

# DESAIN KONSEPTUAL DAN POLA OPERASI KAPAL CNG (*COMPRESSED NATURAL GAS*) UNTUK Mendukung PEMBANGUNAN PLTG DI PULAU BAWEAN

Nama Mahasiswa : Yudiyana  
NRP : 4110 100 108  
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.  
Irwan Tri Yunianto, S.T.,M.T.

## ABSTRAK

PT PLN (persero) menunjuk PT PJB untuk merencanakan pembangunan tiga PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) dengan masing-masing kapasitas 1 mega watt. Dengan dibangunnya PLTG tersebut tentunya membutuhkan moda angkut CNG (*Compressed Natural Gas*) untuk memasok kebutuhan gas. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menginvestigasi jenis moda yang sesuai sebagai pemasok gas untuk PLTG di Bawean. Jenis moda yang dibandingkan yaitu SPCB (*Self Propelled Container Barge*), SPCB-Geared (*Self-Loading-Unloading Self Propelled Container Barge*), tongkang (*tow-barge*) dan LCT (*Landing Craft Tank*). Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah *Integer Linear Programming* (ILP) untuk pemilihan solusi dengan biaya paling minimum. Dari hasil optimisasi menunjukkan bahwa moda SPCB-Geared dengan kapasitas 28 TEUs yang dioperasikan dengan kecepatan 8 knot memiliki unit biaya terendah sebesar Rp 5.758.403 per TEUs. Optimisasi kedua adalah menentukan desain optimum yang sesuai kriteria *preliminary design*. Desain optimum yang didapatkan adalah dengan panjang ( $L_{pp}$ ) = 44,47 m; Lebar (B) = 8,5 m; Tinggi (H) = 4,26 m; dan Sarat (T) = 2,8 m.

*Kata kunci : CNG, ILP, Optimisasi, Preliminary Design*

# CONCEPTUAL DESIGN AND OPERATION OF CNG (COMPRESSED NATURAL GAS) CARRIER VESSEL TO SUPPORT OPERATION OF GAS POWER PLANTS IN BAWEAN

Author : Yudiyana  
ID No. : 4110 100 108  
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology  
Supervisors : Ir. Murdjito, Msc.Eng  
Iwan Tri Yuniyanto, S.T.,M.T

## ABSTRACT

PT PLN (persero) has delegated PT PJB to plan three gas power plants in Bawean which each has 1 mega watt capacity. Considering the needs of power plants development, CNG (Compressed Natural Gas) carrier vessel has important role to supply gas. The purpose of this final project is that to investigate the appropriate type of gas vessel to supply gas for power plants. Type of ships compared are barge (tow-barge), SPCB (Self Propelled Container Barge), SPCB-Geared (Self-Loading-Unloading Self Propelled Container Barge) and LCT (Landing Craft Tank). The method used is Integer Linear Programming (ILP) in order to select solution by the lowest cost. The optimization result showed that SPCB-Geared 28 TEUs capacity which is operated on 8 knot cost has the lowest cost i.e. Rp 5.758.403 per TEUs. The second optimization is that determining optimum design based on preliminary design criteria. The result of optimum design has the optimal size, where the length (Lpp) = 44,47 m, width (B) = 8,5 m, height (H) = 4,26 m, Draught (T) = 2,8 m.

**Keyword** : CNG, ILP, Optimization, Preliminary Design

## NOMEN KLATUR

|                      |   |  |                      |   |   |
|----------------------|---|--|----------------------|---|---|
| ABK                  | : | Anak Buah Kapal  | MFO                  | : | <i>Marine Fuel Oil</i>  |
| ACF                  | : | <i>Annual Cash Flow</i>                                | MMscf                | : | <i>Million Standard Cubic Feet</i>  |
| AD                   | : | <i>Administration Cost</i>                             | NPV                  | : | <i>Net Present Value</i>  |
| B                    | : | <i>Breadht</i>   | OC                   | : | <i>Operational Cost</i>   |
| C <sub>E&amp;O</sub> | : | <i>Cost of Equipment and Outfitting per tonne</i>      | PC                   | : | <i>Port Cost</i>  |
| C <sub>ME</sub>      | : | <i>Cost of Main Engine per tonne</i>                   | P <sub>E&amp;O</sub> | : | <i>Price of Equipment and Outfitting</i>                                    |
| CNG                  | : | Compressed Natural Gas                                 | PLN                  | : | Perusahaan Listrik Negara<br>Pembangkit Listrik                             |
| C <sub>NW</sub>      | : | <i>Cost of Non Weight per tonne</i>                    | PLTG                 | : | Tenaga Gas<br>Pembangkit Listrik  |
| C <sub>ST</sub>      | : | <i>Cost of Steel per tonne</i>                         | PLTU                 | : | Tenaga Uap  |
| DCF                  | : | <i>Discounted Cash Flow</i>                            | P <sub>NW</sub>      | : | <i>Price of Non Weight</i>  |
| DWT                  | : | <i>Deadweight Ton</i>                                  | PPM                  | : | <i>Parts per Million</i>  |
| FC                   | : | <i>Fuel Cost</i>                                       | P <sub>ST</sub>      | : | <i>Price of Steel</i><br>Rencana Usaha<br>Penyelenggaraan Tenaga<br>Listrik |
| HSD                  | : | <i>High Speed Diesel International Maritime</i>        | RUPTL                | : | Listrik   |
| IMDG                 | : | <i>Dangerous Goods International Maritime</i>          | SFC                  | : | <i>Specific Fuel Consumption</i>  |
| IMO                  | : | <i>Organisation</i>                                    | SFR                  | : | <i>Specific Fuel Rate</i>   |
| LNG                  | : | <i>Liquified Natural Gas</i>                           | TRT                  | : | <i>Turn Round Time</i>  |
| Lpp                  | : | <i>Length Perpendicular</i>                            | VC                   | : | <i>Voyage Cost</i><br><i>Weight of Equipment and Outfitting</i>             |
| LWT                  | : | <i>Lightweight Ton</i>                                 | W <sub>E&amp;O</sub> | : | <i>Weight of Equipment and Outfitting</i>                                   |
| M                    | : | <i>Manning Cost</i><br><i>Marginal Average Rate of</i> | W <sub>FO</sub>      | : | <i>Weight of Fuel Oil</i>   |
| MARR                 | : | <i>Revenue</i>   | W <sub>ME</sub>      | : | <i>Weight of Main Engine</i>  |
| MDO                  | : | <i>Marine Diesel Oil</i>                               | W <sub>ST</sub>      | : | <i>Weight of Steel</i>  |

## BAB 2 STUDI LITERATUR

### 2.1. Gas alam

Gas alam merupakan bahan bakar fosil atau senyawa organik yang terdapat jauh dibawah permukaan bumi yang terbentuk jutaan tahun lalu akibat adanya tekanan dan perubahan geografis.

Komponen utama gas alam adalah metana ( $\text{CH}_4$ ), yang merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan. (Fathurahim, 2010). Gas alam juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat seperti etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) dan butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), selain juga yang mengandung sulfur (belerang). Gas alam juga merupakan sumber utama untuk sumber helium. (Fathurahim, 2010). Gas alam tersusun dari beberapa komponen yang menyatu dan memiliki kadar tersendiri. Berikut adalah rentang kadar komponen penyusun gas alam :

Tabel 2.1 Kadar Penyusun Gas Alam

| Komponen  | %     |
|---|-------|
| Metana ( $\text{CH}_4$ )  | 80-95 |
| Etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )  | 5-15  |
| Propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) dan Butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) | <5    |

*Sumber : (Fathurahim, 2010)*

#### 2.1.1. *Liquified Natural Gas (LNG)*

*Liquified Natural Gas (LNG)* adalah gas alam yang dicairkan. Komposisi kimianya terdiri dari metana, etana, propana, butana, pentana dan nitrogen. Pada umumnya LNG disimpan dengan temperatur yang sangat rendah yaitu  $-150^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 17 bar.g. (Mahendra, 2008)

#### 2.1.2. *Compressed Natural Gas (CNG)*

*Compressed Natural Gas (CNG)* merupakan gas yang dimampatkan sampai sekitar 250 bar. CNG dibuat dengan mengompresi gas alam pada tekanan tersebut dan pada temperatur sekitar  $-30^{\circ}\text{C}$  hingga  $45^{\circ}\text{C}$  yang terkompresi ini disimpan dalam suatu tabung baja penampung. (Hadiwarsito, 2012)

### 2.1.3. Perbandingan LNG dan CNG

Perbedaan mendasar dari LNG dan CNG adalah pada wujudnya, dimana CNG merupakan gas yang dimampatkan sampai sekitar 250 bar pada temperatur ambien, sedangkan LNG adalah gas alam yang dicairkan dengan temperatur mencapai  $-160^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer. (Hadiwarsito, 2012)

Tidak seperti pada produksi LNG yang membutuhkan proses pencairan dan regasifikasi, produksi CNG secara garis besar dilakukan dengan cara memampatkan dengan menggunakan *compressor* dan menyimpannya dalam tabung bertekanan tinggi. Saat pemakaiannya, tabung-tabung CNG tersebut dihubungkan dengan pipa setelah sebelumnya melewati *Pressure Reducing Station* untuk menurunkan tekanannya sesuai dengan tekanan yang dibutuhkan (dekompresi). Peralatan lain yang penting dalam proses ini adalah *heater* yang digunakan untuk mencegah pembekuan (*freezing*) selama proses dekompresi. (Hadiwarsito, 2012)

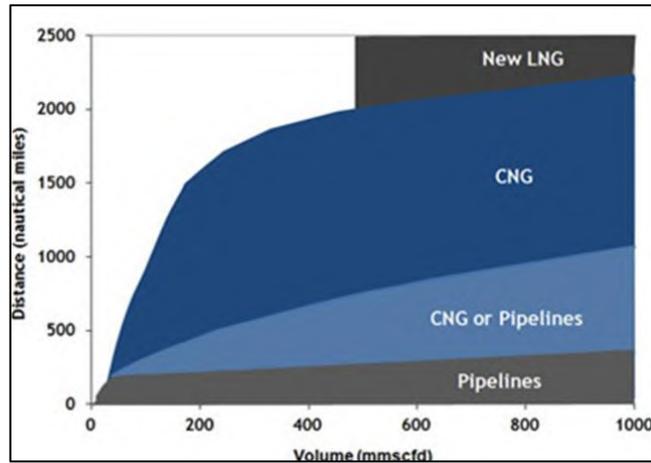
Beberapa perbandingan CNG dan LNG adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Perbandingan CNG dan LNG

| No | Kriteria               | CNG                        | LNG                  |
|----|------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1  | Temperatur penyimpanan | Temperature <i>ambient</i> | Temperature atmosfer |
| 2  | Biaya investasi        | Lebih rendah               | Lebih tinggi         |
| 3  | Waktu pembuatan plant  | Labih singkat              | Lebih lama           |
| 4  | Proses bongkar-muat    | Tidak perluregasifikasi    | Perlu regasifikasi   |

*Sumber : (Hadiwarsito, 2012)*

Dari segi transportasi laut CNG maupun LNG memiliki kecenderungan masing-masing mengenai jarak dan kapasitasnya. CNG untuk jarak pendek lebih menguntungkan dibanding LNG untuk skala kecil ke medium mengingat biaya investasi untuk pembuatan plant kompresi serta terminal penerima CNG lebih sederhana dan murah. Sedangkan untuk jarak jauh dan skala angkut besar LNG lebih menguntungkan karena kapasitas angkut LNG yang jauh lebih besar. Berikut adalah perbandingan nilai ekonomis volume dan jarak transportasi kapal yang ideal untuk CNG dan LNG.



Gambar 2.1 Perbandingan *Volume* dan Jarak Angkut CNG dengan LNG

*Sumber : (Hadiwarsito, 2012)*

#### 2.1.4. Konversi Satuan Gas

Dalam menghitung berbagai jenis tipe pemuatan gas tentunya diperlukan konversi menjadi standar satuan tertentu agar memudahkan saat perhitungan, Berikut ini adalah konversi satuan gas tersebut.

Tabel 2.3 Konversi Satuan Gas

| Keterangan                  | Besar | Satuan             |
|-----------------------------|-------|--------------------|
| 1 MTPY LNG                  | 140   | MMscf              |
| 1 m <sup>3</sup> LNG        | 600   | m <sup>3</sup> CNG |
| 1 MMscf                     | 1.000 | ft <sup>3</sup>    |
| 1 m <sup>3</sup> LNG        | 21,2  | MMBTU              |
| CNG <i>Specific Gravity</i> | 0,679 | kg/m <sup>3</sup>  |

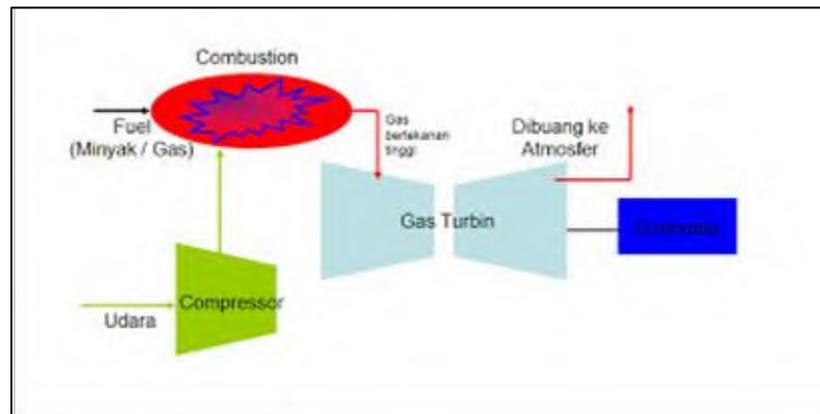
*Sumber : (lng-conversion-factors.htm)*

#### 2.1.5. Gas Alam sebagai Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Gas membutuhkan gas sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Namun tidak sepenuhnya (khususnya gas alam) berperan sebagai sumber energi yang diperlukan. Pada pembangkit, komponen paling utama dalam menghasilkan listrik ada dua, yaitu mesin penggerak (biasanya berupa turbin atau motor pada pembangkit diesel) dan generator. Di semua jenis pembangkit listrik mulai dari PLTG, PLTA, PLTG, PLTP, PLT Angin, PLT Matahari dan lain sebagainya mempunyai turbin dan generator. Generator adalah pembangkit listrik. Generator menghasilkan listrik karena berputar sehingga menghasilkan beda potensial pada medan magnetnya. Generator berputar

karena turbin berputar. Turbin dan generator adalah dua benda dengan satu poros yang sama, jadi jika turbin berputar maka generatorpun berputar. Turbin digerakan oleh sumber energi yang bergantung pada jenis pembangkit tersebut. PLTG digerakan oleh uap, PLTA digerakan oleh air dan begitu seterusnya. (Fathurahim, 2010)

Sementara untuk PLTG, yang memutar turbin bukanlah murni gas alam, melainkan hasil sebuah proses pembakaran. Perlu diketahui, bahan bakar PLTG tidak hanya gas alam saja, tetapi bisa juga menggunakan BBM misalnya HSD atau MFO. Penjelasan lebih jelasnya ada pada siklus dibawah ini.



Gambar 2.2 Siklus PLTG

Sumber : (Fathurahim, 2010)

Siklus PLTG dimulai dari pengambilan udara oleh *compressor*. Dalam *compressor* ini udara diolah sehingga tekanannya naik. Udara ini dimasukkan kedalam *Combustion* atau ruang bakar bersama dengan bahan bakar. Pembakaran menghasilkan gas bertekanan dan bersuhu tinggi (Suhu sekitar 2000 derajat celcius). Gas bertekanan inilah yang memutar turbin. Turbin berputar, generator ikut berputar dan listrik pun dihasilkan. Setelah memutar turbin, tersebut dibuang di atmosfer. (Fathurahim, 2010)

## 2.2. Moda Angkut

### 2.2.1. Container (Petikemas)

*Container* atau petikemas adalah suatu peti empat persegi panjang, tahan cuaca, digunakan untuk mengangkut dan menyimpan sejumlah muatan kemasan dan barang-barang curah yang melindungi isinya dari kehilangan dan kerusakan, dapat dipisahkan dari alat transport, diperlakukan sebagai satuan muat dan jika pindah kapal tanpa harus dibongkar isinya.

Dilihat dari jenisnya, ada beberapa tipe *container*, yaitu : (Gunadharna, 2010)

- *General cargo Container (Dry / General Purpose Container)*

*Container* jenis ini umum digunakan untuk memuat barang-barang padat dan kering, baik yang telah dikemas dalam kotak sebelum dimuat di *container* maupun yang menggunakan alat bantu lain seperti *hanger* untuk garment.

- *Thermal Container*

*Container* yang dilengkapi dengan alat pendingin sehingga suhunya dapat diatur, contohnya adalah *perishable* dan refrigerator cargo, yaitu *container* yang digunakan untuk memuat udang, ikan, daging atau buah-buahan.

- *Bulk Container*

*Container* yang digunakan untuk memuat barang curah, seperti kopi, dan kacang-kacangan. *Container* ini dilengkapi dengan alata hidrolik yang dapat mengangkat satu sisinya pada saat barang yang dimuat akan dicurahkan.

- *Tank Container*

*Tank container* digunakan untuk mengangkut barang cair/likuid ataupun berupa udara bertekanan, untuk yang cair biasanya untuk mengangkut cair, minyak dan semacamnya sedangkan dalam bentuk udara bertekanan digunakan untuk mengangkut bertekanan atau yang biasa disebut CNG (*Compressed Natural Gas* ).

Berikut ini adalah gambar *container* yang digunakan untuk mengangkut CNG tersebut :



(a)



(b)

Gambar 2.3 *Container* CNG 20 feet (a) dan 40 feet (b)

*Sumber : (www.luxicng.com)*

Ukuran *container* tersebut sama dengan kontainer pada umumnya, namun memiliki berat rangka yang jauh lebih berat di dibandingkan dengan muatannya, hal itu karena muatan berupa bertekanan sangat berbahaya sehingga memerlukan tanki yang memenuhi standar keamanannya. Berikut ini adalah tabel mengenai dimensi *container* CNG tersebut.

Tabel 2.4 Dimensi *container* CNG

| No | Jenis   | Kapasitas (ton) |              |             |
|----|---------|-----------------|--------------|-------------|
|    |         | Berat Kosong    | Berat Muatan | Berat Total |
| 1  | 20 feet | 17,97           | 2,87         | 20,84       |
| 2  | 40 feet | 34,12           | 5,78         | 39,9        |

Sumber : ([www.luxicng.com](http://www.luxicng.com))

### 2.2.2. Moda Angkut *Container*

Pada dasarnya muatan *container* dikategorikan sebagai muatan yang memiliki ukuran standar agar mudah dalam proses penanganannya. Moda pengangkutan muatan jenis ini disebut sebagai kapal *container*. Selain kapal *container*, pengangkutan *container* juga dapat dilakukan dengan menggunakan kapal *General cargo*, *Self Propelled Container Barge* (SPCB), Tongkang ataupun *Landing Craft Tank* (LCT).

### 2.2.3. Kapal *Container*

Kapal *container* adalah kapal yang khusus digunakan untuk mengangkut *container* yang standar. Memiliki rongga (*cells*) untuk menyimpan *container* ukuran standar. *Container* diangkat ke atas kapal di terminal *container* dengan menggunakan kran/derek khusus yang dapat dilakukan dengan cepat, baik derek-derek yang berada di dermaga, maupun derek yang berada di kapal itu sendiri.

Kapal *container* dapat dikelompokkan atas beberapa jenis mulai dari kapal pengumpan sampai kapal *post panamax* yang kemudian dikembangkan lagi menjadi kapal *Ultra Large Container Vessel* yang bisa mengangkut di atas 14.501 petikemas.

Tabel 2.5 Kategori ukuran kapal *container*

| Nama                                       | Kapasitas (TEUs)        | Contoh   |  |
|--|-------------------------|--|--|
| <b>Ultra Large Container Vessel (ULCV)</b> | lebih besar dari 14,501 | Dengan panjang 397 m, lebar 56 m, draft 15.5 m, dan kapasitas di atas 15,000 TEUs  |   |
| <b>New panamax</b>                         | 10,000–14,500           | Dengan lebar 43 m, kapal <i>COSCO Guangzhou</i> merupakan kapal yang tidak bisa melewati kolam pemindahan kapal di terusan Panama class yang lama tetapi bisa melalui pelebaran yang baru. |   |
| <b>Post panamax</b>                        | 5,101–10,000            |  |  |
| <b>Panamax</b>                             | 3,001 – 5,100           | Kapal dari kelas yang berada pada batas atas <i>Panamax class</i> , dengan panjang 292.15 m, lebar 32.2 m, dan sarat 21.2 m.   |   |
| <b>Feedermax</b>                           | 2,001 – 3,000           | Kapal <i>container</i> sampai dengan 3,000 TEUs biasanya disebut sebagai kapal pengumpan, dan biasanya dilengkapi dengan kran.   |  |
| <b>Feeder</b>                              | 1,001 – 2,000           |  |  |
| <b>Small feeder</b>                        | Up to 1,000             |  |  |

Sumber : (wikipedia.com)

#### 2.2.4. Kapal *General Cargo*

Kapal *general cargo* adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut berbagai jenis barang. Kapal jenis ini menggunakan *hatchcover* (tutup palka), *bulkheads* (sekat palka), dan *tweendecks* di dalam palka (*holds*) jika diperlukan. *Hatchcover* dapat diletakkan diposisi dan ketinggian yang bervariasi. Biasanya *headleges* dan *headcoamings* berdimensi sama dengan ruang muat/palka (*holds*) sehingga memungkinkan proses *loading* dan *discharging* (bongkar-muat) menjadi mudah. Ruang muat (*holds*) ditutup dengan *hatches* (tutup palka) menggunakan sistem yang bervariasi. Cargo seperti kayu dan *container* dapat diletakkan diatas *hatches*. Pada beberapa bulwark kapal ditinggikan untuk mendukung *container*. Jenis cargo yang biasanya dibawa oleh kapal *general cargo* adalah sebagai berikut :

- *General cargo*.
- *Container*.
- *Dry bulk cargo* seperti bijih (*ore*), tepung (*grain*).

- Kayu.
- *Heavy cargo (project cargo)*.



Gambar 2.4 Kapal *General Cargo*

Sumber : (*maritime-connector.com*)

#### 2.2.5. Tongkang (*Tug-Barge*)

Tongkang (*tug-barge*) merupakan salah satu kapal yang didesain dengan bentuk lambung dan bagian bawah (*bottom*) yang datar. Umumnya tongkang dibangun untuk perairan sungai atau danau (*inland waterway*) maupun terusan (*canal*) dengan kondisi sarat rendah. Tongkang didesain tanpa penggerak, sehingga tongkang harus ditarik dengan kapal penarik (*Tug Boat*). (Buletin Hidrodinamika, 2007)

Secara umum tongkang dibedakan dalam dua macam berdasarkan cara membawa muatan yaitu tongkang yang membawa muatan di dalam palkah dan tongkang yang membawa muatan diatas palkah (*deck barge*). (Wicaksana, 2012)

a) Tongkang yang membawa muatan di dalam palkah antara lain :

- Tongkang pengangkut minyak (*oil barge*)
- Tongkang pengangkut minyak kelapa sawit (*CPO Barge*)
- Tongkang pengangkut cairan kimia (*chemical barge*)

b) Tongkang yang membawa muatan diatas palkah antara lain :

- Tongkang pengangkut gas (*coal barge*)
- Tongkang pengangkut petikemas (*container barge*) seperti pada Gambar II.4
- Tongkang pengangkut pasir (*sand barge*)

- Tongkang pengangkut kayu (*log barge*)
- Tongkang kran (*crane barge*)
- Tongkang jackup (*jackup barge*)



Gambar 2.5 Tongkang *Container*

Sumber : (*shipwrecklog.com*)

#### 2.2.6. *Self Propelled Container Barge (SPCB)*

SPCB adalah tongkang yang mengangkut *container* dan mempunyai mesin sendiri sebagai tenaga penggerakannya. Adapun karakter dari SPCB dari segi operasional adalah sebagai berikut (Buletin Hidrodinamika, 2007) :

- Dapat digunakan di perairan dangkal (kedalaman 3 m – 8 m)
- Dapat digunakan pada perairan dengan alur yang ekstrim (wilayah kepulauan)
- Mampu menghadapi *air draft restriction* (jembatan melintang)
- Mampu menghadapi *water debris* (lumpur, kayu, sampah, dll)
- Menghadapi dasar sungai atau laut yang berbatuan
- Kemampuan jarak tempuh yang relatif jauh

Contoh SPCB dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 SPCB (*Self Propelled Container Barge*)

### **2.2.7. Landing Craft Tank (LCT)**

*Landing Craft Tank* (LCT) adalah sebuah jenis kapal laut yang pada mulanya dirancang untuk untuk pengangkutan *heavy cargo*, *bulldozer*, *excavator*, *truck*, *loader* dan alat berat lainnya. Selain itu bahan-bahan konstruksi berukuran besar seperti pipa besi, lembaran baja, tanki air dan sebagainya juga dapat diangkut dengan LCT.

Menggunakan LCT untuk mengangkut barang ke daerah-daerah terutama yang terletak di pulau atau daerah terpencil lebih efisien daripada menggunakan kapal tongkang. Hal ini disebabkan karena LCT tidak memerlukan pelabuhan yang besar untuk mendaratkan barang yang diangkutnya dan bisa melakukan bongkar muat hampir di mana saja. Berikut ini adalah gambar LCT.



Gambar 2.7 *Landing Craft Tank* (LCT)

*Sumber : (maritime-connector.com)*

## 2.3. Aturan Angkutan Muatan Berbahaya

### 2.3.1. Klasifikasi Muatan Berbahaya

Peraturan internasional mengenai penanganan muatan berbahaya terdapat dalam IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) Code. Dalam *IMDG Code*, klasifikasi muatan berbahaya akan dibagi ke dalam kelas-kelas berikut:

- a) Kelas 1 bahan peledak
- b) Kelas 2 gas yang ditekan, dicairkan atau dilarutkan di bawah tekanan.
- c) Kelas 3 Cairan yang mudah terbakar
  - Kelas 3.1 *Low flash point group* ( $-18^{\circ}\text{C}$ )
  - Kelas 3.2 *Intermediate Flash Point Group* ( $-18^{\circ}\text{C}$  s/d  $23^{\circ}\text{C}$ )
  - Kelas 3.3 *High Flash Point Group* ( $23^{\circ}\text{C}$  s/d  $61^{\circ}\text{C}$ )
- d) Kelas 4 *Flammable solid* (zat padat mudah menyala)
  - Kelas 4.1 Bahan padat yang mudah terbakar
  - Kelas 4.2 Bahan padat yang dapat terbakar sendiri, baik padat, kering maupun cair
  - Kelas 4.3 Bahan padat/kering jika kena air (basah) mengeluarkan gas mudah menyala dan beberapa jenis dapat terbakar sendiri
- e) Kelas 5.1 Zat Pengoksidasi
  - Kelas 5.2 Organik Peroksida
- f) Kelas 6.1 Zat Beracun
  - Kelas 6.2 Zat *Infectious*
- g) Kelas 7 Zat Radioaktif
- h) Kelas 8 Zat Perusak (Karat)
- i) Kelas 9 zat berbahaya lainnya atau substansi lain yang mungkin menunjukkan dan memiliki karakter seperti barang berbahaya yang ditetapkan pada ketentuan bagian ini.

Sehingga dari pengelompokan kelas tersebut CNG/LNG termasuk kedalam kelas 2 dalam klasifikasi muatan berbahaya dalam *IMDG Code*.

### **2.3.2. Pemuatan Muatan Berbahaya dalam *Container***

Hal utama yang perlu diperhatikan pada saat pemuatan di kapal yaitu bagaimana menempatkan muatan pada tempatnya sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh *IMDG code* adalah muatan berbahaya yang khusus (misal : gas bertekanan) ditempatkan di *deck*. (IMO, IMDG Code, 2006)

## **2.4. Peramalan**

Peramalan merupakan bagian awal dari suatu proses pengambilan suatu keputusan. Sebelum melakukan peramalan harus diketahui terlebih dahulu apa sebenarnya persoalan dalam pengambilan keputusan itu. Peramalan adalah pemikiran terhadap suatu besaran, misalnya permintaan terhadap satu atau beberapa produk pada periode yang akan datang. Pada hakekatnya peramalan hanya merupakan suatu perkiraan (*guess*), tetapi dengan menggunakan teknik-teknik tertentu, maka peramalan menjadi lebih sekedar perkiraan. Peramalan dapat dikatakan perkiraan yang ilmiah (*educated guess*). Setiap pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan di masa yang akan datang, maka pasti ada peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut. Tujuan peramalan jika dilihat berdasarkan waktu dapat dibagi menjadi 3, yaitu: (Wardana, 2013)

1. Jangka pendek (*Short Term*)

Menentukan kuantitas dan waktu dari item dijadikan produksi. Biasanya bersifat harian ataupun mingguan.

2. Jangka Menengah (*Medium Term*)

Menentukan kuantitas dan waktu dari kapasitas produksi. Biasanya bersifat bulanan ataupun kuartal.

3. Jangka Panjang (*Long Term*)

Merencanakan kuantitas dan waktu dari fasilitas produksi. Biasanya bersifat tahunan, 5 tahun, 10 tahun, ataupun 20 tahun.

### **2.4.1. Metode Peramalan Kausal (Analisis Regresi)**

Teknik dalam metode peramalan kausal membahas pendekatan sebab akibat (kausal) atau yang bersifat menjelaskan (eksplanatoris), dan bertujuan untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas

(independen) yang penting beserta pengaruhnya tidak bebas/terikat (dependen) yang akan diramalkan.

a) Metode Linier Regresi Sederhana

Merupakan metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan linear antara variabel terikat dengan variabel bebas. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) terhadap variabel bebasnya (X). Persamaannya dirumuskan sebagai berikut : (Wardana, 2013)

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Y = variable terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

b) Metode Linier Regresi Ganda

Merupakan metode yang digunakan untuk memodelkan hubungan linear antara variabel terikat dengan dua/lebih variabel bebas atau bisa disebut Regresi linier yang digunakan untuk memprediksi variabel terikat dari dua/lebih variabel bebas. Analisis regresi ganda merupakan pengembangan dari analisis regresi sederhana. Kegunaannya yaitu untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebasnya (X) dua atau lebih. Analisis regresi ganda adalah alat untuk meramalkan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua atau lebih variabel bebas  $X_1, X_2, \dots, X_i$  terhadap suatu variabel terikat Y. (Wardana, 2013)

Persamaan regresi ganda dirumuskan sebagai berikut :

a. Dua variabel bebas :  $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2 \dots\dots\dots(2.2)$

b. Tiga variabel bebas :  $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \dots\dots\dots(2.3)$

c. n variabel bebas :  $Y = a + b_1X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \dots\dots\dots(2.4)$

Dimana:

Y = variable terikat

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| a                           | = konstanta         |
| $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ | = koefisien regresi |
| $X_1, X_2, X_3, \dots, X_i$ | = variabel bebas    |

## 2.5. Metode Optimisasi

### 2.5.1. *Integer Linear Programming* (ILP)

Model *Integer Linear Programming* (ILP) atau program bilangan bulat adalah bentuk lain dari *Linear Programming* yang asumsi di visibilitasnya melemah atau hilang sama sekali. Bentuk ini muncul karena pada kenyataannya tidak semua variabel keputusan dapat berupa bilangan pecahan, misalnya, jika variabel keputusan yang dihadapi berkaitan dengan jumlah armada kapal, maka jawaban pecahan pada optimisasi tersebut sangat tidak realistis dalam konteks keputusan yang nyata. *Integer Linear Programming* (ILP) adalah suatu *Linear Programming* dengan tambahan persyaratan bahwa semua atau beberapa variabel bernilai bulat non negatif. (Siswanto, 2007).

Dalam membangun model formulasi dari suatu persoalan optimisasi digunakan karakteristik-karakteristik *Integer Linear Programming* (ILP) yaitu:

a. Variabel Keputusan (*Decision Variabel*)

Variabel Keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat, yang dilambangkan dengan  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ .

b. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Fungsi tujuan merupakan fungsi variabel keputusan yang akan dimaksimumkan atau diminimumkan. Diekspresikan dengan menggunakan variabel keputusan  $X_1$  dan  $X_2$ . Untuk menyatakan nilai fungsi tujuan ini digunakan lambang  $Z$ .

c. Pembatas (*Constrain*)

Pembatas merupakan kendala yang dihadapi, atau batasan yang berpengaruh terhadap variabel keputusan. Koefisien dari variabel keputusan pada pembatas / *constrain* disebut koefisien teknologis, sedangkan bilangan yang ada di sisi kanan setiap pembatas disebut ruas kanan pembatas.

d. Pembatas Tanda

Pembatas tanda adalah pembatas yang menjelaskan bahwa variabel keputusan diasumsikan hanya berharga non negatif atau variabel keputusan tersebut boleh berharga positif.

Dari ilustrasi di atas dapat ditarik kesimpulan mengenai pengertian persoalan *Integer Linear Programming* (ILP) adalah suatu persoalan optimisasi dengan melakukan hal-hal sebagai berikut:

- a. Memaksimumkan dan atau meminimumkan suatu fungsi linear dari variabel-variabel keputusan yang disebut fungsi tujuan Z.
- b. Harga / besaran dari variabel-variabel keputusan ( $X_i$ ) harus memenuhi suatu set pembatas, setiap pembatas harus merupakan persamaan linier atau pertidaksamaan linier.
- c. Suatu pembatas tanda dikaitkan dengan setiap variabel. Untuk setiap variabel  $x_i$  harus non negatif ( $X_i \geq 0$ ) atau  $X_i$  tidak terbatas dalam tanda.

### 2.5.2. *Binary Integer Programming*

Variabel keputusan yang menyatakan keputusan iya atau tidak disebut *dengan binary variabel*. Variabel binary adalah variabel yang hanya mungkin bernilai 0 dan 1. Oleh karena itu, ketika menyatakan suatu keputusan ya atau tidak, variabel keputusan binary akan memberikan nilai 1 untuk menyatakan iya dan nilai 0 untuk menyatakan tidak. Model linear programming (LP) seperti ini disebut dengan *binary integer programming* (BIP). (Wardana, 2013)

Seperti halnya LP, BIP sendiri juga bisa diformulasikan pada spreadsheet. Excel Solver juga mampu untuk menyelesaikan permasalahan BIP sederhana, namun terkadang gagal untuk menyelesaikan permasalahan yang agak besar (Hillier & Hillier, 2008).

$$X_j \begin{cases} 1, \text{ jika opsi } j \text{ dipilih} \\ 0, \text{ jika opsi } j \text{ tidak dipilih} \end{cases}$$

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^n X_j C_j \dots\dots\dots(2.5)$$

Subject to:

$X_j$  adalah *binary*, untuk  $j = 1, 2, 3, \dots, n$

## 2.6. Teori Desain Konseptual Kapal

Dalam proses desain kapal terdapat berbagai hal yang harus diperhatikan agar proses desain menjadi optimal. Pengembangan proses desain dilakukan secara iterasi dengan keterlibatan tiga elemen yaitu ukuran sebagai keluaran proses, aspek teknis sebagai batasan proses, serta aspek ekonomis sebagai tujuan proses.

### 2.6.1. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal yang optimum bisa didapatkan melalui metode optimisasi dengan menggunakan ukuran utama awal (*initial value*) sebagai acuan untuk melakukan perhitungan

awal. Ukuran utama awal ini diperoleh dari kapal pembanding. Adapun ukuran utama awal yang perlu diperhatikan pada kapal pembanding antara lain : (Wicaksana, 2012)

- a)  $L_{pp}$  (*Length between perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak, yaitu jarak horizontal antara garis tegak buritan (AP) dengan garis tegak haluan (FP).

- b)  $Loa$  (*Length overall*)

Panjang seluruhnya, jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

- c)  $Bm$  (*Breadth moulded*)

Lebar terbesar diukur pada bagian tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal. Khusus untuk kapal-kapal yang terbuat dari kayu, diukur pada sisi terluar kulit kapal.

- d)  $H$  (*Height*)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal , dari atas lunas sampai sis atas balok geladak di sisi kapal.

- e)  $T$  (*Draught*)

Jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai permukaan air.

### 2.6.2. Perhitungan Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *David G.M Watson* dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah sebagai berikut :

- a) Menghitung LWT Kapal

Perhitungan berat baja kapal. (Watson, Practical Ship Design, 1998)

$$W_{si}(\text{Ton}) = K \times E^{1,36} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :  $K$  = Koefisien faktor

$l_1, h_1$  = panjang dan tinggi bangunan atas

$l_2, h_2$  = panjang dan tinggi rumah geladak

Perhitungan berat perlengkapan ( $W_{eo}$ ).

$$W_{eo}(\text{Ton}) = [(A_{sp} + A_{dh}) \times C_{atv}] + [A_{md} \times C_{eo}] \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$A_{sp}$  = Luas bangunan atas

$A_{dh}$  = Luas rumah geladak

$A_{md}$  = Luas geladak cuaca

$C_{atv} = 165 \text{ kg/m}^2$

$C_{eo} = 180 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan berat cadangan

$$W_{res}(\text{Ton}) = (5 - 10)\% \times \text{LWT} \dots\dots\dots(2.9)$$

b) Menghitung DWT Kapal

Dalam buku *Parametric Ship Design* penentuan DWT jika *Payload* diketahui dilakukan berdasarkan tabel coefisien cargo. Rumus berdasarkan tabel tersebut adalah sebagai berikut : (Parsons, 2001)

$$C_{\text{cargo DWT}} = \frac{\text{Payload}}{\text{DWT}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana Koefisien Cargo DWT dapat diperoleh dari tabel Berikut:

Tabel 2.6 *Typical Deadweight Coefisient Range*

| Type Kapal                      | $C_{\text{cargo DWT}}$ | $C_{\text{total DWT}}$ |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Large Tankers</i>            | 0.85 – 0.87            | 0.86 – 0.89            |
| <i>Product Tankers</i>          | 0.77 – 0.83            | 0.78 – 0.85            |
| <i>Container Ships</i>          | 0.56 – 0.63            | 0.70 – 0.78            |
| <i>Ro – Ro Ships</i>            | 0.50 – 0.59            |                        |
| <i>Large Bulk Carriers</i>      | 0.79 – 0.84            | 0.81 – 0.88            |
| <i>Small Bulk Carriers</i>      | 0.71 – 0.77            |                        |
| <i>Refrigerated Cargo Ships</i> | 0.50 – 0.59            | 0.60 – 0.69            |
| <i>Fishing Trawlers</i>         | 0.37 – 0.45            |                        |

### 2.6.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan dilakukan sesuai dengan formula *Kaparetof* yang diberikan oleh *Henschke* dalam jurnalnya *Schiffgautechnisches Hanbuch* pada tahun 1957. (Henschke, 1957)

Perhitungan hambatan air

$$W_{air} \text{ (Kg)} = f \cdot S \cdot V^{1,83} + p \cdot F_x \cdot V^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- $F$  = Konstanta Bahan
- = 0,17 untuk baja
- = 0,25 untuk kayu

$S$  = Luas permukaan basah [m<sup>2</sup>]

$V$  = Kecepatan operasi [knot]

- $p$  = Konstanta bentuk buritan/ haluan
- = 30 bila sudut buritan/ haluan adalah 90<sup>0</sup>
- = 25 bila sudut buritan/ haluan adalah 55<sup>0</sup>
- = 20 bila sudut buritan/ haluan adalah 45<sup>0</sup>
- = 16 bila sudut buritan/ haluan adalah 30 - 35<sup>0</sup>

$F_x$  = Luas Penampang *midship* [m<sup>2</sup>]

Perhitungan hambatan udara

$$W_{wind} \text{ (Kg)} = 0.0041 \cdot (0.3 A_1 + A_2) V_A^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$A_1$  = Luas penampang melintang kapal diatas air [ft<sup>2</sup>]

$A_2$  = Luas proyeksi transversal bangunan atas [ft<sup>2</sup>]

$V_A$  = Kecepatan relatif angin [ft/detik]

#### 2.6.4. Perhitungan Power Mesin

Penentuan *power* mesin dilakukan dengan melihat daya yang dibutuhkan (BHP), kemudian menyesuaikan daya mesin yang akan dipasang sesuai dengan katalog mesin yang tersedia. Adapun rumus perhitungan *Brake Horse Power* dapat dilakukan sebagai berikut :

EHP (*Effective Horse Power*) (Henschke, 1957)

$$P_E(\text{Kw}) = R_T \times V_s \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$R_T$  = Hambatan Total Kapal [kn]

$V_s$  = Kecepatan Dinas Kapal [Knot]

DHP (*Delivered Horse Power*)

$$P_D(\text{Kw}) = \frac{P_E}{\eta_D} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$P_E$  = EHP

$\eta_D$  = Nilai efisiensi

BHP (*Brake Horse Power*)

$$P_B(\text{Kw}) = \frac{P_D}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$P_D$  = DHP

$\eta_s$  = *Shaft Efficiency*

= 0.98 – 0.985

$\eta_{rg}$  = *Reduction Gear Efficiency*

= 0.98

#### 2.6.5. Perhitungan Titik Berat Kapal

Perhitungan titik berat kapal bertujuan untuk mengetahui letak titik berat kapal dari segi horizontal dan vertikal terhadap badan kapal. Perhitungan ini berkaitan dengan Analisis

stabilitas kapal. Untuk mengetahui titik berat kapal keseluruhan perlu dilakukan perhitungan terhadap titik berat baja kapal, permesinan, peralatan dan perlengkapan, *Payload* dan *consumable*.

a) Perhitungan Titik Berat Baja Kapal

Titik berat baja kapal ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan *Harvald and Jensen Method* yang dikembangkan pada tahun 1992. Perumusannya adalah sebagai berikut :

$$KG (m) = C_{KG} - D_a \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

$C_{KG}$  = Koefisien titik berat

Tabel 2.7 Koefisien Titik Berat

| Type kapal       | $C_{KG}$    |
|------------------|-------------|
| Passanger ship   | 0.67 – 0.72 |
| Large cargo ship | 0.58 – 0.64 |
| Small cargo ship | 0.60 – 0.80 |
| Bulk carrier     | 0.55 – 0.58 |
| Tankers          | 0.52 – 0.54 |

$D_A$  = Tinggi kapal setelah koreksi *Superstructure* dan *Deck House*

$$D_A (m) = D + \frac{V_a + V_{dh}}{L \times B} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$V_a$  = Volume Bangunan Atas [m<sup>3</sup>]

$V_{dh}$  = Volume *Deck Houses* [m<sup>3</sup>]

b) Perhitungan Titik berat Permesinan

Titik berat baja permesinan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneeklutch, 1998):

$$KG_m (m) = H_{DB} + 0,35(D - H_{DB}) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :  $H_{DB}$  = Tinggi *double bottom* [m]

c) Perhitungan Titik berat Peralatan dan Perlengkapan

Titik berat baja peralatan dan perlengkapan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (H Schneekluth, 1998):

$$KG_{eo}(m) = ( 1,02 \sim 1,08 ) \times D_A \dots\dots\dots(2.19)$$

d) Perhitungan Titik berat *Payload* dan *consumble*

Titik berat *Payload* dan *consumable* dapat dihitung berdasarkan letak *Payload* dan *consumable* yang direncanakan.

**2.6.6. Perhitungan Trim dan Stabilitas**

Perhitungan trim dan stabilitas, selain menjadi bagian dari perhitungan teknis juga menjadi batasan (*constrain*) dalam proses optimisasi sehingga dalam setiap iterasi yang terjadi harus selalu menyertakan perhitungan kedua batasan ini. Formula yang digunakan untuk menghitung trim dan stabilitas adalah sebagai berikut :

a) Perhitungan Trim

Batasan trim yang digunakan ditentukan sebesar  $\pm 0,5\%$  dari sarat. Rumusan yang digunakan ialah sebagai berikut (Parsons, 2001):

$$\text{Trim (m)} = T_A - T_F = \frac{(LCG-LCB)L}{GM_L} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$T_A$  = Sarat di AP [m]

$T_F$  = Sarat di FP [m]

LCG = *Longitudinal Center Gravity* [m]

LCB = *Longitudinal Center Bouyancy* [m]

$GM_L$  = Jarak antara titik berat ke titik metacenter [m]

Besarnya trim yang terjadi pada kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan titik berat seluruh komponen yang ada di atas kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaturan posisi komponen yang memiliki berat diatas kapal sehingga trim yang dihasilkan kecil, bahkan kalau bisa tidak terjadi trim (*even keel*).

b) Perhitungan Stabilitas

Selain trim, persyaratan lain yang harus dipenuhi sebagai *constrain* ialah stabilitas. Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan oleh gaya tertentu. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan "Intact Stability Code, IMO". Untuk perhitungannya stabilitas digunakan rumusan yang diberikan oleh George Manning dalam bukunya *The Theory and Technique of Ship Design hal. 251*. Penjelasan perhitungan ini dibagi menjadi dua bagian yaitu definisi masukan data dan langkah perhitungan.

Langkah Perhitungan :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left( \frac{(A_0 + A_1)}{2} \left( \frac{F}{35} \right) \right)$$

$$\delta = \left( \frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$C_{W'} = \frac{A_2}{L.D} \quad C_{W''} = C_{W'} - \frac{140\delta}{B.D.L} (1 - C_{PV}')$$

$$C_{X'} = \frac{A_M - B.F}{B.D} \quad C_{PV'} = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

$$GG' = KG' - KG$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

$$KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0}$$

$$h_1 = -0.4918 \cdot (C_{PV'})^2 + 1.0632 C_{PV'} - 0.0735$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14, *The Theory and Technique of Ship Design*, harga  $h_1$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV'}$  dengan grafik  $f_1$ ]

$$f_1 = \frac{D \left( 1 - \left( \frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

$$KB_0 = (1 - h_0) \cdot H$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , *The Theory and Technique of Ship Design*, Harga  $h_0$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV}$  dengan grafik  $f_0$ ]

$$f_0 = \frac{H \left( \left( \frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})}$$

$$G'B_{90} = \left( \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left( \frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left( A_2 - 70 \left( \frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}'' ) \right)} \right)$$

$$h_2 = -0.4918 \cdot (C_{PV}'' )^2 + 1.0632 \cdot C_{PV}'' - 0.0735$$

[Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , *The Theory and Technique of Ship Design*, harga  $h_2$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV}''$  dengan grafik  $f_2$  ]

$$f_2 = \begin{cases} 9.1 (C_X' - 0.89) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases}$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15, *The Theory and Technique of Ship Design*, harga  $C_1$  didapat dari perpotongan antara line 1 dengan  $C_w$ .

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$BM_{90} = \left( \frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0} \right) + \left( \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} \right)$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437$$

[Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 line 2 , *The Theory and Technique of Ship Design*.

Harga  $C_1'$  didapat dari perpotongan antara line 2 dengan  $C_w''$ ]

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi$$

$$= 0 \sim 90^\circ$$

$$G'Z' = b_1 \cdot \sin 2\phi + b_2 \cdot \sin 4\phi + b_3 \cdot \sin 6\phi$$

$$b_1 = \left( \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left( \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right)$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$b_3 = \left( \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left( \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

Sebagai batasan stabilitas dalam Tugas Akhir ini, digunakan regulasi dan persyaratan stabilitas yang ditetapkan oleh IMO dan Biro Klasifikasi BV (*Bureau Veritas*). Beberapa ketentuan tersebut antara lain :

- $E_{0 \sim 30^\circ} \geq 0,055 \text{ m.rad}$

luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ$  lebih dari 0,055 meter.radian

- $E_{0 \sim 40^\circ} \geq 0,09 \text{ m.rad}$

Luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ$  lebih dari 0,09 meter.radian

- $E_{30^\circ \sim 40^\circ} \geq 0,03 \text{ m.rad}$

luas dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ$  lebih dari 0,03 meter.radian

- $h_{30^\circ} \geq 0,2 \text{ m}$

lengan penegak GZ paling sedikit 0,2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

- $GM_0 \geq 0,15 \text{ m}$

Tinggi metacenter awal tidak boleh kurang dari 0,15 meter

### 2.6.7. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan baik itu mengangkut muatan barang maupun penumpang. Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul yang dalam terdapat peraturan Internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi Internasional yaitu ILLC (*International Load Line Convention*) tahun 1966 di kota London. Hasil dari konferensi ini ialah aturan lambung timbul minimum (*Freeboard standard*) sesuai dengan panjang dan jenis kapal. Peraturan ini juga dilengkapi dengan koreksi-koreksi penentuan *freeboard* dari nilai awal seperti koreksi panjang kapal, koefisien blok, tinggi kapal, bangunan atas, koreksi *sheer*, dan koreksi *minimum bow height*. Peraturan ini harus dipenuhi pada saat perencanaan kapal agar kapal mendapat pengakuan dari lembaga berwenang sekaligus mendapatkan ijin untuk beroperasi.

### 2.7. Tinjauan Biaya Pembangunan Kapal

Persoalan perencanaan kapal ditinjau dari segi ekonomis dilakukan dengan membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga hambatan (*resistance*) kapal menjadi kecil dan tenaga mesin yang diperlukan untuk menggerakkannya juga semakin kecil. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal. Biaya investasi kapal dibagi menjadi 5 bagian yaitu (Watson, 1998) :

- a) Biaya baja kapal (*structural cost*)
- b) Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*outfit cost*)
- c) Biaya permesinan kapal (*machinery cost*)
- d) *Non weight cost*

#### 2.7.1. Biaya Baja Kapal

Estimasi biaya dari berat baja kapal didapatkan dari rumus yaitu sebagai berikut (Watson,1998) :

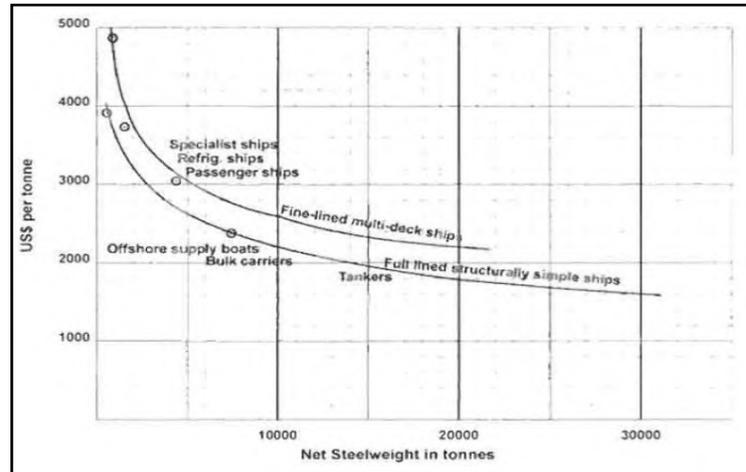
$$P_{St} \text{ (US \$)} = W_{St} \cdot C_{St} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$W_{St}$  = berat baja kapal

$C_{St}$  = pendekatan biaya berat baja per ton

Nilai  $C_{St}$  didapat melalui pendekatan grafik yang diberikan oleh *Watson* dalam buku *practical ship design Fig. 18.10*.



Gambar 2.8 Grafik Berat Baja

Sumber : (*Watson, Practical Ship Design, 1998*)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0.0000000000$$

$$b = -0.0000000011$$

$$c = 0.0000297990$$

$$d = -0.3899111919$$

$$e = 3972.1153341357$$

$C_{ST}$  tersebut dihitung berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan *overhead*. Tentunya grafik biaya ini patut dipertanyakan validitasnya terhadap harga baja saat ini sehingga perlu dilakukan analisis sensitivitas apabila terjadi perubahan harga.

### 2.7.2. Biaya Peralatan dan perlengkapan

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya perlengkapan ( $P_{E\&O}$ ) adalah sebagai berikut:

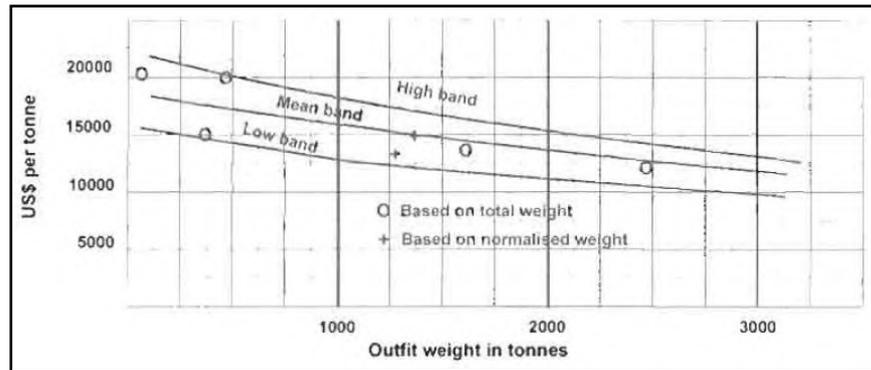
$$P_{eo} \text{ (US \$)} = W_{Eo} \cdot C_{Eo} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana:

$W_{E\&O}$  = berat perlengkapan dan peralatan

$C_{E\&O}$  = pendekatan biaya berat perlengkapan per ton

$C_{E\&O}$  berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material tenaga kerja dan overhead.  $C_{E\&O}$  diperoleh dari regresi grafik pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9 Grafik Perkiraan Biaya Perlengkapan per Ton

Sumber: (Watson, *Practical Ship Design*, 1998)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0$$

$$b = -0.0000001095$$

$$c = 0.0004870798$$

$$d = -3.1578067922$$

$$e = 18440.6636505112$$

### 2.7.3. Biaya Permesinan

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya permesinan ( $P_{ME}$ ) adalah sebagai berikut:

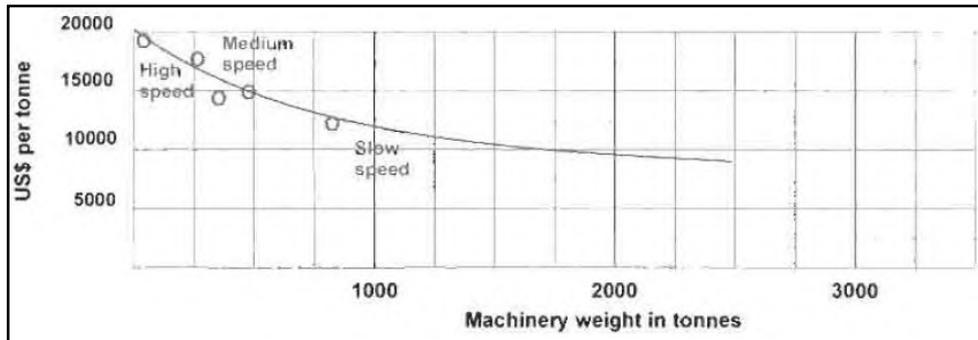
$$P_{Me} \text{ (US \$)} = W_{Me} \cdot C_{Me} \dots \dots \dots (2.23)$$

Keterangan:

$W_{ME}$  = berat permesinan

$C_{ME}$  = pendekatan biaya berat permesinan per ton

$C_{ME}$  berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya untuk material, tenaga kerja dan *overhead*.  $C_{ME}$  diperoleh dari regresi grafik pada



Gambar 2.10 Perkiraan Biaya Permesinan per Ton

Sumber: (Watson, *Practical Ship Design*, 1998)

Hasil regresi :

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = -0.0000000001$$

$$b = -0.0000002814$$

$$c = 0.0041959716$$

$$d = -11.6043551506$$

$$e = 20016.8963585246$$

#### 2.7.4. Biaya Non Berat (*Non Weight Costs*)

Biaya ini merupakan biaya-biaya uang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Contohnya :

- Biaya untuk *drawing office labour and overhead*.
- Biaya untuk biro klasifikasi dan Departemen Perhubungan.
- Biaya consultan.
- Biaya *tank test*.
- *Models cost*
- *Launch expenses*
- *Drydock cost*
- *Pilotage*
- *Trial cost*.
- Biaya lain – lain.

Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya non berat ( $P_{NW}$ ) adalah sebagai berikut:

$$P_{NW} (\text{US \$}) = C_{NW} \cdot (P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME}) \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

$C_{NW}$  = biaya non berat, biasanya 7.5% - 12%.

Sehingga Total Biaya adalah:

$$\text{Total Cost (US \$)} = P_{ST} + P_{E\&O} + P_{ME} + P_{NW} \dots\dots\dots(2.25)$$

## 2.8. Biaya Transportasi Laut

Pada operasi suatu moda transportasi laut, memiliki 4 macam *biaya* yaitu : (Wijnolst & Wergeland, Shipping, 1997)

- Biaya modal (*capital cost*)
- Biaya operasional (*operational cost*)
- Biaya pelayaran (*voyage cost*)
- Biaya bongkar muat (*cargo handling cost*)

### 2.8.1. Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal adalah harga kapal ketika dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut, Pengembalian nilai capital ini direfleksikan sebagai *pembayaran* tahunan.

### 2.8.2. Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Yang termasuk dalam biaya operasional adalah biaya ABK, perawatan dan perbaikan kapal, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Rumus untuk biaya operasional adalah sebagai berikut:

$$OC = M + ST + MN + I + AD \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

OC = *Operation Cost*

M = *Manning Cost*

ST = *Store Cost*

I = *Insurance Cost*

AD = *Administration Cost*

- ***Manning cost***

*Manning cost (crew cost)* adalah biaya-biaya langsung maupun tidak langsung untuk anak buah kapal termasuk di dalamnya adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun. Besarnya *crew cost* ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja yang tergantung pada ukuran teknis kapal. Struktur kerja pada sebuah biasanya dibagi menjadi 3 departemen, yaitu *deck departemen, engine departemen, dan catering departemen*.

- ***Store, supplies and lubricating oils***

Jenis biaya ini dikategorikan menjadi 3 macam yaitu *marine stores* (cat, tali, besi), *engine room stores (spare part, lubricating oils)*, dan *steward's stores* (bahan makanan).

- ***Maintenance and repair cost***

*Maintenance and repair cost* merupakan biaya perawatan dan perbaikan yang mencakup semua kebutuhan untuk mempertahankan kondisi kapal agar sesuai dengan standart kebijakan perusahaan maupun persyaratan badan klasifikasi. Biaya ini dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- Survey klasifikasi

Kapal harus menjalani survey regular dry docking setiap dua tahun dan special survey setiap empat tahun untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi.

- Perawatan rutin

Perawatan rutin meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas dan pengedokan untuk memelihara lambung dari pertumbuhan biota laut yang bisa mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan ini cenderung bertambah seiring dengan bertambahnya umur kapal.

- Perbaikan

Biaya perbaikan muncul karena adanya kerusakan kapal secara tiba-tiba dan harus segera diperbaiki.

- **Insurance cost**

*Insurance cost* merupakan biaya asuransi, yaitu komponen pembiayaan yang dikeluarkan sehubungan dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggungan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Semakin tinggi resiko yang dibebankan, semakin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi biaya premi asuransi, yaitu biaya premi asuransi akan dikenakan pada kapal yang umurnya lebih tua. Terdapat dua jenis asuransi yang dipakai perusahaan pelayaran terhadap kapalnya, yaitu *hull and machinery insurance* dan *protection and indemnity insurance*.

- **Administrasi**

Biaya administrasi diantaranya adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhan maupun fungsi administratif lainnya. Biaya ini juga disebut biaya overhead yang besarnya tergantung dari besar kecilnya perusahaan dan jumlah armada yang dimiliki.

### 2.8.3. Biaya Pelayaran (*Voyage Cost*)

Biaya pelayaran adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu dan tunda. Rumus untuk biaya pelayaran adalah :

$$VC = FC + PD \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan:

VC = *voyage cost*

PD = *port cost*

FC = *fuel cost*

- ***Port cost***

Pada saat kapal dipelabuhan, biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charges*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan, dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume dan berat muatan, GRT dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai kapal selama dipelabuhan, yaitu jasa pandu dan tunda, jasa labuh, dan jasa tambat.

- ***Fuel cost***

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung dari beberapa variabel seperti ukuran, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau *ballast*, kecepatan, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di pelabuhan dan harga bahan bakar. Terdapat tiga jenis bahan bakar yang dipakai, yaitu HSD, MDO, dan MFO.

#### **2.8.4. Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)**

Tujuan dari kapal niaga adalah memindahkan muatan dari pelabuhan yang berbeda. Untuk mewujudkan hal tersebut, muatan harus dipindahkan dari kapal ke dermaga ataupun sebaliknya, atau dari kapal ke kapal atau tongkang. Biaya yang harus dikeluarkan untuk memindahkan itulah yang dikategorikan sebagai biaya bongkar muat.

Biaya bongkar muat ditentukan oleh beberapa faktor, seperti jenis komoditi (minyak, bahan kimia, gas, gandum, hasil hutan, *container*), jumlah muatan, jenis kapal, dan karakteristik dari terminal dan pelabuhan. Proses bongkar muat kapal di terminal dilakukan oleh perusahaan bongkar muat atau oleh penerima atau pengirim muatan.

Muatan seperti minyak, bahan kimia, dan segala hal yang berbentuk cair yang ditransportasikan dengan menggunakan kapal tanker mempunyai proses bongkar muat yang sangat sederhana. Minyak atau zat cair lainnya hanya perlu dipompa dari tangki penyimpanan di terminal ke kapal atau sebaliknya tanpa memerlukan bantuan buruh pelabuhan.

### **2.9. Tinjauan Analisis Investasi**

Beberapa analisis keuangan digunakan untuk menilai suatu usulan penanaman modal seperti pembelian aktiva tetap, pembangunan suatu aktiva tetap untuk jangka panjang. Penggunaan Analisis keuangan juga harus memperhatikan sifat pada penanaman modal. Metode Analisis keuangan yang umum digunakan untuk menilai investasi jangka panjang

adalah *Net present value* (NPV), *Internal Rate Of Return* (IRR) dan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR) (Gaspersz, 2011).

### 2.9.1. Nilai Bersih Sekarang (NPV)

Nilai uang sebagai manfaat ekonomi dari usaha yang diperkirakan akan diterima di masa yang akan datang tidak sama dengan nilai uang yang diterima sekarang, karena adanya faktor *interest rate* yang besarnya tertentu dan besarnya biaya yang dianalisis sepanjang waktu. Oleh sebab itu, dalam studi kelayakan maupun investasi, unsur waktu dan interest rate diperhitungkan (Gaspersz, 2011). Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_1^n \frac{P_t}{(1+i)_t} - \text{Investasi Awal} \dots \dots \dots (2.28)$$

Dimana:

- NPV = Nilai bersih (*cash flow*) pada tahun ke-t
- n = Lama waktu atau periode investasi
- i = Interest (tingkat bunga bank yang berlaku)
- t = Periode waktu

### 2.9.2. Internal Rate of Return (IRR)

*Internal rate of return* (IRR) merupakan suatu index keuntungan (*profitability index*) yang telah dipergunakan secara luas dalam analisis investasi proyek industri. *Internal rate of return* (IRR) dapat didefinisikan sebagai suatu “*interest rate*” yang membuat sehingga nilai sekarang dari aliran kas proyek industri menuju nol (Gaspersz, 2011). Dalam analisis investasi, nilai IRR dapat dijadikan sebagai suatu kriteria untuk menunjukkan sejauh mana nilai IRR dari proyek industri itu berbeda dengan MARR yang diharapkan (*expected minimum attractive rate of return*) oleh investor.

### 2.9.3. Minimum Attractive Rate of Return (MARR)

Tingkat bunga yang dipakai patokan dasar dalam mengevaluasi dan membandingkan berbagai alternatif dinamakan MARR. MARR disini adalah nilai minimum dari tingkat pengembalian atau bunga yang bisa diterima investor (Gaspersz, 2011). Dengan kata lain bila suatu investasi menghasilkan bunga atau pengembalian (*rate of return*) yang lebih kecil dari pada MARR maka investasi tersebut dinilai tidak ekonomis.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis dan Sumber Data**

Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penulisan ini bersumber dari:

**a) Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan langsung terhadap obyek penelitian.

**b) Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari literatur, paper, jurnal guna menunjang data yang ada.

#### **3.2. Prosedur Pengerjaan**

Prosedur pengerjaan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini melalui beberapa tahap yaitu:

**a) Tahap Identifikasi masalah**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan dari Tugas Akhir ini. Hal yang diidentifikasi adalah krisis listrik yang terjadi di Bawean dan rencana pembangunan PLTG di Bawean. Sehingga timbul suatu permasalahan mengenai rencana pemenuhan kebutuhan bahan bakar PLTG tersebut yang berupa gas dalam bentuk CNG.

**b) Tahap Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah teori peramalan, teori optimisasi, teori desain konseptual kapal, teori biaya transportasi laut, teori kelayakan investasi dan jurnal ilmiah yang terkait dengan lingkup studi.

**c) Tahap Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir adalah metode pengumpulan data secara langsung (primer), dan tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir. Adapun data - data yang diperlukan antara lain:

1. Data kondisi geografis Pulau Bawean

2. Data jumlah penduduk Pulau Bawean
3. Data kelistrikan Pulau Bawean beberapa tahun terakhir yang meliputi jumlah pelanggan listrik dan konsumsi energi listrik.
4. Data teknis PLTG di Pulau Bawean yang masih tahan perencanaan
5. Harga gas tahun 2014
6. Data kapal pembanding

**d) Tahap Pengolahan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang diperoleh untuk dijadikan sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui beberapa hal, yaitu:

1. Proyeksi jumlah kebutuhan listrik di Pulau Bawean
2. Jumlah gas yang dibutuhkan oleh PLTG di Pulau Bawean.

**e) Tahap Analisis Data**

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap dua hal, yaitu proyeksi jumlah kebutuhan listrik di Pulau Bawean dan jumlah kebutuhan gas untuk PLTG di Pulau Bawean. Sehingga dapat dilakukan perhitungan dan perencanaan pola pengangkutan gas serta dapat menentukan ukuran kapal yang sesuai.

**f) Tahap Perencanaan**

Pada tahap ini dilakukan perencanaan untuk mengangkut gas ke Pulau Bawean sehingga dapat memenuhi kebutuhan bahan bakar PLTG di Pulau Bawean. Perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan rute
2. Perencanaan alat angkut
3. Perencanaan moda angkut

**g) Tahap Optimisasi**

Pada tahap ini dilakukan optimisasi. Optimisasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Optimisasi kapasitas kapal (*Payload*) setiap moda
2. Optimisasi desain (ukuran utama) moda terpilih

**h) Tahap Analisis Kelayakan Investasi**

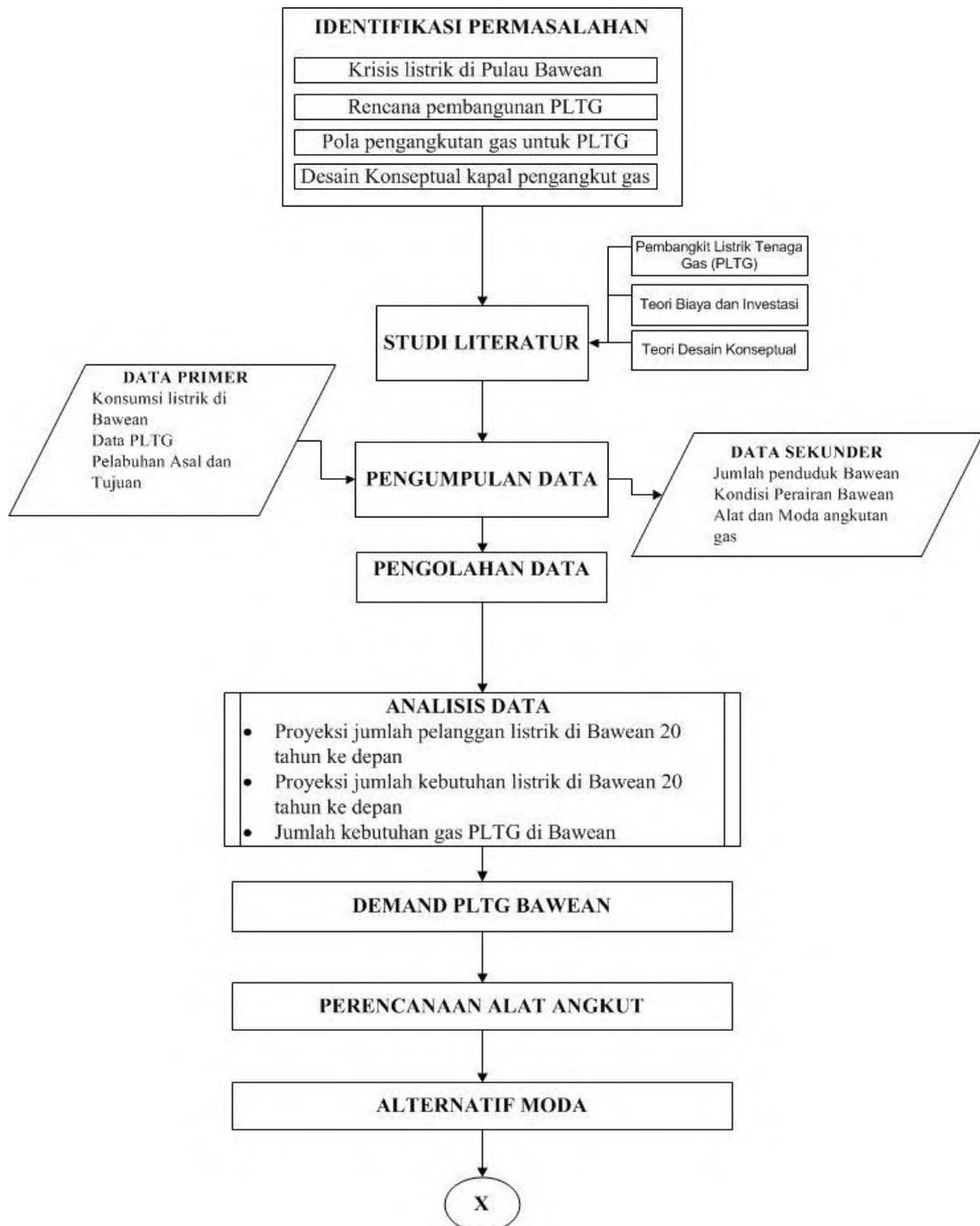
Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya yaitu biaya pembangunan kapal dan biaya operasional kapal serta biaya infrastruktur dan operasionalnya.

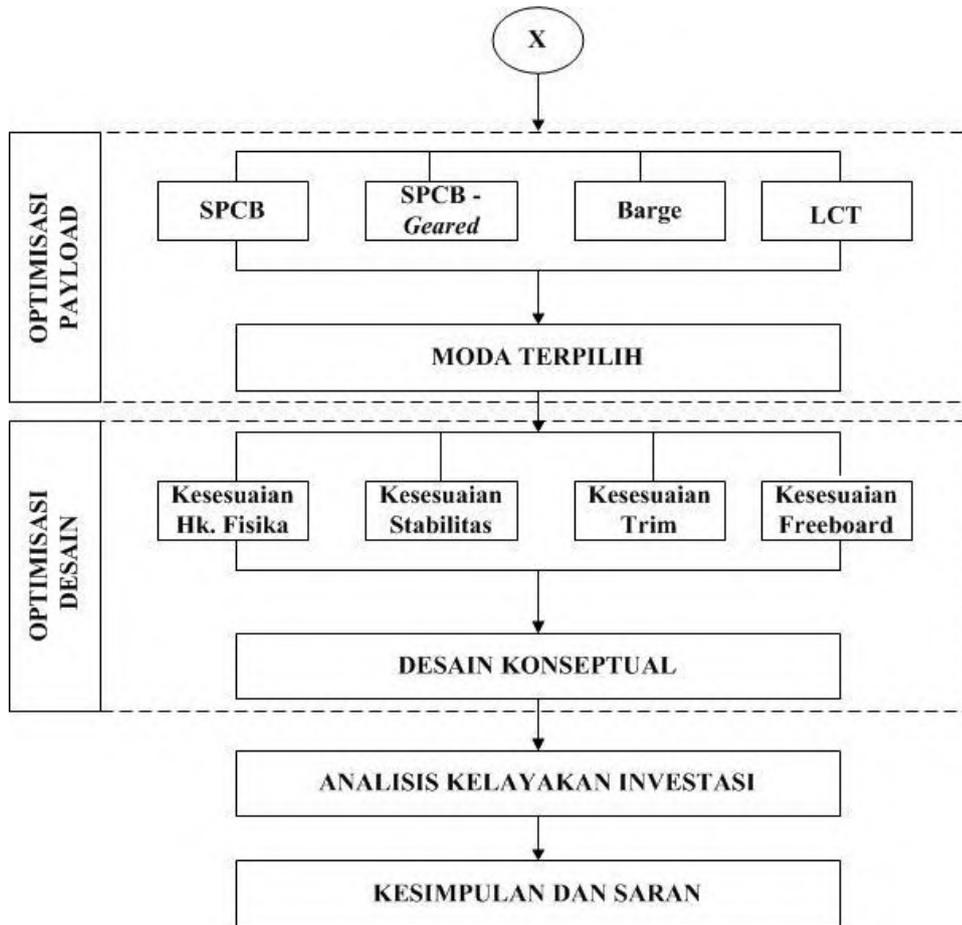
i) **Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini akan dirangkum hasil analisis dan evaluasi yang didapat dan saran saran untuk pengembangan lebih lanjut.

**3.3. Diagram Alir Tugas Akhir**

Urutan pelaksanaan pemodelan yang akan dilakukan adalah mengikuti diagram alir sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

## **BAB 4**

### **GAMBARAN UMUM OBYEK PENELITIAN**

#### **4.1. Profil Kabupaten Gresik**

Kabupaten Gresik adalah sebuah kabupaten memiliki luas 1.191,25 km<sup>2</sup> di Jawa Timur. Memiliki batas wilayah Utara : Laut Jawa; Selatan: Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Mojokerto; Timur: Selat Bawean dan Barat: Kabupaten Lamongan. Wilayah Kabupaten Gresik juga mencakup Pulau Bawean, yang berada 150 km lepas pantai Laut Jawa. Ibu kota Kabupaten Gresik berada 20 km sebelah utara Kota Surabaya. (BPS Jatim, 2013)

Secara administrasi pemerintahan, wilayah Kabupaten Gresik terdiri dari 18 kecamatan, 330 Desa dan 26 Kelurahan. Hampir sepertiga bagian dari wilayah Kabupaten Gresik merupakan daerah pesisir pantai, yaitu sepanjang Kecamatan Kebomas, sebagian Kecamatan Gresik, Kecamatan Manyar, Kecamatan Bungah dan Kecamatan Ujungpangkah. Sedangkan Kecamatan Sangkapura dan Kecamatan Tambak berada di Pulau Bawean. (BPS Jatim, 2013)

#### **4.1.1. Penduduk Kabupaten Gresik**

Dari hasil registrasi penduduk menunjukkan bahwa jumlah penduduk Kabupaten Gresik pada tahun 2012 sebesar 1.223.512 jiwa, yang terdiri dari 615.763 jiwa penduduk laki-laki dan 607.749 jiwa penduduk perempuan. Jumlah penduduk tersebut berada pada 315.437 keluarga. Dengan luas wilayah 1.191,25 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk yang mengalami kenaikan sebesar 0,83 persen dibanding tahun sebelumnya, maka pada tahun 2012 ini Kabupaten Gresik mempunyai kepadatan penduduk sebesar 1.019 jiwa/km<sup>2</sup>. Secara total pada tahun 2012 penduduk laki-laki jumlahnya lebih banyak dibandingkan penduduk perempuan. Hal ini dapat dilihat dari angka rasio jenis kelamin pada tahun 2012 kabupaten Gresik mempunyai angka rasio jenis kelamin. Sebesar 102 persen. Ini berarti dari 100 jiwa penduduk perempuan terdapat 102 jiwa penduduk laki-laki. (BPS Jatim, 2013)

#### **4.1.2. Gambaran Ekonomi Kabupaten Gresik**

Angka Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Gresik atas harga berlaku selama dua tahun terakhir adalah 44.083.023,20 juta rupiah untuk tahun 2011 dan 50.

185.056,55 juta rupiah untuk tahun 2012. Jika dilihat kontribusi masing-masing sektor dalam pembentukan PDRB, sektor Industri memiliki peranan terbesar dalam pembentukan PDRB Kabupaten Gresik Tahun 2012 yaitu sebesar 50,16 persen, kemudian disusul sektor Perdagangan, Hotel dan Restoran sebesar 23,09 persen kemudian yang ketiga adalah sektor Pertanian yang mencapai 8,94 persen. Ketiga sektor ini secara bersama-sama menguasai sekitar 80 persen perekonomian di Kabupaten Gresik. (BPS Jatim, 2013)

Tingginya peranan sektor Industri merupakan hal yang wajar karena di Kabupaten Gresik terdapat tidak kurang dari 487 industri besar dan sedang. Sebagian besar Industri-industri tersebut terdapat di Kecamatan Wringinanom, Driyorejo, Manyar dan Kebomas.

Berikut ini adalah tabel mengenai PDRB Kabupaten Gresik dari tahun 2002 – 2012.

Tabel 4.1 PDRB Kabupaten Gresik Tahun 2002 - 2012

| <b>Tahun</b>     | <b>PDRB<br/>(Milyar Rp)</b> | <b>Laju<br/>Pertumbuhan<br/>PDRB</b> |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 2002             | 15.998                      | -                                    |
| 2003             | 17.090                      | 7%                                   |
| 2004             | 19.099                      | 12%                                  |
| 2005             | 20.769                      | 9%                                   |
| 2006             | 22.898                      | 10%                                  |
| 2007             | 25.890                      | 13%                                  |
| 2008             | 29.987                      | 16%                                  |
| 2009             | 33.247                      | 11%                                  |
| 2010             | 38.018                      | 14%                                  |
| 2011             | 44.083                      | 16%                                  |
| 2012             | 50.185                      | 14%                                  |
| <b>Rata Rata</b> |                             | 12,15%                               |

*Sumber : (BPS Jatim 2013)*

#### **4.2. Profil Pulau Bawean**

Bawean adalah sebuah pulau yang terletak di Laut Jawa, sekitar 80 Mil atau 120 kilometer sebelah utara dari Kabupaten Gresik. Secara administratif, pulau ini termasuk dalam Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Diameter pulau Bawean kira-kira 12 kilometer dan jalan yang melingkari pulau ini kira-kira panjangnya 70 km dan bisa ditempuh dalam waktu 1-2 jam. Koordinat: 5°46' LS 112°40' BT. (Hermawan, 2013)

Bawean memiliki 2 kecamatan yaitu Sangkapura dan Tambak. Penduduknya merupakan pembauran beberapa suku yang berasal dari pulau Jawa, Bawean, Kalimantan

,Sulawesi dan Sumatera termasuk budaya dan bahasanya. Penduduk Bawean kebanyakan memiliki mata pencaharian sebagai nelayan atau petani selain juga menjadi TKI (Tenaga Kerja Indonesia) di Malaysia dan Singapura, sebagian besar diantara mereka telah mempunyai status penduduk tetap di negara tersebut. Selain di kedua negara itu penduduk Bawean juga menetap di Australia dan Vietnam. Etnis mayoritas penduduk Bawean adalah Suku Bawean, diikuti oleh Suku Jawa, Bawean dan suku-suku lain misalnya Bugis, Mandar, Mandailing, Banjar dan Palembang. (Hermawan, 2013)

#### 4.2.1. Pelabuhan di Bawean

Pelabuhan yang terdapat di Pulau Bawean adalah Pelabuhan Sangkapura. Pelabuhan Sangkapura terletak di kecamatan Sangkapura. Secara Geografis pelabuhan Sangkapura terletak  $05^{\circ}51'20''$  LS- $112^{\circ}38'20''$ BT. Pelabuhan Sangkapura terdiri dari pelabuhan ikan dan pelabuhan penyebrangan. (Hermawan, 2013)



Gambar 4.1 Pelabuhan Sangkapura - Bawean

*Sumber : (Hermawan, 2013)*

- **Profil Pelabuhan Sangkapura - Bawean**

Fasilitas Pelabuhan

a. Dermaga

Panjang : 210 m

Lebar : 10 m

Kedalaman : 8 m (posisi pasang tertinggi)

4 m (posisi pasang terendah)

b. *Break Water*

- |         |           |
|---------|-----------|
| Panjang | : 79,70 m |
| Lebar   | : 1 m     |
- c. *Trestel*
- |         |         |
|---------|---------|
| Panjang | : 80 m  |
| Lebar   | : 6,5 m |
- d. Pinggiran/Talud/*Causway*
- |         |         |
|---------|---------|
| Panjang | : 750 m |
| Lebar   | : 6,5 m |
- e. Alur Pelayaran
- |                  |           |
|------------------|-----------|
| Panjang          | : 3 mil   |
| Lebar            | : 1.500 m |
| Kedalaman        | : 22 m    |
| Pasang tertinggi | : 13 m    |
- f. Kolam Pelabuhan
- |                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Luas             | : 500.000 m <sup>2</sup> |
| Kedalaman        | : 22 m                   |
| Pasang tertinggi | : 13 m                   |
| Pasang terendah  | : 7,5 m                  |
- g. Gudang
- |           |           |
|-----------|-----------|
| Luas      | : 400 m   |
| Kapasitas | : 500 ton |

#### **4.2.2. Penduduk Pulau Bawean**

Berdasarkan data statistik BPS Jatim tahun 2013 jumlah penduduk pulau Bawean tahun 2012 berjumlah 73.552 jiwa naik sebesar 2,1% dari tahun sebelumnya. Berikut ini adalah tabel mengenai jumlah penduduk Pulau Bawean dari tahun 2002 – 2012.

Tabel 4.2 Jumlah Penduduk Pulau Bawean Tahun 2002 - 2012

| <b>Tahun</b>     | <b>Jumlah Penduduk (Jiwa)</b> | <b>Laju Pertumbuhan Penduduk</b> |
|------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 2002             | 62.992                        | -                                |
| 2003             | 65.745                        | 4%                               |
| 2004             | 66.602                        | 1,2%                             |
| 2005             | 67.067                        | 1,1%                             |
| 2006             | 66.472                        | 2,1%                             |
| 2007             | 69.303                        | -0,1%                            |
| 2008             | 70.124                        | 1,4%                             |
| 2009             | 70.953                        | 1,4%                             |
| 2010             | 71.656                        | 1,4%                             |
| 2011             | 73.134                        | 1,2%                             |
| 2012             | 73.552                        | 2,1%                             |
| <b>Rata Rata</b> |                               | 1,43%                            |

*Sumber : (BPS Jatim, 2013)*

#### **4.2.3. PLTG di Pulau Bawean**

PLTG adalah suatu pembangkit listrik dengan memanfaatkan gas sebagai sumber energinya (bahan bakarnya). Gas tersebut dikondisikan sedemikian rupa sehingga sesuai dengan instalasi yang ada pada PLTG tersebut. Di Indonesia kecenderungan untuk membangun PLTG sangatlah meningkat karena untuk menggantikan PLTD yang sudah ada. Hal tersebut karena PLTD tersebut menggunakan sumber energi dari solar yang sudah semakin terbatas ketersediaannya.

Seiring dengan hal tersebut PT PJB (Pembangkitan Jawa Bali) akan membangun PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) di Pulau Bawean. Dengan adanya PLTG tersebut tentunya membutuhkan pasokan gas yang terus menerus agar kebutuhan gas untuk PLTG tersebut selalu terpenuhi. Berikut ini adalah daftar sebagian rencana pembangunan PLTG untuk daerah Jawa-Bali yang terdapat dalam RUPTL (Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik) PT PLN (Persero) 2011 – 2020.

Tabel 4.3 Rencana Proyek Pembangkit Listrik se-Jawa-Bali

| No | Pemilik | Jenis | Nama Proyek      | Kapasitas (MW) | COD  | Status   |
|----|---------|-------|------------------|----------------|------|----------|
| 1  | PLN     | PLTU  | Paiton           | 660,0          | 2012 | On going |
| 2  | PLN     | PLTU  | Pacitan          | 630,0          | 2012 | On going |
| 3  | PLN     | PLTU  | Tanjung Awamawar | 350,0          | 2013 | On going |
| 4  | PLN     | PLTG  | Bawean           | 3,0            | 2014 | Rencana  |
| 5  | PLN     | PLTA  | Kalkonto         | 62,0           | 2015 | Rencana  |
| 6  | PLN     | PLTA  | Kesamben         | 37,0           | 2017 | Rencana  |
| 7  | PLN     | PLTGU | Tuban Cepu       | 750,0          | 2019 | Rencana  |
| 8  | PLN     | PS    | Gandulu PS       | 500,0          | 2020 | Rencana  |
| 9  | Swasta  | PLTU  | Paiton x exp     | 815,0          | 2012 | On going |
| 10 | Swasta  | PLTM  | Androkan         | 0,5            | 2014 | Rencana  |
| 11 | Swasta  | PLTU  | Madura           | 400,0          | 2015 | Rencana  |
| 12 | Swasta  | PLTP  | Argopuro         | 110,0          | 2015 | Rencana  |
| 13 | Swasta  | PLTP  | Ijen             | 55,0           | 2019 | Rencana  |
| 14 | Swasta  | PLTP  | Arjuno           | 55,0           | 2020 | Rencana  |

Sumber : (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Tahun 2011-2020, 2011)

### 4.3. Kelistrikan Pulau Bawean

#### 4.3.1. Pelanggan Listrik Pulau Bawean

Pelanggan listrik di pulau Bawean bervariasi diantaranya rumah tangga, komersil, industri, multiguna dan sosial. Pada tahun 2012 sektor rumah tangga merupakan pelanggan listrik terbanyak sebesar 8.672 pelanggan, bisnis 427 pelanggan, publik 287 pelanggan dan sektor industri 38 pelanggan dengan total pelanggan keseluruhan yaitu sebesar 9.424 pelanggan.

Tabel 4.4 Pelanggan Listrik Per Sektor

| Tahun | RT    | Bisnis | Industri | Publik |
|-------|-------|--------|----------|--------|
| 2007  | 8.078 | 398    | 36       | 267    |
| 2008  | 8.130 | 401    | 36       | 269    |
| 2009  | 8.259 | 407    | 36       | 273    |
| 2010  | 8.359 | 412    | 37       | 277    |
| 2011  | 8.510 | 419    | 37       | 282    |
| 2012  | 8.672 | 427    | 38       | 287    |

Sumber : (Data Statistik PLN Jatim, 2013)

#### 4.3.2. Konsumsi Listrik Pulau Bawean

Berdasarkan data statistik PLN Jatim, Konsumsi listrik pulau Bawean tahun 2012 mencapai 85.301 MWh dengan konsumsi per sektor bervariasi. Konsumsi listrik sektor rumah

tangga sebesar 78.493 MWh, Bisnis 3.865 MWh, Industri 343 MWh, publik 2.598 MWh. Berikut disajikan tabel konsumsi listrik pulau Bawean 6 tahun terakhir.

Tabel 4.5 Konsumsi Listrik Per Sektor

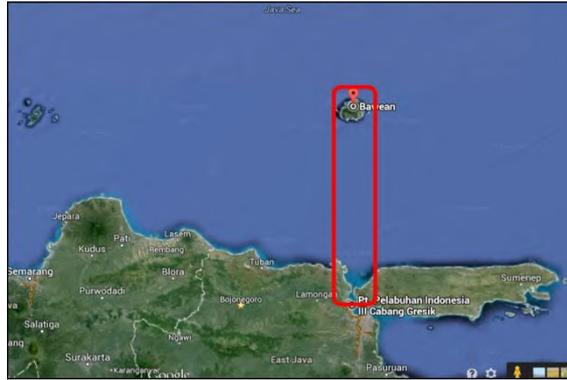
| <b>Tahun</b> | <b>RT<br/>(MWh)</b> | <b>Bisnis<br/>(MWh)</b> | <b>Industri<br/>(MWh)</b> | <b>Publik<br/>(MWh)</b> | <b>Total<br/>(MWh)</b> |
|--------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 2007         | 73.118              | 3.602                   | 326                       | 2.417                   | 79.463                 |
| 2008         | 73.589              | 3.630                   | 326                       | 2.435                   | 79.979                 |
| 2009         | 74.756              | 3.684                   | 326                       | 2.471                   | 81.237                 |
| 2010         | 75.661              | 3.729                   | 335                       | 2.507                   | 82.233                 |
| 2011         | 77.028              | 3.793                   | 335                       | 2.553                   | 83.708                 |
| 2012         | 78.494              | 3.865                   | 344                       | 2.598                   | 85.301                 |

*Sumber : (Data Statistik PLN Jatim, 2013)*

#### **4.4. Kondisi Perairan Bawean**

Pulau Bawean merupakan pulau kecil yang terletak di Laut Jawa, 120 km atau 80 mil laut dari Gresik. Satu-satunya transportasi yang menghubungkan pulau ini dengan pulau lainnya adalah melalui laut. Dari Pelabuhan Gresik, pulau ini dapat dicapai dengan menggunakan kapal ekspres selama kurang lebih 3 – 6 jam. Jika menggunakan kapal jenis ro-ro jarak tempuh bisa mencapai 10 – 12 jam. Namun saat ini kapal ro-ro sudah tidak ada yang beroperasi lagi. Selain transportasi laut, direncanakan pula transportasi udara menuju Bawean sehingga jika itu sudah terealisasi maka dapat dijadikan moda transportasi lain untuk menuju Pulau Bawean.

Dalam hal transportasi laut, pelayaran menuju sangat tergantung pada kondisi cuaca di Laut Jawa, mengingat saat ini satu-satunya transportasi adalah melalui laut disamping itu kapal yang melayani jalur Gresik-Bawean terbatas pada kapal. Setiap tahun pada saat cuaca ekstrim Pulau Bawean selalu terisolir selama kurun waktu yang cukup lama antara satu hingga tiga minggu akibat cuaca buruk dan gelombang tinggi di Laut Jawa, khususnya pada jalur pelayaran antar Gresik.

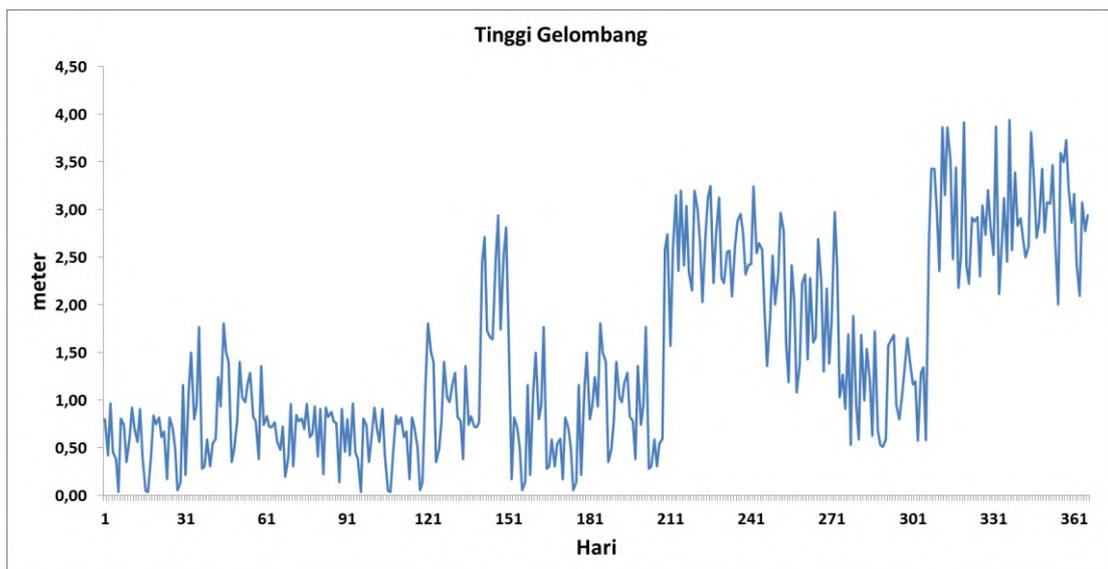


Gambar 4.2 Perairan Gresik – Bawean

Sumber : (maps.google.com)

Gambar tersebut jalur pelayaran dari pelabuhan Gresik hingga Sangkapura di Pulau Bawean dengan jarak 120 km atau 80 mil laut.

Dan berikut ini adalah kondisi gelombang di Laut Jawa yang merupakan alur pelayaran yang harus dilewati untuk sampai ke Pulau Bawean dari Gresik :



Gambar 4.3 Grafik Kondisi Gelombang Laut Jawa pada Tahun 2012

Sumber : (BMKG, 2013)

## BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Analisis Pertumbuhan Penduduk dan PDRB

Proyeksi jumlah penduduk Pulau Bawean dan PDRB Kabupaten Gresik dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah penduduk dan PDRB tersebut pada dua puluh tahun ke depan. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk Bawean dan PDRB Kabupaten Gresik maka harus diketahui jumlah penduduk Bawean dan besar PDRB Kabupaten Gresik pada tahun-tahun sebelumnya.

Tabel 5.1 Laju Pertumbuhan Penduduk dan PDRB Tahun 2002 – 2012

| <b>Tahun</b>     | <b>Jumlah Penduduk (Jiwa)</b> | <b>PDRB (Milyar Rp)</b> | <b>Laju Pertumbuhan Penduduk</b> | <b>Laju Pertumbuhan PDRB</b> |
|------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 2002             | 62.992                        | 15.998                  | -                                | -                            |
| 2003             | 65.745                        | 17.090                  | 4%                               | 7%                           |
| 2004             | 66.602                        | 19.099                  | 1,2%                             | 12%                          |
| 2005             | 67.067                        | 20.769                  | 1,1%                             | 9%                           |
| 2006             | 66.472                        | 22.898                  | 2,1%                             | 10%                          |
| 2007             | 69.303                        | 25.890                  | -0,1%                            | 13%                          |
| 2008             | 70.124                        | 29.987                  | 1,4%                             | 16%                          |
| 2009             | 70.953                        | 33.247                  | 1,4%                             | 11%                          |
| 2010             | 71.656                        | 38.018                  | 1,4%                             | 14%                          |
| 2011             | 73.134                        | 44.083                  | 1,2%                             | 16%                          |
| 2012             | 73.552                        | 50.185                  | 2,1%                             | 14%                          |
| <b>Rata Rata</b> |                               |                         | 1,43%                            | 12,15%                       |

*Sumber : (BPS Jatim, 2013)*

Berdasarkan Tabel diatas dapat diidentifikasi pola data yang diketahui adalah sebagai berikut:

1. Kelompok data merupakan *time series* karena menunjukkan serangkaian data yang merupakan fungsi dari waktu.
2. Data tidak menunjukkan pola musiman.
3. Data cenderung menunjukkan pola yang tidak teratur.

Proyeksi dilakukan dua puluh tahun ke depan berarti tujuan peramalan bersifat jangka panjang (*long term*). Sehingga dengan mengetahui karakteristik data maka dapat dilakukan

pemilihan model yang tepat untuk proses proyeksi. Jenis model yang memenuhi kriteria tersebut di atas adalah *linear trend model* dan *exponential growth*. (Makridakis W. M., 1999)

Tabel 5.2 Pengukuran Model Peramalan Jumlah Penduduk

| <b>Accuracy Measures</b> | <b>Linear</b> | <b><i>Exponential growth</i></b> |
|--------------------------|---------------|----------------------------------|
| MAPE                     | 1%            | 1%                               |
| MAD                      | 509           | 537                              |
| MSD                      | 411.891       | 425.361                          |

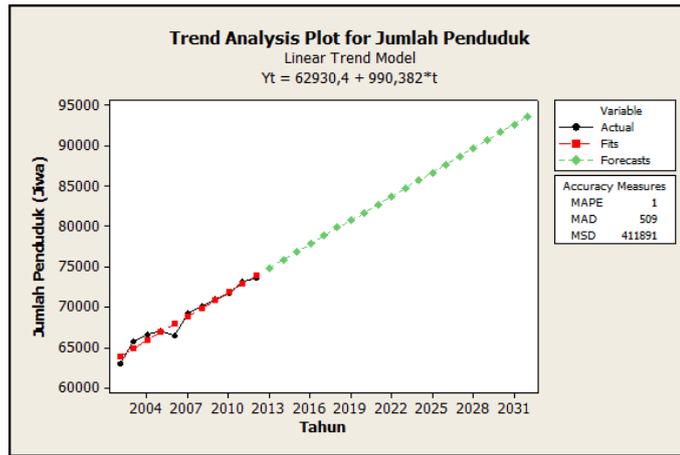
Tabel 5.3 Pengukuran Model Peramalan PDRB

| <b>Accuracy Measures</b> | <b>Linear</b> | <b><i>Exponential growth</i></b> |
|--------------------------|---------------|----------------------------------|
| MAPE                     | 9%            | 3%                               |
| MAD                      | 2.231         | 753                              |
| MSD                      | 6.433.402     | 888.072                          |

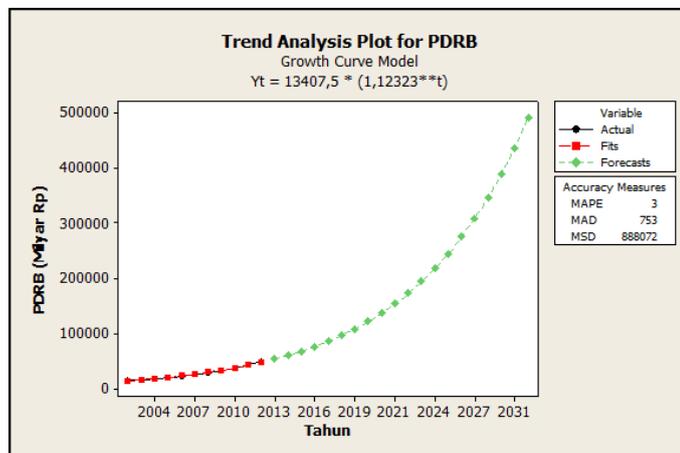
MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan. Ukuran akurasi dicocokkan dengan data *time series* dan ditunjukkan dalam persentase. MAD (*Mean Absolute Deviation*) merupakan rata-rata dari nilai absolt simpangan. MSD (*Mean Squared Deviation*) merupakan rata-rata dari nilai kuadrat simpangan data. (Gazpersz, 2011). Dengan membandingkan nilai-nilai MAPE, MAD, dan MSD, maka dapat kita tentukan mana model yang terbaik, yaitu model dengan ukuran-ukuran akurasi yang terkecil karena semakin kecil nilai-nilai tersebut maka semakin mendekati nilai kebenaran suatu data ramalan dengan nilai aktual. (Wicaksana, 2012).

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan masing-masing model pada perangkat lunak *Minitab 14* diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel di atas. Dari hasil running *minitab*, dipilih model yang memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang terkecil sebagaimana uraian di atas.

Hasil perhitungan proyeksi penduduk dengan *linear trend model* memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD yang paling kecil yaitu MAPE sebesar 1%, MAD sebesar 509 dan MSD sebesar 411.891 sehingga hasil yang digunakan adalah perhitungan dengan menggunakan *linear trend model*. Sedangkan pada proyeksi PDRB digunakan *exponential growth method* karena model ini memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD terkecil yaitu MAPE sebesar 3%, MAD sebesar 753, dan MSD sebesar 888.072.



Gambar 5.1 Grafik Peramalan Jumlah Penduduk dengan *Linear trend model*



Gambar 5.2 Grafik Peramalan PDRB dengan *Exponential growth Method*

Garis berwarna hitam menunjukkan data yang akan diproyeksikan. Garis yang berwarna merah menunjukkan data yang telah diolah dengan menggunakan metode *Linear trend model* atau *Exponential growth method*. Garis yang berwarna hijau menunjukkan hasil proyeksi selama dua puluh tahun. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil running peramalan jumlah penduduk dan PDRB sampai tahun 2032. Hasil yang diperoleh adalah penduduk pada tahun 2032 berjumlah 93.632 jiwa dan PDRB berjumlah Rp. 491.853 milyar.

Tabel 5.4 Hasil Proyeksi Jumlah Penduduk dan PDRB

| <b>Tahun</b> | <b>Proyeksi Jumlah Penduduk (Jiwa)</b> | <b>Proyeksi PDRB (Milyar Rp)</b> |
|--------------|--|----------------------------------|
| 2013         | 74.815                                 | 54.070                           |
| 2014         | 75.805                                 | 60.733                           |
| 2015         | 76.796                                 | 68.217                           |
| 2016         | 77.786                                 | 76.623                           |
| 2017         | 78.777                                 | 86.065                           |
| 2018         | 79.767                                 | 96.670                           |
| 2019         | 80.757                                 | 108.583                          |
| 2020         | 81.748                                 | 121.963                          |
| 2021         | 82.738                                 | 136.992                          |
| 2022         | 83.729                                 | 153.873                          |
| 2023         | 84.719                                 | 172.834                          |
| 2024         | 85.709                                 | 194.132                          |
| 2025         | 86.700                                 | 218.054                          |
| 2026         | 87.690                                 | 244.924                          |
| 2027         | 88.680                                 | 275.105                          |
| 2028         | 89.671                                 | 309.006                          |
| 2029         | 90.661                                 | 347.083                          |
| 2030         | 91.652                                 | 389.853                          |
| 2031         | 92.642                                 | 437.893                          |
| 2032         | 93.632                                 | 491.853                          |

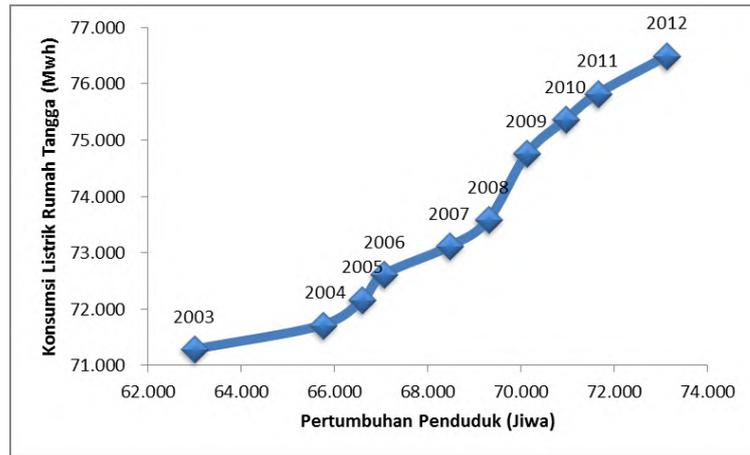
*Sumber : (Hasil proyeksi)*

## 5.2. Analisis Permintaan Listrik

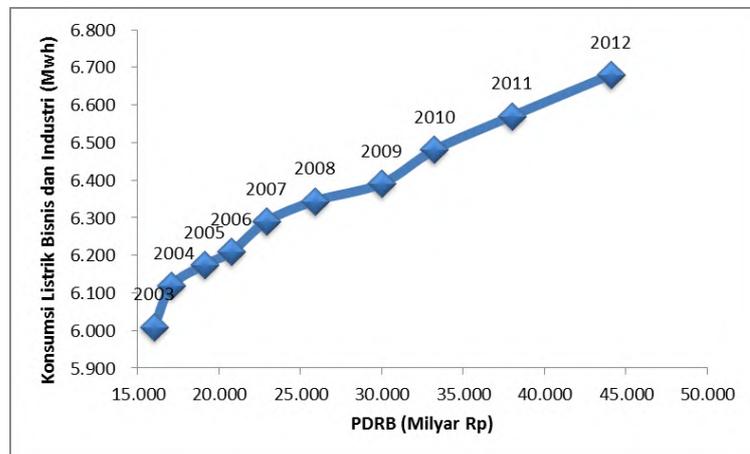
### 5.2.1. Analisis Korelasi antara Konsumsi Listrik dengan Pertumbuhan Penduduk dan PDRB

Analisis Korelasi dilakukan untuk melihat hubungan antara pertumbuhan jumlah konsumsi listrik dengan dengan pertumbuhan penduduk untuk sektor rumah tangga, sedangkan untuk sektor bisnis dan industri melihat hubungan dengan PDRB Kabupaten Gresik. Analisis korelasi dilakukan dengan membandingkan nilai  $R^2$  antara korelasi linier dan eksponensial. Nilai  $R^2$  menunjukkan tingkat hubungan antara dua variabel yang dianalisis. Nilai  $R^2$  semakin mendekati 1 maka semakin mendekati korelasi jenis tersebut.

Berikut ini adalah grafik hubungan antara konsumsi listrik dengan pertumbuhan penduduk serta PDRB :



Gambar 5.3 Hubungan Antara Konsumsi Listrik dengan Pertumbuhan Penduduk



Gambar 5.4 Hubungan Antara Konsumsi Listrik dengan PDRB

Dari grafik tersebut kemudian dilakukan analisa korelasi hubungan antara kedua variabel tersebut. Korelasi hubungan konsumsi listrik sektor rumah tangga dengan pertumbuhan penduduk dengan korelasi linier menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9401 sedangkan dengan korelasi eksponensial menghasilkan  $R^2$  sebesar 0,9427. Sehingga dari hasil tersebut korelasi antara konsumsi listrik sektor rumah tangga dengan pertumbuhan penduduk adalah adalah korelasi eksponensial.

Korelasi hubungan konsumsi listrik sektor bisnis dan industri dengan pertumbuhan PDRB dengan korelasi linier menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0,9708 sedangkan dengan korelasi eksponensial menghasilkan  $R^2$  sebesar 0,9659. Sehingga dari hasil tersebut korelasi antara konsumsi listrik sektor bisnis dan industri dengan pertumbuhan penduduk adalah adalah korelasi linier.

### 5.2.2. Proyeksi Permintaan Listrik

Dalam memproyeksikan jumlah konsumsi listrik Pulau Bawean dilakukan dengan memproyeksikan konsumsi listrik pada masing-masing sektor yang meliputi sektor rumah tangga, sektor bisnis, sektor industri, dan sektor publik. Pada tahun 2012 total konsumsi listrik pulau Bawean mencapai 85.301 MWh dengan perincian konsumsi listrik sektor rumah tangga sebesar 78.493 MWh, Sektor bisnis sebesar 3.865 MWh, sektor industri sebesar 343 MWh, dan sektor publik sebesar 2.598 MWh..

Proyeksi konsumsi listrik dilakukan untuk melihat pertumbuhan jumlah konsumsi listrik dua puluh tahun mendatang dengan menggunakan metode *linear trend model* dan *exponential growth method*. Kedua metode tersebut digunakan pada masing masing sektor dengan memilih metode yang memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSD terendah sebagaimana yang dilakukan pada proyeksi pertumbuhan penduduk dan PDRB.

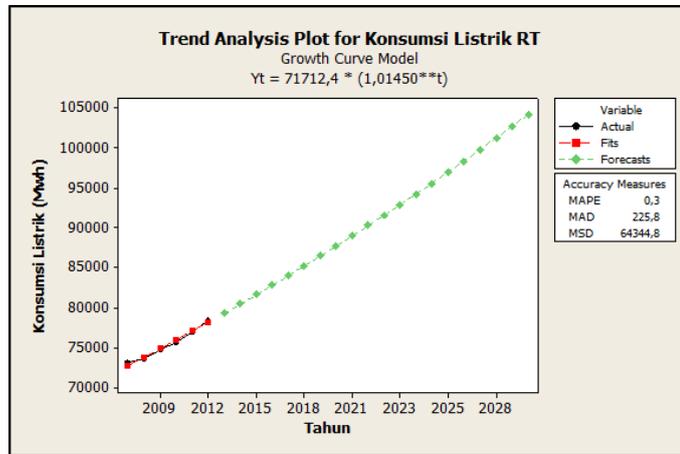
Berikut ini adalah tabel nilai akurasi hasil running peramalan konsumsi listrik per sektor :

Tabel 5.5 Pengukuran Model Peramalan Konsumsi Listrik per Sektor

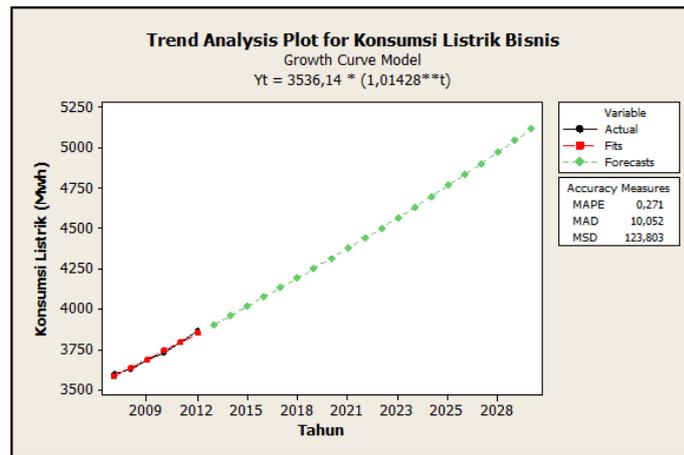
|          | Accuracy Measures | Linear  | Exponential growth |
|----------|-------------------|---------|--------------------|
| RT       | MAPE              | 0,3%    | 0,3%               |
|          | MAD               | 243     | 226                |
|          | MSD               | 73.962  | 64.345             |
|          | Status            |         | OK                 |
| BISNIS   | MAPE              | 0,29%   | 0,27%              |
|          | MAD               | 10,889  | 10,052             |
|          | MSD               | 144,470 | 123,803            |
|          | Status            |         | OK                 |
| INDUSTRI | MAPE              | 0,72%   | 0,71%              |
|          | MAD               | 2,4     | 2,3                |
|          | MSD               | 7,2     | 7,1                |
|          | Status            |         | OK                 |
| PUBLIK   | MAPE              | 0,29%   | 0,27%              |
|          | MAD               | 7,3     | 6,8                |
|          | MSD               | 66,55   | 56,44              |
|          | Status            |         | OK                 |

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa proyeksi konsumsi listrik seluruh sektor menggunakan metode *exponential growth* karena memiliki nilai MAPE, MAD dan MSD terendah dibandingkan dengan metode *linear trend model*. Untuk sektor rumah tangga nilai MAPE sebesar 0,3%, MAD sebesar 226 dan MSD sebesar 64.345. Pada sektor bisnis nilai MAPE sebesar 0,27%, MAD sebesar 10,052 dan MSD sebesar 123,803. Sedangkan pada sektor industri nilai MAPE sebesar 0,71%, MAD sebesar 2,3 dan MSD sebesar 7,1. Dan

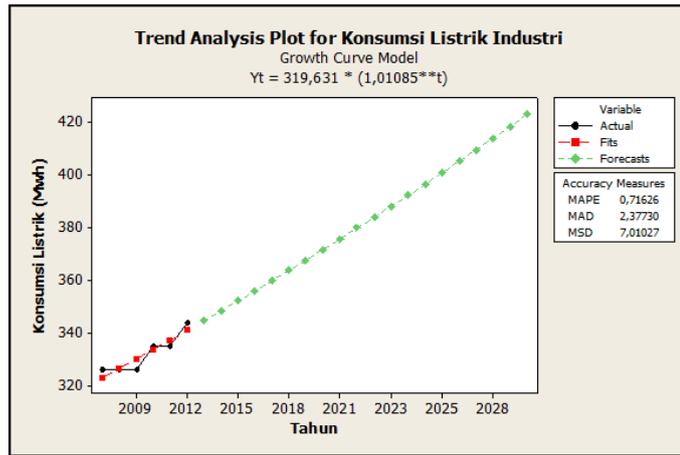
terakhir untuk sektor publik nilai MAPE sebesar 0,27%, MAD sebesar 6,8 dan MSD sebesar 56,44.



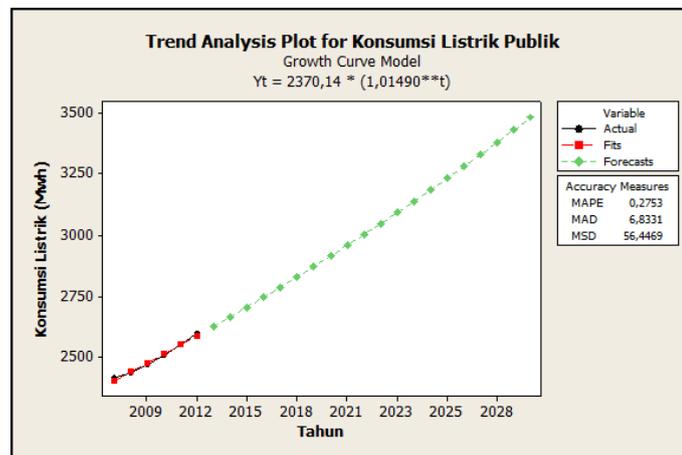
Gambar 5.5 Grafik Peramalan Konsumsi Listrik Sektor RT dengan *Exponential Growth Method*



Gambar 5.6 Grafik Peramalan Konsumsi Listrik Sektor Bisnis dengan *Exponential Growth Method*



Gambar 5.7 Grafik Peramalan Konsumsi Listrik Sektor Industri dengan *Exponential Growth Method*



Gambar 5.8 Grafik Peramalan Konsumsi Listrik Sektor Publik dengan *Exponential Growth Method*

Dari hasil peramalan dapat dilihat pada tahun 2032 jumlah konsumsi listrik Bawean pada sektor rumah tangga mencapai 99.935,10 MWh, sektor bisnis sebesar 5.112,550 MWh, sektor industri sebesar 423,1430 MWh, dan sektor publik sebesar 3.481,210 MWh. Secara lengkap hasil peramalan konsumsi listrik pulau Bawean pada masing masing sektor tersaji pada tabel di bawah ini.

Dari hasil analisis korelasi tersebut maka selanjutnya dilakukan proyeksi konsumsi listrik masing-masing sektor. tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 5.6 Hasil Proyeksi Konsumsi Listrik Pulau Bawean

| Tahun | RT<br>(MWh) | Bisnis<br>(MWh) | Industri<br>(MWh) | Publik<br>(MWh) | Total<br>(MWh) |
|-------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| 2013  | 79.251      | 3.905           | 345               | 2.629           | 86.130         |
| 2014  | 80.340      | 3.961           | 348               | 2.668           | 87.317         |
| 2015  | 81.429      | 4.017           | 352               | 2.707           | 88.506         |
| 2016  | 82.517      | 4.075           | 356               | 2.748           | 89.696         |
| 2017  | 83.606      | 4.133           | 360               | 2.789           | 90.887         |
| 2018  | 84.694      | 4.192           | 364               | 2.830           | 92.080         |
| 2019  | 85.783      | 4.252           | 368               | 2.872           | 93.275         |
| 2020  | 86.872      | 4.313           | 372               | 2.915           | 94.471         |
| 2021  | 87.960      | 4.374           | 376               | 2.959           | 95.669         |
| 2022  | 89.049      | 4.437           | 380               | 3.003           | 96.868         |
| 2023  | 90.138      | 4.500           | 384               | 3.047           | 98.069         |
| 2024  | 91.226      | 4.564           | 388               | 3.093           | 99.271         |
| 2025  | 92.315      | 4.629           | 392               | 3.139           | 100.475        |
| 2026  | 93.403      | 4.696           | 397               | 3.186           | 101.681        |
| 2027  | 94.492      | 4.763           | 401               | 3.233           | 102.889        |
| 2028  | 95.581      | 4.831           | 405               | 3.281           | 104.098        |
| 2029  | 96.669      | 4.900           | 410               | 3.330           | 105.309        |
| 2030  | 97.758      | 4.970           | 414               | 3.380           | 106.521        |
| 2031  | 98.847      | 5.041           | 419               | 3.430           | 107.736        |
| 2032  | 99.935      | 5.113           | 423               | 3.481           | 108.952        |

Sumber : (Hasil proyeksi)

### 5.3. Estimasi Kebutuhan PLTG

Untuk menghitung estimasi kebutuhan PLTG terlebih dahulu harus mengetahui faktor kapasitas dari PLTG tersebut. Faktor kapasitas merupakan perbandingan antara jumlah produksi listrik dalam setahun dengan kapasitas terpasang. Besaran faktor kapasitas PLTG berkisar antara 85% - 90%. Dalam penelitian ini besaran faktor kapasitas PLTG Bawea diasumsikan 87%. Kemudian konsumsi gas pada PLTG ditentukan oleh besarnya energi listrik yang diproduksi dan SFC (*specific fuel consumption*). Besar SFC untuk PLTG berbahan bakar ditentukan sebesar 0,0151MMscf/kwh. (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Tahun 2011-2020, 2011)

$$\text{Produksi Energi Listrik} = \text{Kapasitas} \times \text{Jam Operasi} \times \text{Faktor Kapasitas} \dots \dots \dots (5.1)$$

$$= 3 \text{ MW} \times 8760 \text{ jam/th} \times 87\%$$

$$= 22.863 \text{ MWh/th}$$

$$\text{Konsumsi} = \text{Produksi Litrik} \times \text{SFC} \dots \dots \dots (5.2)$$

$$\begin{aligned}
&= 22.863 \text{ MWh/th} \times 0,0151 \text{ MMscf/kwh} \\
&= 344,478 \text{ MMscf/th} \\
&= 0,944 \text{ MMscf/hari}
\end{aligned}$$

Konsumsi untuk PLTG 3x1 MW sebesar 344,478 MMscf per tahun. Untuk menjaga kemungkinan kekurangan stok bahan bakar, maka diperlukan stock pengaman (*safety stock*). Sebagai pertimbangan besar *safety stock* gas untuk PLTG dinilai dalam satuan hari. Dalam penentuan besarnya *safety stock* untuk PLTG 3x1 MW Bawean diasumsikan selama 45 hari yang didapat dari hari kapal tidak bisa beroperasi karena faktor *docking* dan gelombang. Sehingga, jumlah gas yang dibutuhkan PLTG di Bawean per tahun menjadi :

$$\begin{aligned}
\text{Total Kebutuhan} &= \text{Konsumsi per tahun} + \text{Safety Stock} \dots\dots\dots(5.3) \\
&= 344,478 \text{ MMscf/th} + 42,47 \text{ MMscf} \\
&= 386,95 \text{ MMscf per tahun}
\end{aligned}$$

dimana,

$$\begin{aligned}
\text{Besar Safety Stock} &= 45 \text{ hari} \times \text{Konsumsi Gas per hari} \\
&= 45 \text{ hari} \times 0,944 \text{ MMscf/hari} \\
&= 42,47 \text{ MMscf}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan per tahun adalah 386,95 MMscf. Analisis selanjutnya adalah dengan melakukan konversi jumlah kebutuhan tersebut kedalam *container*. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa ukuran *container* yang direncanakan adalah ukuran 20 feet. Tabel berikut ini adalah konversi dari satuan gas dalam MMscf ke dalam bentuk ton, yang akhirnya ke dalam bentuk TEUs. Dari perhitungan diatas kebutuhan per tahun adalah 368,95 MMscf, setelah dilakukan konversi kedalam satuan ton maka besarnya menjadi 7.439,95 ton. Maka setelah mendapatkan ukuran gas dalam bentuk ton maka selanjutnya dilakukan konversi kedalam satuan TEUs. Dalam 1 TEUS dapat menampung 2,87 ton. Jadi, kebutuhan per tahun dalam satuan TEUS adalah sebesar 2.593 TEUs per tahun.

#### 5.4. Perencanaan Operasi

Hal pertama yang harus dilakukan dalam perencanaan pola operasi adalah menentukan konsep operasi. Konsep operasi direncanakan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Perencanaan Rute
2. Identifikasi Alat Angkut
3. Identifikasi Moda

#### **5.4.1. Rute**

Pulau Bawean merupakan bagian dari Kabupaten Gresik, untuk men-*supply* gas PLTG di Bawean tersebut direncanakan dari Gresik, hal tersebut karena Gresik merupakan daerah yang mempunyai produksi gas yang melimpah yang mampu memenuhi kebutuhan PLTG Bawean, selain itu dari jarak pelabuhan terdekat dari pelabuhan bawean yang memiliki potensi gas di daerah sekitar pelabuhan tersebut adalah Pelabuhan Gresik.

Untuk memasok gas ke PLTG Bawean direncanakan dari Perusahaan Gas Negara Tbk Cabang Gresik, karena perusahaan tersebut memiliki produksi gas 19,5 juta MMscf per tahun. Jumlah tersebut tentu sudah memenuhi permintaan untuk PLTG di Bawean yang hanya 368,95 MMscf per tahun. Jadi rute yang direncanakan adalah dari Pelabuhan Gresik ke Pelabuhan Sangkapura - Bawean yang memiliki jarak 80 nm.

#### **5.4.2. Identifikasi Alat Angkut**

Alat angkut yang digunakan dalam angkutan CNG seperti yang telah dibahas pada subbab 2.2.1 adalah *container* CNG.

#### **5.4.3. Identifikasi Moda**

Armada yang digunakan disesuaikan dengan kondisi *demand* dan ketentuan-ketentuan teknis yang diperlukan yang sesuai dengan jenis angkutannya yaitu berupa *container*. Selain itu dengan memperhatikan *demand* yang relatif sedikit dan adanya peraturan dari *IMDG code* yang mengharuskan untuk muatan berada diatas deck saja, maka armada yang digunakan adalah moda jenis SPCB (*Self Propelled Container Barge*), SPCB-Geared (*Self-Loading-Unloading Self Propelled Container Barge*), Tongkang (*Tow-Barge*) dan LCT (*Landing Craft Tank*). Masing-masing armada mempunyai karakter yang berbeda dalam ukuran dan ketahanan terhadap gelombang dari rute yang akan dilaluinya. Hal tersebut berdampak pada jumlah *commision days* yang berbeda pada setiap moda. Perbedaan *commision days* tersebut berdampak pada jumlah trip yang dapat dilakukan dalam periode tertentu oleh masing-masing moda.

#### **5.4.4. Analisis Biaya**

Analisis biaya ini adalah penjelasan dari proses perhitungan yang dilakukan yang digunakan sebagai dasar perhitungan biaya-biaya yang terjadi dalam Tugas Akhir ini. Dalam Tugas Akhir ini biaya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu biaya kapal dan biaya infrastruktur. Biaya Kapal tersebut terbagi menjadi 3 bagian yaitu biaya modal, operasional dan pelayaran.

Sedangkan biaya infrastruktur dibagi menjadi 2 yaitu biaya modal dan operasional. Berikut ini adalah penjelasannya.

**a) Biaya Modal Kapal (*Capital Cost*)**

Biaya modal dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan yang disediakan oleh *David. G.M. Watson* (1998) dalam subbab sebelumnya. Alur perhitungan sehingga diperoleh harga kapal adalah sebagai berikut :

1. Data awal yang diperlukan adalah ukuran utama kapal (L,B,T,H) dan *engine power*.
2. Setelah itu, dihitung LWT kapal dengan membagi menjadi 4 bagian, yaitu berat baja lambung kapal (*weight of steel hull*), berat bangunan atas dan rumah geladak (*weight of superstructure & deckhouses*), berat perlengkapan dan peralatan (*weight of equipment & outfitting*), dan berat permesinan (*weight of machinery*).
3. Langkah terakhir adalah menghitung biaya struktur, biaya perlengkapan, biaya permesinan, dan biaya non berat dengan menggunakan grafik yang telah disediakan oleh *Watson* sebagaimana telah dijelaskan pada subbab 2.7.

**b) Biaya Operasional Kapal (*Operational Cost*)**

Biaya operasional kapal terdiri dari biaya gaji ABK, biaya perawatan kapal, biaya perbekalan dan minyak pelumas. Biaya ABK ditentukan berdasarkan ukuran kapal yang digunakan. Semakin besar kapal semakin banyak pula ABK yang diperlukan sehingga gaji yang harus dibayar semakin besar.

Biaya perbekalan kapal dihitung dengan menggunakan asumsi bahwa uang makan ABK adalah Rp 30.000,00 sekali makan sehingga dalam sehari setiap ABK mendapat uang makan sebanyak Rp 90.000,00. Biaya pelumas dihitung dengan menggunakan rumus estimasi dari *Watson* (1998), yaitu setiap 1000 kW mesin membutuhkan pelumas sebesar 35 liter per hari. Biaya perawatan kapal diasumsikan sebesar 5% dari total harga kapal per tahun. Sedangkan biaya asuransi sebesar 1.15% dari harga kapal. (*Wardana*, 2013)

**c) Biaya Pelayaran Kapal (*Voyage Cost*)**

Biaya pelayaran terdiri atas biaya bahan bakar (*fuel cost*) dan biaya pelabuhan (*port cost*). Biaya bahan bakar untuk satu *trip* merupakan hasil perkalian antara harga bahan bakar (sesuai jenis) dengan tingkat konsumsinya.

### 1) *Fuel Cost*

Besarnya *fuel cost* ditentukan merupakan hasil perkalian antara harga bahan bakar (sesuai jenis) dengan tingkat konsumsinya untuk satuan waktu tertentu. Besarnya biaya bahan bakar dari setiap moda yang digunakan adalah mengacu kepada harga yang ditentukan oleh perusahaan Pertamina Shipping. Adapun besarnya biaya bahan bakar ditentukan oleh konsumsi bahan bakar harian dari masing-masing moda. *Specific Fuel Oil Consumption* (SFC) dari masing-masing moda didapatkan dari hasil perhitungan engine power setiap moda. Harga bahan bakar berasal dari bunker Pertamina Shipping yaitu Rp. 10.100/liter dan Rp. 11.500/liter masing-masing untuk MFO dan MDO. Harga minyak pelumas ditentukan dari harga pasaran sebesar Rp. 13.000/ltr.

### 2) *Port Cost*

*Port cost* adalah biaya biaya pelabuhan. Biaya pelabuhan adalah biaya yang diakibatkan adanya proses sandar pada saat berada di pelabuhan asal maupun pelabuhan tujuan. *Port cost* akan dibebankan masing-masing dua kali, yaitu saat kapal berada pelabuhan asal dan saat kapal berada di pelabuhan tujuan. Namun pada penelitian kali menggunakan tarif Pelindo III Cabang Tanjung Perak Surabaya. Yang termasuk biaya pelabuhan adalah biaya labuh, tunda, pandu, dan sandar. Berikut ini adalah tabel tarif Pelindo III Cabang Tanjung Perak Surabaya. Pada Tabel berikut akan dijelaskan harga yang dibebankan kepada kapal saat berada pada pelabuhan asal dan tujuan.

Tabel 5.7 Tarif Jasa Pelabuhan

| No | Jenis Jasa               | Tarif (Rp) | Keterangan                    |
|----|--------------------------|------------|-------------------------------|
| 1  | <b>Jasa Labuh</b>        |            |                               |
|    | -Kapal Bukan Niaga       | 95         | per GT/kunjungan              |
| 2  | <b>Jasa Tambat</b>       |            |                               |
|    | -Dermaga (Besi/Kayu)     | 95         | per GT/etmal                  |
| 3  | <b>Pemanduan</b>         |            |                               |
|    | -Tarif Pokok             | 150.000    | per kapal/gerakan             |
|    | -Tarif Tambahan          | 30         | per GT/kapal/gerakan          |
| 4  | <b>Penundaan</b>         |            |                               |
|    | Kapal s.d 3.500 GT       |            |                               |
|    | -Tarif Tetap             | 320.000    | per kapal yang ditunda/jam    |
|    | -Tarif Variabel          | 20         | per GT/kapal yang ditunda/jam |
|    | Kapal 3.501 s.d 8.000 GT |            |                               |
|    | -Tarif Tetap             | 600.000    | per kapal yang ditunda/jam    |
|    | -Tarif Variabel          | 20         | per GT/kapal yang ditunda/jam |
|    | Kapal 3.501 s.d 8.000 GT |            |                               |
|    | -Tarif Tetap             | 900.000    | per kapal yang ditunda/jam    |
|    | -Tarif Variabel          | 20         | per GT/kapal yang ditunda/jam |

Sumber : (PT Pelindo III Cabang Tanjung Perak Surabaya, 2013)

**d) Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)**

Dalam penelitian ini tidak ada biaya bongkar muat, karena proses bongkar maupun muat direncanakan sendiri. Hal tersebut karena belum adanya fasilitas bongkar maupun muat di pelabuhan asal maupun tujuan untuk jenis muatan *container*.

**5.4.5. Biaya Infrastruktur**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa dalam perencanaan Tugas Akhir ini bahwa peralatan bongkar muat direncanakan juga karena belum adanya peralatan bongkar muat di Pelabuhan Asal maupun Tujuan. Biaya pengadaan peralatan tersebut termasuk dalam komponen biaya infrastruktur. Selain peralatan bongkar muat yang termasuk biaya infrastruktur adalah biaya lahan penumpukan *container* beserta kantornya, biaya pengadaan *container* CNG, truk *container* serta biaya operasionalnya. Biaya infrastruktur masing-masing moda berbeda tergantung pada penanganan serta cara pengangkutan CNG-nya. Secara matematis biaya infrastruktur dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$Inf Cost = \sum_{i=1}^n X_i A_i + Y_i B_i + Z_i C_i \dots\dots\dots(5.4)$$

Dimana,

- $X_i$  = Jumlah unit alat bongkar muat moda i
- $A_i$  = Harga satu unit alat bongkar moda i
- $X_i$  = Jumlah unit *container* CNG moda i
- $A_i$  = Harga satu unit *container* CNG moda i
- $X_i$  = Jumlah unit truk *container* CNG moda i
- $A_i$  = Harga satu unit truk *container* CNG moda i

**5.5. Model Optimisasi *Payload***

Optimisasi dilakukan dengan tujuan meminimalkan unit biaya pengangkutan gas dari pelabuhan asal ke lokasi pembangkit listrik tenaga uap di pulau Bawean. Bagian-bagian dari proses optimisasi tersebut adalah sebagai berikut.

**5.5.1. Parameter Optimisasi *Payload***

Parameter optimisasi *Payload* adalah gambaran kondisi lingkungan saat proses optimisasi dilaksanakan. Penjelasan dari parameter optimisasi *Payload* yang digunakan adalah sebagai berikut :

a) Bunga tahunan

Besarnya bunga tahunan ditentukan berdasarkan *B.I rate* pada tahun sekarang dengan asumsi tidak terjadi fluktuasi. Besarnya bunga ini terkait dengan analisis ekonomis kapal. Pembiayaan investasi kapal diasumsikan menggunakan dana pinjaman sebesar 80% dari total biaya. Sehingga muncul *capital repayment* setiap tahun yang terdiri dari pokok hutang serta bunganya sesuai dengan bunga tahunan yang ditetapkan dalam parameter optimisasi *Payload*. Besarnya bunga tahunan ditentukan sebesar 13%.

b) Nilai tukar rupiah

Besarnya nilai tukar rupiah ditentukan berdasarkan nilai tukar saat ini dengan asumsi terjadi fluktuasi namun tidak signifikan. Nilai ini hanya sebagai faktor konversi mengingat mayoritas bentuk biaya dalam Analisis ekonomi dihitung dalam mata uang dollar. Nilai tukar rupiah dalam parameter optimisasi operasi diasumsikan sebesar Rp. 12.000,00/USD.

c) Harga-harga

Perhitungan Analisis ekonomi selalu berhubungan dengan harga untuk menentukan biaya yang dikeluarkan baik itu dalam proses investasi maupun pengoperasiannya. Nilai harga yang dimasukkan dalam parameter antara lain harga bahan bakar (MFO, MDO), minyak lumas, dan material pembangunan kapal (baja, *equipment outfitting*, permesinan). Untuk harga bahan bakar mengikuti harga bunker Pertamina tahun 2013 yaitu Rp. 10.100/liter dan Rp. 11.500/liter masing-masing untuk MFO dan MDO. Harga minyak pelumas ditentukan dari harga pasaran sebesar Rp. 13.000/ltr. Harga permesinan dan *hull outfitting* didapat dari regresi kurva yang diberikan dalam buku *Practical Ship Design*. (Watson, *Practical Ship Design*, 1998)

### 5.5.2. Variabel Perubah Optimisasi *Payload*

Variabel perubah dalam optimisasi ini diberikan dalam bentuk *Payload* kapal, kecepatan dinas kapal dan jumlah armada kapal. Dalam variabel perubah ini diberikan batasan untuk setiap variabel. Variabel *Payload* kapal dibatasi oleh sarat pelabuhan, karena besarnya *Payload* kapal beimplikasi pada sarat kapal. Variabel kecepatan dinas kapal dibatasi berdasarkan kecepatan dinas kapal pembanding. Sedangkan untuk jumlah armada kapal diberi batasan lebih dari sama dengan satu.

### 5.5.3. Batasan Optimisasi Payload

Dalam perencanaan operasi, hal yang diutamakan ialah kehandalan kapal dalam *supply* kebutuhan gas sesuai dengan *demand* per tahunnya. Selain itu juga dilihat dari sisi teknis kapal dimana besar sarat kapal harus lebih kecil dari dari sarat pelabuhan. Batasan batasan dalam optimisasi ini diekspresikan dalam formula berikut ini.

#### a. Batasan waktu operasi kapal

Untuk mengetahui kehandalan kapal dalam memenuhi *demand* gas untuk PLTG, maka dalam model optimisasi diberikan batasan berupa jumlah waktu operasi kapal dalam setahun. Dimana waktu operasi maksimal masing-masing moda berbeda tergantung pada kehandalannya.

$$\text{Waktu trip kapal} \leq \text{waktu operasi kapal} \dots\dots\dots(5.5)$$

Waktu trip kapal disini adalah jumlah kalkulasi waktu yang dibutuhkan kapal untuk berlayar selama satu tahun, beberapa hal yang akan mempengaruhi *constraint* ini diantaranya *Turn Round Time* (TRT) dan *Round Trip Day* (RTD) kapal dalam setahun. Satu tahun waktu normal tersebut tentunya terlebih dahulu dikurangi estimasi waktu *docking* yang diperhitungkan seragam untuk semua tipe kapal yaitu sebesar 30 hari. Kemudian untuk mendapatkan waktu operasi kapal dikurangi lagi dengan waktu kapal tidak bisa beroperasi karena faktor gelombang.

Untuk menentukan TRT dapat diperoleh dari rumus berikut:

$$TRT = St + Pt \dots\dots\dots(5.6)$$

Dimana, St = *seatetime*  
Pt = *port time*

*Sea time* yang dimaksud disini adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh perjalanan sejauh 80 nm dengan kecepatan tertentu. Berikut model matematis dari penjelasan diatas.

$$Seatetime = \frac{S}{V} (\text{jam}) \dots\dots\dots(5.7)$$

Dimana, S = Jarak Pelayaran (nm)  
V = Kecepatan kapal (knot)

*Port time* yang dimaksud disini adalah waktu yang diperlukan dalam proses bongkar muat muatan. Kecepatan bongkar muat kapal pada saat loading di pelabuhan asal maupun

tujuan adalah sebesar 20 box/jam. Selain waktu bongkar muat di pelabuhan juga terdapat *idle time* dan *Not Operating Time (NOT)*. *Idle time* serta *Not Operating Time* pada perhitungan kali ini diasumsikan bahwa masing-masing pelabuhan adalah selama 2 jam. Secara matematis adalah sebagai berikut:

$$Port\ time = \left(2 * \frac{Q}{v_{bm}}\right) + NOT + idle\ time(jam).....(5.8)$$

Dimana, Q = Jumlah Muatan (box)  
 V = Kecepatan bongkar muat (box/jam)

Selain TRT yang waktu operasi kapal juga berpengaruh pada RTD. RTD adalah jumlah roundtrip kapal dalam setahun yang dipengaruhi oleh jumlah *demand*, kapasitas angkut kapal (*Payload*), dan jumlah armada kapal. Secara matematis RTD *demand* dapat dicari dengan rumus sebagai berikut.

$$RTD_{demand} = \frac{D}{q \times n} .....(5.9)$$

Dimana: D = *demand* gas per tahun (TEUs/FEUs)  
 q = *Payload* kapal (TEUs/FEUs)  
 n = jumlah armada (unit)

b. Batasan Sarat

Batasan sarat diberikan untuk mengetahui kapal tersebut dapat sandar di pelabuhan. Perhitungan sarat kapal dilakukan dengan metode regresi linear dari data kapal pembanding. Sedangkan sarat pelabuhan didapat dari data pelabuhan pada bab 4 diatas. Pada sarat pelabuhan harus dikurangi dengan *clereance factor* sebesar 10%. Secara matematis batasan sarat dapat diekspresikan dalam bentuk persamaan di bawah ini.

$$T_{kapal} \leq 0,9 T_{pelabuhan} ..... (5.10)$$

Dimana :  $T_{kapal}$  = sarat kapal (m)  
 $T_{pelabuhan}$  = sarat pelabuhan (m)

c. Batasan Muatan

Batasan jumlah muatan diberikan untuk mengetahui jumlah gas yang diangkut sesuai dengan *demand*. Hal ini dilihat dari segi pemenuhan *demand* terhadap *supply*-nya. Secara matematis dapat dilihat dalam persamaan berikut ini.

$$\sum Q_{ij} \geq D_j .....(5.11)$$

Dimana:  $Q_{ij}$  = Jumlah gas yang diangkut (*supply*) dari *i* ke *j*

$D_j$  = Jumlah *demand* gas dititik  $j$

#### 5.5.4. Fungsi Tujuan Optimisasi *Payload*

Fungsi tujuan dari optimisasi ini ialah meminimalkan unit biaya transportasi gas pada tahun pertama. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya investasi dan operasional kapal pada tahun pertama sesuai dengan batasan yang ada. Fungsi tersebut tergambar pada model matematis berikut :

$$\min u = \sum_{i=1}^n \frac{C_{ci} + V_{ci} + O_{ci} + I_{ci}}{Q_i} \dots\dots\dots(5.12)$$

Dimana :  $u$  = Unit biaya pengangkutan gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$   
(Rp/TEUs)

$C_{ci}$  = *Capital cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)

$V_{ci}$  = *Voyage cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)

$O_{ci}$  = *Operational cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)

$I_{ci}$  = *Infrastructure cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)

$Q_i$  = Jumlah gas yang diangkut gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$   
(TEUs/tahun)

#### 5.5.5. Proses Optimisasi *Payload*

Dengan masukan data yang telah dibahas sebelumnya maka dapat dihitung besarnya biaya kapal dan biaya infrastruktur untuk masing-masing alternatif kapal. Berikut akan dijelaskan masing-masing tahapan untuk beberapa alternatif kapal yang tersedia. Tahap perhitungan yang akan dibandingkan diselesaikan satu persatu, mulai dari perhitungan *Round Trip per Year* serta biaya kapal yang terdiri dari biaya moda, operasional dan pelayaran serta biaya infrastruktur yang telah dijelaskan sebelumnya. Sehingga dari semua perhitungan diatas akan didapatkan Total Cost pertahun. Berikut penjabaran dari masing-masing tahapan yang dilakukan :

Tabel 5.8 Input Data pada Optimisasi *Payload*

| Item                   | Unit      | Value  |
|------------------------|-----------|--------|
| Kebutuhan Gas setahun  | TEUs      | 2.593  |
| Kecepatan Bongkar Muat | box/hour  | 20     |
| Commision Days         | Hari      | 190    |
| Sarat pelabuhan Asal   | m         | 8      |
| Sarat pelabuhan Tujuan | m         | 6      |
| Radius pelayaran       | n mile    | 80     |
| Besarnya bunga         | % / tahun | 13%    |
| Debt                   | %         | 80,0%  |
| Currency (nilai tukar) |           | 12.000 |

Kemudian setelah dimasukkan data-data seperti diatas, maka langkah selanjutnya adalah menghitung beberapa variabel turunan seperti yang terdapat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Variabel Turunan Optimisasi *Payload*

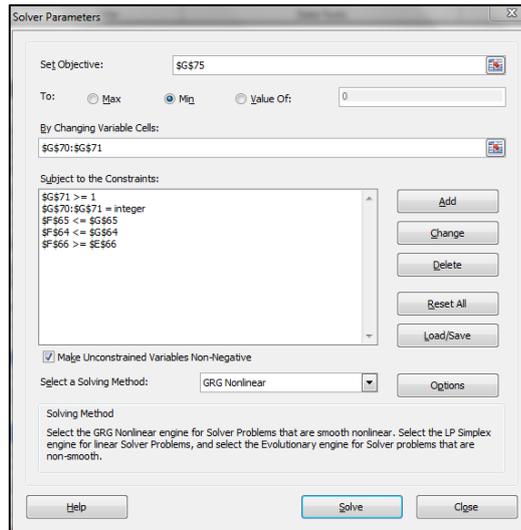
| Item                |                     | Unit                            | Value                       |                          |
|---------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Dimensi Kapal       | Kapasitas           | Payload                         | Ton                         | 584                      |
|                     | Panjang             | L                               | m                           | 54,34                    |
|                     | Lebar               | B                               | m                           | 8,97                     |
|                     | Tinggi              | H                               | m                           | 4,20                     |
|                     | Sarat               | T                               | m                           | 2,99                     |
| Operasi Kapal       | Waktu trip          | TRT                             | hari                        | 2                        |
|                     | Round Trip          | RTD                             | pertahun                    | 93                       |
| Biaya Kapal         | Capital Cost        | Hull                            | Rupiah                      | Rp 11.481.629.305        |
|                     |                     | Machinery (ME,AE)               | Rupiah                      | Rp 13.546.295.678        |
|                     |                     | Hull Outfitting                 | Rupiah                      | Rp 14.149.027.321        |
|                     |                     | Non weight cost                 | Rupiah                      | Rp 3.917.695.230         |
|                     |                     | <b>Capital Cost Total</b>       | <b>Rupiah</b>               | <b>Rp 43.094.647.535</b> |
|                     | Operating Cost      | Gaji crew + Insentif            | Rupiah/tahun                | Rp 1.000.440.000         |
|                     |                     | Reparasi dan perawatan          | Rupiah/tahun                | Rp 2.154.732.377         |
|                     |                     | Store and Lubricants            | Rupiah/tahun                | Rp 239.157.268           |
|                     |                     | Insurance                       | Rupiah/tahun                | Rp 495.588.447           |
|                     |                     | <b>Operational Cost Total</b>   | <b>Rupiah/tahun</b>         | <b>Rp 3.889.918.091</b>  |
|                     | Voyage Cost         | Biaya MFO                       | Rupiah/tahun Pertama        | Rp 1.681.123.842         |
|                     |                     | Biaya MDO                       | Rupiah/tahun Pertama        | Rp 1.081.887.159         |
|                     |                     | Biaya Pelabuhan                 | Rupiah/tahun                | Rp 108.032.337           |
|                     |                     | <b>Voyage Cost Total</b>        | <b>Rupiah/tahun Pertama</b> | <b>Rp 2.871.043.338</b>  |
| Biaya Infrastruktur | Biaya Infrastruktur | Investasi                       | Rupiah                      | Rp 12.085.000.000        |
|                     |                     | Operasional dan Perawatan       | Rupiah/tahun                | Rp 1.339.700.000         |
|                     |                     | <b>Infrastruktur Cost Total</b> | <b>Rupiah</b>               | <b>Rp 13.424.700.000</b> |
| Loan                | Loan Repayment      | Ship + Infrastruktur            | Rupiah/tahun                | <b>Rp6.830.877.489</b>   |

Langkah selanjutnya adalah menghitung memberi batasan-batasan yang telah pada sub-bab 5.5.3, sehingga dihasilkan hasil seperti yang terlihat pada berikut:

Tabel 5.10 Batasan Optimisasi *Payload*

| Item         | Min  | Value | Max   | Remark   |
|--------------|------|-------|-------|----------|
| Sarat        |      | 2,99  | 6     | Accepted |
| Hari Operasi |      | 185   | 190   | Accepted |
| Demand       | 2593 | 2593  |       | Accepted |
| Kecepatan    | 8,00 | 8,00  | 12,00 | Accepted |

Kemudian dengan menggunakan *excel solver*, dengan beberapa batasan yang telah dijelaskan sebelumnya, maka didapatkan hasil sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.9 Tampilan Excel Solver Optimisasi Payload

Tabel 5.11 Output Optimisasi Payload

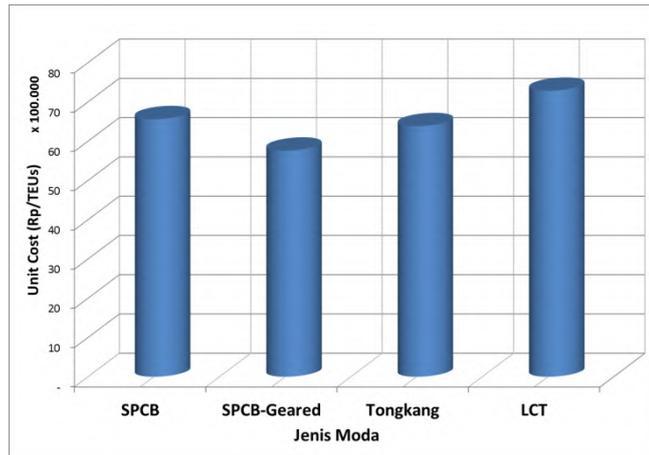
| Item          | Unit | Value |
|---------------|------|-------|
| Kecepatan     | m    | 8     |
| Payload       | TEUs | 28    |
| Jumlah Armada | Unit | 1     |

Output dari optimisasi diatas berupa *Payload* kapal dan kecepatan dinas kapal. Perhitungan di atas adalah untuk moda SPCB-*Geared*, dengan cara yang sama moda yang lain pun dihitung demikian sehingga mendapatkan *Payload* dan kecepatan optimum masing-masing moda. Unit biaya yang terjadi pada masing-masing kapal kemudian dibandingkan satu sama lain dengan biaya unit termurah. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi hasil optimisasi dari semua jenis moda tersebut.

Tabel 5.12 Hasil Optimisasi Payload Setiap Moda

| Alternatif Moda      | Payload (TEUs) | Vs (knot) | Jumlah Armada (unit) | Unit Cost (Rp/TEUs) |
|----------------------|----------------|-----------|----------------------|---------------------|
| SPCB                 | 31             | 7         | 1                    | 6.559.953           |
| SPCB - <i>Geared</i> | 28             | 8         | 1                    | 5.758.403           |
| Tongkang             | 56             | 4         | 1                    | 6.382.516           |
| LCT                  | 25             | 8         | 1                    | 7.283.497           |

Secara diagram berikut ini adalah diagram *unit cost* masing-masing moda.



Gambar 5.10 Perbandingan *Unit Cost* Setiap Moda

*Unit cost* terendah adalah pada moda *SPCB-Geared* dengan kapasitas 28 TEUs sebesar Rp. 5.758.403 per TEUs. Sedangkan *Unit cost* tertinggi terjadi pada moda LCT dengan kapasitas 25 TEUs sebesar Rp. 7.283.497 per TEUs.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat ditentukan bahwa moda menjadi pilihan adalah moda *SPCB-Geared* dengan kapasitas 28 TEUs.

## 5.6. Model Optimisasi Desain

Model optimisasi desain adalah kelanjutan dari model optimisasi *Payload*. Tujuannya pun sama yaitu mendapatkan unit biaya yang paling rendah. Yang berbeda adalah dari bagian-bagian dari proses optimisasi yang dilakukan yaitu pada batasan dan variabel perubahnya. Pada intinya optimisasi desain ini untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang sudah memenuhi standar kriteria *preliminary design*, yang mana hal tersebut belum didapatkan saat proses optimisasi *Payload*. Berikut ini adalah bagian-bagian dari proses optimisasi desain tersebut.

### 5.6.1. Parameter Optimisasi Desain

Parameter optimisasi desain adalah gambaran kondisi lingkungan saat proses desain dilaksanakan. Penjelasan dari parameter optimisasi desain yang digunakan adalah sebagai berikut :

d) *Payload*

Nilai *Payload* sama dengan kapasitas muat kapal. Nilai ini menjadi output pada proses optimisasi *Payload* kemudian menjadi input pada proses optimisasi desain.

e) Kecepatan relatif angin

Nilai kecepatan relatif angin dimasukkan sebagai parameter dengan pendekatan kondisi wilayah operasi. Nilai ini digunakan untuk menghitung hambatan kapal ini. Besarnya kecepatan relatif angin diasumsikan sebesar 15 knot sesuai dengan rata-rata kecepatan angin di Indonesia (BMKG, 2013).

f) Bunga Tahunan

Besarnya bunga tahunan ditentukan berdasarkan *B.I rate* pada tahun sekarang dengan asumsi tidak terjadi fluktuasi. Besarnya bunga ini terkait dengan analisis ekonomis kapal. Pembiayaan investasi kapal diasumsikan menggunakan dana pinjaman sebesar 80% dari total biaya. Sehingga muncul *capital repayment* setiap tahun yang terdiri dari pokok hutang serta bunganya sesuai dengan bunga tahunan yang ditetapkan dalam parameter optimisasi desain. Besarnya bunga tahunan ditentukan sebesar 13%.

g) Nilai Tukar Rupiah

Besarnya nilai tukar rupiah ditentukan berdasarkan nilai tukar saat ini dengan asumsi terjadi fluktuasi namun tidak signifikan. Nilai ini hanya sebagai faktor konversi mengingat mayoritas bentuk biaya dalam Analisis ekonomi dihitung dalam mata uang dollar. Nilai tukar rupiah dalam parameter optimisasi operasi diasumsikan sebesar Rp. 12.000,00/USD.

h) Harga-harga

Seperti halnya Analisis ekonomi dalam Analisis teknis pun selalu berhubungan dengan harga untuk menentukan biaya yang dikeluarkan baik itu dalam proses investasi maupun pengoperasiannya. Nilai harga yang dimasukkan dalam parameter antara lain harga bahan bakar (MFO, MDO), minyak lumas, dan material pembangunan kapal (baja, *equipment outfitting*, permesinan). Untuk harga bahan bakar mengikuti harga bunker Pertamina tahun 2013 yaitu Rp. 10.100/liter dan Rp. 11.500/liter masing-masing untuk MFO dan MDO. Harga minyak pelumas ditentukan dari harga pasaran sebesar Rp. 13.000/ltr. Harga permesinan dan *hull outfitting* didapat dari regresi kurva yang diberikan dalam buku *Practical Ship Design*. (Watson, *Practical Ship Design*, 1998)

### 5.6.2. Variabel Perubah Optimisasi Desain

Variabel perubah optimisasi desain diberikan dalam bentuk ukuran utama kapal yaitu Panjang (L), Lebar (B), Sarat (T) dan Tinggi (H). Dalam variabel perubah ini diberikan

batasan nilai maksimal dan minimal untuk setiap variabel berdasarkan ukuran utama kapal pembanding.

### 5.6.3. Batasan Optimisasi Desain

Batasan yang digunakan dalam optimisasi desain merupakan batasan teknis terkait dengan desain kapal. Hal ini dikarenakan dalam proses perancangan sebuah kapal harus memperhatikan beberapa aspek kunci sehingga didapat ukuran utama kapal yang efisien dan memberikan standar keamanan dalam proses operasinya. Penjelasan dari batasan optimisasi desain adalah sebagai berikut :

#### a) Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengikuti regulasi oleh IMO dalam *Intact Stability Code* dan persyaratan kelas yang telah dijabarkan dalam subbab sebelumnya. Rumusan matematis untuk batasan stabilitas adalah :

$$MG^0 \geq 0.15 \text{ m} \quad \dots\dots\dots(5.13)$$

$$Ls^{30} \geq 0.2 \text{ m}$$

$$\Phi Ls_{\max} \geq 25^0$$

$$Ld^{30} \geq 0.055 \text{ m.rad}$$

$$Ld^{40} \geq 0.090 \text{ m.rad}$$

$$GZ^{30-40} \geq 0.03 \text{ m.rad}$$

- Dimana :
- $MG^0$  = Jarak metasenter ke pusat beban pada sudut  $0^0$  (m)
  - $Ls^{30}$  = Lengan statis pada sudut oleng  $>30^0$  (m)
  - $\Phi Ls_{\max}$  = Sudut kemiringan pada  $Ls$  maksimum (deg)
  - $Ld^{30}$  = Lengan dinamis pada  $30^0$  (m.rad)
  - $Ld^{40}$  = Lengan dinamis pada  $40^0$  (m.rad)
  - $GZ^{30-40}$  = Luas Kurva GZ antara  $30^0 - 40^0$  (m.rad)

#### b) Freeboard

Batasan *freeboard* mengacu pada regulasi *International Load Line Convention* tahun 1966 yang telah dijabarkan pada subbab sebelumnya.

#### c) Daya Apung

Batasan daya apung dapat diartikan sebagai kesesuaian antara displacement sebagai akibat dari bentuk dan ukurannya dengan berat kapal itu sendiri. Berdasarkan daya apung ini muncul batasan pemuatan benda-benda diatas kapal hingga dapat

dipastikan kapal tetap dapat mengapung dalam kondisi aman. Batasan selisih daya apung diberikan toleransi antara -0,5% sampai 0,5%. Rumusan matematis untuk batasan ini adalah :

$$99.5\%w \leq \Delta \leq 100.5\%w \dots \dots \dots (5.14)$$

Dimana :  $w$  = Berat kapal kondisi muatan penuh (ton)  
 $\Delta$  = *Displacement* kapal (ton)

d) Trim

Kondisi trim diartikan sebagai selisih antara sarat depan kapal dengan sarat belakang saat kondisi muatan kapal penuh. Batasan kondisi trim adalah maksimal sebesar 0,5% dari sarat kapal.

$$0\%T \leq Ta - Tf \leq 0.5\%T \dots \dots \dots (5.15)$$

Dimana :  $T$  = Sarat kapal kondisi muatan penuh (m)  
 $Ta$  = Sarat buritan (m)  
 $Tf$  = Sarat haluan (m)

e) Kapasitas Kapal

Batasan kapasitas kapal diberikan dengan pertimbangan bahwa perencanaan ruang muat tidak bisa dilakukan setepat mungkin terkait dengan kerumitan konstruksi kapal. Oleh karena itu besarnya selisih *Payload* kapal diberi toleransi sebesar maksimal 110% dari kebutuhan.

$$100\%P \leq Hc \leq 110\%P \dots \dots \dots (5.16)$$

Dimana :  $P$  = *Payload*  
 $Hc$  = *Hold capacity* (kapasitas muat kapal)

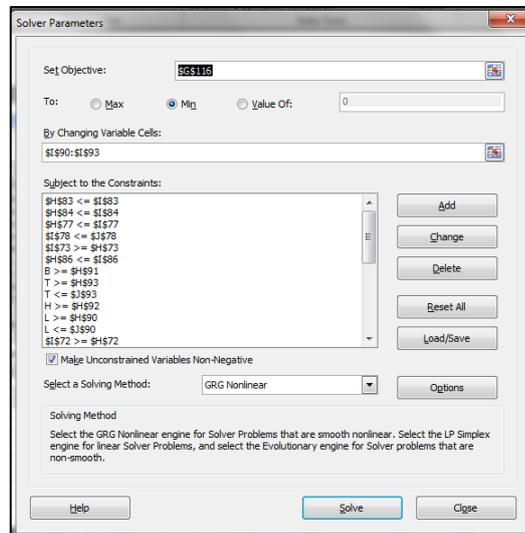
**5.6.4. Fungsi Tujuan Optimisasi Desain**

Fungsi tujuan dari optimisasi desain ialah meminimalkan unit biaya pada tahun pertama. Hal ini dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya investasi dan operasional kapal ini pada tahun pertama sesuai dengan batasan yang ada. Fungsi tersebut tergambar pada model matematis berikut :

$$\min u = \sum_{i=1}^n \frac{Cc_i + Vc_i + Oc_i + Ic_i}{Q_i} \dots \dots \dots (5.17)$$

- Dimana :  $u$  = Unit biaya pengangkutan gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/TEUs)
- $Cci$  = *Capital cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)
- $Vci$  = *Voyage cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)
- $Oci$  = *Operational cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)
- $Ici$  = *Infrastructure cost* gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (Rp/tahun)
- $Qi$  = Jumlah gas yang diangkut gas untuk periode ke  $i$  hingga ke  $n$  (TEUs/tahun)

Proses optimisasi ukuran utama sama halnya dengan optimisasi *Payload* yaitu dilakukan dengan bantuan *excel solver*. Dimana gambaran tampilan optimisasi pada *solver* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 5.11 Tampilan *Excel Solver* Optimisasi Desain

### 5.6.5. Hasil Optimisasi Desain

Output dari optimisasi tersebut berupa ukuran utama kapal, yaitu meliputi L, B, T dan H. Moda yang dioptimisasi adalah moda yang sudah terpilih saat optimisasi *Payload* yang dilakukan sebelumnya. Moda tersebut adalah *SPCB-Geared* dengan kapasitas 28 TEUs atau setara dengan 926 DWT.

Tabel 5.13 Hasil Optimisasi Desain

| Item        | Unit | Min   | Value | Max   | Remark   |
|-------------|------|-------|-------|-------|----------|
| Panjang (L) | m    | 38,75 | 44,47 | 67,00 | Accepted |
| Lebar (B)   | m    | 8,50  | 8,50  | 14,00 | Accepted |
| Tinggi (H)  | m    | 3,65  | 4,26  | 5,20  | Accepted |
| Sarat (T)   | m    | 2,80  | 2,80  | 4,24  | Accepted |

## 5.7. Analisis Teknis Moda Terpilih

Berdasarkan analisis ekonomis terhadap pengoperasian kapal yang telah dijabarkan pada subbab sebelumnya kondisi terbaik didapatkan dengan menerapkan moda *SPCB-Geared* sebagai kapal CNG. Perencanaan operasi terbaik ialah dengan mengoperasikan kapal dengan *Payload* 28 TEUs pada kecepatan 8 knot. Dari aspek teknis, perhitungan yang dilalui ialah penghitungan hambatan dan tenaga mesin, berat dan *displacement* kapal, kesesuaian hukum fisika, *freeboard*, stabilitas, dan trim.

Tabel 5.14 Karakter Optimum Moda Terpilih

| Item | Nilai | Unit |
|------|-------|------|
| DWT  | 926   | ton  |
| L    | 44,47 | m    |
| B    | 8,50  | m    |
| H    | 4,26  | m    |
| T    | 2,80  | m    |

### 5.7.1. Hambatan dan Tenaga Mesin

Sesuai dengan nilai ukuran utama optimal *SPCB-Geared*, perhitungan hambatan berdasarkan formula *kapparetof* akan memberikan nilai sebagai berikut :

- a) Hambatan Air

$$W_{air} = f \cdot S \cdot V^{1,83} + p \cdot F_x \cdot V^2 \dots\dots\dots(5.18)$$

$$W_{air} = 122,30 \text{ kN}$$

- b) Hambatan Udara

$$W_{udara} = 0.0041 \cdot (0.3 A_1 + A_2) V_A^2 \dots\dots\dots(5.49)$$

$$W_{udara} = 10,28 \text{ kN}$$

Maka hambatan totalnya adalah :

$$RT = (W_{air} + W_{Udara}) + \text{margin } 15\% \dots\dots\dots(5.20)$$

$$RT = 157,77 \text{ kN}$$

Berdasarkan nilai hambatan total tersebut, maka perhitungan daya mesin dapat dilakukan menggunakan rumusan pada subbab sebelumnya. Hasilnya adalah sebagai berikut :

a)  $P_e$  (*Effective Horsepower*) = 649,29 kW

b)  $P_d$  (*Delivered at Propeller*) = 821,90 kW

c)  $P_b$  (*Brake Horse Power*) = 855,79 kW

Nilai kebutuhan tenaga ( $P_b$ ) menjadi kebutuhan tenaga mesin kapal, yaitu setara dengan 1354,21 HP.

### 5.7.2. Berat dan Displacement Kapal

Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan formula yang diberikan *David G.M Watson* dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu untuk LWT dan DWT. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### 1) Menghitung LWT Kapal

##### a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \times E^{1,36} \dots\dots\dots(5.21)$$

Dimana,

$$E = L(B + T) + 0,85L(D - T) + 0,85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0,75(l_2 h_2)\}$$

$$E = 590,79$$

$$K = 0,029$$

$$W_{si} = 369,38 \text{ ton}$$

Selanjutnya dilakukan koreksi karena pengurangan material untuk *scrap* yaitu :

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si}) \quad ; \quad \% \text{ Scrap} = 6,48\% \text{ (grafik Watson)}$$

$$W_{si}' = 205,69 \text{ Ton}$$

Koreksi berikutnya ialah koreksi koefisien blok kapal. Maka nilai koreksinya sebesar:

$$W_{st} = W_{si}' (1+0,05 (Cb' - Cb)) \quad ; \quad Cb' = 0,852$$

$$W_{st} = 190,41 \text{ ton}$$

##### b. Perhitungan berat perlengkapan (EO) dilakukan dengan mengadopsi metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (H Schneekluth, 1998). Perhitungan berat EO terbagi menjadi tiga bagian yaitu untuk peralatan bongkar muat (*group II : cargo handling*) untuk rumah geladak (*group III : Living Quarters*) dan selain rumah geladak (*group IV : Miscellaneous*).

- Weo *cargo handling* = 15,2 ton

- Weo *Living Quarters*

$$\text{Weo Living Quarters} = \text{Luas Houses} \cdot \text{Calv}$$

Dimana,

$$\text{Calv} = 165 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Luas houses} = 240,30 \text{ m}^2$$

$$\text{Weo Living Quarters} = 39,65 \text{ ton}$$

- Weo *Miscellaneous*

$$\text{Weo Miscellaneous} = (L \cdot B \cdot H)^{2/3} \times C_{eo}$$

Dimana,  $C_{eo} = 0,22 \text{ Ton/ m}^2$

Weo selain *houses* = 26.79 Ton

- Weo total  
Weo Total = Weo *Living Quarters* + Weo selain *houses*  
Weo total = 72,70 ton

c. Perhitungan berat permesinan kapal dilakukan dengan mengadopsi rumusan yang diberikan oleh (Watson, *Practical Ship Design*, 1998). Hasil perhitungannya sebagai berikut :

- Berat Mesin Utama  
Berat mesin = 9,3 Ton  
Jumlah mesin = 1 Unit  
Total Wme = 9,3 Ton
- Berat Mesin Bantu  
Wae setiap mesin = 3,4 Ton  
Jumlah mesin = 1 Unit  
Total Wae = 3,4 Ton

Maka berat permesinan total adalah 58,33 Ton.

d. Perhitungan berat cadangan dan LWT Total

$$W_{res} = (3 - 10)\% \times LWT \dots \dots \dots (5.22)$$

Dimana :

LWT = Jumlah total dari poin a sampai e.

$$= 321,44 \text{ Ton}$$

Koefisien cadangan = 3%

Maka berat cadangan ( $W_{res}$ ) adalah sebesar 9,16 ton. Nilai ini ditambahkan ke nilai LWT awal sehingga berat LWT kapal adalah 331,98 ton.

## 2) Perhitungan DWT Kapal

Seperti dijelaskan pada subbab sebelumnya komponen DWT terdiri dari berat *Payload*, *consumable* dan *complement*. Besarnya dipengaruhi oleh daya mesin dan jumlah crew yang ada diatas kapal. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

a) *Payload* = 584 Ton

b) *Consumble* (Bahan bakar)

Perhitungan *consumble* dibagi menjadi tiga bagian yaitu perhitungan bahan bakar mesin utama (MFO), mesin bantu (MDO), dan minyak lumas (Lub Oil)

- $\text{Kebutuhan MFO} = \text{SFOC} \times \text{Seatime}$   
 Dimana,  $\text{SFOC} = 0,136 \text{ ton/jam}$   
 $\text{Seatime} = 20 \text{ jam}$   
 $\text{Kebutuhan MFO/trip} = 2,99 \text{ Ton}$
- $\text{Kebutuhan MDO} = \text{SDOC} \times \text{Turn Round Time}$   
 Dimana,  $\text{SDOC} = 0,03 \text{ Ton/jam}$   
 $\text{TRT} = 38,24 \text{ jam}$   
 $\text{Kebutuhan MDO/trip} = 1.378 \text{ Ton}$

- $\text{Kebutuhan Lub Oil} = \text{SLOC} \times \text{TRT}$

Dari buku *Practical Ship Design* (Watson, Practical Ship Design, 1998) memberikan bahwa SLOC adalah 35 liter/hari/Kw. Nilai ini dirubah kedalam satuan ton dan besarnya disesuaikan dengan daya mesin terpasang. Maka didapat SLOC untuk *main engine* sebesar 0,2 kg/jam dan *auxilliary engine* sebesar 0,7 kg/jam. Kebutuhan totalnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Lub}_{\text{me}} &= \text{SLOC}_{\text{me}} \times \text{Seatime} \\ &= 2,99 \text{ kg/trip} \\ \text{Kebutuhan Lub}_{\text{ae}} &= \text{SLOC}_{\text{ae}} \times \text{TRT} \\ &= 27,57 \text{ kg/trip} \end{aligned}$$

- $\text{Kebutuhan air tawar} = \text{Wfw} \times \text{jumlah crew} \times \text{TRT}$

Dalam *Parametric design* (Parsons, 2001) diberikan asumsi penggunaan air bersih (Wfw) sebesar 0,17 ton/orang/hari untuk kapal-kapal pelayaran jauh. Besarnya koefisien konsumsi air bersih dikoreksi menjadi 0,1 ton/orang/hari karena perbedaan karakter *crew* Indonesia. Selain itu, air hasil produksi kapal ini dapat dimanfaatkan oleh crew apabila terjadi kekurangan air bersih diatas kapal. Jumlah crew kapal ini adalah 15 orang sehingga total kebutuhan air tawar menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air tawar} &= 0,1 \text{ ton/orang/hari} \times 15 \times 2 \text{ hari} \\ &= 2,41 \text{ ton/trip} \end{aligned}$$

- $\text{Kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin} = \text{Wpm} \times \text{Daya} \times \text{Seatime}$

Koefisien kebutuhan air tawar pendingin mesin diasumsikan sebesar 2 kg/HP, daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kapal adalah 1106 HP. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Air Tawar pendingin mesin} &= 2\text{kg/HP/jam} \times 1106 \text{ HP} \times 2 \text{ hari} \\ &= 1,84 \text{ ton/trip} \end{aligned}$$

c) *Complement (Provision and Store)*

Perhitungan *provision and store* dibagi menjadi 2 bagian yaitu perhitungan berat perbekalan dan perhitungan berat bawaan *crew*.

- Perbekalan = Koefisien perbekalan x jumlah crew x TRT  
Koefisien perbekalan dari *Parametric design* (Parsons, 2001) ialah 10 kg/orang/hari. Maka perhitungannya adalah :  
Perbekalan = 10 kg/orang/hari x 16 orang x 2 hari  
= 0,3 ton/trip
- *Crew* dan bawaan = Koefisien *crew* dan bawaan x Jumlah *crew*  
Koefisien *crew* dan bawaan ( $C_{c\&e}$ ) adalah 0,17 ton/orang (Parsons, 2001). Nilai ini dikoreksi menyesuaikan dengan karakter *crew* di Indonesia (ukuran tubuh yang lebih kecil) menjadi 0,1 ton/orang. Dengan jumlah *crew* 15 orang, maka berat total *crew* dan bawaannya menjadi 1.5 ton.

d) Perhitungan DWT Total

Nilai DWT total dapat dihitung dengan menjumlahkan komponen penyusunnya dari poin *Payload* (a), *consumable* (b), dan *complement* (c). Berdasarkan penjumlahan tersebut, nilai DWT adalah 595,6 Ton.

3) Perhitungan Berat dan *Displacement* kapal

Berat kapal dapat dihitung dengan menjumlahkan berat bagian komponen kapal yang bersifat tetap (LWT) dengan bagian komponen kapal yang bisa dipindahkan (DWT). Berdasarkan perhitungan sebelumnya diketahui bahwa nilai LWT adalah 314.5 ton dan DWT adalah 553.9 ton. Maka nilai berat total kapal adalah 868.43 ton.

Sedangkan *displacement* kapal adalah berat total air yang dipindahkan akibat badan tercelup kapal. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Displacement} &= L \times B \times T \times C_b \times \rho \text{ air laut} \\ &= 922,08 \text{ Ton} \end{aligned}$$

### 5.7.3. Kesesuaian Hukum Fisika

Hal pertama yang harus dipenuhi dalam perancangan sebuah kapal ialah ketersediaan daya apung kapal. Kemampuan daya apung dapat dilihat dari kesesuaian antara berat dengan

dengan *displacement* kapal. Dalam Proses optimisasi ini besarnya selisih yang diijinkan ialah  $\pm 0.5\%$ . Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ selisih} &= \frac{\text{Displacement}-\text{Berat}}{\text{displacement}} \times 100\% \\ &= \frac{926,69 - 922,08}{926,69} \times 100\% \\ &= 0,499 \% < 0,5\% \text{ (Kriteria memenuhi)} \end{aligned}$$

#### 5.7.4. Kesesuaian *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* dilakukan sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a) Tipe kapal merupakan tipe B dengan muatan kontainer
- b) *Freeboard* standar sesuai dengan tipe (B) dan panjang kapal (44,47 m) adalah 374 mm.
- c) Koreksi untuk panjang kapal dibawah 100 m ( $Fb_1$ ) dan panjang efektif superstructure ( $E$ )  $< 35\%L$ . Perhitungannya sebagai berikut :

- $E =$  Panjang efektif superstructure = 6,6 m
- $35\% L = 35\% \times 44,47 = 15,56$  m

Dari perhitungan dapat dilihat bahwa  $E < 35\%L$ , maka tidak ada koreksi.

- d) Koreksi untuk tinggi kapal dilakukan apabila tinggi kapal ( $D$ ) lebih dari  $L/15$ . Nilai tinggi kapal adalah 4,5 m, sedangkan nilai  $L/15$  adalah 4,6 m. Dari nilai tersebut terlihat bahwa nilai tinggi kapal kurang dari  $L/15$ . Oleh karena itu tidak dilakukan koreksi.
- e) Koreksi *sheer* dilakukan apabila kapal menggunakan *sheer* standar. Pada kapal ini tidak menggunakan *sheer* standar, sehingga tidak dilakukan koreksi *sheer*.
- f) Kesesuaian *freeboard* dapat dilihat dari kesesuaian selisih antara tinggi dan sarat kapal dengan kebutuhan *freeboard* termasuk koreksinya secara keseluruhan. Nilai selisih antara tinggi dan sarat harus lebih besar dari *freeboard* yang dibutuhkan. Adapun selisih antara tinggi dan sarat kapal adalah 488.75 mm., sedangkan total *freeboard* yang dibutuhkan termasuk koreksinya adalah sebesar 1459.47 mm. Dengan demikian kondisi syarat *freeboard* bisa terpenuhi.

### 5.7.5. Kesesuaian Stabilitas

Perhitungan stabilitas dilakukan sesuai dengan teori yang diuraikan pada subbab sebelumnya. Dalam perhitungan stabilitas, diperlukan masukan data terkait dengan karakter kapalnya. Data tersebut antara lain :

Tabel 5.15 Input Perhitungan Stabilitas

| Item             | Nilai  | Satuan | Item | Nilai | Satuan |
|------------------|--------|--------|------|-------|--------|
| Lwl =            | 151,73 | Feet   | B =  | 27,89 | Feet   |
| T =              | 9,19   | Feet   | Ld = | 21,65 | Feet   |
| B <sub>w</sub> = | 27,89  | Feet   | d =  | 7,22  | Feet   |
| H-T              | 4,79   | Feet   | Cb = | 0,85  |        |
| D <sub>m</sub> = | 13,97  | Feet   | Cw = | 0,905 |        |
| Δ <sub>0</sub> = | 950,56 | Ton    | Cm = | 0,996 |        |
| Sf =             | 0      | Feet   | Sa = | 0,000 | Feet   |

Adapun penjelasan notasi pada masukan data dan tahap-tahap perhitungannya sudah dijabarkan dalam subbab sebelumnya. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa desain kapal ini memenuhi syarat stabilitas dengan syarat minimal berdasarkan pada ketentuan IMO dan BV Class sebagaimana yang sudah dijelaskan pada subbab 2.6.6.

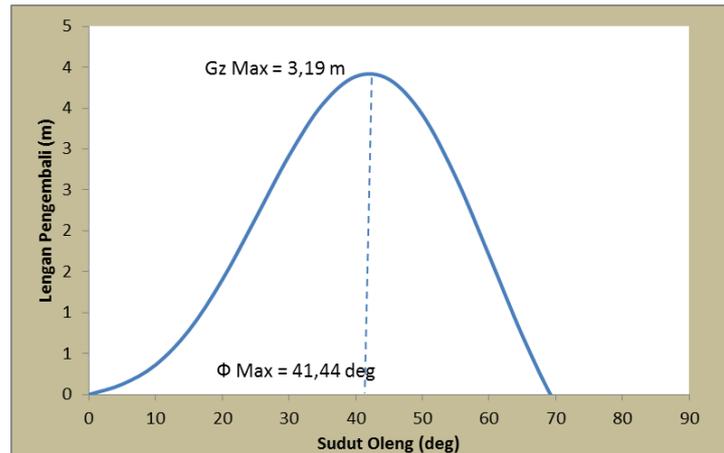
Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

| Item                                 | Satuan | Syarat Minimal | Hasil Perhitungan |
|--------------------------------------|--------|----------------|-------------------|
| MG pada sudut oleng 0°               | m      | 0,15           | 1,22              |
| Lengan statis pada sudut oleng > 30° | m      | 0,2            | 2,92              |
| Sudut kemiringan pada Ls maksimum    | deg    | 25             | 42,02             |
| Lengan dinamis pada 30°              | m.rad  | 0,055          | 0,38              |
| Lengan dinamis pada 40°              | m.rad  | 0,09           | 0,61              |
| Luas kurva GZ antara 30° - 40°       | m.rad  | 0,03           | 0,23              |

Data pada tabel diatas memperlihatkan bahwa jarak titik metasenter terhadap titik berat kapal pada sudut oleng 0° ialah 1,22 m, memenuhi syarat minimalnya sebesar 0,15 m. Nilai lengan statis pada sudut oleng lebih dari 30° juga memenuhi syarat minimalnya sebesar 2.92 m. Kesesuaian syarat stabilitas juga diperlihatkan dengan nilai lengan dinamis pada sudut 30°, 40°, dan luas kurva diantaranya dengan nilai 0,38 m.rad, 0,61 m.rad dan 0,23 m.rad.

Adanya perubahan sudut oleng kapal akan berakibat pada perubahan lengan pengembali (GZ). Syarat kapal dapat kembali pada posisi semula setelah mengalami

keolengan ialah nilai lengan pengembalinya harus bernilai positif. Hasil perhitungan menunjukkan sudut lengan pengembali maksimum terjadi pada  $\Phi = 42,02$  derajat dengan lengan pengembali sebesar 3,19 m. Apabila keolengan kapal melebihi sudut oleng maksimum, kemungkinan kapal tetap dapat kembali ke posisi semula hingga sudut olengnya mencapai  $70^0$ . Melebihi sudut tersebut, kapal akan terguling karena lengan pengembalinya bernilai negatif.



Gambar 5.12 Kurva Stabilitas

### 5.7.6. Kesesuaian Trim

Perhitungan trim dilakukan sesuai dengan teori yang diuraikan dalam sebelumnya. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

- a) Perhitungan trim membutuhkan nilai-nilai tertentu yang akan dimasukkan kedalam rumus perhitungannya. Nilai-nilai yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 1. \quad KB/T &= 0,9-0,3C_m-0,1C_b \\
 \text{Dimana, } C_m &= 0,996 \\
 C_b &= 0,85 \\
 KB/T &= 0,52 \\
 2. \quad KB &= KB/T \times T \\
 &= 0,52 \times 3,66 \\
 &= 1,45 \text{ m} \\
 3. \quad C_1 &= 0,1216 C_w - 0,041 \\
 \text{Dimana, } C_w &= 0,905 \\
 C_1 &= 0,07 \\
 4. \quad I_T &= C_1 \times L_{pp} \times B^3 \\
 I_T &= 0,07 \times 44,47 \text{ m} \times (8,5 \text{ m})^3 \\
 I_T &= 1.885,24 \text{ m}^4 \\
 5. \quad BM_T &= I_T/v
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Dimana, } v &= L \times B \times T \times C_b \\
V &= 1,178.49 \text{ m}^3 \\
BM_T &= 2,429.03 \text{ m}^4 / 1,178.49 \text{ m}^3 \\
BM_T &= 2,1 \text{ m} \\
6. C_{IL} &= 0,35C_w^2 - 0,405C_w + 0,146 \\
C_{IL} &= 0,07 \\
7. I_L &= C_{IL} \times B \times L_{pp}^3 \\
I_L &= 0,07 \times 8,5 \text{ m} \times (44,47 \text{ m})^3 \\
I_L &= 49.410,1468 \text{ m}^4 \\
8. BM_L &= I_L / V \\
BM_L &= 105,684.54 \text{ m}^4 / 1,178.49 \text{ m}^3 \\
BM_L &= 54,92 \text{ m} \\
9. GM_L &= B_{ML} + KB - KG \\
\text{Dimana, } KG &= 4,88 \text{ m} \\
GM_L &= 51,49 \text{ m}
\end{aligned}$$

b) Berdasarkan nilai pada perhitungan poin (a), kalkulasi kondisi trim kapal dapat dilakukan dengan batasan bahwa trim kapal yang terjadi harus trim buritan. Selain itu, persentase nilai trim terhadap panjang kapal harus kurang dari 1 (satu) persen. Trim buritan terjadi apabila besarnya trim bernilai positif. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Trim} &= T_a - T_f \\
&= (LCG - LCB) \times L / GM_L
\end{aligned}$$

Dimana,

$$LCG = 15,79 \text{ m dari FP}$$

$$LCB = 13,98 \text{ m dari FP}$$

$$\begin{aligned}
\text{Trim} &= (15,79 - 13,98) \times 44,47 \text{ m} / 51,49 \text{ m} \\
&= 0,391 \text{ (Trim buritan)}
\end{aligned}$$

$$\% \text{ Selisih} = [(T_a - T_f) / L] \times 100\%$$

$$= [0,391 / 44,47] \times 100\%$$

$$= 0,879 \% \text{ (kurang dari 1\%, memenuhi syarat trim)}$$

## 5.8. Rencana Umum Moda Terpilih

Dalam membuat rencana umum tentunya terlebih dahulu membuat rencana garis. Rencana Garis (*lines plan*) merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan bodi kapal dibawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer*

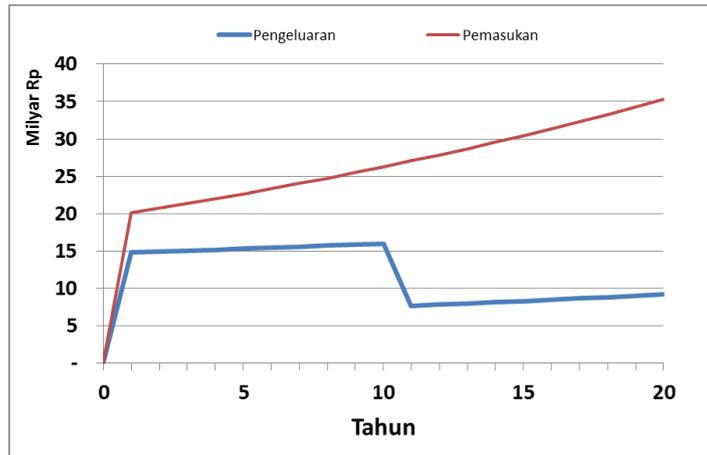
*plan* (secara memanjang tampak samping) dan *half breadth plan* (secara memanjang tampak atas).

Ada berbagai cara membuat rencana garis baik secara manual maupun otomatis dengan bantuan *software*. Dalam Tugas Akhir ini pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf*. Inputan yang digunakan dalam proses perancangannya ialah data ukuran utama kapal, rencana jumlah potongan melintang (*station*), rencana potongan memanjang (*buttock line*), dan rencana potongan tampak atas (*waterline*). Adapun data ukuran utama kapal yang digunakan sesuai dengan data. Jumlah potongan melintang sepanjang badan kapal direncanakan sejumlah 40 *station*. Jumlah potongan memanjang direncanakan berjumlah 5 *buttock line* untuk setengah lebar kapal dengan jarak masing-masing 1 meter hingga ke tepi kulit lambung. Sedangkan potongan tampak atas direncanakan berjumlah 12 *waterline* dengan jarak masing-masing 0.25 meter hingga sarat kapal. Hasil rencana garis dapat dilihat dalam lampiran Tugas Akhir ini.

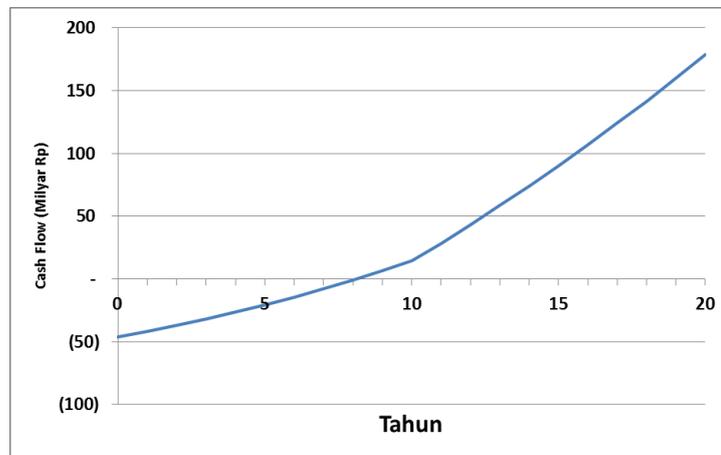
Selanjutnya dari gambar rencana garis yang sudah ada dilakukan perancangan rencana umum kapal. Proses desain rencana umum kapal sebenarnya merupakan proses penggalian kreatifitas seorang *naval architect* dalam merancang kapal. Namun bukan berarti dalam perencanaannya tidak ada batasan-batasan yang mengikat. Pada kenyataannya terdapat banyak peraturan yang harus diikuti dalam perancangan yaitu perhitungan jarak gading, sistem konstruksi, tinggi *double bottom*, tangga, pintu, jendela, akomodasi, alat navigasi, alat keselamatan, alat labuh, dan lain sebagainya. Pembahasan aturan-aturan tersebut tidak ditampilkan dalam laporan ini, namun rencana umum kapal ini dirancang dengan memperhatikan aturan-aturan tersebut. Hasil rencana umum kapal ini dapat dilihat di lampiran.

### **5.9. Analisis Kelayakan Investasi Moda Terpilih**

Sebelum melakukan analisis kelayakan investasi dilakukan analisis aliran uang terlebih dahulu. Analisis aliran uang dilakukan untuk mengetahui pengeluaran dan pendapatan setiap tahunnya. Sehingga fluktuasi profit setiap tahunnya bisa diketahui. Dengan menggunakan parameter investasi berupa bunga pinjaman sebesar 13%, Tenor 10 tahun, umur ekonomis 20 tahun, kenaikan biaya sebesar 2% per tahun dan kenaikan harga tarif angkutan *container* 3% per tahun. Maka aliran uang dapat digambarkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 5.13 Grafik Pemasukan dan Pengeluaran



Gambar 5.14 Grafik Aliran Uang

Pada grafik pemasukan dan pengeluaran terjadi penurunan pengeluaran pada tahun ke-11 disebabkan oleh masa pengembalian pinjaman berakhir sehingga tidak perlu lagi membayar angsuran kepada bank. Grafik aliran uang merupakan akumulasi saldo dari tahun pertama hingga tahun ke 20. Saldo tersebut adalah nilai dari pendapatan dikurangi pengeluaran.. Hal tersebut karena masa angsuran yang direncanakan adalah selama 10 tahun. Untuk komponen pendapatan disini diperoleh dari tarif pengiriman *container* dimana tarif rata-rata pengiriman *container* per-TEUs/nm sebesar Rp 51.416 dengan jarak 80 nm maka tarif pengiriman *container* sebesar Rp 4.113.267 per TEUs.

Titik balik modal (*break even point*) terjadi pada nilai y sama dengan 0, dimana nilai y merupakan nilai akumulasi saldo setiap tahun. sehingga pada titik ini akumulasi pengeluaran sama dengan akumulasi pendapatan pada tahun sebelumnya. Pada grafik diatas, BEP (*break even point*) terjadi pada tahun ke-9.

Selanjutnya dilakukan analisis kelayakan investasi pembangunan PLTG 3x1 MW. Ada beberapa kriteria kriteria dalam menentukan kelayakan investasi suatu proyek. Antara lain sebagai berikut:

1. Kriteria *Net Present Value* (NPV)

Dikatakan memiliki keuntungan ekonomis (layak), apabila nilai NPV lebih besar dari nol. Jika NPV lebih kecil dari pada nol, berarti investasi mengalami kerugian. Nilai NPV adalah nilai keuntungan yang bisa didapat selama umur ekonomis yang dinilai dengan nilai uang sekarang dengan cara diskonto.

2. Kriteria *Internal Rate of Return* (IRR)

Merupakan Indeks keuntungan (*profitability index*). Dimana IRR diekspresikan kedalam suatu “*interest rate*” yang membuat nilai NPV sama dengan nol. Suatu proyek dikatan layak jika nilai IRR lebih besar dari MARR (*expected minimum attractive rate of return*) yang diharapkan oleh investor.

3. Kriteria *Break-Even Point* (BEP)

Merupakan titik balik modal dimana akumulasi jumlah pengeluaran sama dengan akumulasi penerimaan. Investasi dikatakan layak BEP lebih kecil dari umur ekonomis proyek tersebut.

Tabel 5.17 Parameter Perhitungan NPV

| <b>Parameter</b>              | <b>Besar</b> | <b>Satuan</b> |
|-------------------------------|--------------|---------------|
| Bunga Pinjaman                | 13%          | per tahun     |
| Masa Pinjaman                 | 10           | tahun         |
| Grace Period                  | 0            | tahun         |
| Pembayaran per Tahun          | 1            | kali/tahun    |
| Umur Ekonomis                 | 20           | tahun         |
| <i>Currency</i> (nilai tukar) | 12.000       | Rp/\$         |
| Kenaikan Biaya                | 2%           | per tahun     |
| Kenaikan Tarif                | 3%           | per tahun     |

Berikut ini adalah hasil dari analisis kelayakan investasi pada moda kapal yang terpilih dengan menggunakan ketiga kriteria tersebut.

Tabel 5.18 Hasil Kelayakan Investasi

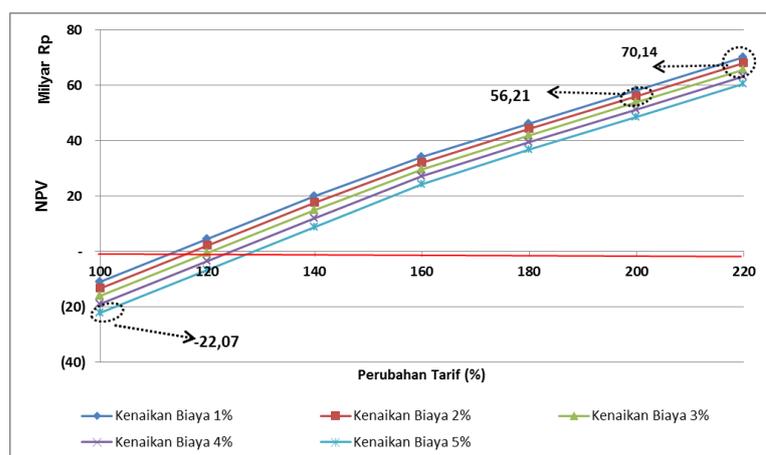
| Investment Criteria           |      | Value     | Min | Criteria |
|-------------------------------|------|-----------|-----|----------|
| Present Worth (PW atau NPV)   | J Rp | 56.201,96 | 0   | Ok       |
| Present Worth Index (NPVI)    | kali | 1,221     | 0   | Ok       |
| IRR                           | %    | 16%       | 0   | Ok       |
| IRR Index (IRRI = IRR / MARR) | kali | 1,034     | 0   | Ok       |
| BEP from year -               |      | 9         | 1   | Ok       |
| Accum Cash on BEP             | J Rp | 6.466     | 0   | Ok       |

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa NPV sebesar Rp. 56,201 Milyar, IRR sebesar 16% dan BEP pada tahun ke-9.

## 5.10. Analisis Sensitivitas Kelayakan Investasi Moda Terpilih

### 5.10.1. Sensitivitas terhadap Perubahan Tarif Angkutan *Container*

Analisis sensitivitas ini dilakukan untuk melihat perubahan nilai NPV, IRR dan BEP akibat kenaikan biaya dan perubahan tarif angkutan *container*. Dalam analisis sensitivitas ini diambil variasi perubahan biaya investasi dari 100% - 220%. Sedangkan kenaikan biaya diambil dengan bentangan 1% - 5%. Hasil analisis tersaji dalam gambar di bawah ini.



Gambar 5.15 Sensitivitas Kelayakan Investasi terhadap Perubahan Tarif dan Kenaikan Biaya

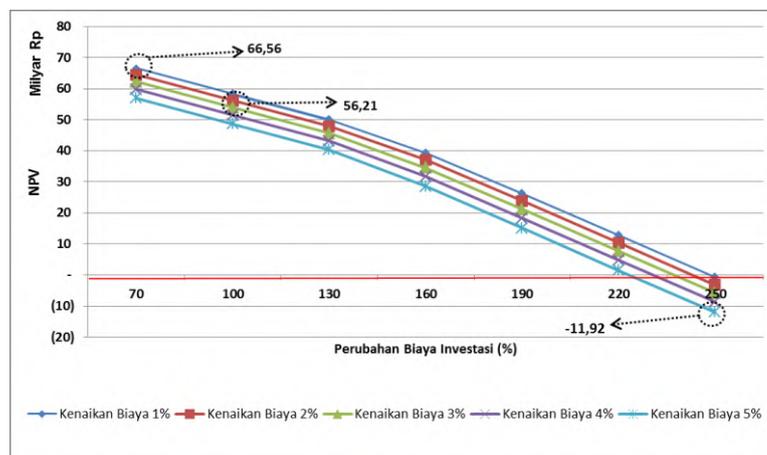
Grafik di atas memberikan gambaran perubahan nilai NPV apabila biaya investasi awal proyek dan kenaikan biaya tahunan berubah. Sedangkan batas merah merupakan batas kelayakan investasi menurut kriteria IRR dan BEP. Jadi investasi tersebut layak, jika tarif

ditentukan lebih dari sama dengan 120% dari tarif pasaran dengan kondisi kenaikan biaya per tahun kurang dari 3%. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan kondisi *demand* yang relatif sedikit. Pada grafik tersebut kondisi terburuk jika tarif tetap 100% dengan kenaikan biaya sebesar 5%. Maka, nilai NPV sebesar Rp -22,07milyar. Sedangkan kondisi yang diharapkan ialah saat tarif sebesar 200%, dengan asumsi kenaikan biaya sebesar 2% karena saat itu NPV sudah bernilai positif serta nilai IRR dan BEP yang relatif sudah baik. Selanjutnya nilai NPV tertinggi terjadi saat tarif ditetapkan 220% dan dengan kenaikan biaya sebesar 1%. Kondisi ini akan meningkatkan nilai NPV menjadi Rp 70,14 milyar.

### 5.10.2.Sensitivitas Terhadap Perubahan Investasi

Analisis terhadap perubahan investasi dilakukan karena dua alasan. Pertama ialah validitas komponen biaya investasi khususnya biaya kapal yang dihitung berdasarkan kurva *Watson* dengan basis data tahun 1993. Tentunya nilai ini belum tentu sama dengan biaya-biaya pada tahun pelaksanaan proyek atau berpotensi mengalami perubahan. Kedua ialah untuk mengantisipasi perubahan *kurs dollar* pada saat pelaksanaan proyek.

Dalam analisis sensitivitas ini diambil variasi perubahan biaya investasi dari 70% - 250%. Sedangkan kenaikan biaya diambil dengan bentangan 1% - 5%. Hasil analisis untuk kondisi tersebut tersaji dalam di bawah ini.



Gambar 5.16 Sensitivitas Kelayakan Investasi terhadap Perubahan Investasi dan Kenaikan Biaya

Grafik di atas memberikan gambaran perubahan nilai NPV apabila biaya investasi awal proyek dan kenaikan biaya tahunan berubah. Sedangkan batas merah merupakan batas kelayakan investasi menurut kriteria IRR dan BEP. Jadi investasi tersebut masih layak, jika perubahan investasi tidak sampai 230% kebawah dari total investasi awal dengan kenaikan

biaya per tahun tidak lebih dari 5%. Misalkan pada kondisi terburuk ternyata biaya investasi di awal meningkat menjadi 250% dari kalkulasi awal. Maka dengan kenaikan biaya sebesar 5% per tahun, nilai NPV turun menjadi Rp -11,92 milyar. Sedangkan kondisi yang diharapkan ialah saat biaya investasi tepat sebesar 100%. Dengan kenaikan biaya sebesar 2% per tahun, maka nilai NPV menjadi Rp 56,21 milyar. Selanjutnya nilai NPV tertinggi terjadi saat biaya investasi menurun 70% dan dengan kenaikan biaya sebesar 1%. Kondisi ini akan meningkatkan nilai NPV menjadi Rp. 66,56 milyar.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Konsumsi Gas pada PLTG 3x1 MW di Bawean sebesar dengan 386,95 MMscf per tahun.
2. Pola pengangkutan gas yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan gas PLTG 3x1 MW di Bawean adalah dengan rute dari Gresik ke Pelabuhan Sangkapura – Bawean. Moda yang digunakan adalah 1 unit SPCB-*Geared* yang berkapasitas angkut (*payload*) 28 TEUs atau setara dengan 926 DWT dengan kecepatan dinas 8 knot. Berdasarkan hasil perhitungan pola pengangkutan tersebut menghasilkan unit biaya terendah pada tahun pertama yaitu sebesar Rp 5.758.403 per TEUs.
3. Moda SPCB-*Geared* tersebut memiliki ukuran utama Panjang (L) = 44,47 m; Lebar (B) = 8,5 m; Tinggi (H) = 4,26 m; dan Sarat (T) = 2,8 m, ukuran utama tersebut sudah memenuhi kriteria standar *preliminary design*.

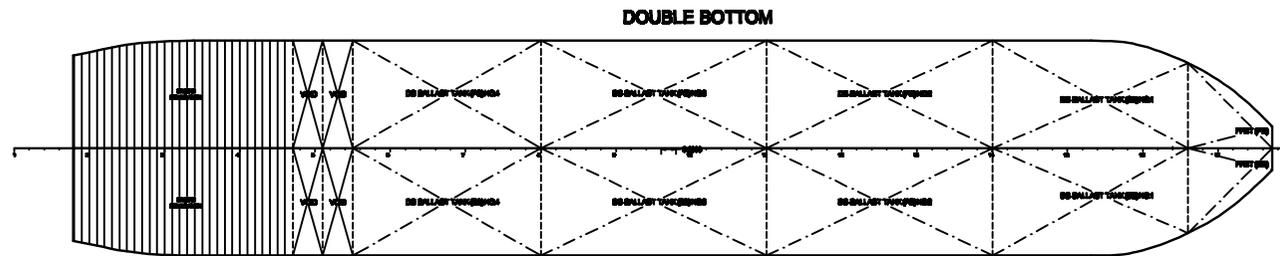
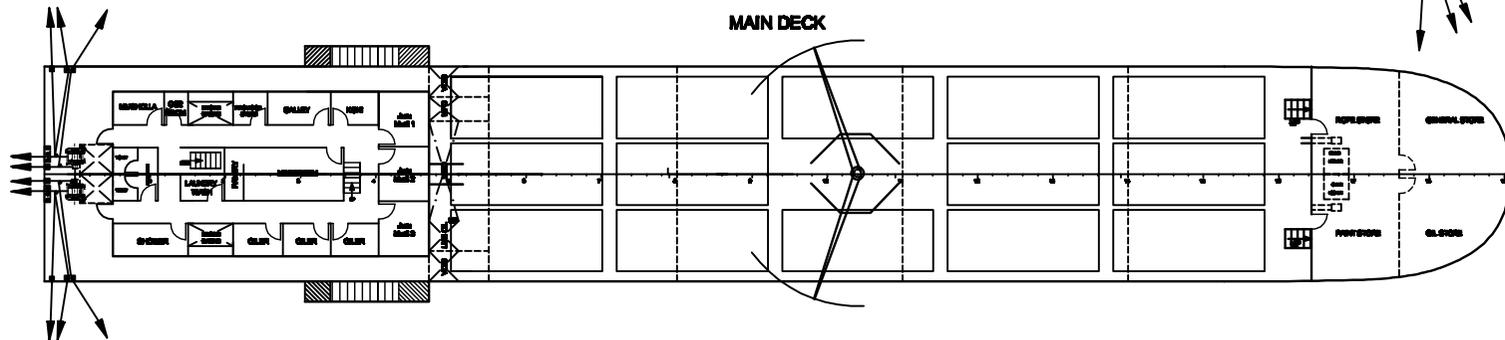
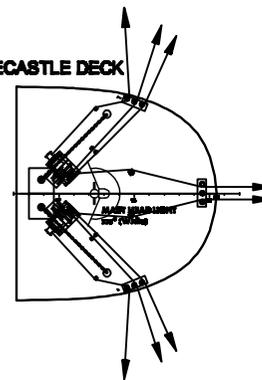
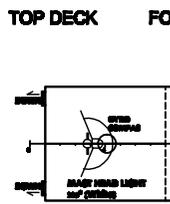
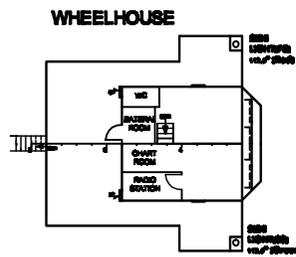
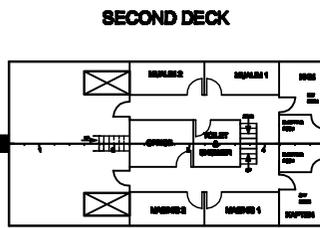
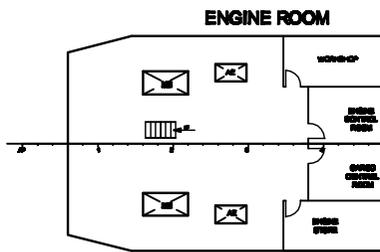
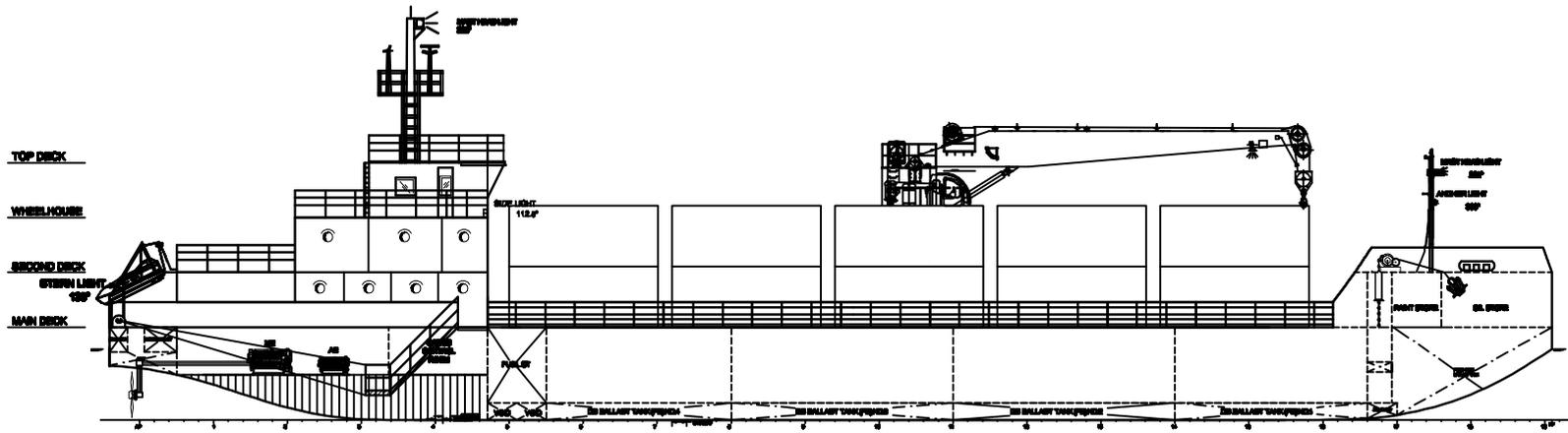
#### **6.2. Saran**

Dari hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Pada penelitian ini, perancangan desain konseptual hanya dilakukan sampai pada tahap *preliminary design*. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi lanjut hingga tahap *basic design* kapal ini sesuai dengan aturan kelas yang berlaku. Demikian juga dengan infrastruktur pendukungnya, perlu dilakukan studi lanjut terkait desain teknis sistem penerimaan gasnya.
2. Perlun dilakukan analisis penjadwalan kapal untuk melihat kehandalan operasi.
3. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai analisis operasioanal *container* CNG dikarenakan membutuhkan prosedur dan penanganan khusus,

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LAMPIRAN A**  
**RENCANA UMUM MODA TERPILIH**



| Principal Dimensions |            |
|----------------------|------------|
| TYPE                 | OPB - 4200 |
| LWL                  | 42.00 m    |
| Lpp                  | 44.47 m    |
| B max                | 8.5 m      |
| H max                | 4.30 m     |
| T                    | 2.85 m     |
| CB                   | 0.60       |
| Vc                   | 0.70 m/s   |

DEPARTMENT OF MARINE AFFAIRS AND FISHERIES  
 MINISTRY OF TRANSPORTATION  
 GENERAL ARRANGEMENT

OPB - 4200 000 TON  
 00 - ALABAMA, TEXAS

GENERAL ARRANGEMENT

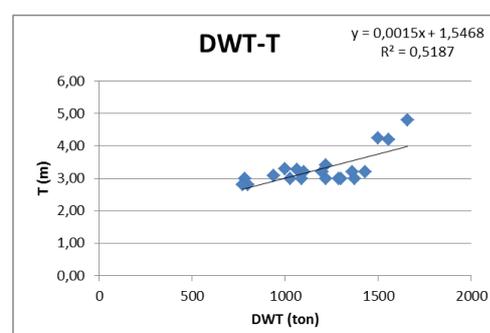
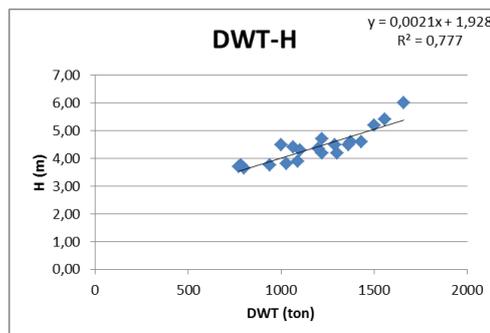
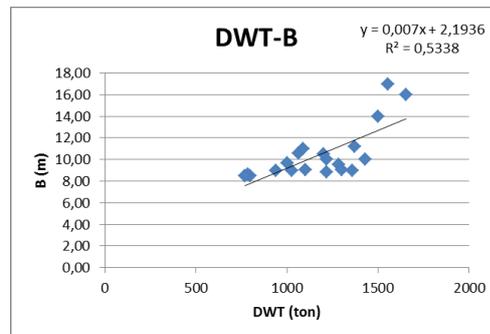
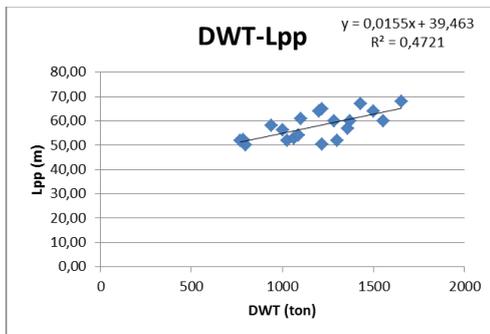
| Scale | Sheet | Drawn | Rev | Notes |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| 1:100 | 001   |       |     |       |
| 1:100 | 002   |       |     |       |
| 1:100 | 003   |       |     |       |
| 1:100 | 004   |       |     |       |
| 1:100 | 005   |       |     |       |

## LAMPIRAN B

### DATA KAPAL PEMBANDING

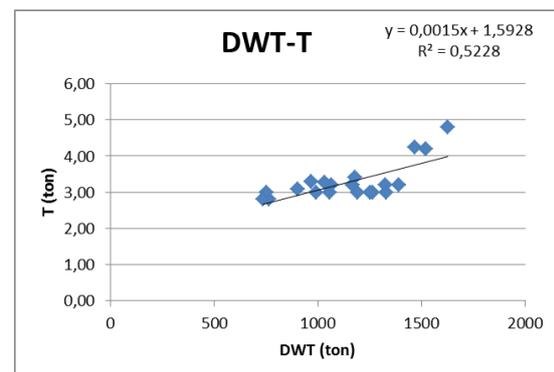
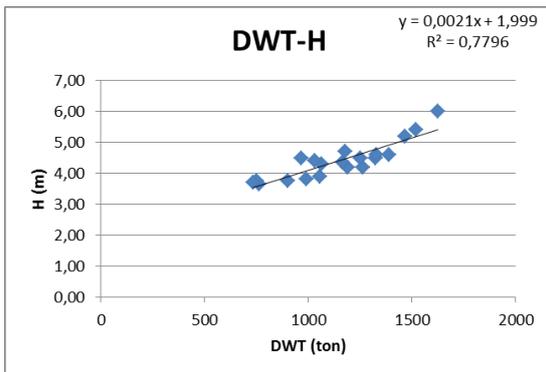
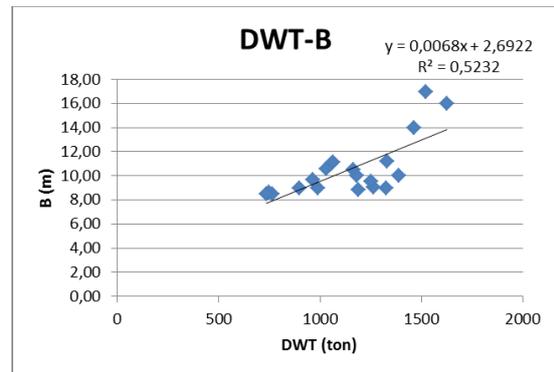
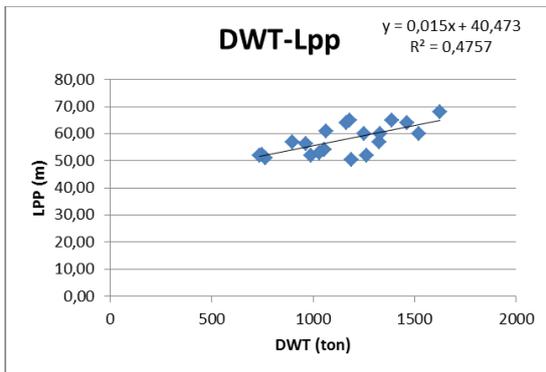
#### 1) Data Pembanding dan Hasil Regresi Linear SPCB

| SPCB    | DWT (Ton) | Principal Dimension |        |       |       | Vs Knot |
|---------|-----------|---------------------|--------|-------|-------|---------|
|         |           | Lpp (m)             | Bm (m) | H (m) | T (m) |         |
| SPCB 1  | 770       | 52,00               | 8,50   | 3,70  | 3,00  | 8       |
| SPCB 2  | 785       | 52,37               | 8,65   | 3,77  | 3,00  | 7       |
| SPCB 3  | 800       | 50,00               | 8,50   | 3,65  | 3,00  | 8       |
| SPCB 4  | 939       | 58,00               | 9,00   | 3,75  | 3,09  | 8       |
| SPCB 5  | 1000      | 56,20               | 9,69   | 4,50  | 3,30  | 8       |
| SPCB 6  | 1027      | 52,00               | 9,00   | 3,80  | 3,00  | 9       |
| SPCB 7  | 1064      | 52,80               | 10,60  | 4,40  | 3,28  | 9       |
| SPCB 8  | 1089      | 54,00               | 11,00  | 3,90  | 3,00  | 10      |
| SPCB 9  | 1100      | 60,80               | 9,02   | 4,30  | 3,50  | 9       |
| SPCB 10 | 1110      | 38,75               | 9,70   | 4,50  | 4,00  | 9       |
| SPCB 11 | 1200      | 64,00               | 10,50  | 4,35  | 3,20  | 8       |
| SPCB 12 | 1218      | 65,00               | 10,00  | 4,70  | 3,40  | 8       |
| SPCB 13 | 1218      | 50,40               | 8,80   | 4,20  | 3,00  | 8       |
| SPCB 14 | 1286      | 60,00               | 9,50   | 4,50  | 3,00  | 8       |
| SPCB 15 | 1300      | 52,00               | 9,02   | 4,20  | 3,00  | 8       |
| SPCB 16 | 1360      | 57,00               | 8,98   | 4,50  | 3,20  | 9       |
| SPCB 17 | 1372      | 60,00               | 11,20  | 4,60  | 3,00  | 9       |
| SPCB 18 | 1431      | 67,00               | 10,00  | 4,60  | 3,20  | 10      |
| SPCB 19 | 1500      | 64,00               | 14,00  | 5,20  | 4,24  | 9       |
| SPCB 20 | 1500      | 59,00               | 9,00   | 4,10  | 3,00  | 12      |



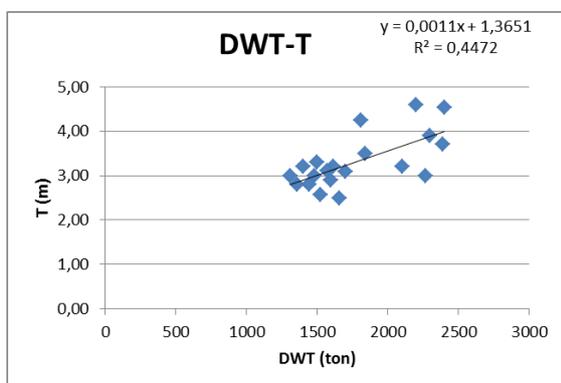
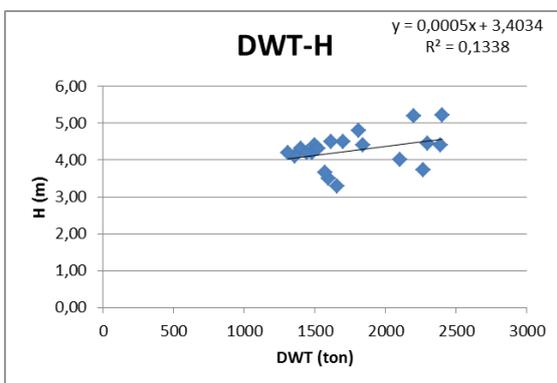
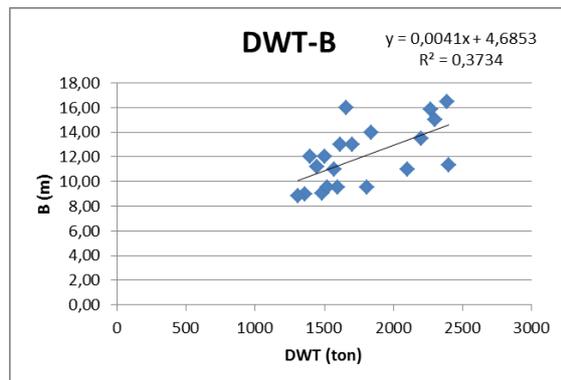
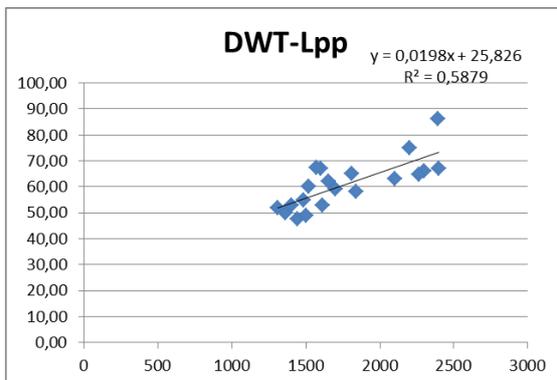
## 2) Data Pemandangan dan Hasil Regresi Linear SPCB-Geared

| SPCB - Geared    | DWT (Ton) | Principal Dimension |        |       |       | Vs   |
|------------------|-----------|---------------------|--------|-------|-------|------|
|                  |           | Lpp (m)             | Bm (m) | H (m) | T (m) | Knot |
| SPCB - Geared 1  | 750       | 52,30               | 8,65   | 4,00  | 3,00  | 8    |
| SPCB - Geared 2  | 765       | 51,00               | 8,50   | 4,50  | 2,80  | 8    |
| SPCB - Geared 3  | 900       | 57,00               | 9,00   | 4,00  | 3,09  | 9    |
| SPCB - Geared 4  | 965       | 56,20               | 9,69   | 4,50  | 3,30  | 9    |
| SPCB - Geared 5  | 990       | 52,00               | 9,00   | 4,50  | 3,00  | 9    |
| SPCB - Geared 6  | 1030      | 52,80               | 10,60  | 4,40  | 3,28  | 10   |
| SPCB - Geared 7  | 1054      | 54,00               | 11,00  | 4,50  | 3,00  | 9    |
| SPCB - Geared 8  | 1065      | 60,80               | 11,10  | 4,30  | 3,20  | 9    |
| SPCB - Geared 9  | 1165      | 64,00               | 10,50  | 4,35  | 3,20  | 9    |
| SPCB - Geared 10 | 1180      | 65,00               | 10,00  | 4,70  | 3,40  | 10   |
| SPCB - Geared 11 | 1190      | 50,40               | 8,80   | 4,20  | 3,00  | 10   |
| SPCB - Geared 12 | 1250      | 60,00               | 9,50   | 4,50  | 3,00  | 11   |
| SPCB - Geared 13 | 1265      | 52,00               | 9,02   | 4,20  | 3,00  | 11   |
| SPCB - Geared 14 | 1325      | 57,00               | 8,98   | 4,50  | 3,20  | 11   |
| SPCB - Geared 15 | 1330      | 60,00               | 11,20  | 4,60  | 3,00  | 10   |
| SPCB - Geared 16 | 1390      | 65,00               | 10,00  | 4,60  | 3,20  | 12   |
| SPCB - Geared 17 | 1465      | 64,00               | 14,00  | 5,20  | 4,24  | 10   |
| SPCB - Geared 18 | 1520      | 60,00               | 17,00  | 5,40  | 4,20  | 9    |
| SPCB - Geared 19 | 1625      | 68,00               | 16,00  | 6,00  | 4,80  | 12   |
| SPCB - Geared 20 | 2000      | 70,00               | 16,00  | 6,00  | 4,00  | 8    |



### 3) Data Pemandang dan Hasil Regresi Linear Tongkang

| Tongkang    | DWT (Ton) | Principal Dimension |        |       |       | Rasio |       |      |      |      |
|-------------|-----------|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|             |           | Lpp (m)             | Bm (m) | H (m) | T (m) | L/B   | L/H   | B/H  | B/T  | H/T  |
| Tongkang 1  | 2400      | 67,00               | 11,32  | 5,22  | 4,53  | 5,92  | 12,84 | 2,17 | 2,50 | 1,15 |
| Tongkang 2  | 1656      | 62,00               | 16,00  | 3,30  | 2,50  | 3,88  | 18,79 | 4,85 | 6,40 | 1,32 |
| Tongkang 3  | 1809      | 65,00               | 9,56   | 4,80  | 4,25  | 6,80  | 13,54 | 1,99 | 2,25 | 1,13 |
| Tongkang 4  | 1500      | 49,00               | 12,00  | 4,40  | 3,30  | 4,08  | 11,14 | 2,73 | 3,64 | 1,33 |
| Tongkang 5  | 1482      | 55,00               | 9,02   | 4,20  | 3,00  | 6,10  | 13,10 | 2,15 | 3,01 | 1,40 |
| Tongkang 6  | 1400      | 53,00               | 12,00  | 4,30  | 3,20  | 4,42  | 12,33 | 2,79 | 3,75 | 1,34 |
| Tongkang 7  | 1615      | 53,00               | 13,00  | 4,50  | 3,20  | 4,08  | 11,78 | 2,89 | 4,06 | 1,41 |
| Tongkang 8  | 2100      | 63,00               | 11,00  | 4,00  | 3,20  | 5,73  | 15,75 | 2,75 | 3,44 | 1,25 |
| Tongkang 9  | 1522      | 60,00               | 9,52   | 4,30  | 2,57  | 6,30  | 13,95 | 2,21 | 3,70 | 1,67 |
| Tongkang 10 | 1444      | 47,50               | 11,20  | 4,20  | 2,80  | 4,24  | 11,31 | 2,67 | 4,00 | 1,50 |
| Tongkang 11 | 2300      | 66,00               | 15,00  | 4,45  | 3,90  | 4,40  | 14,83 | 3,37 | 3,85 | 1,14 |
| Tongkang 12 | 1598      | 67,00               | 9,52   | 3,50  | 2,90  | 7,04  | 19,14 | 2,72 | 3,28 | 1,21 |
| Tongkang 13 | 1700      | 59,00               | 13,00  | 4,50  | 3,10  | 4,54  | 13,11 | 2,89 | 4,19 | 1,45 |
| Tongkang 14 | 2268      | 64,63               | 15,85  | 3,73  | 3,00  | 4,08  | 17,33 | 4,25 | 5,28 | 1,24 |
| Tongkang 15 | 1360      | 50,00               | 8,98   | 4,10  | 2,80  | 5,57  | 12,20 | 2,19 | 3,21 | 1,46 |
| Tongkang 16 | 1310      | 52,00               | 8,80   | 4,20  | 3,00  | 5,91  | 12,38 | 2,10 | 2,93 | 1,40 |
| Tongkang 17 | 2391      | 86,30               | 16,50  | 4,40  | 3,70  | 5,23  | 19,61 | 3,75 | 4,46 | 1,19 |
| Tongkang 18 | 2200      | 75,00               | 13,50  | 5,20  | 4,60  | 5,56  | 14,42 | 2,60 | 2,93 | 1,13 |
| Tongkang 19 | 1840      | 58,00               | 14,00  | 4,40  | 3,50  | 4,14  | 13,18 | 3,18 | 4,00 | 1,26 |
| Tongkang 20 | 1573      | 67,30               | 10,98  | 3,66  | 3,11  | 6,13  | 18,39 | 3,00 | 3,53 | 1,18 |
| Min         |           | 47,50               | 8,80   | 3,30  | 2,50  | 3,88  | 11,14 | 1,99 | 2,25 | 1,13 |
| Max         |           | 86,30               | 16,50  | 5,22  | 4,60  | 7,04  | 19,61 | 4,85 | 6,40 | 1,67 |

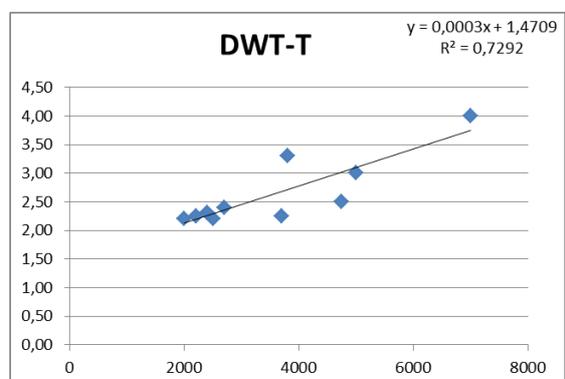
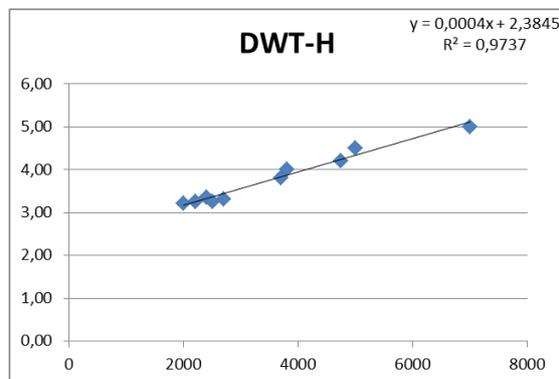
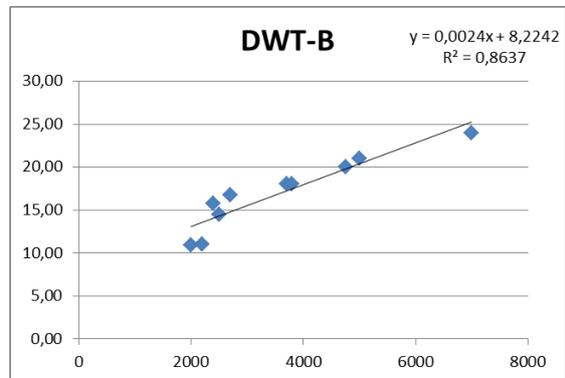
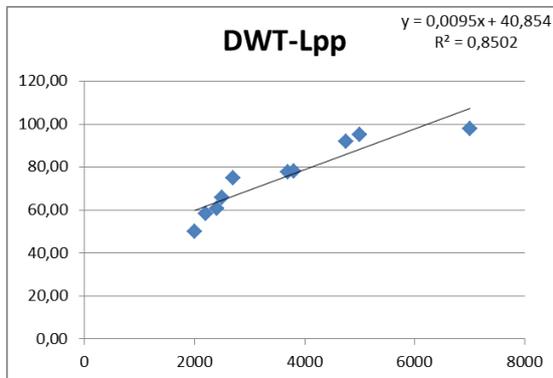


## Data Tug Boat

| Daya Mesin<br>Tug Boat<br>(hp) | Konsumsi Bahan Bakar<br>(ton/jam) |       | Harga<br>(Rp)  | Crew<br>(orang) | Vs<br>Knot | GT  |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------|----------------|-----------------|------------|-----|
|                                | MFO                               | MDO   |                |                 |            |     |
| 1.040                          | 0,42                              | 0,070 | 7.600.000.000  | 11              | 4          | 156 |
| 1.125                          | 0,42                              | 0,008 | 8.000.000.000  | 11              | 4          | 123 |
| 1.650                          | 0,43                              | 0,009 | 10.560.000.000 | 11              | 4          | 130 |
| 2.400                          | 0,50                              | 0,012 | 15.000.000.000 | 12              | 5          | 212 |
| 2.600                          | 0,52                              | 0,016 | 16.200.000.000 | 12              | 5          | 250 |
| 2.800                          | 0,54                              | 0,020 | 18.000.000.000 | 12              | 5          | 256 |
| 3.300                          | 0,56                              | 0,024 | 19.200.000.000 | 12              | 5          | 285 |
| 3.500                          | 0,58                              | 0,028 | 20.400.000.000 | 12              | 6          | 312 |
| 3.800                          | 0,60                              | 0,032 | 21.000.000.000 | 12              | 6          | 340 |

#### 4) Data Pemandang dan Hasil Regresi Linear LCT

| LCT    | DWT (Ton) | Principal Dimension |        |       |       | Vs Knot |
|--------|-----------|---------------------|--------|-------|-------|---------|
|        |           | Lpp (m)             | Bm (m) | H (m) | T (m) |         |
| LCT 1  | 2000      | 50,00               | 10,90  | 3,50  | 2,00  | 8       |
| LCT 2  | 2100      | 56,00               | 11,00  | 3,70  | 2,20  | 8       |
| LCT 3  | 2200      | 58,25               | 14,00  | 4,00  | 2,50  | 9       |
| LCT 4  | 2340      | 59,00               | 14,00  | 4,50  | 3,00  | 9       |
| LCT 5  | 2550      | 64,00               | 15,80  | 5,00  | 3,00  | 10      |
| LCT 6  | 2400      | 60,80               | 16,00  | 5,50  | 3,50  | 10      |
| LCT 7  | 2570      | 68,00               | 14,50  | 5,60  | 4,00  | 11      |
| LCT 8  | 2850      | 60,00               | 15,00  | 5,70  | 4,00  | 11      |
| LCT 9  | 2700      | 75,00               | 16,80  | 5,80  | 4,00  | 10      |
| LCT 10 | 2850      | 76,00               | 17,00  | 5,80  | 4,00  | 10      |
| LCT 11 | 3700      | 77,50               | 18,00  | 6,00  | 4,30  | 11      |
| LCT 12 | 3750      | 80,00               | 19,00  | 6,00  | 4,50  | 11      |
| LCT 13 | 3800      | 78,00               | 18,00  | 7,00  | 5,50  | 12      |
| LCT 14 | 4000      | 70,00               | 19,00  | 6,00  | 4,50  | 12      |
| LCT 15 | 4751      | 92,00               | 20,00  | 6,70  | 5,00  | 12      |
| LCT 16 | 4800      | 90,00               | 18,00  | 6,60  | 5,50  | 12      |
| LCT 17 | 5000      | 95,00               | 21,00  | 7,00  | 5,50  | 12      |
| LCT 18 | 5500      | 94,00               | 22,00  | 7,20  | 5,70  | 12      |
| LCT 19 | 6000      | 96,00               | 24,00  | 8,00  | 6,50  | 12      |
| LCT 20 | 6500      | 97,00               | 24,00  | 7,00  | 5,50  | 12      |



**LAMPIRAN C**  
**DATA MESIN INDUK DAN MESIN BANTU**

| <b>Main Engine</b> |           |              |             |            |           |             |            |             |                 |
|--------------------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|-------------|-----------------|
| Daya (kw)          | Daya (HP) | Panjang (mm) | Panjang (m) | Lebar (mm) | Lebar (m) | Tinggi (mm) | Tinggi (m) | Berat (Ton) | Maker List      |
| 720                | 965,5     | 2767         | 2,77        | 1483       | 1,48      | 1348        | 1,35       | 7,2         | Wartsila 4L20   |
| 825                | 1106,3    | 2992         | 2,99        | 1507       | 1,51      | 1423        | 1,42       | 7,8         | Wartsila 5L20   |
| 1080               | 1448,3    | 3254         | 3,25        | 1579       | 1,58      | 1348        | 1,35       | 9,3         | Wartsila 6L20   |
| 1440               | 1931,1    | 3973         | 3,97        | 1713       | 1,71      | 1465        | 1,47       | 11          | Wartsila 8L20   |
| 1620               | 2172,5    | 4261         | 4,26        | 1713       | 1,71      | 1449        | 1,45       | 11,8        | Wartsila 9L20   |
| 1800               | 2413,8    | 4212         | 4,21        | 1815       | 1,82      | 2420        | 2,42       | 18          | Wartsila 6L26A  |
| 2460               | 3298,9    | 5249         | 5,25        | 1803       | 1,80      | 2420        | 2,42       | 23          | Wartsila 9L26A  |
| 2790               | 3741,5    | 5039         | 5,04        | 1803       | 1,80      | 2420        | 2,42       | 25,5        | Wartsila 12L26A |
| 3720               | 4988,6    | 5124         | 5,12        | 2474       | 2,47      | 2960        | 2,96       | 30,5        | Wartsila 16L26A |
| 4960               | 6651,5    | 5964         | 5,96        | 2474       | 2,47      | 2960        | 2,96       | 37          | Wartsila 18L26A |
| 5580               | 7482,9    | 6364         | 6,36        | 2474       | 2,47      | 2960        | 2,96       | 41          | Wartsila 20L26A |

| <b>Mesin Bantu (Genset)</b> |           |              |             |            |           |             |            |             |                    |
|-----------------------------|-----------|--------------|-------------|------------|-----------|-------------|------------|-------------|--------------------|
| Daya (kw)                   | Daya (HP) | Panjang (mm) | Panjang (m) | Lebar (mm) | Lebar (m) | Tinggi (mm) | Tinggi (m) | Berat (Ton) | Maker List         |
| 77,00                       | 103,26    | 1117,00      | 1,12        | 652,00     | 0,65      | 952,00      | 0,95       | 0,47        | Deutz BF4M1013E    |
| 92,00                       | 123,37    | 1318,00      | 1,32        | 739,00     | 0,74      | 1001,00     | 1,00       | 0,57        | Deutz BF4M1013EC   |
| 116,00                      | 155,56    | 1462,00      | 1,46        | 678,00     | 0,68      | 1052,00     | 1,05       | 0,68        | Deutz BF6M1013E    |
| 139,00                      | 186,40    | 1602,00      | 1,60        | 866,00     | 0,87      | 1140,00     | 1,14       | 0,79        | Deutz BF6M1013EC   |
| 164,00                      | 219,93    | 2287,00      | 2,29        | 1167,00    | 1,17      | 1227,00     | 1,23       | 1,80        | Volvo Pentax 2122  |
| 170,00                      | 227,97    | 2286,00      | 2,29        | 1167,00    | 1,17      | 1225,00     | 1,23       | 1,80        | Volvo Pentax 2123  |
| 200,00                      | 268,20    | 2859,00      | 2,86        | 1035,00    | 1,04      | 1614,00     | 1,61       | 2,50        | Volvo Pentax 2124  |
| 240,00                      | 321,85    | 3089,00      | 3,09        | 1061,00    | 1,06      | 1604,00     | 1,60       | 3,40        | Volvo Pentax 2125  |
| 260,00                      | 348,67    | 2902,70      | 2,90        | 996,30     | 1,00      | 1474,20     | 1,47       | 3,4         | Caterpillar 3406 c |
| 290,00                      | 388,90    | 3089,00      | 3,09        | 1061,00    | 1,06      | 1604,00     | 1,60       | 3,50        | Volvo Pentax 2128  |
| 345,00                      | 462,65    | 3163,00      | 3,16        | 1061,00    | 1,06      | 1644,00     | 1,64       | 3,60        | Volvo Pentax 2129  |
| 370,00                      | 496,18    | 3163,00      | 3,16        | 1061,00    | 1,06      | 1644,00     | 1,64       | 3,70        | Volvo Pentax 2130  |
| 404,00                      | 541,77    | 3163,00      | 3,16        | 1061,00    | 1,06      | 1644,00     | 1,64       | 3,9         | Volvo Pentax 2131  |
| 520,00                      | 697,33    | 4910,00      | 4,91        | 1770,00    | 1,77      | 2338,00     | 2,34       | 4,20        | Wartsila 4L 20     |
| 780,00                      | 1046,00   | 5325,00      | 5,33        | 1920,00    | 1,92      | 2373,00     | 2,37       | 6,70        | Wartsila 5L20      |
| 1040,00                     | 1394,66   | 6030,00      | 6,03        | 2070,00    | 2,07      | 2474,00     | 2,47       | 7,70        | Wartsila 4L26      |
| 1170,00                     | 1569,00   | 6535,00      | 6,54        | 2300,00    | 2,30      | 2524,00     | 2,52       | 8,00        | Wartsila 5L26      |

## LAMPIRAN D

### PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL

#### PERHITUNGAN TAHANAN MODA TERPILIH

Rumus yang digunakan adalah formula yang diberikan Henschke (1978). Dalam formula tersebut tahanan tongkang dibagi menjadi dua komponen :

1. Tahanan Air
2. Tahanan Angin

#### Tahanan Air :

$$W = f.s.V^{1.83} + P.F_x.V^2 \quad (\text{kg})$$

#### Tahanan Angin :

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A_1 + A_2) \cdot V_a^2 \quad (\text{lbs})$$

Dimana,

|                |   |                    |
|----------------|---|--------------------|
| f              | = Konstanta Bahan                                 |                    |
| s              | = Luas Permukaan Basah                            | (m <sup>2</sup> )  |
| V              | = Kecepatan Kapal                                 | (m/s)              |
| P              | = Konstanta bentuk tongkang                       |                    |
| F <sub>x</sub> | = Luas penampang midship                          | (m <sup>2</sup> )  |
| A <sub>1</sub> | = Luas penampang melintang kapal diatas permukaan | (ft <sup>2</sup> ) |
| A <sub>2</sub> | = Luas proyeksi transversal bangunan atas         | (ft <sup>2</sup> ) |
| V <sub>a</sub> | = Kecepatan relatif angin                         | (ft/sec)           |

|                 |                         |   |
|-----------------|-------------------------|---|
| L <sub>pp</sub> | = 41,67 m               |   |
| L <sub>wl</sub> | = 43,34 m               |   |
| B               | = 8,50 m                |   |
| T               | = 2,80 m                |   |
| H               | = 4,26 m                |   |
| f               | = 0,17 m                | Untuk bahan baja                                    |
| s               | = 104,91 m <sup>2</sup> | Rumus Holtrop                                       |
| V               | = 8 knot                |   |
|                 | = 4,12 m/s              |   |
| P               | = 20                    | Untuk kapal dengan rake haluan/buritan bersudut 45° |
| F <sub>x</sub>  | = 36,061 m <sup>2</sup> |   |
| A <sub>1</sub>  | = 12,405 m <sup>2</sup> |   |
|                 | 133,531 ft <sup>2</sup> | 1 m <sup>2</sup> = 10,76391 ft <sup>2</sup>         |
| A <sub>2</sub>  | = 78,00 m <sup>2</sup>  |   |
|                 | 839,58 ft <sup>2</sup>  |   |
| V <sub>a</sub>  | = 15 knot               |   |
|                 | 7,716 m/s               |   |
|                 | 25,31715 ft/sec         | 1 knot = 1,68781 ft/sec                             |

#### Tahanan Air

$$W_{\text{water}} = f.s.V^{1.83} + P.F_x.V^2$$

$$= 12.451,27 \text{ kg}$$

$$= 122,15 \text{ KN}$$

#### Tahanan Angin

$$W_{\text{wind}} = 0,0041 \cdot (0,3A_1 + A_2) \cdot V_a^2$$

$$= 2311,642 \text{ lbs}$$

$$= 1048,364 \text{ Kg} \quad ; 1 \text{ kg} = 2,205 \text{ lbs}$$

$$= 10,28445 \text{ KN}$$

**Tahanan Total**

$$W_{\text{total}} = W_{\text{water}} + W_{\text{wind}}$$

$$= 132,43 \text{ KN}$$

$$RT = W_{\text{total}} + \text{margin } 15\%$$

$$RT = 157,5934 \text{ KN}$$

**Perhitungan Daya mesin****Pe = EHP = Effective horse power**

$$Pe = RT \times Vs$$

$$Pe = 648,5284 \text{ kw} \quad 869,6908 \text{ hp}$$

**Pd = DHP = Delivered horse power**

$$Pd = \frac{Pe}{\eta_d}$$

$$Pd = 819,2789 \text{ kw} \quad \eta_d = 0,791584$$

$$1098,671 \text{ hp}$$

**P<sub>B</sub> = BHP = Brake Horse Power**

$$P_B = \frac{Pd}{\eta_s \cdot \eta_{rg}}$$

$$\eta_s = \text{Shaft efficiency}$$

$$= 0,98 - 0,985$$

$$\eta_{rg} = \text{Reduction gear efficiency}$$

$$= 0,98$$

$$P_B = 853,0601 \text{ kw} \quad 636,1269$$

Koreksi :

$$\text{Kamar mesin di belakang} = 3\% P_B = 25,5918$$

$$\text{Daerah pelayaran} = 15\% - 40\% P_B = 127,959$$

$$15\% P_B$$

$$\text{Total } P_B = 1006,61 \text{ KW} \quad 1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kw}$$

$$= 1349,89 \text{ HP}$$

**Main Engine**

$$\text{Jumlah Main Engine} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Daya tiap mesin} = 1349,89 \text{ HP} \quad 1006,61 \text{ KW}$$

$$\text{Daya Terpasang tiap mesin} = 1448,30 \text{ HP}$$

$$\text{Panjang} = 3,254 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,579 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1,348 \text{ m}$$

$$\text{Berat} = 9,3 \text{ Ton}$$

$$\text{Koefisien Konsumsi} = 0,136 \text{ Ton/Hour}$$

**Auxiliary Engine**

$$\text{Kebutuhan AE} = 289,66 \text{ HP} \quad ; \text{Pendekatan } 20\% \text{ ME}$$

$$\text{Jumlah AE} = 1,00 \text{ Unit}$$

$$\text{Daya tiap mesin} = 289,66 \text{ HP} \quad 216 \text{ kw}$$

$$\text{Daya Terpasang Tiap Mesin} = 348,67 \text{ HP}$$

$$\text{Panjang} = 2,9027 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,9963 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1,4742 \text{ m}$$

$$\text{Berat} = 3,4 \text{ Ton}$$

$$\text{Koefisien Konsumsi} = 0,033 \text{ Ton/hour}$$

# LAMPIRAN E

## PERHITUNGAN BERAT DAN DISPLACEMENT

| PERHITUNGAN BERAT DAN DISPLACEMENT - MODA TERPILIH  |                                    |                   |         |
|---|------------------------------------|-------------------|---------|
| <b>Perhitungan Berat dan Displacement</b>   |                                    |                   |         |
| Reference : David G.M. Watson, Practical Ship Design  |                                    |                   |         |
| <b>Berat Machinery</b>  |                                    |                   |         |
| Daya Tiap Mesin   | =                                  | 1006,61 Kw        |         |
| Berat mesin   | =                                  | 9,3 Ton           |         |
| Jumlah Mesin  | =                                  | 1 Unit            |         |
| Berat ME  | =                                  | 9,3 Ton           |         |
| <b>Berat Auxiliary Engine</b>   |                                    |                   |         |
| Daya Tiap Mesin   | =                                  | 216,00 Kw         |         |
| Berat tiap mesin  | =                                  | 3,4 Ton           |         |
| Jumlah Mesin  | =                                  | 1,00 Unit         |         |
| Berat AE  | =                                  | 3,4 Ton           |         |
| <b>Berat Remainder</b>  |                                    |                   |         |
| $W_r = K \cdot MCR^{0.7}$   |                                    |                   |         |
| K   | =                                  | 0,72              |         |
| MCR   | =                                  | 1006,61 kw        |         |
| W <sub>r</sub>  | =                                  | 45,53 Ton         |         |
| <b>Total (W<sub>ma</sub>)</b>   | =                                  | 58,23 Ton         |         |
| <b>PERHITUNGAN LWT</b>  |                                    |                   |         |
| <b>1. Perhitungan berat baja kapal (David G.M Watson, Practical Ship Design, 1998)</b>  |                                    |                   |         |
| $W_{st} = W_{si} \cdot (1 + 0.05(Cb' - Cb))$  |                                    |                   |         |
| Perhitungan W <sub>si</sub>   |                                    |                   |         |
| $W_{si} = K \cdot E^{1.36}$   |                                    |                   |         |
| Perhitungan faktor E  |                                    |                   |         |
| $E = L \cdot (B + T) + 0.85 \cdot L \cdot (D - T) + 0.85(11 \cdot h_1) + 0.75(12 \cdot h_2)$  |                                    |                   |         |
| Dimana,   |                                    |                   |         |
| l1 (Panjang bangunan atas)  | =                                  | 6,60 m            |         |
| h1 (tinggi l1)  | =                                  | 2,20 m            |         |
| l2 (Panjang houses)   | =                                  | 12,60 m           |         |
| h2 (tinggi l2)  | =                                  | 2,20 m            |         |
| <b>E</b>  | =                                  | 555,73            |         |
| Perhitungan tabel K (Tabel 4.1 hal. 85)   |                                    |                   |         |
| Faktor K untuk kapal kontainer  |                                    | Min               | Max     |
|   |                                    | 0,029             | 0,035   |
|   |                                    |                   | Diambil |
|   |                                    |                   | 0,035   |
| $W_{si} = K \cdot E^{1.36}$   | =                                  | 189,27 Ton        |         |
| Net Steel Weight  |                                    |                   |         |
| $W_{si}' = W_{si} - (\%Scrap \cdot W_{si})$ . Persen scrap menunjukkan sejumlah bagian baja yang hilang karena proses kerja. Nilai persen scrap merupakan fungsi dari Cb serta jenis dan ukuran kapal. Pendekatan grafik dilakukan untuk menentukan persen scrap. Berdasarkan (David G.M Watson, Practical Ship Design, 1998) |                                    |                   |         |
| Cb  |                                    | % Scrap           |         |
|   | 0,5                                | 15                |         |
|   | 0,6                                | 11                |         |
|   | 0,7                                | 9                 |         |
|   | 0,8                                | 7                 |         |
|   | 0,9                                | 6                 |         |
|   | 1                                  | 5                 |         |
| % Scrap =   |                                    | $5,022Cb^{-1.57}$ |         |
| % Scrap   |                                    | = 6,482 %         |         |
| <b>Koreksi % Scrap</b>  |                                    |                   |         |
|   | Kondisi                            | Min               | Max     |
|   | Kapal dengan L < 45                | 3%                | 3%      |
|   | Kapal dengan L < 60                | 1%                | 2%      |
|   | Kapal dengan L < 100               | 0,50%             | 1%      |
|   | Besarnya penambahan yang digunakan |                   | 1%      |

|  |   |                   |                         |
|--|---|-------------------|-------------------------|
| Total Scrap  | =                                       | 7,48%             |                         |
| Wsi'   | =                                       | 175,11 Ton        |                         |
| Koreksi perhitungan berat baja kapal   |   |                   |                         |
| Rumus diatas pada kapal dengan Cb 0,7 dan 0,8H. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi    |   |                   |                         |
| <b>Wst = Wsi' (1+0.05(Cb'-Cb))</b>   |   |                   |                         |
| <b>Cb' = Cb + (1-Cb).((0,8 H-T)/3.T)</b>   | =                                       | 0,861             |                         |
| Maka,  |   |                   |                         |
| <b>Wst (Berat baja)</b>  | =                                       | <b>175,20 Ton</b> |                         |
| <b>2. Perhitungan berat Equipment Outfitting(Ship Design For Efficiency &amp; Economy)</b> |   |                   |                         |
| <b>L =</b>   | 41,67                                   |                   |                         |
| <b>B =</b>   | 8,50                                    |                   |                         |
| <b>D =</b>   | 2,80                                    |                   |                         |
| <b>C<sub>alt</sub> =</b>   | 165 [ kg/m <sup>2</sup> ]               |                   |                         |
| <b>C<sub>eo main deck</sub> =</b>  | 0,18 ton/m <sup>2</sup>                 |                   | :Pendekatan 0,18 - 0,26 |
| <b>1. Group I (Hatchway Cover)</b>   |   |                   |                         |
| Tidak memakai Hatchway Cover   |   |                   |                         |
| <b>2. Group II (Cargo Handling)</b>  |   |                   |                         |
| Ship Container Crane   | =                                       | 15,2 ton          |                         |
| <b>3. Group III (Living Quarter)</b>   |   |                   |                         |
| Berat EO Forecastle  | =                                       | 56,10             |                         |
|  | =                                       | 9,26 Ton          |                         |
| Luas Main Deck   | =                                       | 81,90             |                         |
| Berat EO Main Deck   | =                                       | 13,51 Ton         |                         |
| Luas Second Deck House   | =                                       | 51,30             |                         |
| Berat EO Second Deck House   | =                                       | 8,46 Ton          |                         |
| Luas Wheel House   | =                                       | 45,90             |                         |
| Berat EO Wheel House   | =                                       | 7,57 Ton          |                         |
| Berat EO selain houses   | =                                       | 17,90 Ton         |                         |
| <b>Berat Total EO</b>  | =                                       | <b>71,91 Ton</b>  |                         |
| <b>3. Perhitungan berat instalasi permesinan</b>   |   |                   |                         |
|  | Wme                                     | =                 | 58,23 Ton               |
|  | LWT                                     | =                 | 305,34 Ton              |
| <b>4. Perhitungan berat cadangan</b>   |   |                   |                         |
| Wres = (3% -10%) x LWT   |   | Diambil           | = 3%                    |
|  | Wres                                    | =                 | 9,160298 Ton            |
| <b>Total LWT</b>   |   | =                 | <b>314,50 Ton</b>       |
| <b>PERHITUNGAN DWT</b>   |   |                   |                         |
| <b>I. Payload</b>  |   | =                 | 542 Ton                 |
| <b>II. Consumable per trip :</b>   |   |                   |                         |
| <b>1. Kebutuhan bahan bakar</b>  |   |                   |                         |
| <b>MFO</b>   | <b>Main Engine</b>                      |                   |                         |
|  | Daya Main Engine                        | =                 | 1006,61 kw              |
|  | Jumlah Mesin                            | =                 | 1,00                    |
|  | Seatime                                 | =                 | 20,00 Jam               |
|  | Koefisien konsumsi                      | =                 | 0,136 Ton/hour          |
|  | Kebutuhan BB Main Engine                | =                 | 2,72 Ton                |
|  | Koreksi 10%                             | =                 | 0,27 Ton                |
|  | <b>Total BB Main Engine + 10%</b>       | =                 | <b>2,99 Ton</b>         |
| <b>MDO</b>   | <b>Auxilliary Engine</b>                |                   |                         |
|  | Daya Auxilliary Engine                  | =                 | 216 kw                  |
|  | Jumlah Mesin                            | =                 | 1,00                    |
|  | Turn Around Time                        | =                 | 38,08 Jam               |
|  | Koefisien konsumsi                      | =                 | 0,03 Ton/hour           |
|  | Kebutuhan BB Auxilliary Engine          | =                 | 1,247 Ton               |
|  | Koreksi 10%                             | =                 | 0,125 Ton               |
|  | <b>Total BB Auxilliary Engine + 10%</b> | =                 | <b>1,372 Ton</b>        |
| <b>2. Kebutuhan minyak pelumas</b>   |   |                   |                         |
|  | <b>Dari Watson</b>                      | =                 | 35 Liter/day / 1000 kw  |
|  |   | =                 | 0,035 Liter/day / 1 kw  |
|  | <b>LO Main Engine</b>                   | =                 | 0,014401 Ton/hour       |
|  | <b>LO Auxilliary Engine</b>             | =                 | 0,003090 Ton/hour       |
|  | <b>Wlo =</b>                            |                   | <b>0,406 Ton/Trip</b>   |

**3. Kebutuhan air tawar per trip**

#kebutuhan air tawar untuk mandi, minum, dan masak

|                                |   |                    |
|--------------------------------|---|--------------------|
| Kebutuhan air tawar untuk crew | = | 100 kg/person/days |
| Jumlah crew                    | = | 15 orang           |
| Waktu pelayaran                | = | 2,00 hari          |
| Berat air tawar per trip       | = | 3,00 Ton           |

#kebutuhan air tawar untuk pendingin mesin

|                          |   |               |
|--------------------------|---|---------------|
| Konsumsi air tawar       | = | 2 ≈ 5 kg/HP   |
| Diambil                  | = | 2 kg/HP       |
| Daya mesin utama         | = | 1448,30 HP    |
| Jumlah mesin utama       | = | 1,00 Unit     |
| Berat air tawar          | = | 2,8966 Ton    |
| Waktu pelayaran          | = | 0,83 Hari     |
| Berat air tawar per trip | = | 2,41 Ton/trip |

**Total berat air tawar** = 5,41 Ton**4. Berat makanan (Provisions)**

|                         |   |                   |
|-------------------------|---|-------------------|
| Konsumsi provisions     | = | 10 kg/person/days |
| Jumlah crew             | = | 15 orang          |
| Turn Around Time        | = | 2,00 Hari         |
| <b>Berat provisions</b> | = | 300,0 kg          |
|                         | = | 0,30 ton          |

**5. Berat orang dan bawaan**

|                                  |   |                |
|----------------------------------|---|----------------|
| Konstanta berat orang dan bawaan | = | 100 kg/persons |
| Jumlah crew                      | = | 16 orang       |
| <b>Berat crew dan bawaan</b>     | = | 1.600 kg       |
|                                  | = | 1,6 Ton        |

**Total DWT** = 553,9 Ton

|  |   |               |            |
|--|---|---------------|------------|
| <b>Displacement 1 (LWT + DWT)</b>            | = | <b>868,43</b> | <b>Ton</b> |
| <b>Displacement 2 (L x B x T x Cb x rho)</b> | = | <b>864,11</b> | <b>Ton</b> |
| <b>Selisih</b>                               | = | <b>-4,32</b>  | <b>Ton</b> |
|  | = | <b>-0,50</b>  | <b>%</b>   |

## LAMPIRAN F

### PERHITUNGAN TITIK BERAT KAPAL

Ukuran Utama Hasil Running

|     |         |
|-----|---------|
| L = | 41,67 m |
| B = | 8,50 m  |
| H = | 4,26 m  |
| T = | 2,80 m  |

Perhitungan :

#### 1. Titik berat baja kapal

Reference : Harvald & Jensen Method (1992)

$$KG = C_{KG} \times DA$$

Dimana :

DA = Tinggi kapal setelah dikoreksi dengan superstructure dan deck house

$$= D + \frac{(Va + Vdh)}{L \cdot B}$$

Va = Volume bangunan atas (Forecastle)

$$= 61,71 \text{ m}^3$$

Vdh = Volume Deck House

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Deck House at main deck = | 180,2 m <sup>3</sup>  |
| 2. Second Deck House =       | 112,9 m <sup>3</sup>  |
| 3. Wheel House =             | 101,0 m <sup>3</sup>  |
| Total =                      | 394,02 m <sup>3</sup> |

$$DA = 5,55 \text{ m}$$

CKG = Koefisien titik berat KG

$$= 0,52$$

maka,

$$KG = CKG \times DA$$

$$= \mathbf{2,88 \text{ m}}$$

LCG = -0,15+LCB % Midship

$$LCB = 3,06 \% \quad -13,5+(19,4*F11)$$

LCG = 2,91 %

**LCG = 1,2110 Dari Midship**

LCG = -19,63 Dari FP

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_n$$

$$0,882607268$$

$$LCB = 9.70 - 45.0 F_n \pm 0.8$$

$$-0,258937607$$

$$Wst = \mathbf{175,20 \text{ Ton}}$$

$$W \times KG = \mathbf{505,277}$$

$$W \times LCG = \mathbf{-3438,3856}$$

## 2. Titik berat Permesinan

Reference : Ship Design for Efficiency and Economy , 1998. Page : 173

$$KGm = Hdb + 0,35 (D-Hdb)$$

$$\begin{aligned} Hdb &= \text{Tinggi double bottom} \\ &= 300 + 45B \quad \text{mm} \\ &= \quad \quad \quad 0,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$KGm = 1,934 \text{ m}$$

$$LCGm = -0,5L + Lcb + Lkm/2$$

$$LCGm = -13,9 \text{ m} \quad ; \text{dari midship}$$

$$LCGm = -34,77 \text{ m} \quad ; \text{dari FP}$$

$$Wme = 58,23 \text{ Ton}$$

$$W \times KG = 112,64$$

$$W \times LCG = -2024,82$$

## 3. Titik berat Equipment Outfitting

Reference : Ship Design for Efficiency and Economy , 1998. Page : 166

$$K_{geo} = 1,02 - 1,08 \cdot DA \quad ; \text{Diambil } 1,02$$

$$K_{geo} = 5,657 \text{ m}$$

### LCGeo

#### A) LCGeo permesinan

$$Weo = 17,98 \text{ Ton} \quad ; \text{Pendekatan } 25\% \text{ Weo Total}$$

$$LCG_1 = -13,94 \text{ Dari Midship} \quad ; \text{Ditengah Lkm, L-Lcb-0,5Lkm}$$

$$-34,77 \text{ Dari FP}$$

$$\text{Momen} = -625,115$$

#### B) LCGeo Forecastle

$$Weo = 9,26 \text{ Ton}$$

$$LCG_2 = 17,54 \text{ Dari Midship} \quad ; \text{Ditengah Forecastle dek}$$

$$-3,30 \text{ Dari FP}$$

$$\text{Momen} = -30,55$$

#### C) LCGeo Deck House at Main Deck

$$Weo = 13,51 \text{ Ton}$$

$$LCG_2 = -13,94 \text{ Dari Midship} \quad ; \text{Ditengah Deck House at main deck}$$

$$-34,77 \text{ Dari FP}$$

$$\text{Momen} = -469,90$$

#### D) LCGeo Second Deck House

$$Weo = 8,46 \text{ Ton}$$

$$LCG_2 = -13,34 \text{ Dari Midship} \quad ; \text{Ditengah Second deck House}$$

$$-34,17 \text{ Dari FP}$$

$$\text{Momen} = -289,25$$

#### E) LCGeo Wheelhouse

$$Weo = 7,57 \text{ Ton}$$

$$LCG_2 = -12,74 \text{ Dari Midship} \quad ; \text{Ditengah wheel house}$$

$$-33,57 \text{ Dari FP}$$

$$\text{Momen} = -254,26$$

#### F) LCGeo Geladak Cuaca

$$Weo = 15,12$$

$$LCG_2 = -26,24 \text{ Dari FP}$$

$$-5,4 \text{ Dari Midship}$$

$$\text{Momen} = -396,80$$

$$LCGeo = -28,7 \text{ Dari FP}$$

$$LCGeo = -49,6$$

$$Weo = 71,91 \text{ Ton}$$

$$W \times KG = 406,8$$

$$W \times LCG = -2065,9$$

#### 4. Titik berat Consumable

##### A) Titik berat air tawar

Wair = 5,41 Ton  
KG = 3,19 m ; Tinggi Fresh Water Tank dibagi 2  
LCG = -20,536 Dari midship ; Panjang Fresh Water Tank dibagi 2  
-41,37 Dari FP  
Momen LCG = -223,98  
Momen KG = 17,30

##### B) Titik berat Bahan Bakar

Wbb = 26,19 Ton  
KG = 2,47 m ; Tinggi FO Tank dibagi 2  
LCG = -7,04 Dari midship ; Panjang FO Tank dibagi 2  
-27,87 Dari FP  
Momen LCG = -729,89  
Momen KG = 64,71

##### C) Titik berat Minyak Lumas

Wlo = 2,434 Ton  
KG = 2,47 m ; Tinggi LO Tank dibagi 2  
LCG = -7,04 Dari midship ; Panjang LO Tank dibagi 2  
-27,87 Dari FP  
Momen LCG = -67,845  
Momen KG = 6,015

##### D) Titik berat Crew dan Bawaan di deck house at main deck

Wcr = 0,4 Ton  
KG = 5,359 m  
LCG = -13,94 Dari midship  
-34,77 Dari FP  
Momen LCG = -13,91  
Momen KG = 2,14

##### E) Titik berat Crew dan Bawaan di Second deck houses

Wcr = 0,4 Ton  
KG = 7,559 m  
LCG = -13,34 Dari midship  
-34,17 Dari FP  
Momen LCG = -13,67  
Momen KG = 3,02

##### F) Titik berat Crew dan Bawaan di Wheelhouses

Wcr = 0,2 Ton  
KG = 9,759 m ; Tinggi LO Tank dibagi 2  
LCG = -12,74 Dari midship ; Panjang LO Tank dibagi 2  
-33,57 Dari FP  
Momen LCG = -6,71  
Momen KG = 1,95

**KG Consumable** 2,72  
**LCG Consumable** -30,14 Dari FP  
Wcons = 35,03  
W x KG = 95,14  
W x LCG = -1056,01

#### 4. Titik berat Payload

Payload = 541,84  
KG = 7,08  
LCG = 34,04 Dari AP  
-7,64 Dari FP  
W x KG = 3837,58  
W x LCG = -4137,58

#### Titik Berat Total

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| KG =  | 5,619   |         |
| LCG = | -14,421 | Dari FP |

## LAMPIRAN G

### PERHITUNGAN STABILITAS

#### PERHITUNGAN STABILITAS

Reference : The Theory and Technique of Ship Design (George C. Manning, D.Sc.)

|                  |                 |          |            |                         |
|------------------|-----------------|----------|------------|-------------------------|
| Lwl =            | 142,19 Feet     | B =      | 27,89 Feet |                         |
| T =              | 9,19 Feet       | Ld =     | 21,65 Feet | ; Panjang Bangunan Atas |
| B <sub>w</sub> = | 27,89 Feet      | d =      | 7,22 Feet  | ; Tinggi bangunan atas  |
| H-T              | 4,79 Feet       | Cb =     | 0,85       |                         |
| D <sub>m</sub> = | 13,97 Feet      | Cw =     | 0,905      | Cb/(0.471+0.551Cb)      |
| Δ <sub>0</sub> = | 850,50 Long Ton | Cx (Cm)= | 0,996      | 1.006 - 0.0056Cb -3.56  |
| Sf =             | 0 Feet          | Sa =     | 0,000 Feet |                         |

#### Perhitungan Awal

$C_{PV}$  = Vertical prismatic coefficient at draft H  
 = 0,94  
 $A_0$  = Area of waterline plane at designed draft  
 = 3588,08 ft<sup>2</sup>  
 $A_M$  = Area of immersed midship section  
 = 255,16 ft<sup>2</sup>  
 $S$  = Mean sheer  
 = Area of centerline plane above minimum depth divided by length  
 = 156,29  
 $A_2$  = Area of vertical centerline plane to depth D  
 = 2103,59 ft<sup>2</sup>  
 $D$  = Mean Depth  
 = 15,07 ft  
 $F$  = Mean Freeboard  
 = 4,79 ft  
 $\Delta_T$  =  $\Delta_0 + ((A_0 + A_1)/2) F/35$   
 = 1343,83 ton  
 $A_1$  = area of waterline plane at depth D maybe estimate from  
 $A_0$  and nature of stations above waterline  
 = 3623,96 ft<sup>2</sup>

#### Kalkulasi

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{\Delta_T}{2,00} - \Delta_0 \\
 &= \frac{1343,83}{2,00} - 850,50 \quad \text{ton} \\
 C_w' &= \frac{A_2}{L \cdot D} \\
 &= \frac{2103,59}{142,19 \cdot 15,07} \\
 C_x' &= \frac{A_M + BF}{BD} \\
 &= \frac{255,16 + 142,19 \cdot 4,79}{142,19 \cdot 15,07} \\
 C_{PV}' &= \frac{35 \Delta_T}{A_1 D} \\
 &= \frac{35 \cdot 1343,83}{3623,96 \cdot 15,07} = 0,86 \\
 C_{PV}'' &= \frac{35 \Delta_T}{A_2 B} \\
 &= \frac{35 \cdot 1343,83}{2103,59 \cdot 27,89} = 0,80 \\
 C_w'' &= C_w' - \frac{140d(1 - C_{PV}'')}{B \cdot D \cdot L} \\
 &= 0,98 - \frac{140 \cdot 1,91(1 - 0,80)}{142,19 \cdot 15,07 \cdot 27,89} = 1,06
 \end{aligned}$$

|  |
|--|
| $f_0 = \frac{H((A_1/A_0)-1)}{2F(1-C_{PV})}$ $= 0,16$ $f_1 = \frac{D(1-(A_0/A_1))}{2F(1-C_{PV})}$ $= 0,11$ $f_2 = 9,1(C_X'-0,89)$ $= 0,32$ $KG = 5,619$ <p style="text-align: right;">jika <math>C_X' \geq 0,89</math>, maka <math>= 9,1*(C_X'-0,89)</math>, jika tidak <math>= 0</math></p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>Factor h1</b></p> $f=0 = 1.249*C_{PV}^4+(-3.4551)*C_{PV}^3+3.5356*C_{PV}^2+(-1.2507)*C_{PV}+0.4288$ $0,45405$ $f=0,5 = 1.0972*C_{PV}^4+(-3.0685)*C_{PV}^3+2.9550*C_{PV}^2+(-0.7889)*C_{PV}+0.3050$ $0,4571$ $f=1 = 0.8225*C_{PV}^4+(-1.8735)*C_{PV}^3+0.9772*C_{PV}^2+0.6029*C_{PV}+(-0.0282)$ $0,4715$ $h1 = \text{jika } 0 \leq f_1 \leq 0,5, \text{ maka } = (f=0)+[(f_1-0/0,5-0)]*((f=0,5)-(f=0)), \text{ jika tidak } = (f=0,5)+[(f_1-0,5)/1-0,5]]*(f=1)-f=0,5$ $0,2252$ $KG' = \frac{D(1-h_1) \Delta_T - d}{2 A_0}$ $= 2,56$ $GG' = KG' - KG$ $= -3,06 \quad m$  |
| <p style="text-align: center;"><b>Factor h0</b></p> $f=0 = 1.249*C_{PV}^4+(-3.4551)*C_{PV}^3+3.5356*C_{PV}^2+(-1.2507)*C_{PV}+0.4288$ $0,48235$ $f=0,5 = 1.0972*C_{PV}^4+(-3.0685)*C_{PV}^3+2.9550*C_{PV}^2+(-0.7889)*C_{PV}+0.3050$ $0,4779$ $f=1 = 0.8225*C_{PV}^4+(-1.8735)*C_{PV}^3+0.9772*C_{PV}^2+0.6029*C_{PV}+(-0.0282)$ $0,4879$ $h0 = \text{jika } 0 \leq f_1 \leq 0,5, \text{ maka } = (f=0)+[(f_1-0/0,5-0)]*((f=0,5)-(f=0)), \text{ jika tidak } = (f=0,5)+[(f_1-0,5)/1-0,5]]*(f=1)-f=0,5$ $= 0,2299$ $KB_0 = (1 - h_0)H$ $= 7,07 \quad m$ $G'B_0 = KG' - KB_0$ $= -4,51$  |
| <p style="text-align: center;"><b>Factor h2</b></p> $f=0 = 1.249*C_{PV}^4+(-3.4551)*C_{PV}^3+3.5356*C_{PV}^2+(-1.2507)*C_{PV}+0.4288$ $0,43419$ $f=0,5 = 1.0972*C_{PV}^4+(-3.0685)*C_{PV}^3+2.9550*C_{PV}^2+(-0.7889)*C_{PV}+0.3050$ $0,4407$ $f=1 = 0.8225*C_{PV}^4+(-1.8735)*C_{PV}^3+0.9772*C_{PV}^2+0.6029*C_{PV}+(-0.0282)$ $0,4576$ $h2 = \text{jika } 0 \leq f_2 \leq 0,5, \text{ maka } = (f=0)+[(f_2-0/0,5-0)]*((f=0,5)-(f=0)), \text{ jika tidak } = (f=0,5)+[(f_2-0,5)/1-0,5]]*(f=1)-f=0,5$ $0,4383$ $G'B_{90} = \frac{\Delta_T h_2 B}{4 \Delta_0} - \frac{17,5 d^2}{\Delta_0 (A_2 - 70(d/B)(1-C_{PV}))}$ $= 4,83 \quad ft$ $c1 = 0.5539*C_W^4+(-1.4209)*C_W^3+1.5132*C_W^2+(-0.6043)*C_W+0.0067$ $0,0175$ $BM_0 = \frac{C_1 L B_W^3}{35 \Delta_0}$ $= 1,81 \quad ft$ $c1' = 0.3449*C_W^4+(-0.9626)*C_W^3+0.9987*C_W^2+(-0.3258)*C_W+0.032$ $0,80$ $BM_{90} = [(c1'*L*D^3)/35* \Delta_T] + [(Ld*d*D^2)/140* \Delta_T]$ $13,36$ $Gm_0 = Kb_0 + Bm_0 - KG$ $= 3,27$ $G'm_0 = Kb_0 + Bm_0 - KG'$ $= 6,32$ $G'm_{90} = Bm_{90} - G'B_{90}$ $= 8,54$ $b1 = [9*(G'B_{90} - G'B_0)/8] - [(G'M_0 - G'M_{90})/32]$ $= 10,57527771$ $b2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$ $= 1,857560261$ $b3 = 3*(G'M_0 - G'M_{90})/32 - 3*(G'B_{90} - G'B_0)/8$ $= -3,71$ |



## LAMPIRAN H

### PERHITUNGAN TRIM

#### PERHITUNGAN TRIM - MODA TERPILIH

Perhitungan trim dilakukan berdasarkan formula yang diberikan Parsons (2001). Batasan yang digunakan adalah  $\leq 0,05$  %. Formula untuk menghitung trim adalah sebagai berikut :

|            |                |            |                       |
|------------|----------------|------------|-----------------------|
| L =        | 41,67 m        | Cb =       | 0,85                  |
| B =        | 8,50 m         | Cwp =      | 0,905                 |
| T =        | 2,800 m        | V =        | 843,03 m <sup>3</sup> |
| Cm =       | 0,996          | KG =       | 5,62 m                |
| LCB (%) =  | 3,06 % Midship | Cp =       | 0,853403              |
| LCB (FP) = | -13,107        | LCG (FP) = | -14,4212              |

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.9-0.3Cm-0.1Cb \\ &= 0,52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KB &= KB/T \times T \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_1 &= 0.1216Cw - 0.041 \\ &= 0,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_T &= C_1 \times L_{pp} \times B^3 \\ &= 1766,71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_T &= I_T/v \\ &= 2,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{IL} &= 0.35Cw^2 - 0.405Cw + 0.146 \\ &= 0,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_L &= C_{IL} \times B \times L_{pp}^3 \\ &= 40663,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_L &= I_L / V \\ &= 48,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM_L &= BM_L + KB - KG \\ &= 44,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Trim} &= T_a - T_f \\ &= (LCG - LCB) \times L / GM_L \\ &= 0,311 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kondisi} &= \text{trim buritan} \\ \text{Persentase} &= 0,746\% \end{aligned}$$

# LAMPIRAN I

## PERHITUNGAN DAN KOREKSI FREEBOARD

### Perhitungan dan Koreksi Freeboard Moda Terpilih

(Reference : International Convention on Load Lines 1966 and protocol of 1988)

#### Ukuran utama kapal hasil running solver :

$L_{pp} = 41,67 \text{ m}$   
 $L_{wl} = 43,33922 \text{ m}$   
 $B = 8,50 \text{ m}$   
 $H = 4,26 \text{ m}$   
 $T = 2,80 \text{ m}$   
 $C_b = 0,85$   
 $v = 843,03 \text{ m}^3$

#### Input data

$L =$  Length  
 $\rightarrow 96\% L_{wl}$  pada  $0,85D$   
 $\rightarrow L_{pp}$  pada  $0,85D$   
 Diambil yang terbesar

Pendekatan :

$0,96 L_{wl}$  pada  $0,85D = 41,60565 \text{ m}$   
 $L_{pp}$  pada  $0,85D = 41,67232 \text{ m}$

**$L = 41,67232322 \text{ m}$**

$$C_b = \frac{v}{L \cdot B \cdot D_1}$$

$D_1 = 85\%D = 3,621 \text{ m}$

$$C_b = 0,657$$

$s =$  Panjang superstructure

$= L_{fc} =$  Panjang Forecastle =  $6,60 \text{ m}$

#### Perhitungan :

##### 1. Tipe Kapal :

Tipe A : Kapal dengan persyaratan salah satu dari :

- 1) Kapal yang didesain memuat muatan cair dalam bulk
- 2) Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang equivalent
- 3) Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh

Kapal tipe A : Tanker, LNG Carrier

Tipe B : Kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

Kapal tipe B : Grain carrier, Ore carrier, general cargo, passenger ship, Ro-ro

##### 2. Freeboard standard (Fb)

Yaitu freeboard yang tertera pada tabel freeboard standar sesuai dengan tipe kapal.

**Fb = 344 mm**

### 3. Koreksi-Koreksi

1) Correction for ship under 100 m in length

Untuk kapal dengan panjang  $24 < L < 100$  m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang efektif mencapai 35% L

$$Fb_1 = 7.5 (100-L)(0.35 - E/L)$$

E = Total panjang efektif superstructure

$$= 6,60 \text{ m}$$

$$35\% L = 14,58531 \text{ m}$$

= E < 35% L, tidak ada koreksi

$$\text{Koreksi} = 83,82628 \text{ mm}$$

$$Fb_1 = 0 \text{ mm}$$

2) Block Coefficient Correction

Jika  $C_b > 0,68$  :

$$Fb_2 = Fb \cdot [(C_b + 0,68)/1,36]$$

$$\text{Koreksi} = 82,431 \text{ mm}$$

$$Fb_2 = 0,000 \text{ mm}$$

3) Depth Correction

Koreksi dilakukan apabila  $D > L/15$

$$Fb_3 = R (D - L/15)$$

$$R = L/0,48$$

Untuk  $L < 120$  m

$$R = 250$$

Untuk  $L > 120$  m

$$L/15 = 2,778155 \text{ m}$$

$$D = 4,26 \text{ m}$$

Maka, koreksi

$$Fb_3 = 128,6034$$

Jika  $D < L/15$ , tidak ada pengurangan kecuali jika mempunyai superstructure tertutup sebesar 0,6 L Amidship

$$\text{Superstructure tertutup} = 6,60 \text{ m} = 0,317 L$$

Maka,

$$Fb_3 = 128,603 \text{ mm}$$

4) Koreksi Bangunan atas

Bila  $h < h_s$ , maka  $l_s = (h/h_s) \cdot l$

Bila  $h > h_s$ , maka  $l_s = 6,6 \text{ l}$

$$h = 2,2 \text{ m} \quad \text{Tinggi bangunan atas} = 2,2 \text{ m}$$

$$h_s = 1,8 \text{ m} \quad \text{Tinggi standar bangunan atas} = 1,8 \text{ m}$$

$$l = 6,60 \text{ m} \quad \text{Panjang bangunan atas} = 6,60 \text{ m}$$

$$l_s = 6,60 \text{ m} \quad \text{Panjang superstructure efektif} = 6,60 \text{ m}$$

$$E = 6,60 \text{ m}$$

$$x \cdot L = 0,1 L$$

Jika  $E < 1.0 L$  maka harga pengurangan freeboard diperoleh dari presentase dibawah ini :

| x . L                  | Total Panjang Efektif Superstructure |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 0                                    | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Prosentase Pengurangan | 0                                    | 7   | 14  | 21  | 31  | 41  | 52  | 63  | 75  | 88  | 100 |

Bila E berada diantaranya maka harga E diperoleh dengan interpolasi linier

$$\% Fb_4 = 7\%$$

$$Fb_4 = -24,08 \text{ mm}$$

5) Koreksi Sheer

Bila kapal menggunakan sheer standart, maka tidak ada koreksi sheer.

Kapal SPCB tidak menggunakan sheer, maka :

Koreksi Lengkung memanjang kapal (LMK)

Tinggi Sheer di FP = 0 m (sf)

Tinggi sheer di AP = 0 m (Sa)

$$A = \frac{1}{6} [2.5 (L+30) - 100(Sf-Sa)] \times [0.75 - (S / 2L)]$$

$$A = 20,03274 \text{ mm}$$

$$B = 0.125 * L = 5,20904 \text{ mm}$$

$$S = \sum l_s = 6,60 \text{ mm}$$

Bila :

$A > 0$  Koreksi LMK = A

$A < 0$  dan  $ABS(A) > B$  Koreksi LMK = B

$A < 0$  dan  $ABS(A) < B$  Koreksi LMK = A

**Koreksi LMK = 20,0327 mm**

6) Correction of minimum bow height

Kapal SPWB tidak menggunakan bow, maka

$$Fb_6 = 0 \text{ m}$$

| Kondisi | Koreksi yang digunakan |
|---------|------------------------|
| $LMK_A$ | $LMK_A$                |
| $LMK_A$ | $LMK_B$                |

**Rekapitulasi**

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1) Correction for ship under 100 m in length | 0 mm              |
| 2) Block Coefficient Correction              | 0,000 mm          |
| 3) Depth Correction                          | 128,6034 mm       |
| 4) Koreksi Bangunan atas                     | -24,08 mm         |
| 5) Koreksi Sheer                             | 20,03274 mm       |
| 6) Correction of minimum bow height          | 0 mm              |
| <b>Total Freeboard</b>                       | <b>468,56 mm</b>  |
| <b>Actual Freeboard (H-T)</b>                | <b>1459,47 mm</b> |
| <b>Kondisi Freeboard</b>                     | <b>OK</b>         |

## LAMPIRAN J

### PERHITUNGAN TONASE

|   |                         |  |  |
|---|-------------------------|--|--|
| <b>Pendekatan Perencanaan Ruang dan Volume tertutup Moda Terpilih</b>   |                         |  |  |
| Reference : "Analisa Teknis dan Ekonomis Self Propelled Coal Barge 5000 DWT (Budi Dharma, 2009)"<br>"Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Self Propelled Barge Batubara (Harriyadi Mulya, 2008)" |                         |  |  |
| L =   | 41,67 m                 |  |  |
| B =   | 8,50 m                  |  |  |
| H =   | 4,26 m                  |  |  |
| T =   | 2,80 m                  |  |  |
|   |                         |  |  |
| Asumsi Jarak Gading (Ao)  | = 2,5L + 410 mm         |  |  |
|   | = 514 mm                |  |  |
| Diambil   | = 600 mm                |  | ; Referensi BKI 2006                     |
| Jumlah gading Total   | = 70                    |  |  |
|   |                         |  |  |
| <b>1. Kamar Mesin</b>   |                         |  |  |
| Lkm   | = Lme + Lae + Koreksi   |  |  |
| Koreksi kamar mesin   | = 7 m                   |  |  |
|   | = 13,16 m               |  |  |
| Lkm   | = 13,16 m               |  |  |
| Lebar (B)   | = 8,50 m                |  |  |
| Tinggi (H)  | = 4,26 m                |  |  |
| Volume  | = 476,34 m <sup>3</sup> |  |  |
| Gading sekat belakang   | = 1                     |  | ;Gading 3                                |
| Gading sekat depan  | = 22                    |  |  |
| Lkm sesuai gading   | = 12,6 m                |  |  |
|   |                         |  |  |
| <b>2. Ceruk buritan</b>   |                         |  |  |
| Jarak dari AP   | = 0,6 m                 |  | ;3 gading                                |
| Nomor Gading Akhir  | = 1                     |  |  |
| Lebar (B)   | = 8,50 m                |  |  |
| Tinggi (H)  | = 2,13 m                |  | ;Dibagi dua karena bentuk buritan SPB    |
| Volume  | = 10,862 m <sup>3</sup> |  |  |
|   |                         |  |  |
| <b>3. sekat tubrukan</b>  |                         |  |  |
| Berdasarkan BKI Vol II, untuk kapal L < 200 m adalah (0,05 - 0,08)L dari FP.  |                         |  |  |
| Jarak dari FP   | = 2,5 m                 |  | ;diambil 0,05L                           |
| Panjang Sekat   | = 4,2                   |  | ; Yang diijinkan 4,135 -6,616 m          |
| Jumlah gading   | = 7                     |  |  |
| Nomor Gading Depan  | = 66                    |  |  |
| Nomor Gading belakang   | = 59                    |  |  |
| Jarak dari FP sesuai gading   | = 6,7 m                 |  |  |
| Lebar (B)   | = 8,5 m                 |  |  |
| Tinggi (H)  | = 4,3 m                 |  |  |
| Volume  | = 152,06 m <sup>3</sup> |  |  |
|   |                         |  |  |
| <b>4. Perencanaan ruang muat</b>  |                         |  |  |
| Volume ruang yang dibutuhkan  | = 0,0 m <sup>3</sup>    |  | Muatan tidak ada di ada dirunag tertutup |

### 5. Perencanaan Tangki Bahan Bakar & Pelumas

|   |   |                      |                              |
|---|---|----------------------|------------------------------|
| Kebutuhan Volume                          |   |                      |                              |
| a) Kebutuhan bahan bakar (MFO)            | = | 2,993 Ton            |                              |
| Volume bahan bakar                        | = | 3,521 m <sup>3</sup> |                              |
| Koreksi Ekspansi panas dan konstruksi     | = | 0,141 m <sup>3</sup> | ;2% panas, 2% konstruksi     |
| Volume Total bahan bakar                  | = | 3,662 m <sup>3</sup> |                              |
|   |   |                      |                              |
| b) Kebutuhan Bahan Bakar (Minyak Diesel)  | = | 1,372 Ton            |                              |
| Volume minyak diesel                      | = | 1,614 m <sup>3</sup> |                              |
| Koreksi Ekspansi panas dan konstruksi     | = | 0,065 m <sup>3</sup> | ;2% panas, 2% konstruksi     |
| Volume Total minyak diesel                | = | 1,678 m <sup>3</sup> |                              |
|   |   |                      |                              |
| c) Kebutuhan minyak lumas W <sub>LO</sub> | = | 0,406 Ton            |                              |
| Volume minyak lumas                       | = | 0,441 m <sup>3</sup> |                              |
| Koreksi Ekspansi panas dan konstruksi     | = | 0,018 m <sup>3</sup> | ;2% panas, 2% konstruksi     |
| Volume Total minyak lumas                 | = | 0,459 m <sup>3</sup> |                              |
|   |   |                      |                              |
| c) Perencanaan Ruang                      |   |                      |                              |
| Tinggi Double Bottom (Hdb)                | = | 300 + 45B            | mm                           |
|   | = | 0,68 m               |                              |
| Lebar (B)                                 | = | 8,50 m               | Persentase Lebar MFO 69%     |
| Tinggi (H)                                | = | 3,58 m               | MDO 31%                      |
| Kebutuhan Volume Ruang                    | = | 5,80                 |                              |
| Panjang Tangki                            | = | 1,20 m               |                              |
| Jumlah gading                             | = | 2                    | Endurance 6 Voyage           |
| Sekat Belakang                            | = | 22                   |                              |
| Sekat Depan                               | = | 24                   |                              |
| Panjang sesuai gading                     | = | 1,2 m                |                              |
|   |   |                      |                              |
| A) Perencanaan Dimensi Tangki BB          |   |                      |                              |
| Tinggi                                    | = | 3,58 m               |                              |
| Lebar (Starboardside)                     | = | 1,68 m               |                              |
| Lebar (Portside)                          | = | 1,68 m               |                              |
| Panjang                                   | = | 1,20 m               |                              |
|   |   |                      |                              |
| B) Perencanaan Dimensi Tangki Diesel Oil  |   |                      |                              |
| Tinggi                                    | = | 3,58 m               |                              |
| Lebar (Starboardside)                     | = | 0,77 m               |                              |
| Lebar (Portside)                          | = | 0,77 m               |                              |
| Panjang                                   | = | 1,2 m                |                              |
|   |   |                      |                              |
| C) Perencanaan Dimensi Tangki Lub Oil     |   |                      |                              |
| Tinggi                                    | = | 3,58 m               |                              |
| Lebar                                     | = | 1,20 m               |                              |
| Panjang                                   | = | 1,20 m               |                              |
|   |   |                      |                              |
| D) Perencanaan Cofferdam                  |   |                      |                              |
| Panjang                                   | = | 1,20 m               | ;pendekatan dua jarak gading |
| Lebar                                     | = | 8,50 m               |                              |
| Tinggi                                    | = | 4,26 m               |                              |
| Gading Sekat depan                        | = | 26                   |                              |
| Gading sekat belakang                     | = | 24                   |                              |
| Volume                                    | = | 43,447               |                              |

### 7. Perencanaan Akomodasi (Referensi: Perencanaan Self Propelled Coal Barge (Budi Dharma))

|                       |   |                      |                             |
|-----------------------|---|----------------------|-----------------------------|
| 1) Forecastle         |   |                      |                             |
| Panjang               | = | 6,60 m               | ;Pendekatan 14 jarak gading |
| Lebar                 | = | 8,50 m               | ; Pendekatan B-1            |
| Tinggi dari H(Asumsi) | = | 2,20 m               |                             |
| Jumlah Gading         | = | 11                   |                             |
| Gading Depan          | = | 70                   |                             |
| Gading Belakang       | = | 59                   |                             |
| Luas Transversal      | = | 18,70 m <sup>2</sup> |                             |
| Volume                | = | 61,71 m <sup>3</sup> |                             |

|                                |   |                              |                                       |
|--------------------------------|---|------------------------------|---------------------------------------|
| 2) Deck House at Main Deck     |   |                              |                                       |
| Panjang                        | = | 12,60 m                      | ; Sepanjang Kamar Mesin               |
| Lebar                          | = | 6,50 m                       | ; Pendekatan, B - 2                   |
| Tinggi (Asumsi)                | = | 2,20 m                       |                                       |
| Jumlah Gading                  | = | 21,00                        |                                       |
| Gading Depan                   | = | 22,00                        |                                       |
| Gading Belakang                | = | 1,00                         |                                       |
| Luas Transversal               | = | 14,30 m <sup>2</sup>         |                                       |
| Volume                         | = | 180,18 m <sup>3</sup>        |                                       |
| 3) Second deck house           |   |                              |                                       |
| Panjang                        | = | 11,40 m                      | ; Pendekatan, Ldh - 1,2               |
| Lebar                          | = | 4,50 m                       | ; Pendekatan, Bdh - 2                 |
| Tinggi (Asumsi)                | = | 2,20 m                       |                                       |
| Jumlah Gading                  | = | 19,00                        |                                       |
| Gading Depan                   | = | 22,00                        |                                       |
| Gading Belakang                | = | 3,00                         |                                       |
| Luas Transversal               | = | 9,90 m <sup>2</sup>          |                                       |
| Volume                         | = | 112,86 m <sup>3</sup>        |                                       |
| 4) Wheel House                 |   |                              |                                       |
| Panjang                        | = | 10,2 m                       | ; Pendekatan, Lsd - 1,2               |
| Lebar                          | = | 4,50 m                       | ; Pendekatan, seukuran dengan Bsd     |
| Tinggi (Asumsi)                | = | 2,2 m                        |                                       |
| Jumlah Gading                  | = | 17,00                        |                                       |
| Gading Depan                   | = | 22,00                        |                                       |
| Gading Belakang                | = | 5,00                         |                                       |
| Luas Transversal               | = | 9,9 m <sup>2</sup>           |                                       |
| Volume                         | = | 100,980 m <sup>3</sup>       |                                       |
| <b>9. Volume Double Bottom</b> |   |                              |                                       |
| Panjang double bottom          | = | 34,8 m                       | ; Gading sekat haluan - Sekat Buritan |
| Hdb                            | = | 0,68 m                       |                                       |
| B                              | = | 8,50 m                       |                                       |
| Volume                         | = | 201,88 m <sup>3</sup>        |                                       |
| <b>Total Volume Tertutup</b>   | = | <b>2957,38 m<sup>3</sup></b> |                                       |
| <b>GROSS TONNAGE</b>           |   |                              |                                       |
| Total Enclosed Space           | = | 2957 m <sup>3</sup>          |                                       |
| K <sub>1</sub>                 | = | 0,269                        | ; 0,2+0,02*Log10(V)                   |
| <b>Gross Tonnage</b>           | = | <b>797</b>                   | ; V*K <sub>1</sub>                    |

**LAMPIRAN K**  
**CONTOH PERHITUNGAN BIAYA KAPAL**

| <b>PERHITUNGAN BIAYA KAPAL - MODA TERPILIH</b>     |     |             |                                 |
|--|-----|-------------|---------------------------------|
| <b>A. Biaya Pembangunan Kapal</b>                  |     |             |                                 |
| <b>Input :</b>                                     |     |             |                                 |
| Berat Baja (Wst)                                   | =   |             | 175,20 ton                      |
| Berat Perlengkapan (We&o)                          | =   |             | 71,91 ton                       |
| Berat Permesinan (Wme)                             | =   |             | 58,23 ton                       |
| <b>Structural Cost</b>                             |     |             |                                 |
|  | Pst | = Wst x Cst |                                 |
|  | Cst | =           | 4.564,59 USD/ton                |
| maka,  | Pst | =           | 799.728,96 USD                  |
|  |     | =           | 9.596.747.552,97 Rupiah         |
| <b>Outfitting Cost</b>                             |     |             |                                 |
|  | Peo | = Weo x Ceo |                                 |
|  | Ceo | =           | 20.378,21 USD/ton               |
| maka,  | Peo | =           | 1.465.386,28 USD                |
|  |     | =           | 17.584.635.316,55 Rupiah        |
| <b>Machinery Cost</b>                              |     |             |                                 |
|  | Pme | = Wme x Cme |                                 |
|  | Cme | =           | 19.355,34 USD/ton               |
| maka,  | Pme | =           | 1.127.077,44 USD                |
|  |     | =           | 13.524.929.250,76 Rupiah        |
| <b>Non - Weight Cost</b>                           |     |             |                                 |
|  | Pnw | =           | 10% ; asumsi 10%                |
|  |     | =           | 4.070.631.212,03 Rupiah         |
| <b>Total Ship Investment Cost</b>                  | =   |             | <b>44.776.943.332,30 Rupiah</b> |
| <b>B. Biaya Operasional Kapal</b>                  |     |             |                                 |
| <b>1) Manning Cost</b>                             |     |             |                                 |
| Jumlah Crew  | =   |             | 15 orang                        |
| Manning Cost Total                                 | =   |             | <b>82.570.000,00 Rp/bln</b>     |
| <b>Manning Cost Total</b>                          | =   |             | <b>990.840.000,00 Rp/th</b>     |
| <b>2) Perbekalan dan Minyak Pelumas</b>            |     |             |                                 |
| <b>A. Perbekalan</b>                               |     |             |                                 |
| jumlah ABK   | =   |             | 15 Orang                        |
| Biaya perbekalan                                   | =   |             | 60.000,00 Rp/orang/hari         |
| Biaya Perbekalan Total                             | =   |             | 151.200.000,00 Rp/th            |
| <b>B. Minyak Pelumas</b>                           |     |             |                                 |
| RTrip  | =   |             | 71 RTrip/Tahun                  |
| Konsumsi Minyak Pelumas                            | =   |             | 440,97 lt/RTrip                 |
| Harga Minyak Pelumas                               | =   |             | 15.220 Rp/lt                    |
| Biaya minyak pelumas                               | =   |             | 476.517.542,61 Rp/th            |
| <b>Total Biaya Perbekalan &amp; Minyak Pelumas</b> | =   |             | <b>627.717.542,61 Rp/Tahun</b>  |

|   |   |                         |              |
|---|---|-------------------------|--------------|
| <b>3) Biaya Reparasi dan Perawatan</b>    | = |                         |              |
| Asumsi Biaya R&M                          | = | 5% ; Investasi kapal    |              |
| <b>Total Biaya Reparasi dan Perawatan</b> | = | <b>2.238.847.166,62</b> | <b>Rp/th</b> |
| <b>4) Biaya Asuransi</b>                  |   |                         |              |
| Asumsi biaya asuransi                     | = | 1,15% ; investasi kapal |              |
| <b>Total Biaya Asuransi</b>               | = | <b>514.934.848,32</b>   | <b>Rp/th</b> |
| <b>Total Operational Cost</b>             | = | <b>4.372.339.557,54</b> | <b>Rp/th</b> |
| <b>C. Biaya Pelayaran Kapal</b>           |   |                         |              |
| <b>1) Fuel Cost (MFO)</b>                 |   |                         |              |
| Rtrip                                     | = | 71 Rtrip/th             |              |
| Konsumsi Bahan Bakar                      | = | 2,99 ton/Rtrip          |              |
| Harga MFO                                 | = | 4.613.464 Rp/ton        |              |
| <b>Biaya Bahan Bakar</b>                  | = | <b>980.277.380,82</b>   | <b>Rp/th</b> |
| <b>2) Diesel Cost (MDO)</b>               |   |                         |              |
| Rtrip                                     | = | 71 Rtrip/th             |              |
| Konsumsi Bahan Bakar                      | = | 1,37 ton/Rtrip          |              |
| Harga MDO                                 | = | 7.896.262 Rp/ton        |              |
| <b>Biaya Bahan Bakar</b>                  | = | <b>769.059.483,79</b>   | <b>Rp/th</b> |
| <b>3) Biaya Kepelabuhan</b>               |   |                         |              |
| <b>A. Loading port</b>                    |   |                         |              |
|   |   | 797 GT                  |              |
| Biaya labuh                               | = | 95 Rp/GT                |              |
|   | = | 75.693,39 Rp            |              |
|   | = | 151.386,77 Rp/Rtrip     |              |
|   | = | 10.748.460,89 Rp/th     |              |
| Biaya Tunda                               | = | 20 Rp/GT                | 320.000      |
|   | = | 335.935,45 Rp           |              |
|   | = | 671.870,90 Rp/Rtrip     |              |
|   | = | 47.702.833,87 Rp/th     |              |
| Biaya pandu                               | = | 30 Rp/GT/ge             | 150.000      |
|   | = | 197.806 Rp              |              |
|   | = | 395.612,70 Rp/trip      |              |
|   | = | 28.088.501,61 Rp/th     |              |
| Biaya Sandar                              | = | 95 Rp/GT/etmal          |              |
|   | = | 75.693,39 Rp            |              |
|   | = | 151.386,77 Rp/Rtrip     |              |
|   | = | 10.748.460,89 Rp/th     |              |
| <b>Total biaya kepelabuhan</b>            | = | <b>97.288.257,26</b>    | <b>Rp/th</b> |
| <b>Total Voyage Cost</b>                  | = | <b>1.846.625.121,87</b> | <b>Rp/th</b> |

**LAMPIRAN L**  
**PERHITUNGAN BIAYA INFRASTRUKTUR**

| <b>PERHITUNGAN BIAYA INFRASTRUKTUR SPCB</b> |                 |                         |                     |                          |
|---|-----------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Biaya Kapital</b>                        |                 |                         |                     |                          |
| <b>Keterangan</b>                           | <b>Besar</b>    | <b>Satuan</b>           | <b>Harga Satuan</b> | <b>Harga Total</b>       |
| Lahan Penumpukan                            | 349             | m2                      | Rp 2.000.000        | Rp 1.395.000.000         |
| Lahan Kantor                                | 20              | m2                      | Rp 2.000.000        | Rp 90.000.000            |
| Mobile Crane                                | 2               | unit                    | Rp 2.000.000.000    | Rp 4.000.000.000         |
| Gantry Crane                                | 2               | unit                    | Rp 15.000.000.000   | Rp 30.000.000.000        |
| Truk Kontainer                              | 4               | unit                    | Rp 600.000.000      | Rp 2.400.000.000         |
| Kontainer CNG                               | 93              | unit                    | Rp 50.000.000       | Rp 4.650.000.000         |
| <b>Total Biaya Kapital</b>                  |                 |                         |                     | <b>Rp 42.535.000.000</b> |
| <b>Biaya Operasional</b>                    |                 |                         |                     |                          |
| <b>Keterangan</b>                           | <b>Perbulan</b> | <b>Pertahun</b>         |                     |                          |
| Listrik                                     | Rp 30.000.000   | Rp 360.000.000          |                     |                          |
| Air   | Rp 15.000.000   | Rp 180.000.000          |                     |                          |
| Telepon                                     | Rp 5.000.000    | Rp 60.000.000           |                     |                          |
| Wi-fi                                       | Rp 1.500.000    | Rp 18.000.000           |                     |                          |
| Gaji Karyawan                               | Rp 40.000.000   | Rp 480.000.000          |                     |                          |
| Perawatan Peralatan dan Lahan               | -               | Rp 850.700.000          |                     |                          |
| <b>Total Biaya Operasional Pertahun</b>     |                 | <b>Rp 1.948.700.000</b> |                     |                          |

| <b>PERHITUNGAN BIAYA INFRASTRUKTUR SPCB - GEARED</b> |                 |                         |                     |                          |
|--|-----------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| <b>Biaya Kapital</b>                                 |                 |                         |                     |                          |
| <b>Keterangan</b>                                    | <b>Besar</b>    | <b>Satuan</b>           | <b>Harga Satuan</b> | <b>Harga Total</b>       |
| Lahan Penumpukan                                     | 315             | m2                      | Rp 2.000.000        | Rp 1.395.000.000         |
| Lahan Kantor   | 20              | m2                      | Rp 2.000.000        | Rp 90.000.000            |
| Mobile Crane   | 2               | unit                    | Rp 2.000.000.000    | Rp 4.000.000.000         |
| Gantry Crane   | -               | unit                    | Rp 12.000.000.000   | Rp -                     |
| Truk Kontainer                                       | 4               | unit                    | Rp 600.000.000      | Rp 2.400.000.000         |
| Kontainer CNG  | 84              | unit                    | Rp 50.000.000       | Rp 4.200.000.000         |
| <b>Total Biaya Kapital</b>                           |                 |                         |                     | <b>Rp 12.085.000.000</b> |
| <b>Biaya Operasional</b>                             |                 |                         |                     |                          |
| <b>Keterangan</b>                                    | <b>Perbulan</b> | <b>Pertahun</b>         |                     |                          |
| Listrik  | Rp 30.000.000   | Rp 360.000.000          |                     |                          |
| Air  | Rp 15.000.000   | Rp 180.000.000          |                     |                          |
| Telepon  | Rp 5.000.000    | Rp 60.000.000           |                     |                          |
| Wi-fi  | Rp 1.500.000    | Rp 18.000.000           |                     |                          |
| Gaji Karyawan  | Rp 40.000.000   | Rp 480.000.000          |                     |                          |
| Perawatan Peralatan dan Lahan                        | -               | Rp 241.700.000          |                     |                          |
| <b>Total Biaya Operasional Pertahun</b>              |                 | <b>Rp 1.339.700.000</b> |                     |                          |

| PERHITUNGAN BIAYA INFRASTRUKTUR TONGKANG |               |                         |                   |                          |
|--|---------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|
| Biaya Kapital                            |               |                         |                   |                          |
| Keterangan                               | Besar         | Satuan                  | Harga Satuan      | Harga Total              |
| Lahan Penumpukan                         | 630           | m2                      | Rp 2.000.000      | Rp 1.395.000.000         |
| Lahan Kantor                             | 20            | m2                      | Rp 2.000.000      | Rp 90.000.000            |
| Mobile Crane                             | 2             | unit                    | Rp 423.000.000    | Rp 846.000.000           |
| Gantry Crane                             | 2             | unit                    | Rp 12.000.000.000 | Rp 24.000.000.000        |
| Truk Kontainer                           | 4             | unit                    | Rp 600.000.000    | Rp 2.400.000.000         |
| Kontainer CNG                            | 168           | unit                    | Rp 50.000.000     | Rp 8.400.000.000         |
| <b>Total Biaya Kapital</b>               |               |                         |                   | <b>Rp 37.131.000.000</b> |
| Biaya Operasional                        |               |                         |                   |                          |
| Keterangan                               | Perbulan      | Pertahun                |                   |                          |
| Listrik                                  | Rp 30.000.000 | Rp 360.000.000          |                   |                          |
| Air                                      | Rp 15.000.000 | Rp 180.000.000          |                   |                          |
| Telepon                                  | Rp 5.000.000  | Rp 60.000.000           |                   |                          |
| Wi-fi                                    | Rp 1.500.000  | Rp 18.000.000           |                   |                          |
| Gaji Karyawan                            | Rp 40.000.000 | Rp 480.000.000          |                   |                          |
| Perawatan Peralatan dan Lahan            | -             | Rp 742.620.000          |                   |                          |
| <b>Total Biaya Operasional Pertahun</b>  |               | <b>Rp 1.840.620.000</b> |                   |                          |

| PERHITUNGAN BIAYA INFRASTRUKTUR LCT     |               |                         |                   |                          |
|---|---------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|
| Biaya Kapital                           |               |                         |                   |                          |
| Keterangan                              | Besar         | Satuan                  | Harga Satuan      | Harga Total              |
| Lahan Penumpukan                        | 281           | m2                      | Rp 2.000.000      | Rp 1.395.000.000         |
| Lahan Kantor                            | 20            | m2                      | Rp 2.000.000      | Rp 90.000.000            |
| Mobile Crane                            | 2             | unit                    | Rp 2.000.000.000  | Rp 4.000.000.000         |
| Gantry Crane                            | -             | unit                    | Rp 12.000.000.000 | Rp -                     |
| Truk Kontainer                          | 25            | unit                    | Rp 600.000.000    | Rp 15.000.000.000        |
| Kontainer CNG                           | 75            | unit                    | Rp 30.000.000     | Rp 2.250.000.000         |
| <b>Total Biaya Kapital</b>              |               |                         |                   | <b>Rp 22.735.000.000</b> |
| Biaya Operasional                       |               |                         |                   |                          |
| Keterangan                              | Perbulan      | Pertahun                |                   |                          |
| Listrik                                 | Rp 30.000.000 | Rp 360.000.000          |                   |                          |
| Air                                     | Rp 15.000.000 | Rp 180.000.000          |                   |                          |
| Telepon                                 | Rp 5.000.000  | Rp 60.000.000           |                   |                          |
| Wi-fi                                   | Rp 1.500.000  | Rp 18.000.000           |                   |                          |
| Gaji Karyawan                           | Rp 40.000.000 | Rp 480.000.000          |                   |                          |
| Perawatan Peralatan dan Lahan           | -             | Rp 454.700.000          |                   |                          |
| <b>Total Biaya Operasional Pertahun</b> |               | <b>Rp 1.552.700.000</b> |                   |                          |

**LAMPIRAN M**  
**CONTOH MODEL OPTIMISASI PAYLOAD**

| MODEL OPTIMISASI PAYLOAD |                        |                          |                                 |                             |                          |                   |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Parameters               |                        | Item                     | Unit                            | Symbol                      | Value                    |                   |
|                          |                        | Kebutuhan Gas setahun    | TEUs                            |                             | 2.593                    |                   |
|                          |                        | Kecepatan Bongkar Muat   | box/hour                        |                             | 20                       |                   |
|                          |                        | Commision Days           | Hari                            |                             | 190                      |                   |
|                          |                        | Sarat pelabuhan Asal     | m                               |                             | 8                        |                   |
|                          |                        | Sarat pelabuhan Tujuan   | m                               |                             | 6                        |                   |
|                          |                        | Radius pelayaran         | n mile                          |                             | 80                       |                   |
|                          |                        | Besarnya bunga           | % / tahun                       |                             | 13%                      |                   |
|                          |                        | Debt                     | %                               |                             | 80,0%                    |                   |
|                          | Currency (nilai tukar) |                          |                                 | 12.000                      |                          |                   |
| Konstanta                |                        | Item                     | Unit                            | Symbol                      | Value                    |                   |
|                          |                        | Massa Jenis Air Laut     | ton/m <sup>3</sup>              | ρ air laut                  | 1,025                    |                   |
|                          |                        | Massa Jenis Air Tawar    | ton/m <sup>3</sup>              | ρ air tawar                 | 1                        |                   |
|                          |                        | Massa Jenis Bahan Bakar  | ton/m <sup>3</sup>              | ρ mfo                       | 0,85                     |                   |
|                          |                        | Massa Jenis Bahan Bakar  | ton/m <sup>3</sup>              | ρ mdo                       | 0,85                     |                   |
|                          |                        | Massa Jenis Minyak Pelur | ton/m <sup>3</sup>              | ρ lub                       | 0,92                     |                   |
|                          |                        | Gaya Gravitasi           | m/s <sup>2</sup>                | g                           | 9,81                     |                   |
|                          | Massa Jenis Baja       | kg/m <sup>3</sup>        | ρ baja                          | 7.850                       |                          |                   |
| Kalkulasi                | Dimensi Kapal          | Item                     |                                 | Unit                        | Value                    |                   |
|                          |                        |                          | Kapasitas                       | Payload                     | Ton                      | 584               |
|                          |                        |                          | Panjang                         | L                           | m                        | 54,34             |
|                          |                        |                          | Lebar                           | B                           | m                        | 8,97              |
|                          |                        |                          | Tinggi                          | H                           | m                        | 4,20              |
|                          | Operasi Kapal          |                          | Sarat                           | T                           | m                        | 2,99              |
|                          |                        |                          | Waktu trip                      | TRT                         | hari                     | 2                 |
|                          |                        | Round Trip               | RTD                             | pertahun                    | 93                       |                   |
|                          | Biaya Kapal            | Capital Cost             |                                 | Hull                        | Rupiah                   | Rp 11.481.629.305 |
|                          |                        |                          |                                 | Machinery (ME,AE)           | Rupiah                   | Rp 13.546.295.678 |
|                          |                        |                          |                                 | Hull Outfitting             | Rupiah                   | Rp 14.149.027.321 |
|                          |                        |                          |                                 | Non weight cost             | Rupiah                   | Rp 3.917.695.230  |
|                          |                        |                          | <b>Capital Cost Total</b>       | <b>Rupiah</b>               | <b>Rp 43.094.647.535</b> |                   |
|                          |                        | Operating Cost           |                                 | Gaji crew + Insentif        | Rupiah/tahun             | Rp 1.000.440.000  |
|                          |                        |                          |                                 | Reparasi dan perawatan      | Rupiah/tahun             | Rp 2.154.732.377  |
|                          |                        |                          |                                 | Store and Lubricants        | Rupiah/tahun             | Rp 239.157.268    |
|                          |                        |                          |                                 | Insurance                   | Rupiah/tahun             | Rp 495.588.447    |
|                          |                        |                          | <b>Operational Cost Total</b>   | <b>Rupiah/tahun</b>         | <b>Rp 3.889.918.091</b>  |                   |
|                          | Voyage Cost            |                          | Biaya MFO                       | Rupiah/tahun Pertama        | Rp 1.681.123.842         |                   |
|                          |                        |                          | Biaya MDO                       | Rupiah/tahun Pertama        | Rp 1.081.887.159         |                   |
|                          |                        |                          | Biaya Pelabuhan                 | Rupiah/tahun                | Rp 108.032.337           |                   |
|                          |                        |                          | <b>Voyage Cost Total</b>        | <b>Rupiah/tahun Pertama</b> | <b>Rp 2.871.043.338</b>  |                   |
| Biaya Infrastruktur      | Biaya Infrastruktur    |                          | Investasi                       | Rupiah                      | Rp 12.085.000.000        |                   |
|                          |                        |                          | Operasional dan Perawatan       | Rupiah/tahun                | Rp 1.339.700.000         |                   |
|                          |                        |                          | <b>Infrastruktur Cost Total</b> | <b>Rupiah</b>               | <b>Rp 13.424.700.000</b> |                   |
| Loan                     |                        | Loan Repayment           | Ship + Infrastruktur            | Rupiah/tahun                | <b>Rp6.830.877.489</b>   |                   |

| Constraint | Item         | Min  | Value | Max   | Remark   |
|------------|--------------|------|-------|-------|----------|
|            | Sarat        |      | 2,99  | 6     | Accepted |
|            | Hari Operasi |      | 185   | 190   | Accepted |
|            | Demand       | 2593 | 2593  |       | Accepted |
|            | Kecepatan    | 8,00 | 8,00  | 12,00 | Accepted |

| Changing Variable | Item          | Unit | Value | Initial Value |
|-------------------|---------------|------|-------|---------------|
|                   | Kecepatan     | m    | 8     | 8             |
|                   | Payload       | TEUs | 28    | 20            |
|                   | Jumlah Armada | Unit | 1     | 4             |

| Objective Function | Unit Cost | Total Biaya                    | Rupiah/tahun pertama | Rp        | 14.931.538.917   |
|--------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|-----------|------------------|
|                    |           | Muatan terangkut               | TEUs                 |           | 2.593            |
|                    |           | <b>Unit Cost Tahun Pertama</b> | Rp/TEUs              | <b>Rp</b> | <b>5.758.403</b> |

**LAMPIRAN N**  
**REKAPITULASI HASIL OPTIMISASI PAYLOAD**

| Ops                             |          | 1              | 2              | 3              | 4              |
|---------------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Moda Angkut                     |          | SPCB           | SPCB-Geared    | Tongkang       | LCT            |
| Kecepatan                       |          | 7              | 8              | 4              | 8              |
| Trip Per Year                   | Kali     | 84             | 93             | 46             | 104            |
| Kapasitas Angkut (Payload)      | Box      | 31             | 28             | 56             | 25             |
| DWT                             | ton      | 1.025          | 926            | 1423           | 1565           |
| Investasi Kapal                 | IDR      | 36.021.075.469 | 43.094.647.535 | 25.905.859.851 | 47.155.082.262 |
| Investasi Infrastruktur         | IDR      | 42.535.000.000 | 12.085.000.000 | 37.131.000.000 | 24.287.700.000 |
| Pengembalian Pinjaman           | IDR      | 9.724.725.537  | 6.830.877.489  | 7.803.548.702  | 8.651.932.568  |
| Ship Operational Cost           | IDR      | 3.413.263.447  | 3.889.918.091  | 2.976.690.381  | 4.243.232.769  |
| Gaji crew + Insentif            | IDR      | 1.000.440.000  | 1.000.440.000  | 763.080.000    | 1.042.440.000  |
| Reparasi dan perawatan          | IDR      | 1.801.053.773  | 2.154.732.377  | 1.823.292.993  | 2.357.754.113  |
| Lubricants & Store              | IDR      | 197.527.306    | 239.157.268    | 92.400.000     | 300.755.210    |
| Insurance                       | IDR      | 414.242.368    | 495.588.447    | 297.917.388    | 542.283.446    |
| Ship Voyage Cost                | IDR      | 1.923.269.222  | 2.871.043.338  | 3.929.005.032  | 4.438.241.937  |
| Bahan Bakar MFO                 | IDR      | 1.075.430.427  | 1.681.123.842  | 3.674.261.590  | 2.597.507.288  |
| Bahan Bakar MDO                 | IDR      | 751.433.994    | 1.081.887.159  | 207.967.575    | 1.708.281.951  |
| Pelabuhan                       | IDR      | 96.404.802     | 108.032.337    | 46.775.868     | 132.452.697    |
| Infrastructure Maintenance Cost | IDR      | 1.948.700.000  | 1.339.700.000  | 1.840.620.000  | 1.552.700.000  |
| Total Biaya                     | IDR      | 17.009.958.207 | 14.931.538.917 | 16.549.864.116 | 18.886.107.274 |
| Unit Cost                       | IDR/TEUs | 6.559.953      | 5.758.403      | 6.382.516      | 7.283.497      |
| Ops Terbaik                     | ke-      | 2              | SPCB-Geared    |                |                |
| Unit Biaya Terendah             | IDR/TEUs | 5.758.403      |                |                |                |

**LAMPIRAN O**  
**MODEL OPTIMISASI DESAIN**

| MODEL OPTIMISASI DESAIN |                  |                               |                    |                   |                 |
|-------------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Parameters              |                  | Item                          | Unit               | Symbol            | Value           |
|                         |                  | Payload                       | TEUs               |                   | 28              |
|                         |                  | Jumlah RTD                    | /tahun             | RTD               | 94              |
|                         |                  | Kecepatan Kapal               | Knot               | V <sub>s</sub>    | 8               |
|                         |                  | Kecepatan Kapal               | m/s                | V <sub>s</sub>    | 4               |
|                         |                  | Kecepatan Bongkar Muat        | box/hour           |                   | 50              |
|                         |                  | Comissions Days               | hari               |                   | 185             |
|                         |                  | Berat crew + bawaan           | kg/orang           |                   | 100             |
|                         |                  | TRT                           | /tahun             |                   | 71              |
|                         |                  | Radius pelayaran              | n mile             |                   | 80              |
|                         |                  | Besarnya bunga                | % / tahun          |                   | 13,0%           |
|                         |                  | Debt                          | %                  |                   | 80,0%           |
|                         |                  | Currency (nilai tukar)        |                    |                   | 12.000          |
| Konstanta               |                  | Item                          | Unit               | Symbol            | Value           |
|                         |                  | Massa Jenis Air Laut          | ton/m <sup>3</sup> | ρ air laut        | 1,025           |
|                         |                  | Massa Jenis Air Tawar         | ton/m <sup>3</sup> | ρ air tawar       | 1               |
|                         |                  | Massa Jenis Bahan Bakar (MFO) | ton/m <sup>3</sup> | ρ mfo             | 0,85            |
|                         |                  | Massa Jenis Bahan Bakar (MDO) | ton/m <sup>3</sup> | ρ mdo             | 0,85            |
|                         |                  | Massa Jenis Minyak Pelumas    | ton/m <sup>3</sup> | ρ lub             | 0,92            |
|                         |                  | Gaya Gravitasi                | m/s <sup>2</sup>   | g                 | 9,81            |
|                         |                  | Massa Jenis Baja              | kg/m <sup>3</sup>  | ρ baja            | 7.850           |
| Calculation             | Kapasitas        | Item                          | Unit               | Symbol            | Value           |
|                         |                  | Displacement                  | Ton                | Δ                 | 922,08          |
|                         |                  | Deadweight                    | Ton                | DWT               | 595,61          |
|                         |                  | Lightweight                   | Ton                | LWT               | 331,08          |
|                         |                  | Total Berat                   | Ton                | DWT+LWT           | 926,69          |
|                         |                  | Selisih displacement-berat    | %                  |                   | -4,61           |
|                         | Consumable       | MFO                           | Ton/Trip           | W <sub>d</sub>    | 2,99            |
|                         |                  | MDO                           | Ton/Trip           | W <sub>do</sub>   | 1,38            |
|                         |                  | Lub Oil                       | Ton/Trip           | W <sub>lo</sub>   | 0,41            |
|                         |                  | Crew Consumable               | Ton/Trip           | W <sub>prov</sub> | 1,60            |
|                         |                  | Fresh Water                   | Ton/Trip           | W <sub>fw</sub>   | 5,41            |
|                         |                  | LWT                           | Hull               | Ton               | W <sub>st</sub> |
|                         | Hull Outfitting  |                               | Ton                | W <sub>eo</sub>   | 72,7            |
|                         | Machinery        |                               | Ton                | W <sub>ma</sub>   | 58,3            |
|                         | Berat Cadangan   |                               | Ton                | W <sub>res</sub>  | 9,6             |
|                         | Koefisien        | Koefisien Prismatic           |                    | C <sub>p</sub>    | 0,853           |
|                         |                  | Koefisien Midship             |                    | C <sub>m</sub>    | 0,996           |
|                         |                  | Koefisien garis air           |                    | C <sub>w</sub>    | 0,905           |
|                         |                  | Koefisien blok                |                    | C <sub>b</sub>    | 0,850           |
|                         | Titik Berat      | Tinggi Titik Berat            | m                  | KG                | 4,88            |
|                         |                  | Jarak titik berat dari FP     | m                  | LCG               | -15,80          |
|                         | Titik Apung      | Tinggi Titik Apung            | m                  | KB                | 1,45            |
|                         |                  | Jarak titik apung dari FP     | m                  | LCB               | -13,99          |
|                         | Tonnage          | Tonase Kapal                  |                    | GT                | 688,96          |
|                         | Auxiliary Engine | Daya Mesin Bantu Total        | HP                 |                   | 348,67          |
|                         | Engine Power     | Daya Mesin Utama              | HP                 |                   | 1448,30         |

| Constraint                    | Syarat Teknis                   | Item   | Unit                    | Symbol                 | Min          | Value  | Max      | Remark   |
|-------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|------------------------|--------------|--------|----------|----------|
|                               | Froude Number                   | $Fn = V/(g \cdot L_{pp})^{0.5}$                |                         |                        |              | 0,20   | 0,22     | Accepted |
|                               | Stabilitas                      | MG pada sudut oleng $0^{\circ}$                | m                       | $MC_{0}$               | 0,15         | 1,22   |          | Accepted |
|                               |                                 | Lengan statis pada sudut oleng $>30^{\circ}$   | m                       | $L_{s_{30}}$           | 0,2          | 2,92   |          | Accepted |
|                               |                                 | Sudut kemiringan pada $L_s$ maksimum           | deg                     | $L_{s_{maks}}$         | 25           | 42,02  |          | Accepted |
|                               |                                 | Lengan dinamis pada $30^{\circ}$               | m.rad                   | $Ld_{30}$              | 0,055        | 0,38   |          | Accepted |
|                               |                                 | Lengan dinamis pada $40^{\circ}$               | m.rad                   | $Ld_{40}$              | 0,09         | 0,61   |          | Accepted |
|                               |                                 | Luas Kurva GZ antara $30^{\circ} - 40^{\circ}$ | m.rad                   |                        | 0,03         | 0,23   |          | Accepted |
|                               | Freeboard                       | $F_s$  | m                       | F                      | 488,75       | 1459   |          | Accepted |
|                               | Displacement                    | Koreksi displacement                           | %                       |                        | -0,50%       | -0,50% | 0,50%    | Accepted |
| Trim                          | Selisih Trim                    | %  |                         | 0%                     | 0,88%        | 1,00%  | Accepted |          |
|                               | Kondisi Trim                    |  |                         |                        | trim buritan |        | Accepted |          |
| Kapasitas                     | Payload                         | %  |                         | 100%                   | 106,68%      | 110%   | Accepted |          |
| Rasio                         |                                 |  |                         | L/B                    | 3,99         | 5,23   | 6,74     | Accepted |
|                               |                                 |  |                         | L/H                    | 8,61         | 10,44  | 15,47    | Accepted |
|                               |                                 |  |                         | B/H                    | 2,00         | 2,00   | 2,82     | Accepted |
|                               |                                 |  |                         | B/T                    | 2,81         | 3,04   | 3,73     | Accepted |
| Changing Variable             | Ukuran Utama                    | Item   | Unit                    | Symbol                 | Min          | Value  | Max      | Remark   |
|                               |                                 | Length   | m                       | L                      | 38,75        | 44,47  | 67,00    | Accepted |
|                               |                                 | Breadht  | m                       | B                      | 8,50         | 8,50   | 14,00    | Accepted |
|                               |                                 | Height   | m                       | H                      | 3,65         | 4,26   | 5,20     | Accepted |
|                               | Draught                         | m  | T                       | 2,80                   | 2,80         | 4,24   | Accepted |          |
| Biaya Kapal                   | Capital Cost                    | Item   | Unit                    | Value                  |              |        |          |          |
|                               |                                 | Hull   | Rupiah                  | Rp 10.319.002.738      |              |        |          |          |
|                               |                                 | Machinery (ME,AE)                              | Rupiah                  | Rp 13.547.850.912      |              |        |          |          |
|                               |                                 | Hull Outfitting                                | Rupiah                  | Rp 17.757.992.013      |              |        |          |          |
|                               |                                 | Non weight cost                                | Rupiah                  | Rp 4.162.484.566       |              |        |          |          |
|                               | <b>Capital Cost Total</b>       | <b>Rupiah</b>                                  | <b>Rp45.787.330.230</b> |                        |              |        |          |          |
|                               | Operating Cost                  | Gaji crew + Insentif                           | Rupiah/tahun            | Rp 990.840.000         |              |        |          |          |
|                               |                                 | Reparasi dan perawatan                         | Rupiah/tahun            | Rp 2.289.366.511       |              |        |          |          |
|                               |                                 | Store and Lubricants                           | Rupiah/tahun            | Rp 644.875.503         |              |        |          |          |
|                               |                                 | Insurance                                      | Rupiah/tahun            | Rp 526.554.298         |              |        |          |          |
| <b>Operational Cost Total</b> |                                 | <b>Rupiah/tahun</b>                            | <b>Rp 4.451.636.313</b> |                        |              |        |          |          |
| Voyage Cost                   | Biaya MFO                       | Rupiah/tahun Pertama                           | Rp 980.277.381          |                        |              |        |          |          |
|                               | Biaya MDO                       | Rupiah/tahun Pertama                           | Rp 772.290.826          |                        |              |        |          |          |
|                               | Biaya Pelabuhan                 | Rupiah/tahun                                   | Rp 93.154.809           |                        |              |        |          |          |
|                               | <b>Voyage Cost Total</b>        | <b>Rupiah/tahun Pertama</b>                    | <b>Rp 1.845.723.016</b> |                        |              |        |          |          |
| Biaya Infrastruktur           | Investasi                       | Rupiah   | Rp 11.740.000.000       |                        |              |        |          |          |
|                               | Operasional dan Perawatan       | Rupiah/tahun                                   | Rp 1.332.800.000        |                        |              |        |          |          |
|                               | <b>Infrastruktur Cost Total</b> | <b>Rupiah</b>                                  | <b>Rp13.072.800.000</b> |                        |              |        |          |          |
| Loan                          | Loan Repayment                  | Ship + Infrastruktur                           | Rupiah/tahun            | <b>Rp7.121.505.167</b> |              |        |          |          |
| Objective Function            | Unit Cost                       | Total Biaya                                    | Rupiah/tahun pertama    | Rp 14.751.664.496      |              |        |          |          |
|                               |                                 | Muatan terangkut                               | TEUs                    | 2.634                  |              |        |          |          |
|                               |                                 | <b>Unit Cost Tahun Pertama</b>                 | <b>Rp/TEUs</b>          | <b>Rp 5.600.153</b>    |              |        |          |          |

**LAMPIRAN P**  
**ALIRAN KAS MODA TERPILIH**

|                    |                   |             |          |
|--------------------|-------------------|-------------|----------|
| <b>BIAYA KAPAL</b> | Jenis             | SPCB-Geared |          |
|                    | Kapasitas         | 28          | TEUs     |
|                    | Biaya Kapital     | 45.787      | JT Rp    |
|                    | Biaya Operasional | 4.452       | JT Rp/Th |
|                    | Biaya Voyage      | 1.846       | JT Rp/Th |

|              |                                   |           |            |
|--------------|-----------------------------------|-----------|------------|
| <b>TARIF</b> | Tarif Petikemas Dangerous Good    | 102.832   | Rp/TEUs/nm |
|              | Jarak Gresik - Bawean             | 80        | nm         |
|              | Total tarif Angkutan Petikemas DG | 8.226.534 | Rp/TEUs    |

|                  |                      |            |         |
|------------------|----------------------|------------|---------|
| <b>INVESTASI</b> | Kapal                | 45.787     | J Rp    |
|                  | Infrastruktur        | 11.740     | J Rp    |
|                  | Total Investasi      | 57.527     | J Rp    |
|                  | Pinjaman             | 46.022     | J Rp    |
|                  | Bunga Pinjaman       | 13%        | per thn |
|                  | Masa Pinjaman        | 10         | Th      |
|                  | Grace Period         | -          | Th      |
|                  | Pembayaran per Tahun | 1          | kali/th |
|                  | Angsuran per Tahun   | Rp8.481,35 | J Rp    |
|                  | Umur Ekonomis        | 20         | tahun   |
|                  | Nilai Akhir          | 14.382     | J Rp    |
|                  | Depresiasi           | 2.157      | J Rp    |



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tasikmalaya, 16 Februari 1992. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari MI Mathla'ul Anwar (1997-2003), MTs Serpong (2003-2006), SMAN 7 Kota Tangerang Selatan (2007-2010) dan pada tahun 2010 penulis diterima melalui jalur SNMPTN di Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Bidang studi yang dipilih penulis ketika menjalani perkuliahan adalah Bidang Studi Transportasi Laut dan Logistik. Penulis pernah menjadi tim survey LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) ITS bekerja sama dengan ADB (*Asian Development Bank*) untuk wilayah NTT mengenai Pelayaran Perintis pada tahun 2012. Selain itu, Penulis pernah aktif pada organisasi dan kegiatan yang ada di kampus, antara lain tercatat sebagai Kepala Departemen Riset dan Teknologi Himatekpal periode 2012-2013, Wakil Ketua UKM Catur ITS periode 2011-2012 dan Pemandu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) Pra Tingkat Dasar dan LKMM Tingkat Dasar.

Beberapa prestasi yang telah torehkan penulis selama perkuliahan antara lain menjadi Juara 1 Lomba Film Dokumenter tingkat Nasional tahun 2011, Juara 1 Lomba Cipta Lagu tingkat Nasional tahun 2012, Juara Harapan 1 Lomba Paper INOVASI di Unhas Makassar tahun 2011 dan Mahasiswa Berprestasi 3 Jurusan Teknik Perkapalan tahun 2013.

Penulis yang juga tercatat sebagai penerima manfaat dari beberapa lembaga beasiswa yaitu dari Beastudi Etos pada periode 2010-2013 dan KSE (Karya Salemba Empat) pada periode 2013-2014.

Saat ini penulis sedang berjuang untuk mencapai cita-citanya yaitu menjadi profesional dalam bidang transportasi laut dan logistik.

Email: [yudiyana16@gmail.com](mailto:yudiyana16@gmail.com)