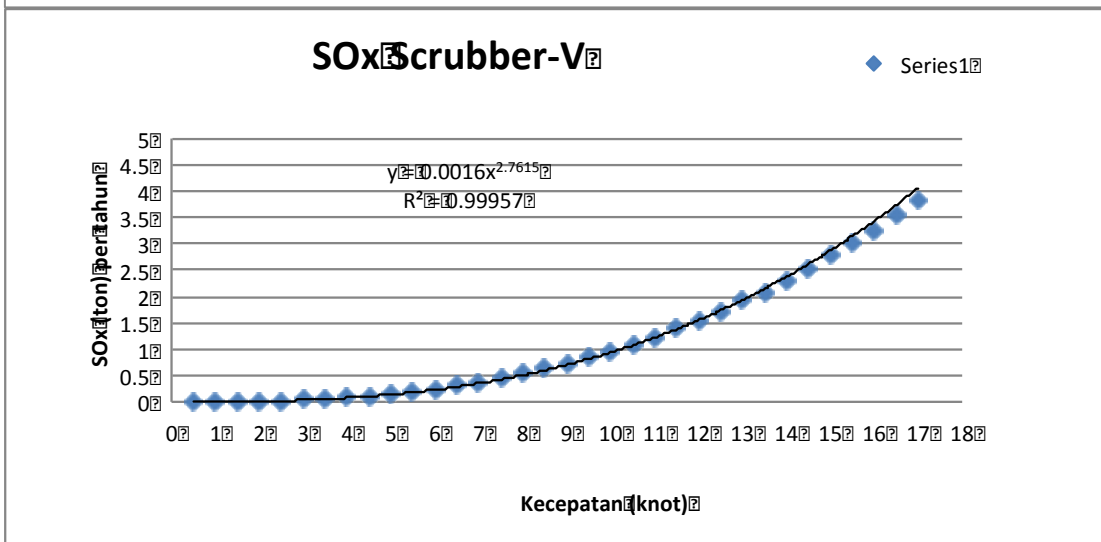
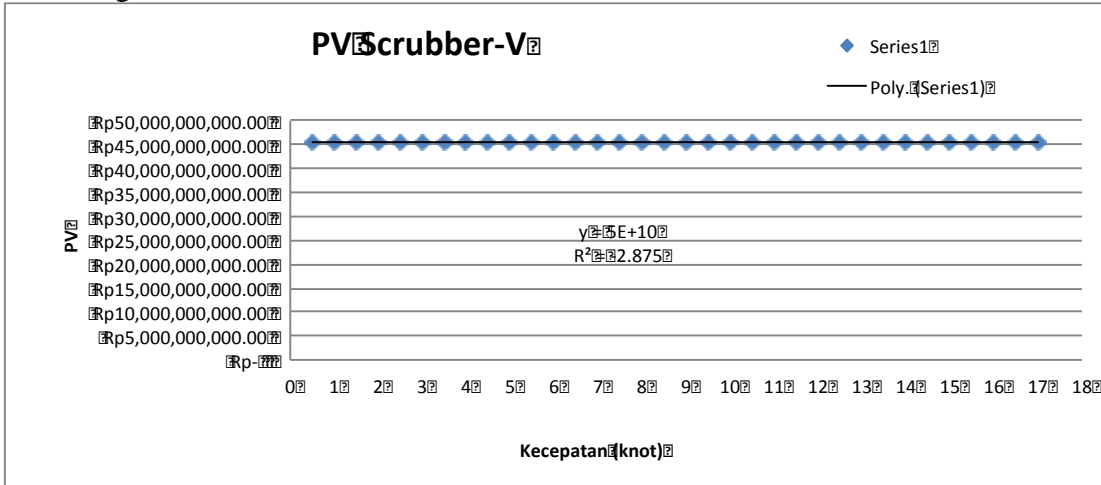




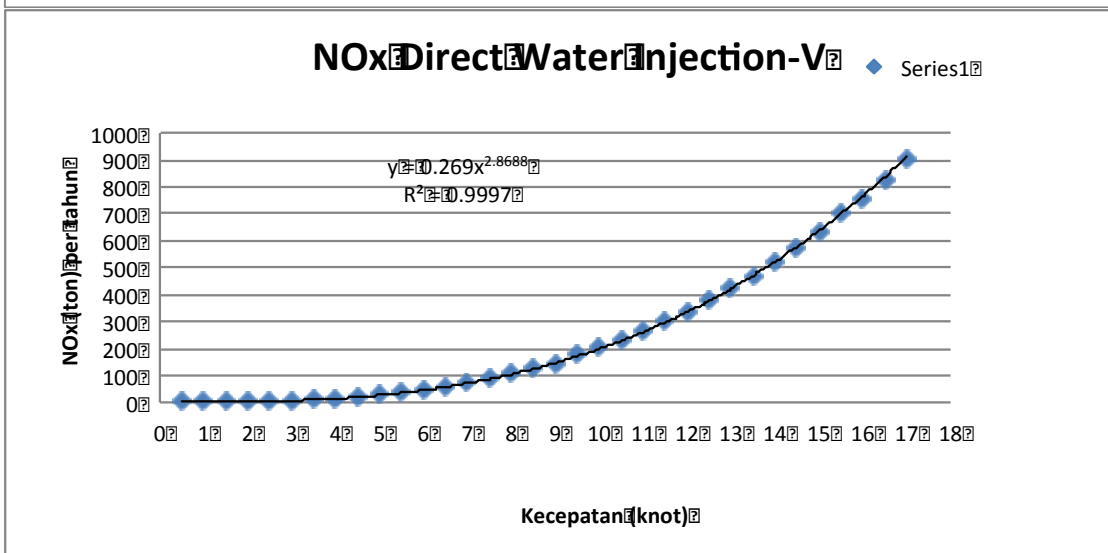
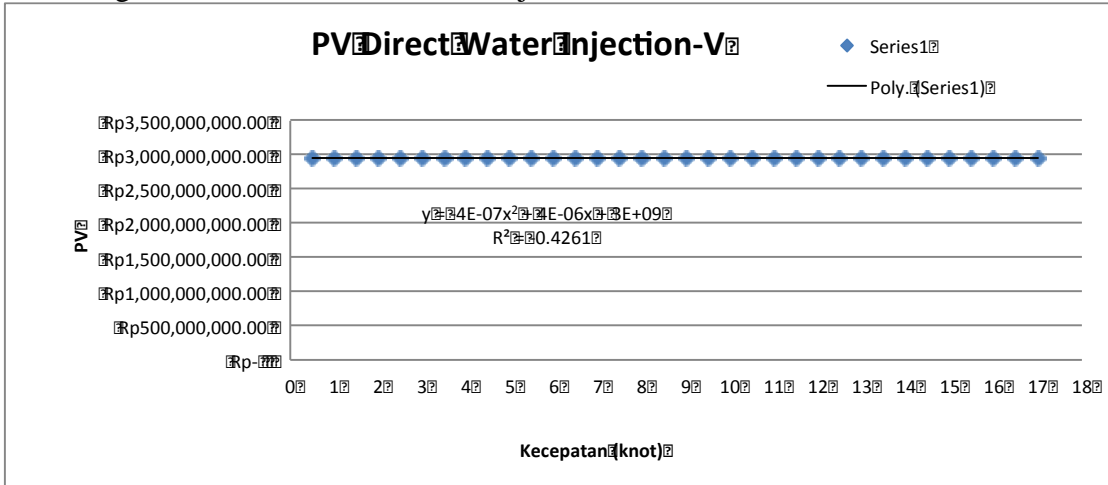
- Strategi Penggunaan Low sulfur Fuel



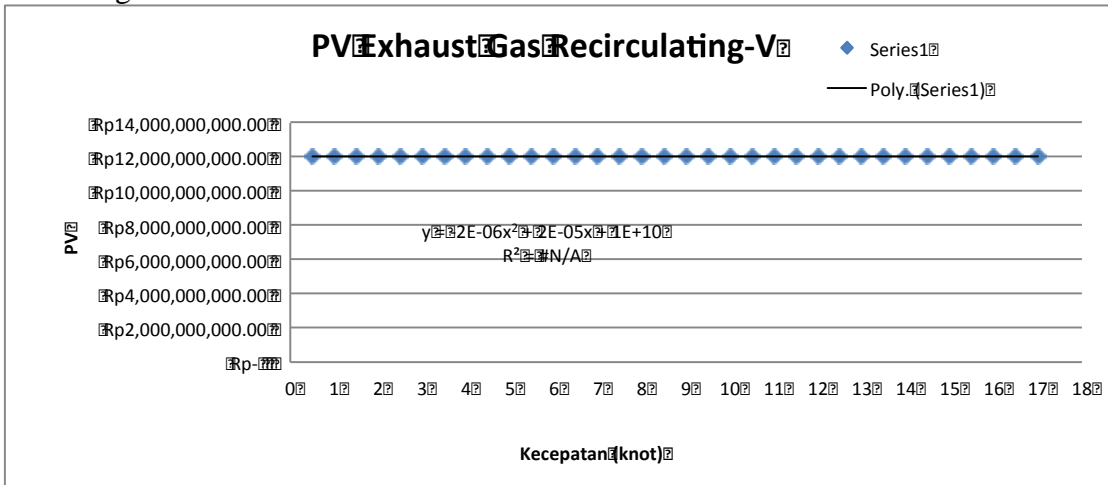
- Strategi Penambahan Scrubber

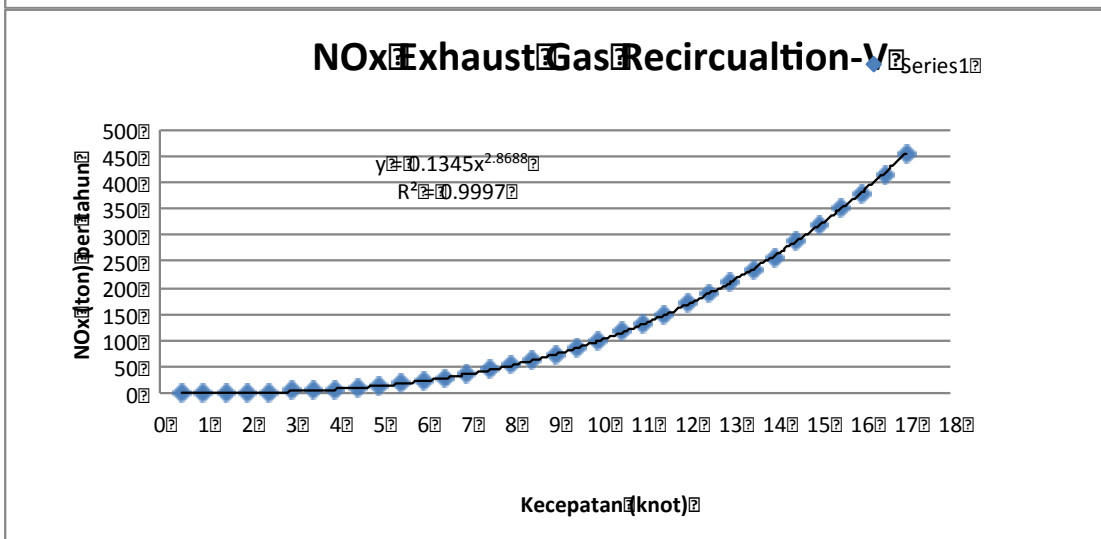
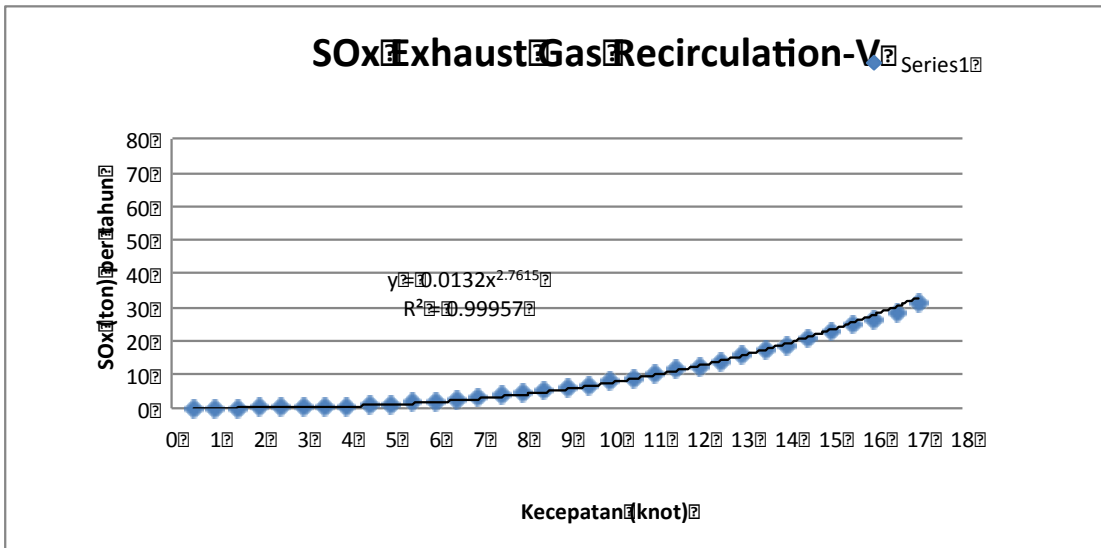


- Strategi Penambahan Direct Water Injection

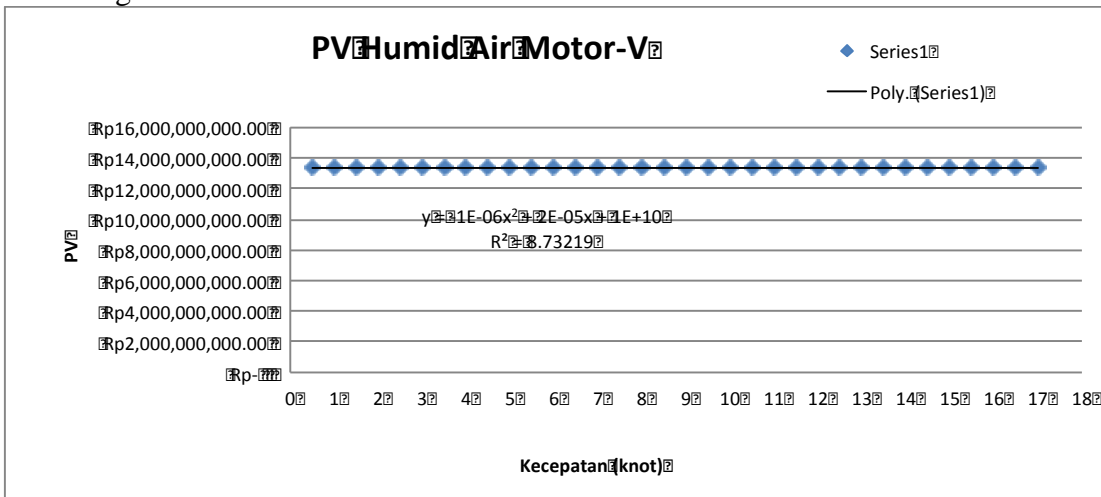


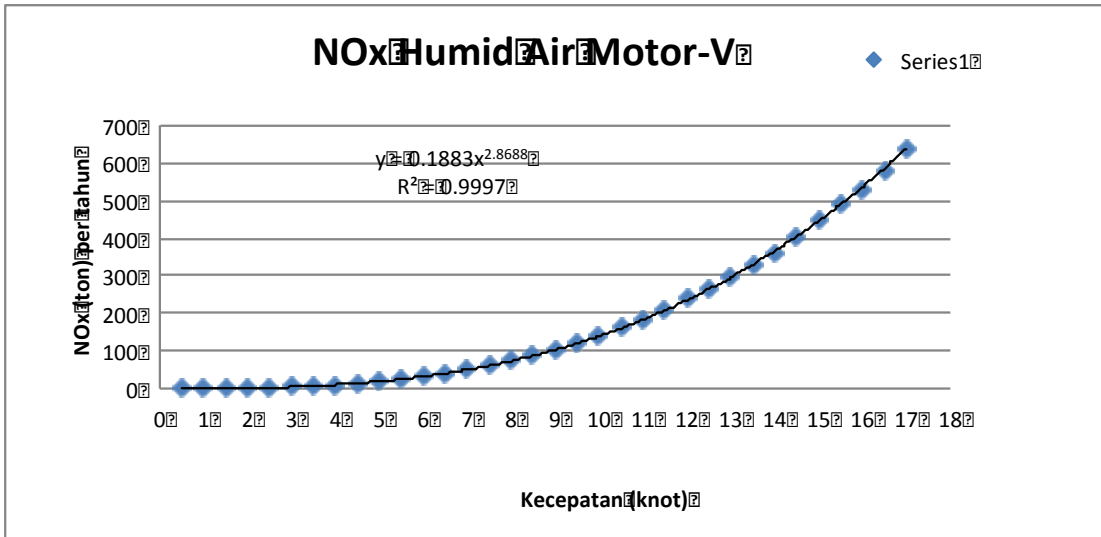
- Strategi Penambahan Exhaust Gas Recirculation



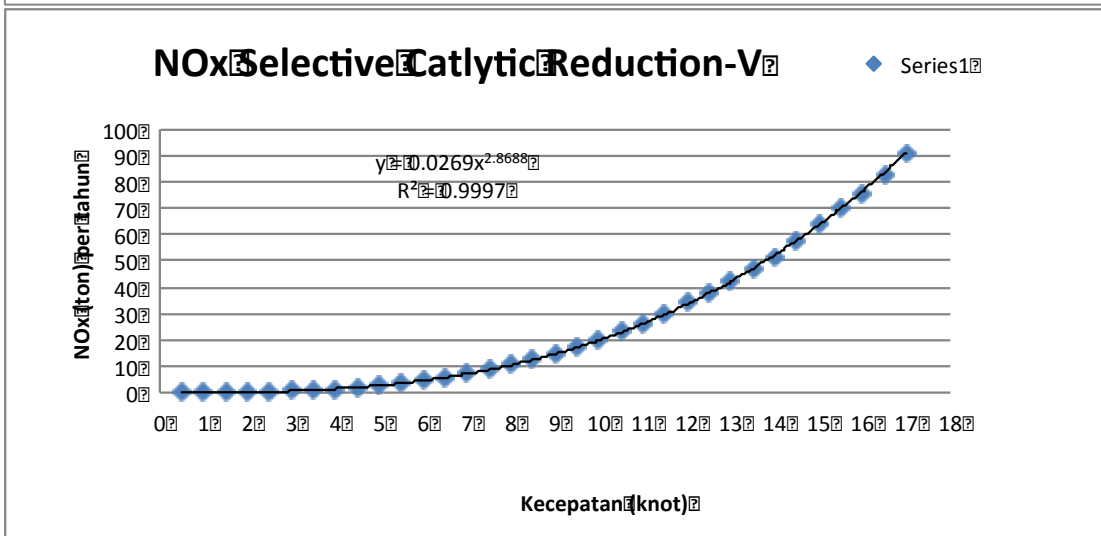
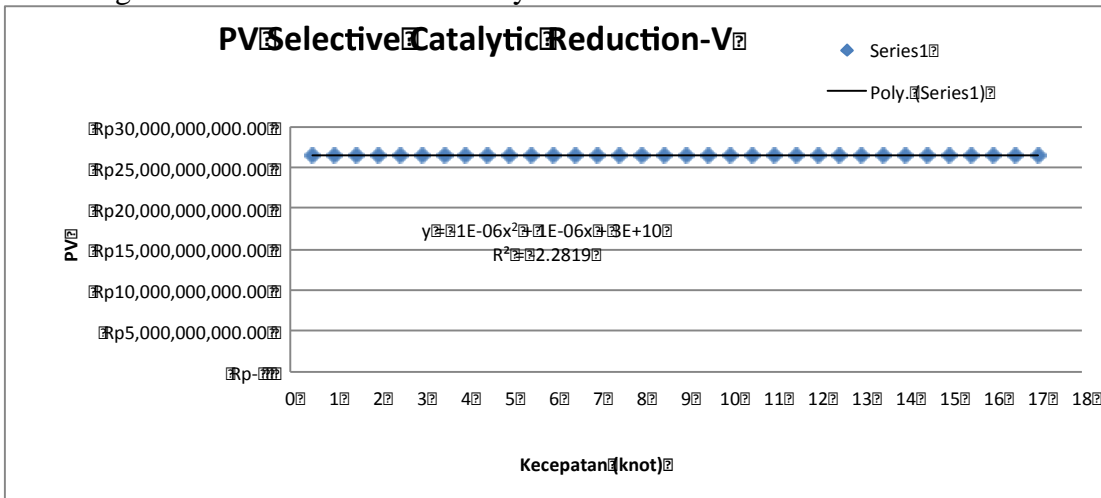


- Strategi Penambahan Humid Air Motor

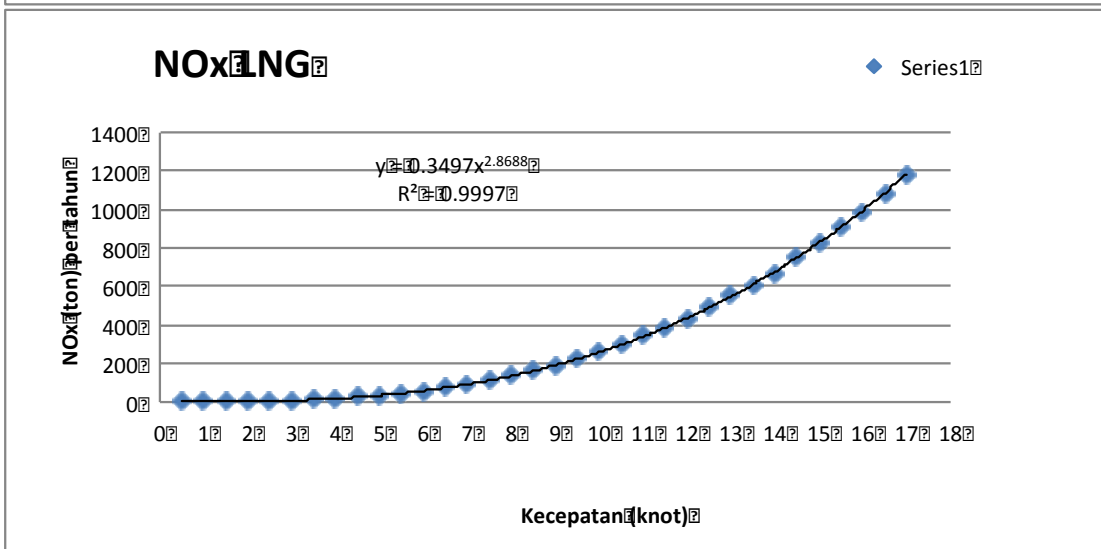
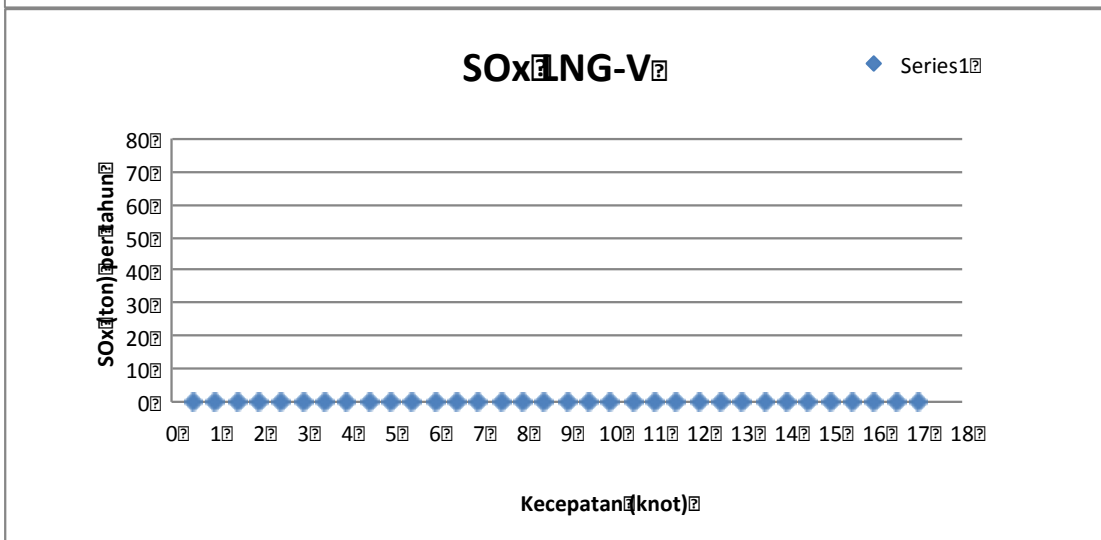
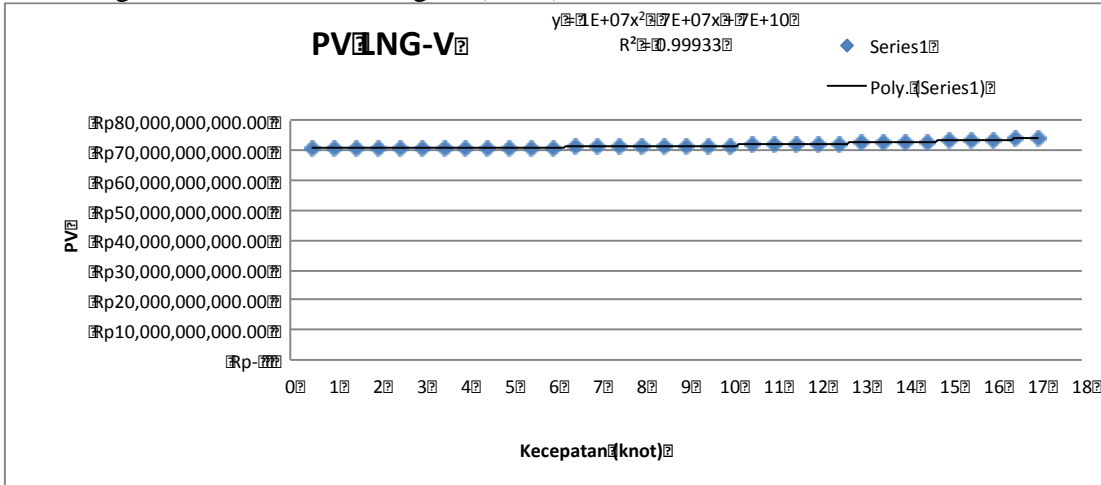


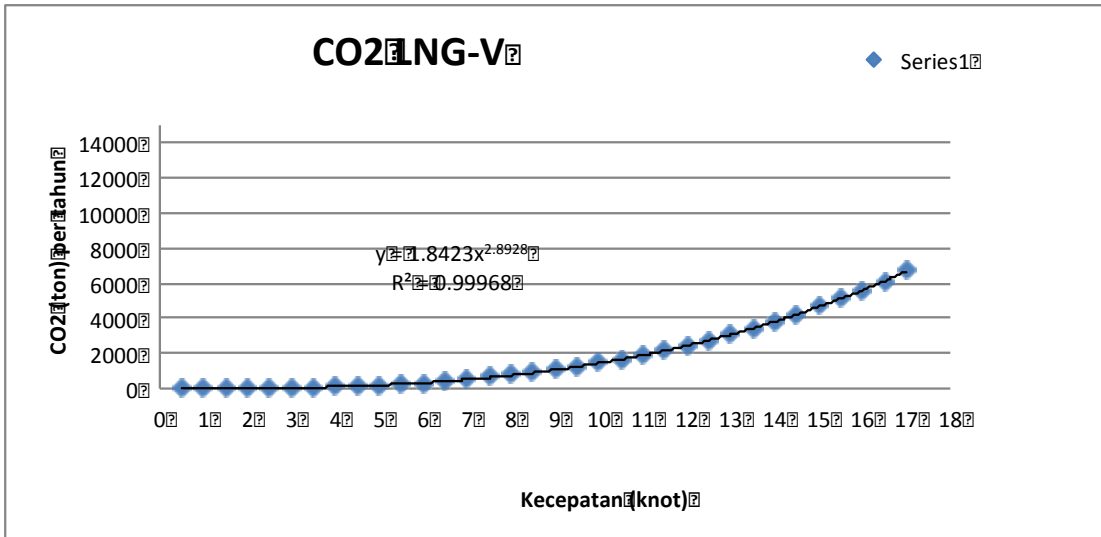


- Strategi Penambahan Selective Catalytic Reduction



- Strategi Penambahan Gas Engine (LNG)





BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

- 1) Kapal peti kemas Indonesia didominasi oleh kapal yang dibangun setelah 1 Januari 1990 dan sebelum 1 Januari 2103 yakni sebanyak 83% dari total seluruhnya, 16% merupakan kapal yang dibangun sebelum 1 Januari 1990, dan sisanya 1 % merupakan kapal yang dibangun setelah 1 Januari 2013. Dilihat dari kapasitas angkut kapal 48 % merupakan kapal yang berkapasitas dibawah 500 TEUs, 29 % merupakan kapal berkapasitas antara 500 TEUs-1000 TEUs, dan 23 % termasuk kapal yang berkapasitas > 1000 TEUs.
- 2) Opsi *green* yang sesuai dengan pelayaran peti kemas domestik Indonesia yang dibangun setelah 1 Januari 1990 sebelum 1 Januari 2013 rata-rata dengan mengganti bahan bakar ke *low sulfur fuel* dan dibarengi dengan penambahan alat *exhaust gas recirculation*. Untuk kapal yang dibangun sebelum 1 Januari 1990 dan memiliki mesin yang telah mengalami degenerasi sehingga mengalami penurunan performa mesin dibandingkan saat dibangun sebelumnya, opsi penggantian bahan bakar menjadi *low sulfur fuel* bisa menjadi pertimbangan. Sedangkan untuk kapal baru yang dibangun setelah 1 Januari 2013, opsi *green* yang paling sesuai adalah dengan menggunakan mesin berbahan bakar gas (LNG) ditambah dengan pemasangan *direct water injection*.
- 3) Dampak penerapan *green shipping* yakni mampu menurunkan emisi yang dihasilkan oleh kegiatan pelayaran. Emisi SO_x turun hingga rata-rata 1 % dari total emisi yang dihasilkan, emisi NO_x turun hingga rata-rata 29 %, dan emisi CO₂ turun hingga rata-rata 96 % dari total emisi sebelumnya. Selain itu dianggap menguntungkan karena memiliki nilai *total cost* yang lebih kecil dibandingkan saat kapal konvensional. Serta mampu memenuhi peraturan dari MARPOL annex VI regulasi 13 tentang SO_x, 14 NO_x, dan chapter 4 tentang CO₂

7.2 Saran

Pada tugas akhir ini hanya diugunakan lima kapal sebagai representatif dari kondisi saat ini, diharapkan kedepannya ada penulis yang menggunakan kapal representatif yang lebih banyak sehingga mampu mengurangi tingkat kesalahan. Selain itu alat berbasis *green* yang lain pun patut dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Timor Leste ministry of finance. (2009). *Logistic Capacity Assesment*. Dili: Democratic Republic of Timur Leste.
- Hansen, J. P. (2014). *Reduction of SO₂, NO_x and Particulate Matters from Ships with Diesel Engines*. Copenhagen: Miljøstyrelsen .
- IMO. (2012). Marpol 73/78 Annex VI Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships.
- Henningsen, R. F. (2000). *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*. Norwegian Marine Technology Research Institute . Trondheim : MARINTEK.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2015). *Register kapal*. BKI.
- Helfre, J.-F. (2013). *Emission Reduction in the Shipping Industry: Regulations, Exposure and Solutions* . Sustainalytics.
- dephub. (2008). Undang-Udang Pelayaran. *Undang-Udang Republik Indonesia*. Kementrian Perhubungan.
- Han, C.-H. (2010). Strategies to Reduce Air Pollution in Shipping Industry. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* , 7-29.
- Corbet, J. &. (1998). *Letter to U.S. EPA Office of International Activities: CO₂ Emissions from International Shipping*. Pittsburg: Carnegie Mellon University.
- Green Ship. (2009). *Green Ship of the Future*. Esbjerg: climaware.
- Kontovas, H. N. (2008). *SHIP EMISSIONS STUDY*. Athens: National Technical University of Athens Laboratory for Maritime Transport.
- Sugiarti. (2009). Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia . *Jurnal Chemica* , 50-58.
- EPA. (2007). *Latest Findings on National Air Quality*. Durham, North Carolina: Research Triangle Park.
- IMO. (2009). *GHG study 2009*. London: IMO.
- world ocean review. (2015). *World Ocean Review*. Retrieved Desember 7, 2015, from World Ocean Review: <http://worldoceanreview.com/en/wor-1/pollution/litter/>
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2014). *BKI*. Retrieved oktober 29, 2015, from Biro klasifikasi Indonesia: <http://armada.bki.co.id/featapp/pagedetail-42-domestic-ship-register-lang-en.html>

European Marine Equipment Council. (2010). *Greenship Technology Book*. Brussels: European Council .

European Federation for Transport and Environment AISBL. (2016). Retrieved Februari 15, 2016, from <https://www.transportenvironment.org>:
<https://www.transportenvironment.org/what-we-do/shipping/air-pollution-ships>

Corbet, J. (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY* .

Perpres. (2012). *Perpres no 29 tahun 2012*.

Planet Hijau. (2010, September 29). *Planet Hijau*. Retrieved June 5, 2016, from [Planethijau.com](http://www.planethijau.com):
<http://www.planethijau.com/mod.php?mod=publisher&op=viewarticle&cid=47&artid=1406>

Chogle, T. (2014, October 8). *Marine Sight*. Retrieved June 4, 2016, from [Marinesight.com](http://www.marinesight.com):
<http://www.marineinsight.com/tech/different-ways-meet-nox-tier-iii-standards/>

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. (2000). *Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships*. Trondheim: Roar Frode Henningsen.

EPA. (2007). *Report on the Environment: Science Report*.

BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Fitri, dilahirkan di Tulungagung, Jawa Timur, 19 Maret 1992 dengan orang tua Dawut dan ibu Surajimah. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari TK Dharmawanita Batangsaren (1996-1998), SDN Batngsaren IV (1998-2004), SMPN 1 Kauman (2004-2007), SMAN 1 Kedungwaru (2007-2010), Program Studi Transportasi Laut Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2010-2016) Bagi pembaca yang ingin menghubungi penulis bisa melalui alamat email: *fitri19031992@gmail.com*