



TUGAS AKHIR - MS184801

**ANALISIS KOMPETISI ANTARMODA TRANSPORTASI :
STUDI KASUS WILAYAH SULAWESI**

Irfany Sukmawati Gusti
NRP. 0441154 000 0054

Dosen Pembimbing
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR - MS 184801

**ANALISIS KOMPETISI ANTARMODA TRANSPORTASI :
STUDI KASUS WILAYAH SULAWESI**

Irfany Sukmawati Gusti
NRP. 0441154 000 0054

Dosen Pembimbing
Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



FINAL PROJECT - MS 184801

**THE ANALYSIS OF INTERMODE COMPETITION :
CASE STUDY IN SULAWESI**

Irfany Sukmawati
NRP. 0441154 000 0054

Supervisors
Ir. Tri Achmadi, Ph.D
Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KOMPETISI ANTARMODA TRANSPORTASI : STUDI KASUS WILAYAH SULAWESI

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Irfany Sukmawati Gusti
NRP. 0441154 000 0054

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
NIP. 196501101988031001


Pratiwi Wuryaningrum S.T., M.T.
NIP. 1992201912082



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT

SURABAYA, JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

ANALISIS KOMPETISI ANTARMODA TRANSPORTASI : STUDI KASUS WILAYAH SULAWESI

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal 21 Januari 2020

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Irfany Sukmawati Gusti

N.R.P 0441154000054

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Hasan Iqbal Nur, S.T.,M.T.

2. Christino Boyke SP, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.

2. Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T.



SURABAYA, JANUARI 2020

نَالْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِي

Ku persembahkan untuk ke-lima orang tua ku (Alm. Ibu Festi, Bapak Agus, Ibu Nur, Bapak Joko, dan Ibu Fifi). Terima Kasih Untuk Segalanya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**Analisis Kompetisi Antarmoda Transportasi : Studi Kasus Wilayah Sulawesi**” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan kali ini, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk :

1. Kelima orang tua penulis tersayang , adik – adik penulis, dan keluarga penulis yang tiada henti memberikan dukungan lahir dan batin.
2. Ir. Tri Achmadi, Ph.D., selaku dosen pembimbing I serta Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Dosen Departemen Teknik Transportasi Laut, atas bantuan dan arahan selama proses perkuliahan.
4. Ariani Dwi Gita, sahabat penulis yang selalu ada mendukung dan menjadi penyemangat bagi penulis.
5. Teman – teman dekat penulis, geng #antimantan, PMS, Ber 6 Aja, Jilbab Rempong, dan Cecepong yang sudah memberikan semangat dari jauh dan selalu menunggu penulis pulang.
6. Teman – teman BRIGANTINE, khususnya Bianca, Bagas, Teja, Salsabil, Hanif, dan Cia yang selalu memberikan dukungan baik saat masa perkuliahan maupun pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu didalam penyelesaian Penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, Januari 2020

Penulis

ANALISIS KOMPETISI ANTARMODA TRANSPORTASI : STUDI KASUS WILAYAH SULAWESI

Nama Mahasiswa : Irfany Sukmawati Gusti
NRP : 0441154000054
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T

ABSTRAK

Kebutuhan pelayanan akan jasa transportasi merupakan hasil interaksi antara aktivitas sosial dan ekonomi. Penyebaran aktivitas yang demikian kompleks menimbulkan permasalahan transportasi. Masalah transportasi seringkali menjadi penyebab terhambatnya pengiriman muatan bahan pangan yang menjadi konsumsi pokok untuk warga wilayah Sulawesi khususnya Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara yang akan berdampak pada tingginya biaya pengiriman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kompetisi antar moda (laut dan darat) berparameter teluk yang bisa menjadikan angkutan antarmoda lebih optimum dengan kondisi geografis pula Sulawesi yang dipisah dengan teluk. Untuk mengetahui rute yang optimum berdasarkan parameter teluk, dibuat skenario yang paling optimum yaitu antara *port to port* dan *multiport*, dan yang terpilih paling optimum adalah *multiport* jenis *circle*. Metode optimisasi digunakan untuk mencari ukuran utama kapal optimum yang menghasilkan unit biaya pengiriman terendah pada moda laut (Kapal RoRo dan Kapal *General Cargo*). Kemudian, diperoleh total biaya pengiriman dengan menambahkan unit biaya moda laut dan darat (truk tronton). Hasil analisis menunjukkan bahwa *general cargo* dipilih sebagai moda yang paling optimal untuk mengangkut komoditas pangan di wilayah Sulawesi. Dari perhitungan unit cost untuk muatan sembako dengan kondisi saat ini, didapatkan sebagai berikut, untuk Unit Cost Kapal *General Cargo* yang didapat sebesar Rp 3.376 /ton.nmile Sedangkan untuk moda eksisting sebesar Rp 104 /ton.mile untuk moda darat dan Rp 48.423 /ton.nmile untuk moda laut.

Kata Kunci— Kompetisi Antar Moda, Metode Optimisasi, Parameter Teluk, Unit Biaya Minimum

THE ANALYSIS OF INTERMODE COMPETITION : CASE STUDY IN SULAWESI

Nama Mahasiswa : Irfany Sukmawati Gusti
NRP : 0441154000054
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tri Achmadi, Ph.D.
2. Pratiwi Wuryaningrum, S.T.,M.T

ABSTRACT

The need services for transportation services is the result of interaction between social and economic activities. The spread of such complex activities raises transportation problems. Transportation problems are often the cause of delays in the delivery of food cargo which is the main consumption for residents of Sulawesi region, especially South Sulawesi and Southeast Sulawesi, which will have an impact on high shipping costs. This study aims to determine the competition between modes (sea and land) with bay parameter which can make intermodal transportation more optimum with the geographical conditions as well as Sulawesi separated by bay. To find the optimum route based on the bay parameters, the most optimum scenario is made between port to port and multiport, and the optimum choice is multiport circle type. The optimization method is used to find the optimum size of the main ship which produces a unit cost of shipping in the sea mode (RoRo Vessel and General Cargo Vessel). Then, the total shipping cost is obtained by adding the unit cost of sea and land modes (Tronton Truck). The analysis showed that general cargo was chosen as the most optimal mode for transporting food commodities in the Sulawesi region. From the calculation of the unit cost for basic food needs with the current conditions, obtained as follows, for the Unit Cost of the General Cargo Ship obtained IDR. 3.376 /ton.nmile, and for existing transportation obtained IDR 104 /ton.mile for land transportation and IDR 48.423 /ton.nmile for sea transportation.

Keywords: Intermodal Competition, Optimization Method, Bay Parameters, Minimum Unit Cost

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRAct.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perbandingan Tinjauan Penelitian.....	5
2.2 Pemilihan Lokasi Penelitian.....	5
2.3 Moda Angkutan.....	6
2.3.1 Kapal RoRo.....	6
2.3.2 Kapal <i>General Cargo</i>	7
2.3.3 Truk.....	7
2.4 Perhitungan Ukuran Kapal	7
2.4.1 Ukuran Utama Kapal	7
2.4.2 Perhitungan Koefisien Utama Kapal	8
2.4.3 Hambatan Kapal	9
2.4.4 Perkiraan Daya Motor Induk	11
2.4.5 Komponen DWT.....	12
2.4.6 Komponen LWT	13
2.5 Biaya Transportasi Darat.....	15
2.5.1 Biaya Tetap (<i>Fixed Cost</i>).....	15

2.5.2	Biaya Variabel	15
2.6	Biaya Transportasi Laut	16
2.6.1	Biaya Modal (<i>Capital Cost</i>).....	16
2.6.2	Biaya Operasional (<i>Operating Cost</i>)	16
2.6.3	Biaya Pelayaran	18
2.6.4	Biaya Bongkar Muat	19
2.6.5	Biaya Pelayaran (<i>Voyage Cost</i>)	20
2.6.6	Biaya Bongkar Muat (<i>Cargo Handling Cost</i>).....	20
2.6.7	Biaya Air Tawar Penumpang.....	21
2.7	Rute	21
2.7.1	Pola <i>Port to Port</i>	22
2.7.2	Pola <i>Multiport</i>	22
2.8	Metode Optimisasi	23
2.9	Pengembangan Rute.....	25
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1	Diagram Alir	27
3.2	Tahap Pengerjaan	29
3.3	Model Matematis.....	30
BAB 4	GAMBARAN UMUM	31
4.1	<i>Supply Demand</i>	31
4.2	Lokasi Penelitian	32
4.2.1	Dinas Perhubungan Provinsi.....	32
4.2.2	Badan Pusat Statistik Makassar	33
4.2.3	PT. Pelindo 4 cabang Makassar	34
4.3	Analisis Kondisi Eksisting	34
4.3.1	Pulau Sulawesi	34
4.4	Proses Distribusi Muatan	35
4.4.1	Kapal General Cargo.....	35
4.4.2	Kapal RoRo.....	36
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1	Kondisi Eksisting	39
5.1.1	Potensi <i>Supply</i> dan <i>Demand</i>	39
5.1.2	Rute Eksisting	40

5.1.3	Analisis Kondisi Eksisting Transportasi Darat	42
5.1.4	Analisis Kondisi Eksisting Transportasi Laut	44
5.2	Kondisi Alternatif.....	47
5.2.1	Potensi <i>Supply Demand</i>	47
5.2.2	Pengembangan Rute dan Pola Operasi	48
5.2.3	Analisis Kondisi Alternatif Transportasi (<i>Multiport</i>)	52
5.2.4	Analisis Kondisi Alternatif Transportasi (<i>Port To Port</i>)	57
5.2.5	Hasil Analisis Skenario.....	63
5.2.6	Perbandingan	64
5.2.7	Analisis Kompetisi Antarmoda.....	66
BAB 6	kesimpulan.....	69
6.1	6.1 Kesimpulan	69
6.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA		71
Lampiran.....		73
BIODATA PENULIS		3

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peneletian Terdahulu	5
Tabel 5.1 Matrix <i>Supply Demand</i> Transportasi Laut.....	39
Tabel 5.2 Matrix <i>Supply Demand</i> Moda Transportasi Darat.....	40
Tabel 5.3 Rute Eksisting	40
Tabel 5.4 Spesifikasi Truk Tronton	43
Tabel 5.5 Analisis Biaya Truk Eksisting	44
Tabel 5.6 Ukuran Utama Kapal Eksisting	44
Tabel 5.7 Data Waktu Kapal.....	45
Tabel 5.8 <i>Time Charter</i> Kapal Eksisting	46
Tabel 5.9 Biaya Kapal Eksisting.....	46
Tabel 5.10 Jarak Truk Pelabuhan.....	46
Tabel 5.11 Biaya Truk Pelabuhan.....	47
Tabel 5.12 Matrix Kebutuhan (<i>Port to Port</i>).....	47
Tabel 5.13 Matrix Kebutuhan (<i>Multiport</i>).....	48
Tabel 5.14 Skenario Rute.....	48
Tabel 5.15 Rute Alternatif Terpilih Pola <i>Multiport</i>	49
Tabel 5.16 Skenario Pola <i>Port to Port</i>	51
Tabel 5.17 Ukuran Utama Kapal <i>General Cargo</i>	52
Tabel 5.18 Ukuran Utama Kapal RoRo	52
Tabel 5.19 Analisis Biaya Kapal <i>General Cargo</i>	53
Tabel 5.20 Biaya Unit Kapal <i>General Cargo</i>	53
Tabel 5.21 Analisis Biaya Kapal RoRo	54
Tabel 5.22 Biaya Unit Kapal RoRo	54
Tabel 5.23 Jarak Truk Pelabuhan.....	55
Tabel 5.24 Biaya Truk Pelabuhan.....	55
Tabel 5.25 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal <i>General Cargo</i>	56
Tabel 5.26 Jarak Truk Pelabuhan.....	56
Tabel 5.27 Biaya Truk Pelabuhan.....	57
Tabel 5.28 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal RoRo.....	57
Tabel 5.29 Ukuran Utama Kapal <i>General Cargo</i>	58
Tabel 5.30 Ukuran Utama Kapal RoRo	58
Tabel 5.31 Biaya Unit Kapal <i>General Cargo</i>	58

Tabel 5.32 Analisis Biaya Kapal General Cargo	59
Tabel 5.33 Analisis Biaya Kapal RoRo	59
Tabel 5.34 Biaya Unit Kapal RoRo	60
Tabel 5.35 Jarak Truk Pelabuhan	60
Tabel 5.36 Biaya Truk Pelabuhan.....	61
Tabel 5.37 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal General Cargo	61
Tabel 5.38 Jarak Truk Pelabuhan	62
Tabel 5.39 Biaya Truk Pelabuhan.....	62
Tabel 5.40 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal RoRo.....	63
Tabel 5.41 Hasil Skenario Paling Optimum	63
Tabel 5.42 Truk Pelabuhan.....	64

DAFTAR GAMBAR

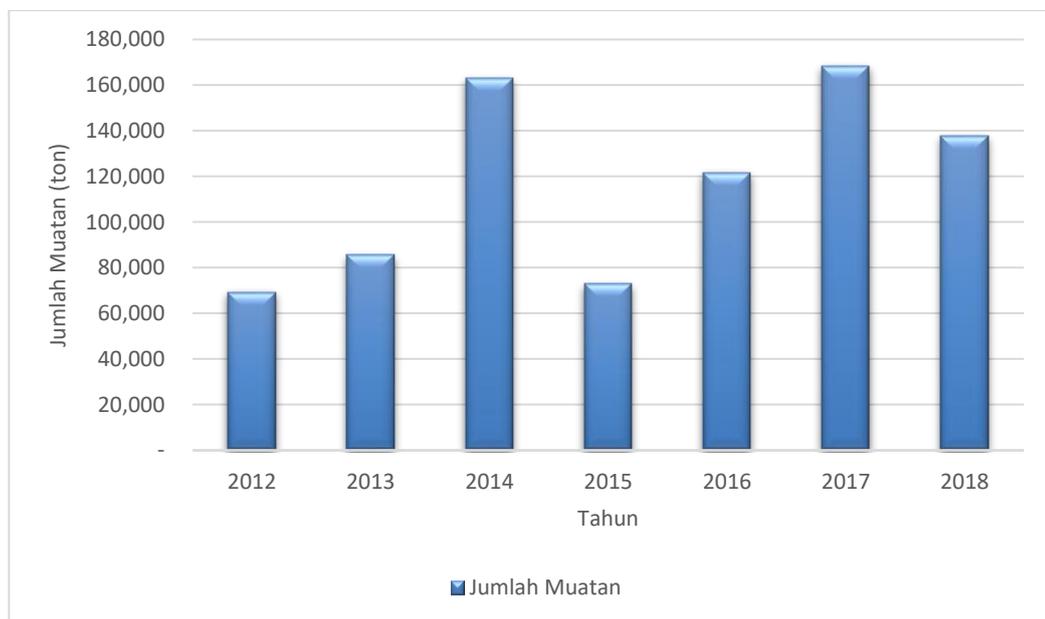
Gambar 1.1 Arus Muat Barang Sulawesi Selatan - Sulawesi Tenggara Tahun 2018.....	1
Gambar 1.2 Arus Muat Barang Sulawesi Tenggara – Sulawesi Selatan Tahun 2018.....	2
<i>Sumber : Bianca Prima, 2018</i> Gambar 2.1 Pola <i>Port To Port</i>	22
<i>Sumber : Bianca Prima, 2018</i> Gambar 2.2 Pola Operasi <i>Multiport Relay</i>	22
Gambar 2.3 Pola Operasi <i>Multiport Circle</i>	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi.....	28
Gambar 4.1 Jumlah Permintaan dan Produksi Muatan Tahun 2018	31
Gambar 4.2 Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Selatan.....	33
Gambar 4.3 Kondisi Jalur Transportasi Moda Darat Saat Hujan	33
Gambar 4.4 Buku-Buku Statistik Transportasi Laut.....	34
Gambar 4.5 Pelabuhan Pelindo 4 Cabang Makassar	34
Gambar 4.6 Peta Sulawesi Menurut Provinsi	35
Gambar 4.7 Distribusi Kapal <i>General Cargo</i>	36
Gambar 4.8 Proses Distribusi Kapal RoRo.....	36
Gambar 5.1 Pola Multiport Transportasi Laut Eksisting.....	41
Gambar 5.2 Pola Multidoor Transportasi Darat Eksisting.....	42
Gambar 5.3 Hasil Regresi Tarif	43
Gambar 5.4 Solver TSP (Menggunakan GRG)	49
Gambar 5.5 Peta Alur Multiport	50
Gambar 5.6 Skenario Port to Port.....	51
Gambar 5.7 Perbandingan Waktu Tempuh Moda Laut	65
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Biaya.....	65
Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Biaya dan Waktu	66
Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Biaya dan Jarak.....	67

BAB 1

PENDAHULUAN

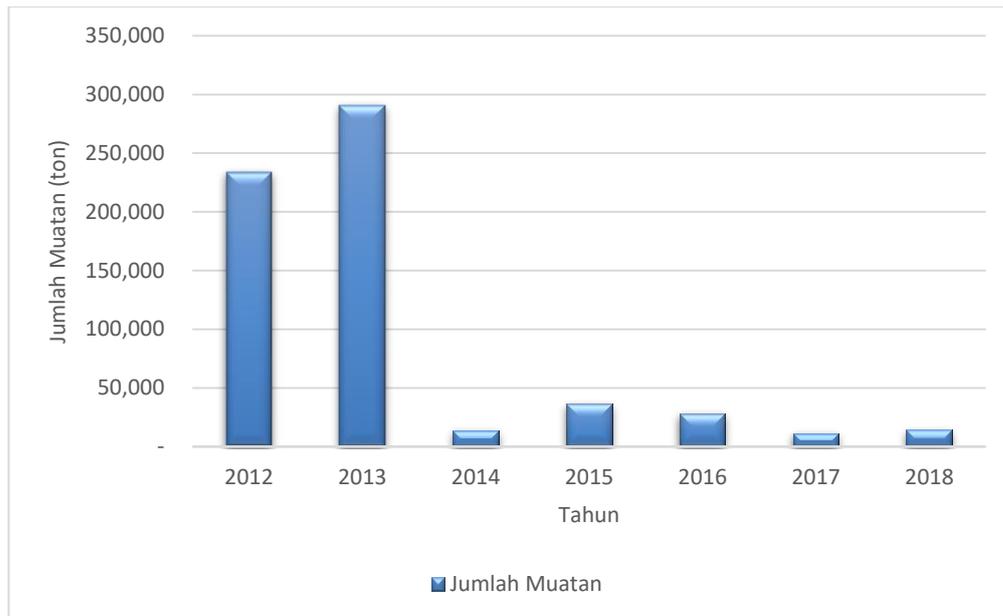
1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pelayanan akan jasa transportasi merupakan hasil interaksi antara aktivitas sosial dan ekonomi yang tersebar di dalam ruang atau tata guna lahan (Suprasa, 2009). Penyebaran aktivitas dan pola interaksi yang demikian kompleks menimbulkan permasalahan transportasi yang sangat beragam dan banyak faktor penentu yang harus dipertimbangkan. Karena, Transportasi untuk orang dan barang umumnya tidak dilakukan hanya untuk satu kepentingan, namun juga untuk mencapai tujuan lainnya. kebutuhan transportasi dapat disebut sebagai kebutuhan ikutan (*derived demand*) yang diturunkan dari kebutuhan ekonomi atau pelayaran. Di Indonesia, Sulawesi merupakan daerah penyebaran aktivitas pelayanan transportasi. Bentuk pulaunya yang unik mempengaruhi pelayanan moda transportasinya, yang melibatkan transportasi laut untuk pengirimannya. Untuk Sulawesi, karena penghasil pangan nya termasuk salah satu yang paling besar di onesiesia dan biasa mengekspor hasil komoditas unggulannya ke luar negeri, konsumsi di Sulawesi sendiri pun yang paling banyak adalah bahan pangan.



Sumber : PT. Pelindo IV Cabang Makassar, 2019

Gambar 1.1 Arus Muat Barang Sulawesi Selatan - Sulawesi Tenggara Tahun 2018



Sumber : PT. Pelindo IV Makassar, 2019

Gambar 1.2 Arus Muat Barang Sulawesi Tenggara – Sulawesi Selatan Tahun 2018

Melihat kota Makassar sebagai pusat perdagangan dan perlintasan untuk pulau Sulawesi, maka peluang kebutuhan akan transportasi sebagai kebutuhan turunan meningkat pesat. Terjadinya peningkatan tersebut belum diiringi dengan penunjang alternatif rute transportasi yang lain, dalam hal ini angkutan moda yang ada di Sulawesi sudah lengkap mulai dari darat, laut, dan udara, tetapi jalan yang ditempuh tidak mendukung aktifitas moda-moda tersebut untuk melakukan pengiriman. Faktor jalan rusak sangat umum menjadi permasalahan yang ada di Sulawesi, pun akses jalan yang kurang karena mengingat pengiriman antar provinsi masih melewati hutan belantara dan kurangnya akses jalan. Sehingga membutuhkan biaya untuk menggunakan moda lain untuk mendistribusikan barang ke titik-titik tujuan.

Terdapat beberapa alternatif pemecahan yang dilakukan untuk menangani permasalahan transportasi. Upaya yang bisa dilakukan adalah membuat usulan rute dengan cara melakukan rekayasa rute dari rute yang sudah ada, atau membuat rute baru. Upaya membangun rute baru bisa terjadi karena adanya potensi rute yang bisa dimanfaatkan untuk pengembangan rute baru. Oleh karena itu, analisis kompetisi antar moda angkutan untuk pengiriman muatan konsumsi tiap daerah di Sulawesi perlu dilakukan pertimbangan dan perencanaan yang baik. Untuk memutuskan rute baru yang dioperasikan harus mempertimbangkan waktu, jarak, dan unit cost yang paling optimum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi arus muatan saat ini di wilayah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara?
2. Bagaimana menentukan biaya moda transportasi eksisting yang menghasilkan unit biaya minimum?
3. Bagaimana skenario rute alternative moda angkutan dengan berparameter Teluk Boni yang memisahkan Sulawesi Selatan dengan Sulawesi Tenggara untuk menghasilkan rute baru?
4. Bagaimana model perhitungan untuk pengangkutan muatan dengan rute baru yang menghasilkan unit biaya minimum?
5. Bagaimana perbandingan biaya minimum, waktu, dan jarak pengangkutan muatan eksisting dengan rute usulan baru hasil dari pola operasi?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah pada subbab sebelumnya, maka tujuan dalam penelitian dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi arus muatan saat ini di wilayah Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.
2. Menentukan biaya moda transportasi eksisting yang menghasilkan unit biaya minimum
3. Menentukan skenario rute alternative moda angkutan dengan berparameter Teluk Boni yang memisahkan Sulawesi Selatan dengan Sulawesi Tenggara untuk menghasilkan rute baru.
4. Menentukan model perhitungan untuk pengangkutan muatan dengan rute baru yang menghasilkan unit biaya minimum.
5. Menentukan perbandingan biaya minimum, waktu, dan jarak pengangkutan muatan eksisting dengan rute usulan baru hasil dari pola operasi.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai studi awal atau dasar untuk mengkaji rute pelayaran berparameter teluk yang memisahkan Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.
2. Dapat mengetahui arus muat barang di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.
3. Memberikan masukan rute baru dengan biaya, waktu, dan jarak yang paling optimum.
4. Memberikan kemudahan efisiensi untuk pengiriman antar provinsi yang dipisahkan oleh teluk, dengan memanfaatkan moda transportasi laut.

1.5 Hipotesis

Dugaan awal dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut :

1. Menghasilkan rute hasil dari parameter teluk paling optimum yang mempengaruhi waktu serta jarak paling optimum jika menggunakan transportasi laut sebagai moda pengiriman.

1.6 Batasan Masalah

Agar dalam melakukan penelitian dalam tugas akhir ini lebih fokus, dilakukan pembatasan :

1. Lingkup muatan penelitian ini provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.
2. Muatan yang diteliti adalah barang kargo umum.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perbandingan Tinjauan Penelitian

Perbandingan terdahulu membandingkan tentang pengiriman muatan ekspor yang menggunakan rute usulan. Data yang dioah merupakan jumlah muatan ekspor yang diproduksi pertahun, biaya pemilihan moda, serta pengumpulan hasil kuisisioner rute usulan dengan hasil rute Lampung - Jakarta. Penelitian lain membandingkan antarmoda transportasi untuk distribusi sapi dari NTT – Jakarta.

Tabel 2.1 Peneletian Terdahulu

NAMA	JUDUL	HASIL
Silvia Dewi Kumalasari	Analisis Perbandingan Antar Moda Distribusi Sapi: Studi Kasus Nusa Tenggara Timur - Jakarta	Tugas akhir ini membandingkan antarmoda untuk angkutan muatan hewan ternak dengan menggunakan moda transportasi darat dan transportasi laut dari NTT – Jakarta. Dihasilkan yang mana yang paling optimum dari kondisi eksisting dan kondisi alternative yang dicari dengan menggunakan pola operasi yang baru.
Stella Andik Marini	Analisis Kompetisi Antar Moda Angkutan : Studi Kasus Muatan Ekspor di Lintas Pelabuhan Panjang – Pelabuhan Tanjung Priok	Tugas akhir ini membandingkan antarmoda untuk angkutan ekspor dari Lampung – Jakarta. Menghasilkan perbandingan antara rute eksisting dengan rute usulan berdasarkan kuisisioner dengan menggunakan moda kapal RoRo, <i>general cargo</i> , dan <i>self propelled barge</i> .

Sumber : Database Tugas Akhir Seatrans ITS, 2020

2.2 Pemilihan Lokasi Penelitian

Dikarenakan Makassar adalah pusat dari semua *supply* di wilayah Sulawesi, semua muatan biasanya dihasilkan dan di kirimkan ke Makassar sebelum didistribusikan ke kota besar lainnya di wilayah Sulawesi. Salah satu tempat jasa pelayanan pengiriman barang di Makassar adalah Pelabuhan PELINDO 4.

2.3 Moda Angkutan

2.3.1 Kapal RoRo

Kapal yang bisa memuat kendaraan yang berjalan masuk ke dalam kapal dengan penggerakannya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga, sehingga disebut sebagai kapal *roll on - roll off* atau disingkat Ro-Ro. Berdasarkan keputusan menteri perhubungan (pasal 12 KM 58/2003), Kapal roro menggunakan pembagian golongan atau satuan unit produksi (SUP) untuk menentukan tarif per masing-masing kendaraan. Angkutan kendaraan ditetapkan berdasarkan pembagian golongan sebagai berikut:

1. Golongan I : Sepeda
2. Golongan II : Sepeda motor dibawah 500 cc dan gerobak dorong
3. Golongan III : Sepeda motor besar(> 500) dan kendaraan roda 3
4. Golongan IV : Kendaraan bermotor berupa mobil jeep, Sedan, Minicab, Minibus, Mikrolet, Pick up, Station wagon dengan panjang sampai dengan 5 meter dan sejenisnya:
5. Golongan V : Kendaraan bermotor berupa Mobil bus, Mobil barang (truk)/Tangkiukuran sedang dengan panjang sampai dengan 7 meter dan sejenisnya
6. Golongan VI : Kendaraan bermotor berupa Mobil bus, Mobil barang (truk)/tangki dengan ukuran panjang lebih dari 7 meter sampai dengan 10 meter dan sejenisnya, dan kereta penarik tanpa gandengan;
7. Golongan VII : Kendaraan bermotor berupa Mobil barang (truk tronton) / tangki, kereta penarik berikut gandengan serta kendaraan alat berat dengan panjang lebih dari 10 meter sampai dengan 12 meter dan sejenisnya;
8. Golongan VIII : Kendaraan bermotor berupa mobil barang (truk tronton) / tangki, kendaraan alat berat dan kereta penarik berikut gandengan dengan panjang lebih dari 12 meter dan sejenisnya;

Dan karena Tarif dasar dari kapal roro adalah besaran tarif yang dinyatakan dalam nilai rupiah per satuan unit produksi (SUP). Tarif dasar untuk penumpang, kendaraan penumpang dan kendaraan barang beserta muatannya dihitung dengan cara satuan unit produksi diperoleh berdasarkan satuan luas (m^2). Dimana, Satuan Unit Produksi setara dengan $0,73 m^2$. Maka Besaran SUP masing-masing kendaraan adalah sebagai berikut :

1. Kendaraan Golongan I : 1,6 SUP
2. Kendaraan Golongan II : 2,8 SUP
3. Kendaraan Golongan III : 5,6 SUP
4. Kendaraan Golongan IV
 1. Kendaraan penumpang beserta penumpangnya : 21,63 SUP
 2. Kendaraan barang beserta muatannya : 17,98 SUP
5. Kendaraan Golongan V
 1. Kendaraan penumpang beserta penumpangnya : 37,39 SUP
 2. Kendaraan barang beserta muatannya : 31,55 SUP
6. Kendaraan Golongan VI
 1. Kendaraan penumpang beserta penumpangnya : 63,28 SUP
 2. Kendaraan barang beserta muatannya : 52,33 SUP
7. Kendaraan Golongan VII Kendaraan barang beserta muatannya : 66,03 SUP
8. Kendaraan Golongan VIII Kendaraan barang beserta muatannya : 98,75 SUP

2.3.2 Kapal *General Cargo*

Kapal yang mengangkut bermacam-macam muatan biasanya merupakan barang yang sudah dikemas seperti bahan kimia, makanan, mebel, mesin, kendaraan bermotor, alas kaki, pakaian, dll. Kapal *general cargo* dilengkapi dengan crane pengangkut barang untuk memudahkan bongkar-muat muatan.

2.3.3 Truk

Sebuah kendaraan bermotor yang digunakan untuk mengangkut barang. Jenis kendaraan ini biasa disebut juga sebagai mobil barang. Dalam penelitian ini ada 2 (dua) jenis truk yaitu *tronton box* dan *trailer 20 feet*.

2.4 Perhitungan Ukuran Kapal

2.4.1 Ukuran Utama Kapal

Langkah pertama yang diperlukan dalam merencanakan suatu kapal adalah dengan mencari terlebih dahulu ukuran-ukuran utama kapal yang dibutuhkan.

- a. *Lpp (length between perpendicular)*
 Jarak horizontal yang diukur antara dua garis tegak, yaitu garis tegak buritan (*after perpendicular (AP)*) dan garis tegak haluan (*fore perpendicular (FP)*).

- b. *Loa (length of overall)*
Jarak horizontal yang di ukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
- c. *B_m (moulded breadth)*
Lebar terbesar kapal diukur pada bidang tengah kapal (*midship*) di antara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam, jarak diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d. *H (height)*
Jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak di sisi kapal.
- e. *T (draught)*
Jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.
- f. *DWT (dead weight ton)*
Berat dalam ton (1000 kilogram) dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.
- g. *V_s (service speed)*
Kecepatan dinas atau kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal. Kecepatan ini juga dapat diukur pada saat badan kapal di bawah permukaan air dalam keadaan bersih, dimuati sampai sarat penuh, motor penggerak bekerja pada keadaan daya rata-rata dan cuaca normal.

2.4.2 Perhitungan Koefisien Utama Kapal

Perhitungan koefisien utama kapal bisa dilakukan dengan menggunakan harga dari angka *Froude* yang telah didapatkan berdasarkan ukuran utama yang telah disusun sebelumnya. Adapun koefisien utama kapal yang dimaksud antara lain *C_b*, *C_m*, *C_w*, *LCB*, *C_p*, *Volume Displacement (∇)* dan *Displacement (Δ)*.

Berikut rumus-rumus yang dipakai untuk menghitung koefisien utama kapal:

- a. *Block Coefficient (C_b)*

$$C_b = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3 \quad (2.1)$$

untuk $0.15 \leq Fn \leq 0.3$

b. *Midship Coefficient* (C_m)

$$C_m = 1.006 - 0.0056 C_b^{-3.56} \quad (2.2)$$

c. *Waterplane Coefficient* (C_{wp})

$$C_{wp} = \frac{C_b}{0.471 + 0.551 C_b} \quad ; \quad (2.3)$$

untuk *tankers* dan *bulk carriers*

d. *Longitudinal Center of Buoyancy* (LCB)

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_p \quad (2.4)$$

b. *Prismatic Coefficient* (C_p)

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} \quad (2.5)$$

c. *Volume Displacement* (∇)

$$\nabla = LBT \cdot C_b \quad (2.6)$$

d. *Displacement* (Δ)

$$\Delta = \nabla \cdot 1.025 \quad (2.7)$$

Dengan ukuran utama yang telah disusun beserta koefisien utama maka perhitungan selanjutnya dapat dilakukan, mulai dari hambatan kapal, perhitungan daya motor induk, DWT, LWT, dan lain-lain.

2.4.3 Hambatan Kapal

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah, yaitu L_{pp} menjadi L_{wl} dengan rumus sebagai berikut:

Adapun untuk rumus hambatan total (R_T) adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot S_{tot} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \quad (2.8)$$

a. Viscous Resistance

mendapatkannya. Seperti bilangan Rn (*Reynold number*) untuk mendapatkan koefisien gesek yang menggunakan rumus ITTC 1957 dan *form factor of bare hull* ($1 + k_1$).

Adapun menurut (Lewis, 1988) , rumus *viscous resistance* (R_V) diberikan sebagai berikut:

$$R_V = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_{FO} (1 + k_1) S \quad (2.9)$$

dimana :

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

V = service speed [ms⁻¹]

C_{FO} = friction coefficient (ITTC 1957)

Rn = Reynold Number

ν = 1.18831 x 10⁻⁶ m/s²

$1+k_1$ = form factor of bare hull

S = Wetted surface area

b. Appendages Resistance

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, bulbous bow, dan bilge keel (S_{app}). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance* yaitu:

$$R_V = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_{FO} \cdot S_{tot} (1 + k) \quad (2.10)$$

$$S_{tot} = S + S_{app} \quad (2.11)$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilge\ keel} \quad (2.12)$$

$$S_{app} = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times 1,75 \times L_{pp} \times \frac{T}{100} + (\text{panjang keel} * \text{tinggi kee}) \quad (2.13)$$

dimana :

S_{app} = total wetted surface of appendages

C_1 = faktor tipe kapal

C_2 = faktor tipe kemudi

C_3 = faktor tipe profil kemudi

C_4 = faktor letak baling-baling

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow* dan *transom*. Adapun rumus diberikan sebagai berikut:

$$\frac{R_w}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 Fn^d} + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2}) \quad (2.14)$$

dimana :

untuk kecepatan rendah ($Fn \leq 0.4$)

W = displacement weight

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$m_2 = C_6 \times 0.4 e^{-0.034 Fn^{-3.29}}$$

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

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}$$

$C_2 = 1$, jika tidak ada *bulb*

$$C_3 = 1 - \frac{0.8 A_T}{BT C_M}$$

Setelah semua harga komponen hambatan total sudah didapatkan, maka selanjutnya hambatan total (R_T) (dengan kulit kapal dalam keadaan bersih) dapat dihitung dengan rumus yang sudah diberikan sebelumnya di atas. Kemudian harga hambatan total tersebut ditambah *sea margin* sebesar 15% (penambahan akibat hambatan kapal ketika kapal beroperasi; kekasaran pada lambung kapal).

2.4.4 Perkiraan Daya Motor Induk

Perhitungan Daya dan Pemilihan Motor Induk Untuk perhitungan daya motor induk (P_B), rumus dalam (Parsons, 2013) diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_B &= BHP \text{ (break horse power)} \\ &= \frac{P_D}{\eta_s \eta_{rg}} \text{ [kW]} \end{aligned} \quad (2.15)$$

dimana:

P_D = DHP (delivered horse power at propeller)

η_s = shaft efficiency

= antara 0.98 s/d 0.985, diambil 0.98

$$\eta_{rg} = \text{reduction gear efficiency} = 0.98$$

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

❖ Koreksi letak kamar mesin

$$\text{di belakang} = 3\% P_B$$

$$\text{di tengah} = 5\% P_B$$

❖ Koreksi akibat daerah pelayaran

$$\text{Perairan Indonesia} = 10 \sim 15 \% P_B$$

$$\text{Asia-Pasifik} = 20 \sim 30 \% P_B$$

$$\text{Atlantik} = 25 \sim 35 \% P_B$$

$$\text{Atlantik Utara} = 30 \sim 40 \% P_B$$

Sehingga total

$$P_B = P_B + 3\% P_B + 15\% P_B \quad (2.16)$$

Adapun untuk daya genset yang akan dipakai, bisa didapatkan pada katalog genset yang disesuaikan dengan pemilihan mesin induk kapal. Dalam hal ini genset yang akan digunakan diambil dari katalog *Generator* yang di akses menggunakan internet. Untuk detail perhitungan perkiraan daya motor induk terlampir.

2.4.5 Komponen DWT

DWT terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *consumable* dan *crew*. *Payload* berharga 90% dari DWT, *consumable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oils*), minyak lumas (*lubrication oils*), minyak diesel (*diesel oils*), air tawar (*fresh water*) dan perbekalan (*provision and store*).

1. Jumlah dan Berat ABK

Perhitungan jumlah *crew* dan dikalikan dengan menghitung berat *crew* dan barang bawaan. Dimana berat *crew* 0.17 ton per orang. (Parsons, 2013)

2. Fuel Oil

Menurut *Parson*, kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh konsumsi rata-rata bahan bakar dari mesin utama, misalnya *diesel engines* memberikan harga SFR (*specific fuel rate*) sebesar 0.000190 [ton/kW.hr] dan untuk *gensets* yang menggunakan *gas turbine* memmberikan SFR sebesar 0.000215 [ton/kW.hr]. Selain itu kebutuhan bahan bakar dipengaruhi oleh MCR atau P_B dan lama berlayar. Adapun langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$W_{FO} = SFR \cdot MCR \cdot \frac{range}{V_s} \cdot margin \text{ [ton]} \quad (2.17)$$

SFR = *Specific Fuel Rate*
= 0.000190 [ton/kW hr] untuk *diesel engine*

MCR = P_B atau BHP [kW]

$Range$ = jarak pelayaran [mil laut]

$Margin$ = 1.3 ~ 1.5

Koreksi:

Tambahan konstruksi = +2%

Ekspansi panas = +2%

Auxiliary Engine

$$W_{DO} = C_{DO} \cdot V_{DO} \cdot \rho_{DO} \quad (2.18)$$

C_{DO} = 0.1 ~ 0.2

V_{DO} = volume *diesel oil*

ρ_{DO} = berat jenis *diesel oi*
= 0.85 ton/m³

Koreksi:

Tambahan konstruksi = + 2%

Ekspansi panas = + 2%

Lubricating Oil

$$W_{LO} = BHP_{ME} \cdot b_{LO} \cdot \frac{S}{V_s} \cdot margin \quad (2.19)$$

b_{LO} = 1.2 ~ 1.6 [gr/kW hr]

$Margin$ = 1.3 ~ 1.5

V_{LO} = volume *lubrication oil*

ρ_{LO} = berat jenis *lubrication oil*
= 0.9 ton/m³

Koreksi:

Tambahan konstruks i = + 2%

Ekspansi panas = + 2%

2.4.6 Komponen LWT

LWT terdiri dari berat badan kapal, peralatan, perlengkapan dan permesinan atau dengan kata lain berat kapal kosong tanpa muatan dan *consumable*. Untuk menghitung

berat baja kapal, peralatan, perlengkapan serta permesinaan ada beberapa pendekatan yang dapat digunakan, misalnya menurut *Watson*, *Schneecluth*, dan *Parson*. Untuk perhitungan berat baja lambung *Schneecluth* membagi ke dalam beberapa bagian antara lain berat baja lambung, berat bangunan atas dan berat rumah geladak.

Perhitungan berat baja kapal dapat dilakukan dengan cara berikut ini. (Bertram, 1998)

Rumus:

$$W_{st} = (L B D_A) C_s \quad (2.20)$$

D_A = tinggi kapal setelah dkoreksi dengan *superstructure* dan *deckhouse*

Volume *Superstructure*:

$$\nabla_A = \nabla_P + \nabla_{FC} \quad (2.21)$$

keterangan :

∇_P = Volume *Poop*

∇_{FC} = Volume *Forecastle*

Perhitungan Berat Permesinan

Propulsion Unit

- ✓ *Engine*, berdasarkan berat mesin induk
- ✓ *Gearbox*

$$W_{getr} = 0.037 \left(\frac{P_B}{n} \right) [\text{ton}]$$

- ✓ *Shafting*, untuk material dengan *tensile strength* 700 N/mm²

$$\left(\frac{M}{l} \right) = 0.081 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{2/3} \quad [\text{ton/m}]$$

l = panjang poros *propeller* [m]

M = berat poros *propeller* [ton]

- ✓ *Propeller*, rumus berikut untuk *normal manganese bronze propeller*

$$W_{prop} = D^3 \cdot K \quad [\text{ton}]$$

$$K \approx \left(\frac{d_s}{D} \right) \cdot \left(1.85 \frac{A_E}{A_o} - \frac{(z-2)}{100} \right) [\text{ton/m}^3]$$

d_s = diameter poros *propeller*

$$= 11.5 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{1/3} \quad [\text{cm}]$$

✓ *Electrical*

Dalam perhitungan berat, *electrical unit* terdiri dari generator dan *drive engine*.

$$W_{agg} = 0.001 P (15 + 0.014 P) \quad [\text{ton}]$$

$$P = \text{Daya gensets} \quad [\text{kW}]$$

✓ *Other Weight*

$$W_{ow} = 0.07 * P \quad [\text{ton}]$$

$$P = P_B \quad [\text{kW}]$$

2.5 Biaya Transportasi Darat

Pada buku *Supply Chain Logistical Management* (Closs, 2002) komponen dari biaya transportasi adalah biaya *Variabel* dan *Fixed*.

2.5.1 Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Fixed cost adalah biaya yang sudah dipastikan tetap ada meskipun tidak ada aktifitas pengiriman. Contoh biaya *fixed cost* dalam masalah transportasi darat adalah biaya sewa truk, dan gaji supir truk

$$FC = BT + BG \quad (2.22)$$

Dimana:

$$FC = \text{Fixed Cost}$$

$$BT = \text{Biaya Sewa Truk}$$

$$BG = \text{Biaya Gaji Supir}$$

2.5.2 Biaya Variabel

Biaya variabel adalah biaya yang muncul setiap ada aktifitas pengiriman muatan. Contoh biaya variabel adalah biaya BBM, bongkar muat, biaya parkir dan keperluan lainnya.

$$VC = BB + BM + BL \quad (2.23)$$

Dimana:

$$VC = \text{Variable Cost}$$

$$BB = \text{Biaya Bahan Bakar}$$

$$BM = \text{Biaya Bongkar Muat}$$

$$BL = \text{Biaya Lain-lain}$$

2.6 Biaya Transportasi Laut

Pada pelayaran tidak terdapat standard klasifikasi biaya yang dapat diterima secara internasional, sehingga digunakan pendekatan untuk mengklasifikasikannya. biaya ini dibagi menjadi 4 kategori :

1. Biaya modal (*capital cost*)
2. Biaya operasional (*operational cost*)
3. Biaya pelayaran (*voyage cost*)
4. Biaya bongkar muat (*cargo handling cost*)

2.6.1 Biaya Modal (*Capital Cost*)

Capital Cost adalah biaya yang dikeluarkan saat akan melakukan pengadaan kapal, baik bangun baru atau beli. *Capital Cost* bisa disebut juga biaya modal, biaya modal nantinya akan masuk kedalam perhitungan biaya sebagai pengembalian biaya tahunan.

2.6.2 Biaya Operasional (*Operating Cost*)

Biaya-biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan kapal dalam kegiatan operasional kapal sehari-hari selama kapal beroperasi maupun sedang tidak beroperasi atau berlayar. Biaya operasional memiliki beberapa komponen dalam perhitungannya yaitu biaya ABK, perawatan dan perbaikan, perbekalan, bahan makanan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Berikut adalah rumus untuk menghitung biaya operasional :

$$OC = M + ST + MN + I + AD$$

Keterangan :

<i>OC</i>	: <i>Operating Cost</i>
<i>M</i>	: <i>Manning</i>
<i>ST</i>	: <i>Stores</i>
<i>I</i>	: <i>Insurance</i>
<i>AD</i>	: <i>Administrasi</i>

a) Biaya ABK (*Manning Cost*)

Manning cost atau *crew cost* adalah biaya yang dikeluarkan untuk keperluan anak buah kapal baik langsung maupun tidak langsung. Komponen yang termasuk dalam *manning cost* adalah gaji pokok dan tunjangan, asuransi sosial, uang pensiun dan lain-lain. Faktor yang mempengaruhi jumlah *manning cost* yang dikeluarkan adalah

jumlah ABK dan struktur pembagian kerja yang bergantung pada besar atau kecilnya ukuran kapal.

b) Biaya Perbekalan (*Store Cost*)

Biaya perbekalan adalah biaya yang dikeluarkan kapal untuk melengkapi perbekalan yang dibutuhkan dalam satu kali *voyage*. Biaya perbekalan terdiri dari 2 macam yaitu untuk keperluan kapal sendiri berupa cadangan perlengkapan kapal dan perawatan kapal dan biaya untuk ABK berupa bahan-bahan makanan.

c) *Maintenance and Repair Cost*

Maintenance and repair cost adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan perawatan dan perbaikan kapal sesuai dengan kondisi kapal. Perawatan kapal sangat penting agar tidak banyak mengeluarkan biaya yang besar di mana adanya penggantian komponen.

d) Survei Klasifikasi

Untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi, kapal harus menjalani survei reguler docking tiap dua tahun sekali dan spesial tiap empat tahun sekali.

e) Perawatan Rutin dan Perbaikan

Kapal menjalani perawatan rutin yang meliputi mesin bantu, cat, bangunan atas dan pengedokan untuk memelihara lambung dari *marine growth* yang mengurangi efisiensi dalam pengoperasian kapal. Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan kapal akan makin bertambah seiring bertambahnya umur kapal. Adanya kerusakan bagian kapal yang harus segera diperbaiki agar tidak terjadi hal-hal yang dapat merugikan ketika kapal sedang berlayar. Biaya perbaikan kapal dikeluarkan saat kapal sedang mengalami kerusakan fatal dan harus segera melakukan docking. Untuk mengurangi besarnya biaya kapal yang dikeluarkan, maka jadwal perawatan rutin kapal harus ditaati.

f) Biaya Asuransi Kapal (*Insurance Cost*)

Insurance cost adalah biaya asuransi yang jumlah pembiayaannya dikeluarkan sesuai dengan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada perusahaan asuransi. *Insurance cost* memiliki komponen pembiayaan 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. Makin tinggi resiko yang dibebankan, makin tinggi pula premi asuransinya. Umur kapal juga mempengaruhi rate premi asuransi, yaitu rate yang lebih tinggi akan dikenakan pada kapal yang lebih tua umurnya.

g) Dokumen dan Administrasi

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

2.6.3 Biaya Pelayaran

Biaya pelayaran atau *voyage cost* adalah biaya yang jumlahnya tidak tetap yang dikeluarkan oleh kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah biaya bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu dan biaya tunda.

$$VC = FVC + PC$$

Keterangan:

VC : *Voyage Cost*

FC : *Fuel Cost*

PC : *Port Charges*

a) Biaya Bahan Bakar (*Fuel Cost*)

Biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi bahan bakar jumlahnya tergantung pada beberapa variabel seperti ukuran kapal, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan kapal, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk motor dan bantu, dan kualitas bahan bakar serta jarak pelayaran. Bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di pelabuhan serta harga bahan bakar. Jenis bahan bakar yang dipakai ada 3 macam yaitu HSD, MDO dan MFO.

b) Biaya Pelayanan Pelabuhan (*Port Charges*)

Port charges adalah biaya-biaya yang dikeluarkan kapal saat kapal berada dipelabuhan, biaya-biaya tersebut meliputi *port dues* dan *services charges*. *Port dues* sendiri adalah biaya yang harus dikeluarkan saat kapal menggunakan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam labuh dan infrastruktur pelabuhan lainnya yang jumlah biayanya disesuaikan dengan volume kargo, berat kargo, *gross tonnage* dan *net tonnage*. Sedangkan *service charges* adalah biaya yang dikeluarkan kapal saat memakai jasa atau layanan dipelabuhan yang meliputi jasa tandu dan tunda.

2.6.4 Biaya Bongkar Muat

Biaya bongkar muat adalah biaya-biaya yang dikeluarkan kapal saat kapal sedang dipelabuhan dan melakukan proses bongkar atau muat barang. Biaya bongkar muat mempengaruhi biaya pelayaran yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan pelayaran. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam kegiatan bongkar muat pada umumnya berupa *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving/delivery*. Kegiatan tersebut dilaksanakan oleh perusahaan bongkar muat (PBM) sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat barang dari dan ke kapal, adapun istilah dalam kegiatan bongkar muat dijelaskan sebagai berikut:

- a. *Stevedoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/truk/tongkang atau sebaliknya sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.
- b. *Cargodoring* adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala di dermaga dan mengangkat dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan barang selanjutnya menyusun di gudang/lapangan penumpukan dan sebaliknya.
- c. *Receiving/delivery* adalah pekerjaan memindahkan barang dari timbunan/tempat penumpukan di gudang/lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun diatas kendaraan di pintu gudang/lapangan atau sebaliknya.
- d. Perusahaan Bongkar Muat adalah badan hukum Indonesia yang khusus didirikan untuk menyelenggarakan dan mengusahakan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal.
- e. Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM) adalah semua tenaga kerja yang terdaftar pada pelabuhan setempat yang melakukan pekerjaan bongkar muat di pelabuhan.

2.6.5 Biaya Pelayaran (*Voyage Cost*)

Biaya pelayaran atau *voyage cost* adalah biaya yang jumlahnya tidak tetap yang dikeluarkan oleh kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen biaya pelayaran adalah biaya bahan bakar untuk mesin induk dan mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu dan biaya tunda.

$$VC = FVC + PC$$

Keterangan:

VC : *Voyage Cost*

FC : *Fuel Cost*

PC : *Port Charges*

c) Biaya Bahan Bakar (*Fuel Cost*)

Biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi bahan bakar jumlahnya tergantung pada beberapa variabel seperti ukuran kapal, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan kapal, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk motor dan bantu, dan kualitas bahan bakar serta jarak pelayaran. Bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di pelabuhan serta harga bahan bakar. Jenis bahan bakar yang dipakai ada 3 macam yaitu HSD, MDO dan MFO.

d) Biaya Pelayanan Pelabuhan (*Port Charges*)

Port charges adalah biaya-biaya yang dikeluarkan kapal saat kapal berada dipelabuhan, biaya-biaya tersebut meliputi *port dues* dan *services charges*. *Port dues* sendiri adalah biaya yang harus dikeluarkan saat kapal menggunakan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam labuh dan infrastruktur pelabuhan lainnya yang jumlah biayanya disesuaikan dengan volume kargo, berat kargo, *gross tonnage* dan *net tonnage*. Sedangkan *service charges* adalah biaya yang dikeluarkan kapal saat memakai jasa atau layanan dipelabuhan yang meliputi jasa tandu dan tunda.

2.6.6 Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)

Biaya bongkar muat adalah biaya-biaya yang dikeluarkan kapal saat kapal sedang dipelabuhan dan melakukan proses bongkar atau muat barang. Biaya bongkar muat mempengaruhi biaya pelayaran yang harus dikeluarkan oleh pihak perusahaan pelayaran. Adapun kegiatan yang dilakukan dalam kegiatan bongkar muat pada umumnya berupa

stevedoring, cargodoring, receiving/delivery. Kegiatan tersebut dilaksanakan oleh perusahaan bongkar muat (PBM) sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat barang dari dan ke kapal, adapun istilah dalam kegiatan bongkar muat dijelaskan sebagai berikut:

- a. *Stevedoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/truk/tongkang atau sebaliknya sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.
- f. *Cargodoring* adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala di deramaga dan mengangkut dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan barang selanjutnya menyusun di gudang/lapangan penumpukan dan sebaliknya.
- g. *Receiving/delivery* adalah pekerjaan memindahkan barang dari timbunan/tempat penumpukan di gudang/lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun diatas kendaraan di pintu gudang/lapangan atau sebaliknya.
- h. Perusahaan Bongkar Muat adalah badan hukum Indonesia yang khusus didirikan untuk menyelenggarakan dan mengusahakan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal.
- i. Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM) adalah semua tenaga kerja yang terdaftar pada pelabuhan setempat yang melakukan pekerjaan bongkar muat di pelabuhan.

2.6.7 Biaya Air Tawar Penumpang

Biaya ini hanya dikenakan untuk kapal yang mengangkut penumpang saja, seperti kapal *Ro-Ro* dan kapal Ferry. Karena biaya air tawar penumpang akan berubah tergantung besar payload kapal atau jumlah pax dan jarak yang ditempuh, semakin besar payload dan jaraak yang ditempuh maka biaya air tawar penumpang akan semakin tinggi, begitu juga dengan tangki penyimpanan air tawar penumpangnya.

2.7 Rute

Dasar permasalahan pembentukan rute adalah adanya sekumpulan node dan atau busur yang harus dilayani oleh suatu armada kendaraan. Tidak ada batasan kapan dan bagaimana urutan pelayanan entiti-entiti yang bersangkutan. Permasalahannya adalah untuk membentuk suatu biaya yang rendah, sekumpulan rute yang memungkinkan untuk masing-masing kendaraan. Sebuah rute adalah urutan dari lokasi mana kendaraan harus mengunjunginya. Tugas Akhir ini menggunakan dua pola operasi yaitu pola *port to port* dan pola *multiport*.

2.7.1 Pola *Port to Port*

Pola *port to port* adalah pelayanan langsung yang menghubungkan 2 (dua) pelabuhan. Kapal dari pelabuhan asal i dengan membawa sejumlah muatan menuju ke pelabuhan j . Setibanya di pelabuhan tujuan j , kapal membongkar muatan dan membawa muatan kembali ke pelabuhan asal i .



Sumber : Bianca Prima, 2018

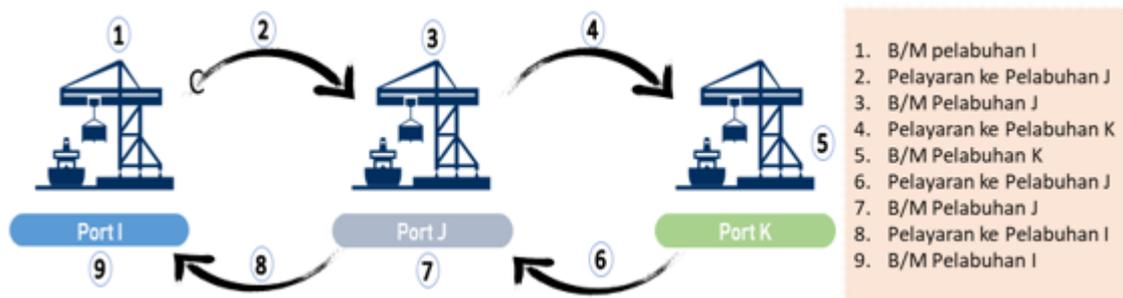
Gambar 2.1 Pola *Port To Port*

2.7.2 Pola *Multiport*

Pola *multiport* dapat diartikan sebagai layanan kapal yang menghubungkan 3 (tiga) pelabuhan atau lebih. Tipe *multiport* ada 2 (dua) yaitu *relay* dan *circle*.

1) *Relay*

Model *multiport* dengan tipe *relay* secara umum mirip dengan model *port to port* namun jumlah pelabuhan yang dikunjungi lebih dari 2 (dua). Kapal dari pelabuhan asal i dengan membawa sejumlah muatan menuju ke pelabuhan j dan pelabuhan k . Setibanya di pelabuhan j , sejumlah muatan di bongkar dan muat. Kapal kemudian menuju pelabuhan k . Di sinipun kapal bongkar dan muat sejumlah muatan serta selanjutnya kapal kembali menuju pelabuhan j dan i dengan melalui proses yang sama.

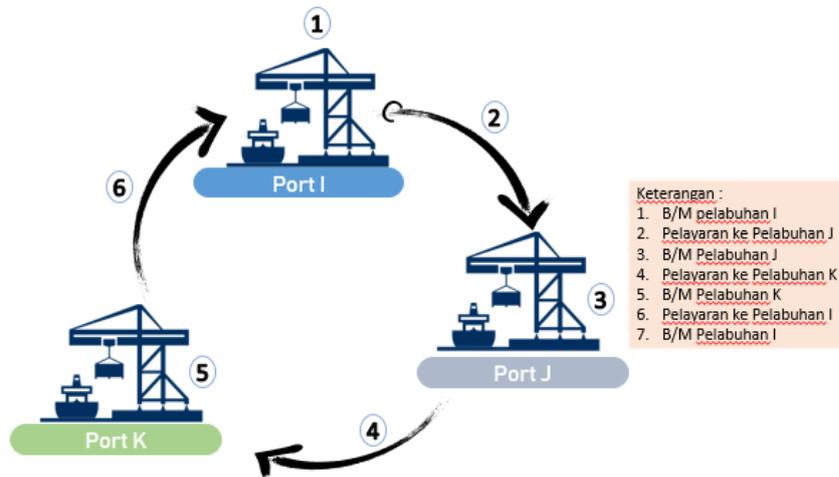


Sumber : Bianca Prima, 2018

Gambar 2.2 Pola Operasi *Multiport Relay*

2) Circle

Seperti model *relay*, model *multiport* tipe *circle* juga mengunjungi sejumlah pelabuhan. Tetapi setelah tiba di pelabuhan terakhir (pelabuhan *k*), kapal langsung kembali ke pelabuhan asal (pelabuhan *i*).



Sumber : Bianca Prima, 2018

Gambar 2.3 Pola Operasi *Multiport Circle*

2.8 Metode Optimisasi

Proses optimisasi merupakan penerapan metode-metode ilmiah dalam masalah yang kompleks dan suatu pengolahan sistem manajemen yang besar, baik menyangkut manusia, mesin, bahan dan uang dalam industri, bisnis, pemerintahan dan pertahanan. Pendekatan ini menggabungkan dan menerapkan metode ilmiah yang sangat kompleks dalam suatu pengolahan manajemen dengan menggunakan faktor-faktor produksi yang ada dan digunakan secara efisien dan efektif untuk membantu pengambilan keputusan dalam kebijakan perusahaan. (Taha, 1992).

Proses optimisasi berkaitan dengan pengambilan keputusan secara ilmiah dan bagaimana membuat suatu model yang baik dalam merancang dan menjalankan sistem yang melalui alokasi sumber daya yang terbatas. Inti dari beberapa kesimpulan di atas adalah bagaimana proses pengambilan keputusan yang optimal dengan menggunakan alat analisis yang ada dan adanya keterbatasan sumber daya. Beberapa metode dalam proses optimisasi antara lain :

1. Linear Programming
2. Analisis Dualitas dan *Post Optimal (Duality and Post-Optimal Analysis)*
3. Metode Transportasi (*Transportation Method*)
4. Metode Jaringan Kerja (*Network Method*)
5. Metode Simpleks (*Simplex Method*)

Dalam melakukan suatu proses optimasi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain; variabel parameter, konstanta, batasan, dan fungsi objektif. Berbagai hal di atas nantinya berfungsi sebagai acuan dalam melakukan proses optimasi. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Variabel merupakan harga-harga yang akan dicari dalam proses optimasi.
2. Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Atau dapat juga suatu variabel yang diberi harga.
3. Batasan adalah harga-harga atau nilai-nilai batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, peraturan, atau syarat-syarat yang lain.
4. Fungsi objektif merupakan hubungan dari keseluruhan atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linear, non linear, atau gabungan dari keduanya dengan fungsi yang lain.

Secara umum, fungsi atau persamaan dari suatu optimasi dapat dituliskan seperti berikut:

$$\text{Max/Min } (Z) = X + Y \rightarrow \text{Fungsi Objektif} \quad (\text{Persamaan 2.8})$$

$$x_1 + x_2 \leq a \quad (\text{Persamaan 2.9})$$

$$x_2 \leq b \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

Linear Programming adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu manajer dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalkan keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya. *Linear Programming* memiliki empat ciri khusus, yaitu:

1. Penyelesaian masalah mengarah pada pencapaian tujuan maksimisasi atau minimisasi.
2. Kendala yang ada membatasi tingkat pencapaian tujuan.
3. Ada beberapa alternatif penyelesaian. Hubungan matematis bersifat linear.

Secara teknis, ada lima syarat tambahan dari permasalahan linear programming yang harus diperhatikan yang merupakan asumsi dasar, yaitu:

1. *Certainty* (kepastian). Maksudnya adalah fungsi tujuan dan fungsi kendala sudah diketahui dengan pasti dan tidak berubah selama periode Analisis.

2. *Proportionality* (proporsionalitas). Yaitu adanya proporsionalitas dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala.
3. *Additivity* (penambahan). Artinya aktivitas total sama dengan penjumlahan aktivitas individu.
4. *Divisibility* (bisa dibagi-bagi). Maksudnya solusi tidak harus merupakan bilangan integer (bilangan bulat), tetapi bisa juga berupa pecahan.
5. *Non-negative variable* (variabel tidak negatif). Artinya bahwa semua nilai jawaban atau variabel tidak negatif.

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan Linear Programming, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

2.9 Pengembangan Rute

Terdapat banyak kemungkinan alternatif rute dari banyak titik yang tersedia. Namun tidak semua menghasilkan solusi terbaik. *Travelling Salesman Problem* (TSP) dengan metode *Nearest Neighbor* adalah metode yang dapat digunakan untuk menentukan lintasan terpendek dengan mengunjungi setiap titik yang ada. Setelah berangkat dari titik asal ke suatu titik tujuan, rute selanjutnya akan ditentukan berdasarkan jarak yang paling minimum. Secara umum langkah – langkah pengerjaan metode ini adalah:

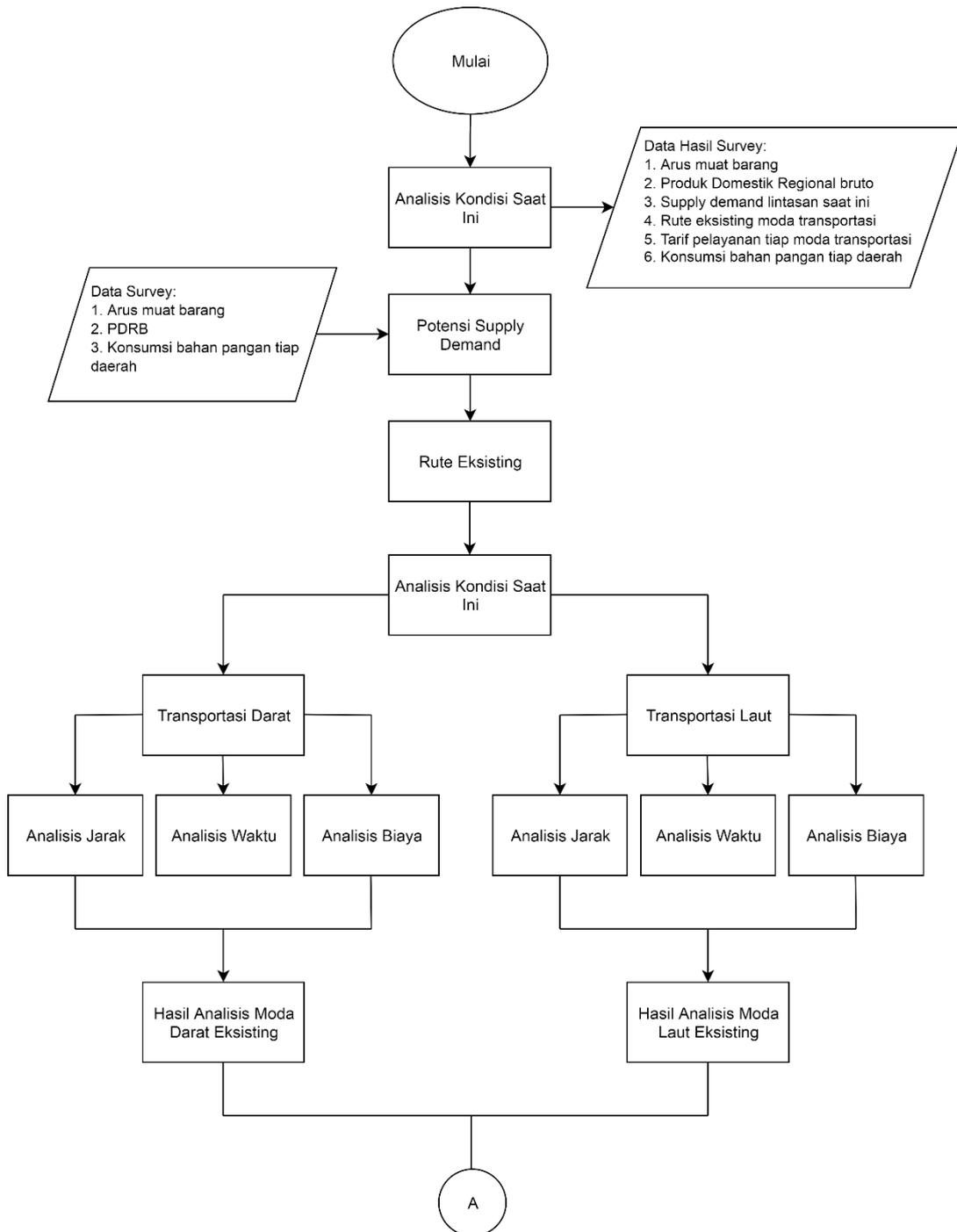
1. Langkah 0: Inisialisasi. Tentukan $N = \{1,2,3,4...n\}$ sebagai jumlah kota atau lokasi yang akan dikunjungi. Tentukan satu kota sembarang sebagai titik awal perjalanan (i_0), dan V adalah sejumlah kota lain yang masih harus dikunjungi, serta S adalah urutan rute perjalanan saat ini. Pada langkah 1, $S = (i_0)$, karena belum ada kota lain yang dikunjungi.
2. Langkah 1: pilih kota yang selanjutnya akan dikunjungi. Jika i_1 adalah kota yang berada di urutan terakhir dari rute S . Maka, temukan kota berikutnya (j^*) yang memiliki jarak paling minimal dengan i_1 , dimana j^* merupakan anggota dari V . Apabila terdapat banyak pilihan optimal maka pilih secara acak.
3. Langkah 2: tambahkan pada urutan rute berikutnya. Tambahkan kota j^* di urutan akhir dari rute sementara dan keluarkan yang terpilih tersebut dari daftar kota yang belum dikunjungi.

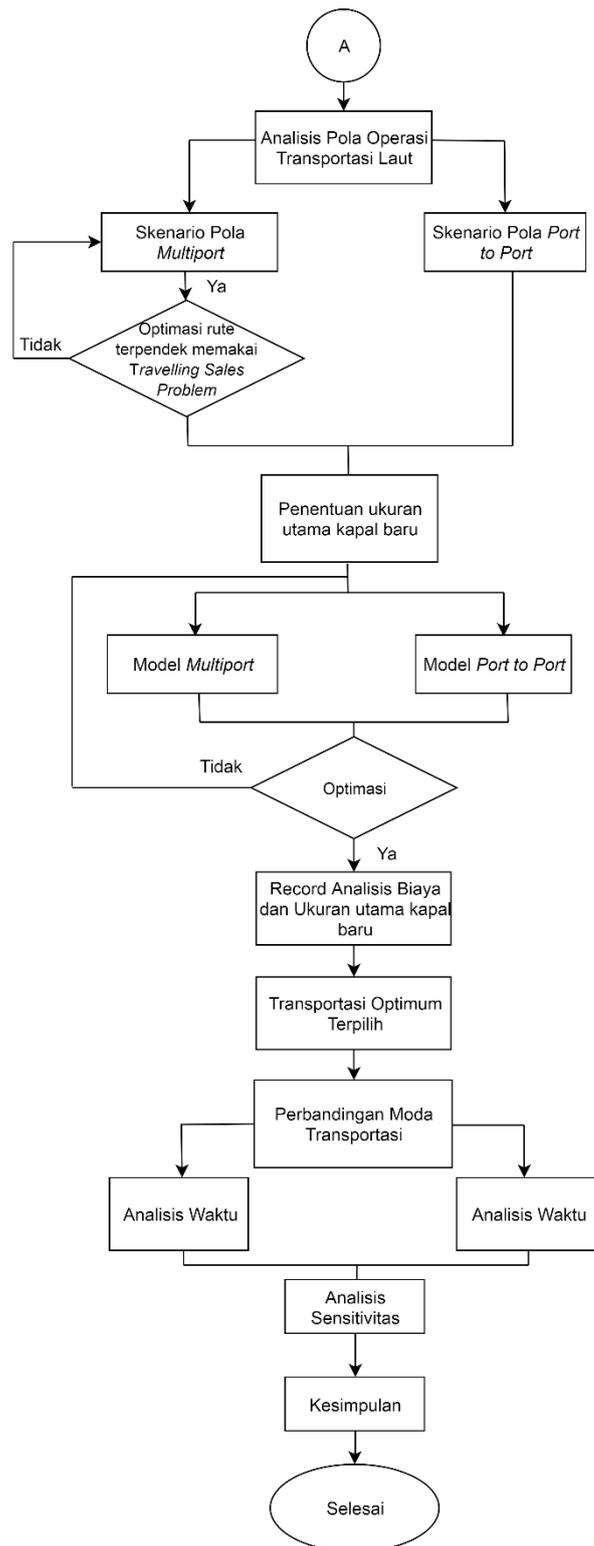
4. Langkah 3: jika semua kota yang harus dikunjungi telah dimasukkan dalam rute atau $V=0$, maka tidak ada lagi kota yang tertinggal. Selanjutnya, tutup rute dengan menambahkan kota inisialisasi atau i_0 diakhir rute. Dengan kata lain, rute ditutup dengan kembali lagi ke kota asal. Jika sebaliknya, kembali lakukan langkah 1 lagi.
Perhitungan total jarak yaitu dengan menjumlah jarak dari titik awal sampai titik akhir perjalanan (Perdana, 2016) .

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Dalam melaksanakan penelitian ini, dibutuhkan metodologi untuk mempermudah alur dan proses kerja. Secara umum, metodologi dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut ini.





Sumber: Penulis, 2020

Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Tahap Pengerjaan

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dalam mengerjakan penelitian, berikut adalah penjelasannya

1. Tahapan Analisis Kondisi Saat Ini

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan pada sektor transportasi di wilayah Sulawesi. Permasalahan yang terjadi adalah kerusakan jalan jalur darat, jalanan umum yang dipakai untuk media transportasi seperti truk rusak. Lalu jaraknya yang sangat jauh dari satu daerah ke daerah lain, menyebabkan pengiriman barang menjadi mahal. Untuk pengiriman yang paling banyak dikonsumsi di wilayah Sulawesi adalah barang campuran, salah satunya bahan pangan. Bahan pangan termasuk konsumsi pokok wilayah Sulawesi, untuk itu menjadi krusial masalah waktu dan biaya di pengiriman antar daerah.

2. Tahapan Supply Demand

Pada tahap ini demand ditentukan oleh data Survey yang didapatkan dari PT. Pelindo 4 Cabang Makassar untuk arus muat barang.

3. Tahapan Analisis Waktu dan Jarak Pengiriman

Pada tahap ini dilakukan analisis waktu yang digunakan oleh berbagai macam angkutan moda transportasi. Dari analisis ini akan didapatkan total time lalu *Trip* per hari, setelah itu mendapatkan Frekuensi kapal per tahun.

4. Tahapan Analisis Biaya Transportasi

Pada tahap ini biaya pada setiap penggunaan Transportasi di analisis untuk mengetahui seluruh biaya transportasi pada setiap angkutan moda pengiriman muatan, baik eksisting maupun alternatif. Dengan tujuan untuk membandingkan biaya yang paling optimum untuk pengiriman barang.

5. Tahapan Pembuatan Model Optimasi

Dalam penelitian ini dilakukan 2 (dua) optimasi, yang pertama untuk menentukan ukuran utama kapal dengan rute eksisting dan rute alternative. Untuk yang kedua, perencanaan beberapa alternatif rute pengiriman dan satu model terpilih. Pada tahap pembuatan model optimisasi menggunakan metode optimisasi *Non Linear Programming* dengan hasil keluaran (*output*) berupa penugasan kapal terpilih dengan kriteria biaya minimal (*minimal total cost*) serta menghasilkan unit cost paling minimum.

5. Analisis Data dan Pembahasan

Pada tahap ini hasil dari perbandingan antar moda transportasi yang didapat akan dianalisis untuk mengetahui moda yang paling efisien untuk distribusi muatan. Serta menentukan pola operasi yang optimum untuk distribusi muatan di wilayah Sulawesi.

3.3 Model Matematis

Model matematis adalah suatu cara sederhana untuk menerjemahkan suatu masalah ke dalam bahasa matematika dengan menggunakan persamaan, pertidaksamaan atau fungsi. Untuk merencanakan pengiriman muatan, dibutuhkan perencanaan terhadap moda angkutan yang akan dipilih untuk melaksanakan proses tersebut. Pada pendistribusian muatan dari Sulawesi Selatan ke Sulawesi Tenggara atau sebaliknya, dibutuhkan sebuah solusi yang optimal untuk menentukan moda angkutan yang terpilih sesuai dengan kriteria optimasi yang diharapkan yaitu berdasarkan biaya transportasi laut yang minimum. Dalam kasus masalah distribusi di penelitian ini, fungsi tujuan dari model matematis adalah meminimalkan biaya pengiriman (*minimum cost*) dalam bentuk pemilihan kapal yang sesuai dengan batasan sarat kapal yang tidak lebih tinggi daripada kedalaman kolam pelabuhan dan permintaan (*demand*) yang harus terpenuhi.

Objective Function:

$$\min Z = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{\sum_i^j M_i}$$

Subject to:

$$\sum_{k=1}^n C_k \geq D_i$$

$$T_k < T_d$$

$$L, B, H, T \geq L_{smin}, B_{smin}, H_{smin}, T_{smin}$$

$$L, B, H, T \leq L_{smax}, B_{smax}, H_{smax}, T_{smax}$$

Keterangan:

n = Jumlah Industri

M_i = Muatan

c_i = Biaya Transportasi darat (*Door to Port*)

C = Kapasitas

T_k = Tinggi Sarat Kapal

T_d = Sarat Dermaga

Z = *Minimum Cost*

L = LPP

B = Lebar Kapal

H = Tinggi Kapal

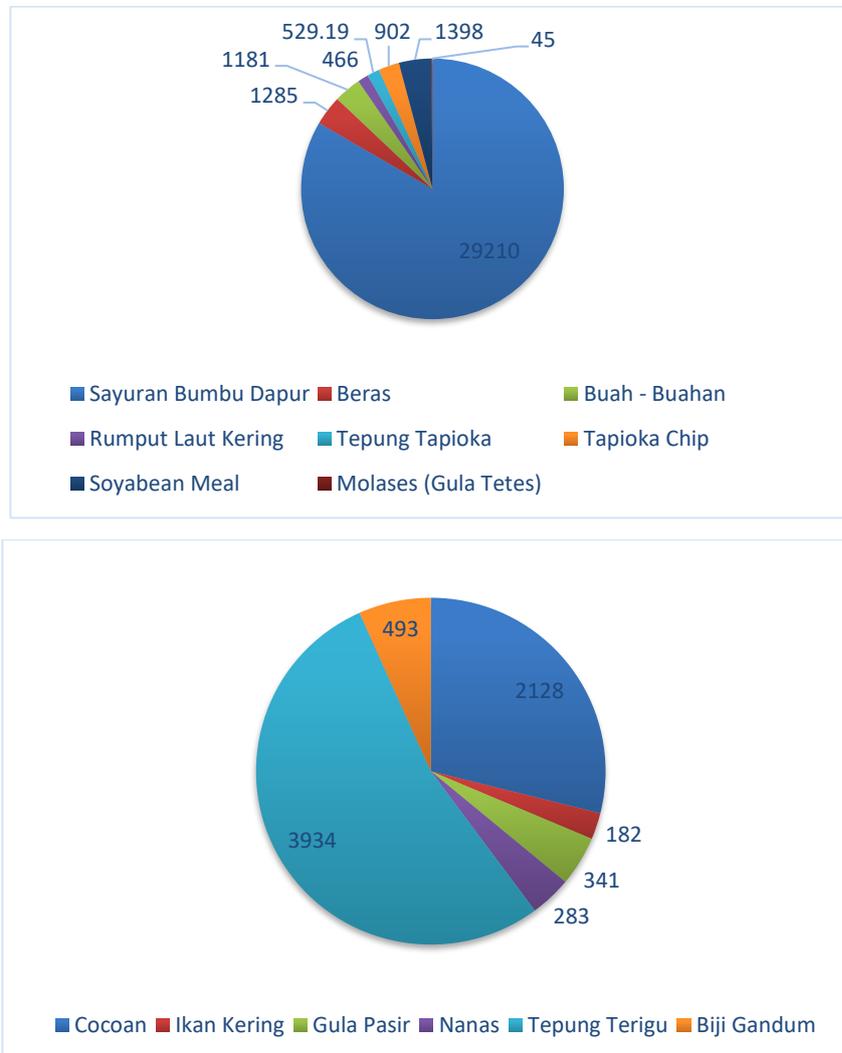
T = Sarat

BAB 4

GAMBARAN UMUM

4.1 *Supply Demand*

Sulawesi merupakan daerah yang mempunyai geografis yang sangat baik, banyak hasil yang dijadikan komoditi unggul, untuk dikirim melalui moda transportasi baik ekspor maupun domestik. Penduduk di Sulawesi mempunyai permintaan konsumsi harian yang cukup tinggi di Indonesia selain pulau Jawa dan Sumatera. Salah satu konsumsi harian tersebut adalah bahan pangan. Penulis memilih macam muatan yang biasanya di distribusikan dari Sulawesi Selatan ke Sulawesi Tenggara, begitu juga sebaliknya. Muatan bahan pangan / sembako ini juga sensitive terhadap waktu.



Sumber : PT. Pelindo 4 Cabang Makassar

Gambar 4.1 Jumlah Permintaan dan Produksi Muatan Tahun 2018

Penulis memakai data arus muat dari PT. Pelindo 4 Cabang Makassar untuk menentukan *Supply* dan *Demand* untuk menghitung analisis biaya. Bisa dilihat dari *flowchart* diatas, ada beberapa yang dikirimkan ke Sulawesi Selatan maupun ke Sulawesi Tenggara seperti Biji Gandum dengan *supply* 493 ton/tahun dan *demand* 440 ton/tahun, Tepung Terigu dengan *supply* 3,934 ton/tahun dan *demand* 3,276 ton/tahun, Nanas dengan *supply* 283 ton/tahun dan *demand* 246 ton/tahun, Gula pasir dengan *supply* 341 ton/tahun dan *demand* 256 ton/tahun, Ikan Kering dengan *supply* 182 ton/tahun dan *demand* 128 ton/tahun, Cocoa dengan *supply* 2128 ton/tahun dan *demand* 2110 ton/tahun, Molases dengan *supply* 45 ton/tahun dan *demand* 39 ton/tahun, Soyabean Meal dengan *supply* 1398 ton/tahun dan *demand* 1254 ton/tahun, Tapioka Chip dengan *supply* 209 ton/tahun dan *demand* 899 ton/tahun, Tepung tapioca dengan *supply* 902 ton/tahun dan *demand* 899 ton/tahun, Rumput Laut Kering dengan *supply* 466 ton/tahun dan *demand* 378 ton/tahun, Buah-buahan dengan *supply* 1181 ton/tahun dan *demand* 378 ton/tahun, Beras dengan *supply* 1285 ton/tahun dan *demand* 1165 ton/tahun, serta sayuran bumbu dapur dengan *supply* 29210 ton/tahun dan *demand* 26846 ton/tahun.

4.2 Lokasi Penelitian

4.2.1 Dinas Perhubungan Provinsi

Untuk mengetahui trayek eksisting setiap moda yang ada di Sulawesi, penulis pergi ke Dinas Perhubungan Provinsi. Menemukan seorang bapak dan ibu yang sangat baik sudah mau menerima penulis meskipun sebenarnya harus disposisi kepada kepala dinas. Hasil pertemuan dengan Dinas Laut, Udara, dan Darat, menghasilkan trayek eksisting, lalu penulis memilih trayek mana yang sama karena akan dibandingkan biaya, waktu, dan jarak. Penulis juga sempat berwawancara dengan petugas dinas perhubungan darat, bagaimana kondisi transportasi moda untuk distribusi atau pengiriman muatan pada saat ini.



Sumber : Penulis, 2019

Gambar 4.2 Kantor Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Selatan

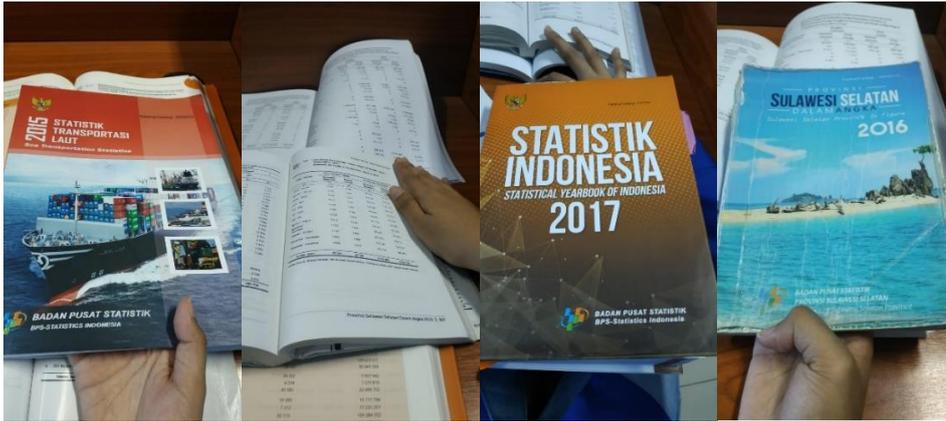


Sumber : Penulis, 2019

Gambar 4.3 Kondisi Jalur Transportasi Moda Darat Saat Hujan

4.2.2 Badan Pusat Statistik Makassar

Karena penulis tidak menemukan data trayek laut pada hari pertama ke Dinas Perhubungan, akhirnya penulis pergi menuju Badan Pusat Statistik. Disana penulis mendapatkan beberapa refrensi yang bisa dijadikan acuan untuk data-data penunjang perhitungan penulis.

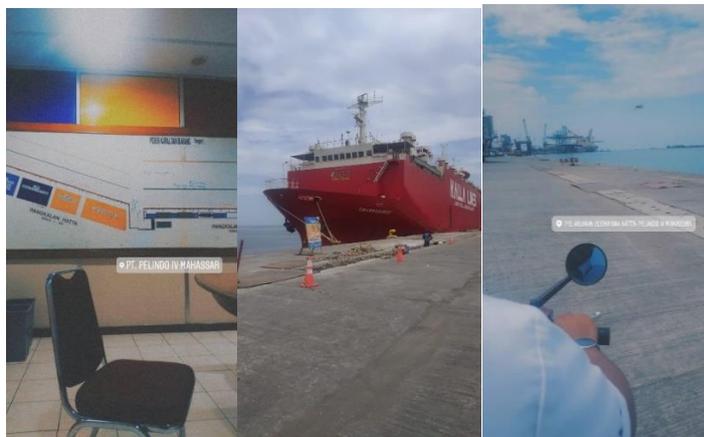


Sumber : Penulis,2019

Tabel 4.1 Buku Badan Pusat Statistik

4.2.3 PT. Pelindo 4 cabang Makassar

Di PT. Pelindo 4 cabang Makassar sudah tersusun rapih seperti yang sudah diperkirakan oleh penulis. Penulis mendapatkan data yang dibutuhkan seperti arus muat, jadwal kapal sandar, tarif pelayanan antara Sulawesi Selatan ke Sulawesi Tenggara, begitu pula sebaliknya. Di pelabuhan ini, penulis diajak oleh petugas PPSA untuk rapat penentuan jadwal.



Sumber : Penulis, 2019

Gambar 4.4 Pelabuhan Pelindo 4 Cabang Makassar

4.3 Analisis Kondisi Eksisting

4.3.1 Pulau Sulawesi

Sulawesi adalah pulau terbesar kesebelas di dunia, meliputi area seluas 174600 km² (67413 sq mi). Bagian tengah pulau ini bergunung-gunung dengan permukaan kasar, sehingga semenanjung di Sulawesi pada dasarnya jauh satu sama lain, yang lebih mudah dijangkau melalui laut daripada melalui jalan darat. Ada tiga teluk yang membagi semenanjung-semenanjung di Sulawesi, dari utara ke selatan, yaitu Teluk Tomini, Tolo

dan Bone. Ketiganya memisahkan Semenanjung Minahasa atau Semenanjung Utara, Semenanjung Timur, Semenanjung Tenggara dan Semenanjung Selatan.

Selat Makassar membentang di sepanjang sisi barat pulau ini. Sulawesi dikelilingi oleh Kalimantan di sebelah barat, oleh Filipina di sebelah utara, oleh Maluku di timur, serta oleh Flores dan Timor di selatan. Selain geografisnya, Sulawesi juga memiliki penduduk yang cukup padat. Salah satunya ada di provinsi Sulawesi Selatan yang bertepatan di kota Makassar dan provinsi Sulawesi Tenggara yang bertepatan di kota Kendari. Karena semakin padatnya penduduk, konsumsi bahan pokok penduduk juga semakin meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diproduksi lah komoditas unggulan dan terjadilah perdagangan antar provinsi.



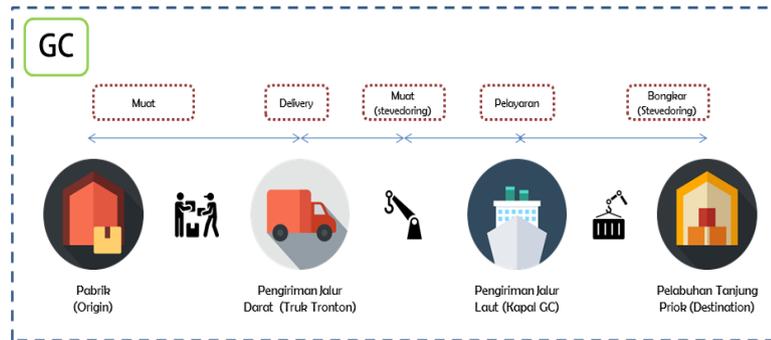
Sumber : Google Maps, 2019

Gambar 4.5 Peta Sulawesi Menurut Provinsi

4.4 Proses Distribusi Muatan

4.4.1 Kapal General Cargo

Skenario distribusi muatan menggunakan kapal RoRo dari pabrik ke pelabuhan(asal) sampai ke pelabuhan(tujuan). Sebagaimana di tunjukan pada gambar berikut:



Sumber : Stella, 2018

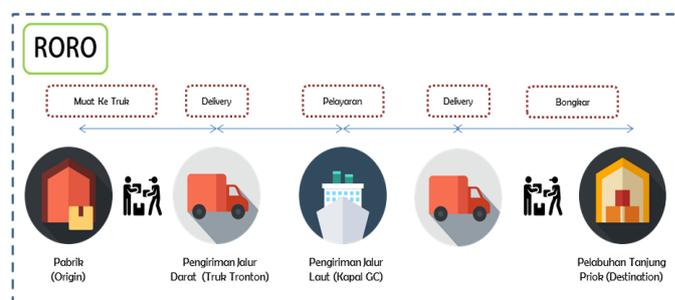
Gambar 4.6 Distribusi Kapal *General Cargo*

Penjelasan pemetaan alur muatan menggunakan kapal *general cargo* pada Gambar 8 adalah sebagai berikut.

1. Muatan dimuat ke dalam moda transportasi darat (tronton)
2. Lalu muatan di distribusikan dari daerah asal (gudang/pabrik) menuju ke pelabuhan asal.
3. Sampai di pelabuhan muatan yang berada di dalam truk dibongkar dari truk dan dimuat ke kapal *general cargo* menggunakan *gantry jib crane* di pelabuhan asal.
4. Selanjutnya produk di distribusikan melalui jalur laut menggunakan moda transportasi laut (kapal *general cargo*).
5. Setelah sampai di pelabuhan tujuan, muatan dibongkar dan ditempatkan di gudang pelabuhan.
6. Lalu muatan didistribusikan ke gudang/pabrik tujuan menggunakan truk box

4.4.2 Kapal RoRo

Skenario distribusi muatan menggunakan kapal RoRo dari pabrik ke pelabuhan(asal) sampai ke pelabuhan(tujuan). Sebagaimana di tunjukan pada gambar berikut:



Sumber : Stella, 2018

Gambar 4.7 Proses Distribusi Kapal RoRo

Penjelasan pemetaan alur muatan menggunakan kapal RoRo pada Gambar 6 adalah sebagai berikut.

1. Muatan dimuat ke dalam moda transportasi darat (tronton).
2. Lalu muatan di distribusikan dari daerah asal (gudang/pabrik) menuju ke pelabuhan asal.
3. Selanjutnya muatan di distribusikan melalui jalur laut menggunakan moda transportasi laut (kapal roro).
4. Setelah sampai di pelabuhan tujuan, muatan ditempatkan di gudang pelabuhan.
5. Lalu setelah menjalani proses yang ada dipelabuhan, muatan didistribusikan ke daerah tujuan (gudang/pabrik).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan perencanaan biaya pengiriman dan waktu serta rute alternative hasil dari Pola Operasi. Perbandingan rute antara rute eksisting dan rute baru hasil pola operasi transportasi akan dilakukan, moda transportasi darat yang dibandingkan adalah Tronton. Sedangkan, untuk moda transportasi laut yang dibandingkan adalah kapal Roro dan *General Cargo*. Adapun, komponen analisis pada bab ini terdiri dari analisis biaya transportasi darat, biaya *cargo handling* dan biaya transportasi laut.

5.1 Kondisi Eksisting

5.1.1 Potensi *Supply* dan *Demand*

Pada perhitungan ini *Supply* dan *Demand* tiap moda transportasi berbeda-beda kapasitas angkutnya. Ada yang bisa mengangkut penuh dan memenuhi *demand*, ada yang hanya membawa separuh muatan tetapi frekuensinya sangat banyak dalam satu hari. Untuk perhitungan *Supply Demand* moda darat dan laut eksisting, penulis sudah mendapatkan data pembagian dari Pelindo 4, tetapi muatannya tidak dispesifikasi, akhirnya penulis memilih muatan yang sekiranya sensitif terhadap waktu dan jarak, dan yang terpenting karena muatan yang diangkut adalah bahan pokok yaitu makanan, muatan ini bisa diangkut dari Sulawesi Selatan ke Sulawesi tenggara, begitu pula sebaliknya.

Tabel 5.1 Matrix *Supply Demand* Transportasi Laut

Matrix Demand Laut	Jumlah Muatan (ton)					
	Makassar	Bone	Parepare	Palopo	Kolaka	Kendari
Makassar		39.27	8.16	8.75	24932.39	10027.62
Bone						
Parepare						
Palopo						
Kolaka						
Kendari	137.70				7223.30	

Sumber : PELINDO 4 Cabang Makassar, 2019

Karena untuk perbandingan antarmoda, maka matrix dari *supply demand* tiap moda disamakan kebutuhan pengirimannya. Berikut adalah matrix dari transportasi darat:

Tabel 5.2 Matrix Supply Demand Moda Transportasi Darat

Matrix Demand Darat	Jumlah Muatan (ton)					
	Makassar	Bone	Parepare	Palopo	Kolaka	Kendari
Makassar		39.27	8.16	8.75	24932.39	10027.62
Bone						
Parepare						
Palopo						
Kolaka						
Kendari	137.70				7223	

Sumber : PELINDO 4 Cabang Makassar, 2019

Didalam arus muat yang ada di data Pelindo 4 cabang Makassar, semua distribusi atau *supply* untuk rute eksisting yang ada antar provinsi dengan memakai moda laut dan moda darat adalah Makassar, Manado, Kendari, dan Palu. Tetapi karena batasan penelitian ini hanya dari Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara, maka pemasok atau pendistribusi terbesar adalah Makassar dan Kendari. Tabel diatas merupakan matrix *demand* yang penulis buat supaya mudah menghitung analisis biaya, dengan Makassar menyupply Bone sebesar 39,27 ton/tahun, Parepare 8,16 ton/tahun, Palopo 8,75 ton/tahun, Kolaka 2.4932,39 ton/tahun, dan Kendari 10.027,62 ton/tahun. Untuk muatan baliknya karena rute ini menggunakan *multiport circle*, jadi akan balik ke asal lagi setelah semua tujuan terpenuhi. Namun dari data diatas, Kendari mendistribusikan barang lagi ke Kolaka sebesar 7.361 ton/tahun dan Makassar sebesar 137,7 ton/tahun. Karena untuk perbandingan, kebutuhan *supply* dan *demand* moda laut dan darat disamakan matrixnya.

5.1.2 Rute Eksisting

Kondisi penyaluran muatan di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara sekarang melalui moda darat dan laut, sebenarnya ada transportasi udara dengan menggunakan moda pesawat, tetapi dirasa truk dan kapal sudah memenuhi di Tugas Akhir ini. Berikut ini adalah jarak dan rute yang digunakan saat ini:

Tabel 5.3 Rute Eksisting

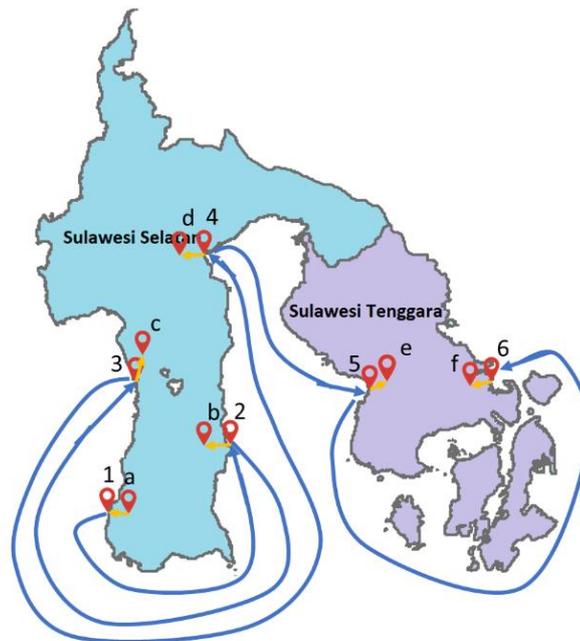
RUTE	Jarak (km)	Jarak (Nm)
Makassar - Bone - Parepare - Palopo - Kolaka - Kendari	1147	619.33
Kendari - Kolaka - Makasar	1026	554.00

Sumber : Dinas Perhubungan Provinsi Sulawesi Selatan, 2019

Dilihat dari rute, sudah pasti rute diatas adalah bentuk multiport, untuk kawasan Sulawesi Selatan, yaitu ada rute dengan Makassar – Bone – Parepare – Palopo – Kolaka – Kendari, sebenarnya setelah dari Kendari rute tersebut membawa muatan balik yang

menyambung pada rute selanjutnya namun tidak melewati beberapa daerah rute yang telah disebutkan tadi, berjenis *circle multiport*, rute ini balik lagi keasal nya Makassar dengan membawa muatan untuk Kolaka terlebih dahulu, tetapi tak jarang juga Makassar mempunyai demand, dan kadang Kendari harus membawa muatan full untuk ke Makassar (Pak Ari PPSA cabang Makassar, 2019).

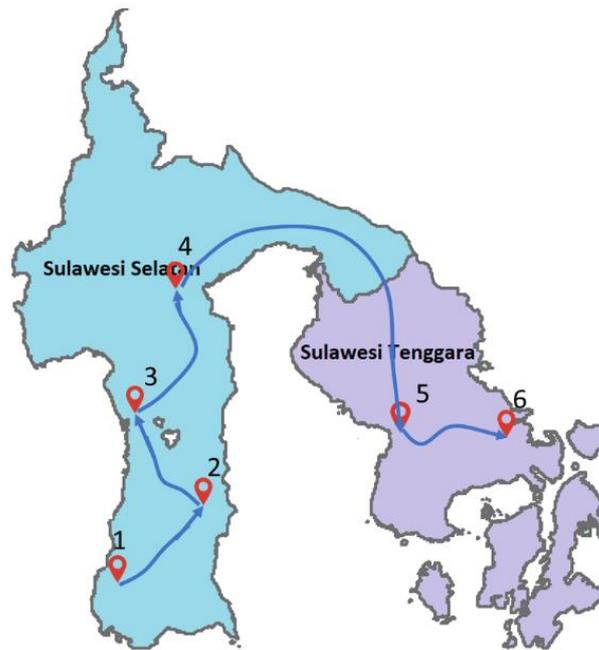
Untuk node nya sendiri dengan angka yaitu 1 untuk Pelabuhan Makassar, 2 untuk Pelabuhan Bone, 3 untuk Pelabuhan Parepare, 4 untuk Pelabuhan Palopo, 5 untuk Pelabuhan Kolaka, dan yang terakhir 6 adalah Pelabuhan Kendari. Karena sistem yang dipakai adalah *door to door* maka node untuk a adalah Industri KIMA, node b adalah Industri Bone, c adalah Industri Parepare, d adalah Industri KIPA, e adalah Industri Kolaka, dan yang terakhir adalah f yaitu industri Kendari. Tetapi karena ini *multiple circle*, maka ada muatan balik yang di bawa dari Kendari menuju Makassar, dengan menurunkan beberapa muatan terlebih dahulu di Kolaka.



Sumber : Penulis, 2019

Gambar 5.1 Pola Multiport Transportasi Laut Eksisting

Sedangkan untuk moda darat juga mempunyai peta sendiri dengan bentuk rute sebagai berikut:



Sumber : Penulis, 2019

Gambar 5.2 Pola Multidoor Transportasi Darat Eksisting

Dari hasil peta diatas untuk pola rute moda darat, untuk node 1 nya adalah Industri KIMA, node 2 nya adalah Industri Bone, node 3 nya adalah Industri Parepare, node 4 nya adalah Industri KIPA, node 5 nya adalah Industri Kolaka, dan yang terakhir node 6 nya adalah Industri Kendari.

5.1.3 Analisis Kondisi Eksiting Transportasi Darat

a. Spesifikasi Truk Eksisting

Moda transportasi darat yang dipilih untuk analisis perhitungan sesuai dengan moda transportasi laut yang di gunakan. Seperti kapal ro-ro dan *general cargo* menggunakan tronton. Tetapi penulis juga menghitung biaya transportasi darat dengan sistem *door to door* untuk perbandingan pengiriman melalui moda darat. Berikut adalah spesifikasi dari masing-masing truk.

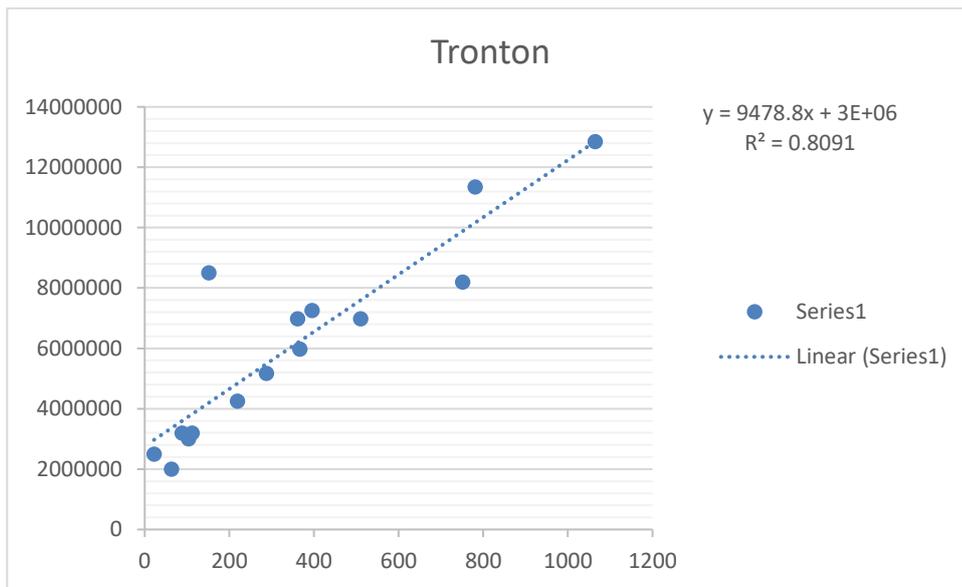
Tabel 3 memberikan informasi tentang spesifikasi tronton yang digunakan untuk mengangkut muatan dengan sistem *door to door*, tetapi karena penelitian ini perbandingan antar moda, penulis juga memakai truk tronton untuk mendistribusikan barang dari pabrik ke pelabuhan dengan truk ini. Biasanya truk ini menggunakan kapal *general cargo* dan ro-ro. Tronton ini berkapasitas 15 ton dengan volume ruang muat sebesar 31,87m³.

Tabel 5.4 Spesifikasi Truk Tronton

Keterangan	Nilai	satuan
Panjang	6,3	m
Lebar	2,2	m
Tinggi	2,3	m
Volume	31,87	m ³
Kapasitas	15.000	Kg
	15	Ton
Kecepatan	30-35	Km/jam

b. Regresi Tarif Truk

Untuk menentukan tarif sewa truk, dilakukan pendekatan dari tarif truk dikatalog yang sudah ada dipasaran, karena tidak mungkin menggunakan truk sendiri (beli). Maka diputuskan untuk perhitungan truk menggunakan sewa, yang digregresi berdasarkan pendekatan jarak.



Sumber : Cargo.tech, 2019

Gambar 5.3 Hasil Regresi Tarif

Didapat hasil $y = 9478.8x + 3000000$, dengan memasukkan x nya sebagai jarak, maka akan didapat biaya truk sewa dalam seharinya. Asal (pabrik/kebun) menuju pelabuhan Panjang menggunakan tonton atau trailer. Komponen biaya transportasi darat adalah terdiri dari *fixed cost* dan *variable cost*. *Fixed cost* adalah biaya yang sudah dipastikan tetap ada meskipun tidak ada aktivitas pengiriman seperti biaya sewa truk dan biaya *driver*. Sedangkan, *variable cost* adalah biaya yang ada karena pengiriman seperti biaya bahan bakar, parkir dan lain-lainya.

c. Analisis Biaya Eksisting

Tabel 5.5 Analisis Biaya Truk Eksisting

Rute		Makassar - Bone - Parepare - Palopo - Kolaka - Kendari	Kendari - Kolaka - Makassar
Muatan	ton/tahun	35016.19	7361
Kapasitas Truk (ton)	ton	15	15
Jarak (km)	r.trip/km	1147	1026
Frekuensi	kali/tahun	32.40	36.60
Jumlah Kebutuhan Truk	unit/tahun	2335	491
	unit/frek	156	33
Waktu Perjalanan	jam/r.trip	35.50	31.76
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 13,872,184	Rp 12,725,249
Operational Cost	Rp/tahun	Rp 250,000	Rp 250,000
Voyage Cost	Rp/tahun	Rp 5,720,300	Rp 5,127,400
Total Cost	Rp/tahun	Rp 642,896,469	Rp 662,556,946
Total Cost	Rp/r.trip	Rp 19,842,484	Rp 18,102,649
Unit Cost	Rp/ton.mile	Rp 16	Rp 88

Dilihat dari 44able analisis biaya diatas, menjelaskan bahwa rute eksisting untuk moda darat yang polanya *multidoor* juga masih banyak digunakan, di Sulawesi digunakan satu jenis truk, yaitu tronton box. Dengan kapasitas 15 ton untuk tronton box, ditemukan unit cost dan waktu yang ditempuh dari jarak dibagi dengan kecepatan standart truk tronton. Sebenarnya untuk kecepatan di katalog dengan realita kadang berbeda, perhitungan ini melakukan pendekatan sebagaimana yang penulis liat dari katalog dan truk di jalan pada umumnya. Analisis biaya ini menghasilkan jarak, waktu, total biaya roundtrip dan unit cost.

5.1.4 Analisis Kondisi Eksisting Trasnsportasi Laut

Moda Transportasi Laut yang digunakan dalam kondisi eksisting ini adalah kapal *general cargo*. Kapal ini sudah ada dalam kondisi saat ini, karena muatan yang dikirim adalah muatan yang telah di *packaging* dan siap di pasarkan. Untuk spesifikasi pada setiap kapal dapat terlihat pada tabel dibawah ini.

a. Spesifikasi Ukuran Utama

Dibawah ini adalah spesifikasi dari kapal yang ada dalam rute eksisting

Tabel 5.6 Ukuran Utama Kapal Eksisting

Ukuran Utama		
L	80.5	M
B	13	M
H	5	M
Payload	3500	Ton
DWT	3850	Ton

Sumber : PELINDO 4 Cabang Makassar, 2019

b. Data Waktu Kapal

Untuk mengetahui waktu kapal beroperasi, dibutuhkan berbagai macam data pendukung seperti frekuensi maksimal, waktu di pelabuhan dan lain-lain. Berikut ini adalah data waktu yang dibutuhkan kapal eksisting.

Tabel 5.7 Data Waktu Kapal

Roundtrip Time :			
> Seetime			
Asal - Tujuan	=	59.7	jam
Tujuan - Asal	=	50.4	jam
Total Sea Time	=	110.1	jam
	=	4.59	hari
> Porttime			
AT+WT	=	12	jam
Origin	=	12	jam
	=	0.50	hari
AT+WT	=	48.00	jam
Destination	=	48	jam
	=	2.00	hari
Total Porttime	=	60	jam
Roundtrip Time	=	170.1	jam
	=	7.09	hari
Muatan Pergi	=	35,016	ton
Muatan Balik	=	7,361	ton
Kargo Terangkut Pergi	=	470	ton
Kargo Terangkut Balik	=	99	ton
Frekuensi Max Pergi	=	47.0	kali
Frekuensi Max Balik	=	47.0	kali
Jumlah Kapal Pergi	=	1.00	kapal
Jumlah Kapal Balik	=	1.00	kapal
Frekuensi Seluruh kapal Pergi	=	11.0	kali
Frekuensi Seluruh kapal Balik	=	3.0	kali
Frekuensi Setiap Kapal Pergi	=	11.0	kali
Frekuensi Setiap Kapal Balik	=	3.0	kali

c. Analisis Biaya Kapal Eksisting

Komponen biaya transportasi laut terdiri dari beberapa komponen yaitu *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost*. Perhitungan biaya *multiport* didapatkan dari *total cost* pelayaran dibagi dengan jenis kapal yang dipakai dalam perhitungan.

Tabel 5.8 Time Charter Kapal Eksisting

Asal	Tujuan	Time Charter Cost (Rp/tahun)
Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Parepare	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Parepare	Pelabuhan Palopo	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Kendari	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Kolaka	Rp 1,958,003,113
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Makassar	Rp 1,958,003,113

Tabel 5.9 Biaya Kapal Eksisting

Asal	Tujuan	Voyage Cost (Rp/tahun)	Cargo Handling Cost (Rp/tahun)	Total Cost (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone	Rp 5,118,445,035	Rp 111,238,608	Rp 7,187,686,756	Rp 1,842,195
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Parepare	Rp 10,043,256,929	Rp 12,120,148	Rp 12,013,380,191	Rp 16,932,226
Pelabuhan Parepare	Pelabuhan Palopo	Rp 15,538,489,727	Rp 13,954,243	Rp 17,510,447,083	Rp 16,257,671
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	Rp 21,967,280,359	Rp 35,154,671,716	Rp 59,079,955,188	Rp 9,428
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Kendari	Rp 27,061,322,797	Rp 17,648,604,194	Rp 46,667,930,104	Rp 48,423
Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Kolaka	Rp 32,155,364,960	Rp 25,101,010,000	Rp 59,214,378,074	Rp 85,295
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Makassar	Rp 40,186,785,206	Rp 166,544,092	Rp 42,311,332,412	Rp 670,301

Untuk analisis biaya kapal eksisting, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah payload yaitu 3500 ton dalam satu kali trip. Karena rutenya multiport maka unit cost tiap pelabuhan yang dituju berbeda. Karena tujuannya adalah pengiriman Makassar – Kendari, dihasilkan biaya unit senilai Rp 85.295 /ton.nmile dan karena dari Kendari juga ada muatan balik ke Makassar, dihasilkan biaya unit senilai Rp 670.301 /ton.nmile.

d. Analisis Biaya Truk Di Pelabuhan Eksisting

Karena untuk menghitung analisis biaya kapal menggunakan sistem *door to door*, maka penulis juga menganalisis biaya truk dipelabuhan dari mulai industri asal ke pelabuhan asal, selanjutnya dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan.

Tabel 5.10 Jarak Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Jarak (km)
Industri KIMA - Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone - Industri Bone	44.6
	Pelabuhan Parepare - Industri Parepare	31.4
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	47
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	30.2
	Pelabuhan Kendari - Industri Kendari	61.8
Industri Kendari - Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	40
	Pelabuhan Makassar - Industri KIMA	61.8

Setelah mengetahui jarak dari mulai asal ke tujuan, selanjutnya dihitung analisis biaya sebagai berikut:

Tabel 5.11 Biaya Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Sewa Truk (Rp/tahun)	Operational Cost (Rp/Tahun)	Voyage Cost (Rp/tahun)	Total Cost (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton.mile)
Industri KIMA - Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone - Industri Bone	Rp 7,301,993,433	Rp 350,700,000	Rp 882,252,420	Rp 8,534,945,853	Rp 4,872,819
	Pelabuhan Parepare - Industri Parepare	Rp 7,295,754,567	Rp 350,400,000	Rp 881,505,460	Rp 8,527,660,027	Rp 33,275,053
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	Rp 7,295,828,501	Rp 350,400,000	Rp 881,581,900	Rp 8,527,810,401	Rp 20,739,300
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 12,314,831,787	Rp 599,700,000	Rp 1,331,203,540	Rp 14,245,735,327	Rp 18,920
	Pelabuhan Kendari - Industri Kendari	Rp 9,413,238,552	Rp 450,600,000	Rp 1,165,834,980	Rp 11,029,673,532	Rp 17,798
Industri Kendari - Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 3,011,902,667	Rp 145,950,000	Rp 339,300,780	Rp 3,497,153,447	Rp 12,104
	Pelabuhan Makassar - Industri KIMA	Rp 1,587,540,469	Rp 145,950,000	Rp 212,655,220	Rp 1,946,145,689	Rp 228,699

Untuk analisis biaya truk dipelabuhan yang dihasilkan pada data tersebut diatas, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah kapasitas truk tronton yaitu 15 ton, trip pertahunnya sejumlah 2335 kali untuk asal tiap tahunnya, dan untuk tujuan menyesuaikan kedatangan muatan.

5.2 Kondisi Alternatif

5.2.1 Potensi Supply Demand

Karena pada rute alternatif ada di tengah dan pelabuhannya diantara teluk yang memisahkan Sulawesi Selatan dan Tenggara, kebutuhannya juga jelas berbeda, tetapi penulis masih memakai jumlah demand yang sama tahun 2018. Untuk mencari potensi *demand* daerah dilakukan dengan mencari probabilitas angkut dari tiap daerah, jadi jumlah kebutuhan konsumsi tiap penduduk dikalikan dengan *supply* tahun 2018. Lalu dihasilkan lah matrix demand sebagai berikut:

Tabel 5.12 Matrix Kebutuhan (Port to Port)

Matrix Kebutuhan Port To Port (ton)			
Rute	Asal	Tujuan	Demand
1-5	LRS	KLK	8964.83
2-5	SWA	KLK	6623.26
3-5	PLP	KLK	7157.99
4-5	BJE	KLK	9416.91
6-1	TGT	LRS	1057.54
6-2	TGT	SWA	2467.59
6-3	TGT	PLP	2145.58
6-4	TGT	BJE	785.30

Tabel 5.13 Matrix Kebutuhan (Multiport)

Matrix Kebutuhan Multiport (ton)						
Asal/Tujuan	LRS	BJE	SWA	PLP	KLK	TGT
LRS		33.70	29.30	10.73	15724.11	19218.35
BJE						
SWA						
PLP						
KLK						
TGT	7361.00					

Karena rute alternative terdapat dua skenario yang harus dihitung menggunakan kebutuhan pengiriman untuk mencari biaya unit, maka penulis membuat dua matrix yang menyesuaikan pola rute alternative.

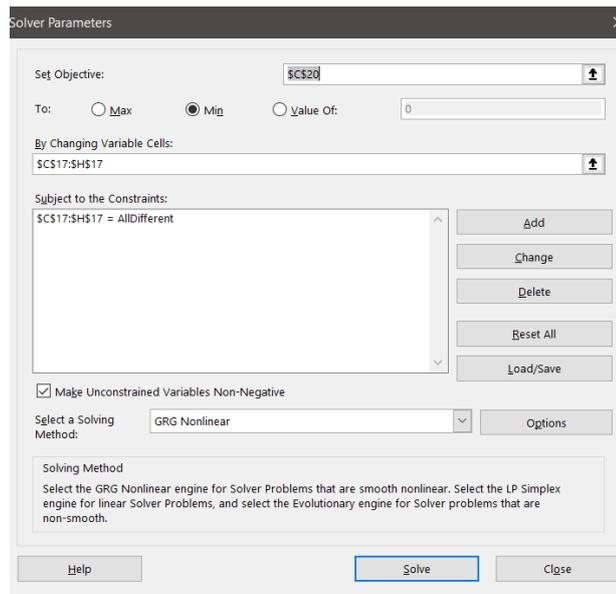
5.2.2 Pengembangan Rute dan Pola Operasi

Karena perbandingan ini memakai pola operasi transportasi hanya untuk moda laut, pembagian *demand* tidak bisa dipakai lagi. Karena pola operasi berada ditengah kaki pulau Sulawesi, maka pelabuhannya juga baru dan harus tahu jumlah kebutuhan daerah yang ada disekitar pelabuhan itu atau bahkan satu kota besar yang *supplynya* dari pelabuhan hasil rute alternatif ini.

Tabel 5.14 Skenario Rute

Skenario Multiport								
Nomor Lintasan	Nama Peabuhan	Kode Pelabuhan	Jarak (Nm)					
			1	2	3	4	5	6
			LRS	SWA	PLP	BJE	KLK	TGT
1	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	LRS		96.24	148.66	40.08	103.20	86.13
2	Pelabuhan Siwa	SWA	96.24		52.27	53.33	73.66	77.44
3	Pelabuhan Palopo	PLP	148.66	52.27		106.25	106.51	114.21
4	Pelabuhan Bajoe	BJE	40.08	53.33	106.25		75.43	66.37
5	Pelabuhan Kolaka	KLK	103.20	73.66	106.51	75.43		19.38
6	Pelabuhan Tanggetada	TGT	86.13	77.44	114.21	66.37	19.38	

Pelabuhannya dipilih berdasarkan parameter teluk, karena kaki Sulawesi itu adalah Teluk yang memisahkan dua provinsi, rute alternatif ini dipilih berdasarkan jarak terpendek. Karena ini hanya rute usulan, penulis menggunakan metode *nearest route* yang ada di *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Berikut ini adalah solver yang ada di excel



Sumber : Penulis, 2019

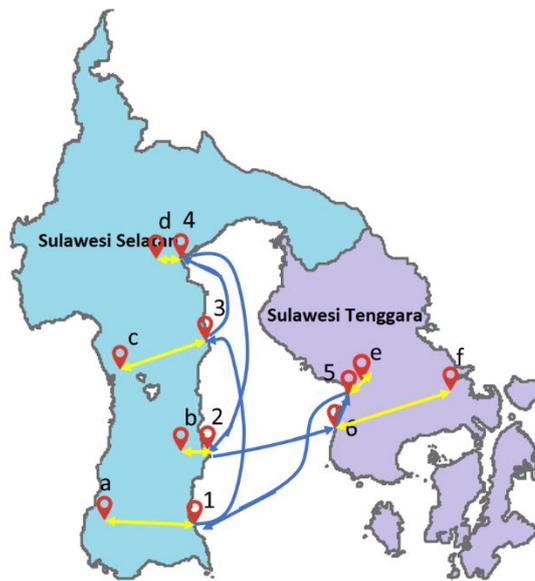
Gambar 5.4 Solver TSP (Menggunakan GRG)

Sebelumnya, ada beberapa komponen model yang harus ada dalam mencari rute terpendek paling optimum melalui solver, yaitu total jarak agar tahu seberapa jarak lintasan dari rute optimum tersebut. Lalu *constraint* terpilihnya dari mana asal sampai tujuan lalu balik ke asal rute tersebut. Keterangan solver diatas adalah *Objective Function* nya adalah total jarak, lalu untuk *changing variable* nya sendiri adalah jarak masing masing rute yang sudah ada matrixnya tadi. Selanjutnya adalah *constraint* , setelah itu dissolve menggunakan *GRG Nonlinear*. Terpilihnya rute sebagai berikut:

Tabel 5.15 Rute Alternatif Terpilih Pola Multiport

Hasil Skenario Multiport								
Rute Usulan Baru		1	2	3	4	6	5	1
Pelabuhan	LRS	SWA	PLP	BJE	KLK	TGT	LRS	
Jarak (nm)		96.24	52.27	106.25	66.37	19.38	103.20	103.20
Total Jarak		546.90 nm						
Rute Usulan Baru		1-2-3-4-6-5-1						

Dengan pola multiport seperti dibawah ini:



Gambar 5.5 Peta Alur Multiport

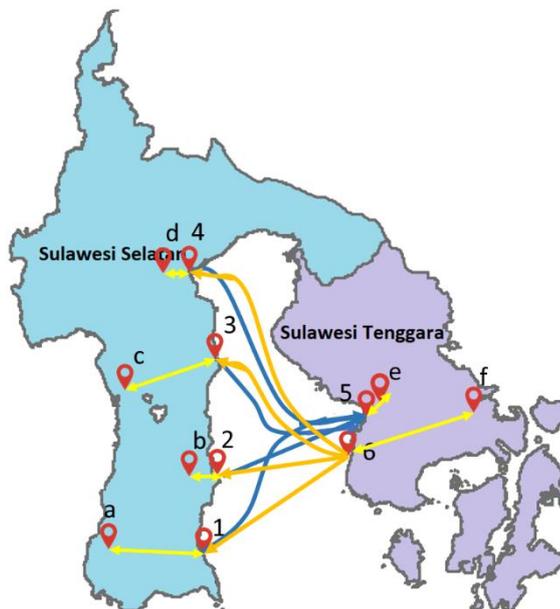
Sesuai peta alur tersebut diatas, sistem yang digunakan adalah *door to door*, untuk node diatas nomor 1 adalah Pelabuhan Larea Rea Sinjai, nomor 2 adalah Pelabuhan Bone, nomor 3 adalah Pelabuhan Siwa, nomor 4 adalah Pelabuhan Palopo, nomor 5 adalah Pelabuhan Kolaka, dan nomor 6 adalah Pelabuhan Tanggetada. Untuk node selanjutnya node truk pelabuhan yaitu node a untuk Industri KIMA, node b untuk Industri Bone, node c untuk Industri Parepare, node d untuk Industri KIPA, node e untuk Industri Kolaka, dan yang terakhir node f untuk Industri Kendari.

Selanjutnya, untuk rute dengan pola *port to port*, penulis membuat skenario dari kemungkinan rute berdasarkan rute alternative diatas, dipilih dengan parameter pelabuhan dari Sulawesi Selatan harus mengirim muatan ke Sulawesi Tenggara dan sebaliknya. Untuk skenario rute dan peta yang didapat adalah sebagai berikut:

Tabel 5.16 Skenario Pola Port to Port

Skenario Rute Port to Port						
Rute Ke -	Asal	Tujuan	Hasil Rute	Node		Jarak
				Asal	Tujuan	
1	1	51-5		Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka	103.20
2	2	52-5		Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka	73.66
3	3	53-5		Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	106.51
4	4	54-5		Pelabuhan Bajoe	Pelabuhan Kolaka	75.43
5	6	16-1		Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	86.13
6	6	26-2		Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa	77.44
7	6	36-3		Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Kolaka	114.21
8	6	46-4		Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bajoe	66.37

Dengan pola multiport seperti dibawah ini:



Gambar 5.6 Skenario Port to Port

Sesuai peta alur tersebut diatas, sistem yang digunakan adalah *door to door*, untuk node diatas nomor 1 adalah Pelabuhan Larea Rea Sinjai, nomor 2 adalah Pelabuhan Bone, nomor 3 adalah Pelabuhan Siwa, nomor 4 adalah Pelabuhan Palopo, nomor 5 adalah Pelabuhan Kolaka, dan nomor 6 adalah Pelabuhan Tanggetada. Untuk node selanjutnya node truk pelabuhan yaitu node a untuk Industri KIMA, node b untuk Industri Bone, node c untuk Industri Parepare, node d untuk Industri KIPA, node e untuk Industri Kolaka, dan yang terakhir node f untuk Industri Kendari.

Karena sudah terpilih dua skenario dengan dua tipe pola operasi yang berbeda, maka pola operasi tersebut harus dibandingkan bersamaan dengan perhitungan kapal yang ada, agar tau biaya per unitnya. Yang terpilih dari perhitungan kapal masing-masing pola operasi adalah *multiport* karena dirasa paling optimum dan bisa memenuhi permintaan tiap pelabuhan, serta tidak begitu significant waktu dan jaraknya.

5.2.3 Analisis Kondisi Alternatif Transportasi (*Multiport*)

Moda Transportasi Laut yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 moda yaitu, kapal ro-ro dan *general cargo*. Kapal ini di pilih karena muatan yang dikirim adalah muatan yang telah di *packaging* dan siap di pasarkan. Untuk spesifikasi pada setiap kapal dapat terlihat pada tabel dibawah ini.

a. Spesifikasi Kapal *General Cargo*

Spesifikasi dari kapal yang sudah dihitung menggunakan perhitungan desain kapal dengan menentukan ukuran utama sebagai acuan, berikut adalah spesifikasi kapal baru hasil solver paling optimum.

Tabel 5.17 Ukuran Utama Kapal *General Cargo*

Ukuran Utama (m)				Payload (ton)	GT
L	B	T	H		
66.72	6.09	3.82	3.15	461	404.19

Tabel diatas menunjukkan hasil spesifikasi kapal eksisting terbaik berdasarkan hasil *solver* yang telah dilakukan.

b. Spesifikasi Kapal RoRo

Spesifikasi dari kapal yang sudah dihitung menggunakan perhitungan desain kapal dengan menentukan ukuran utama sebagai acuan, berikut adalah spesifikasi kapal baru hasil solver paling optimum.

Tabel 5.18 Ukuran Utama Kapal RoRo

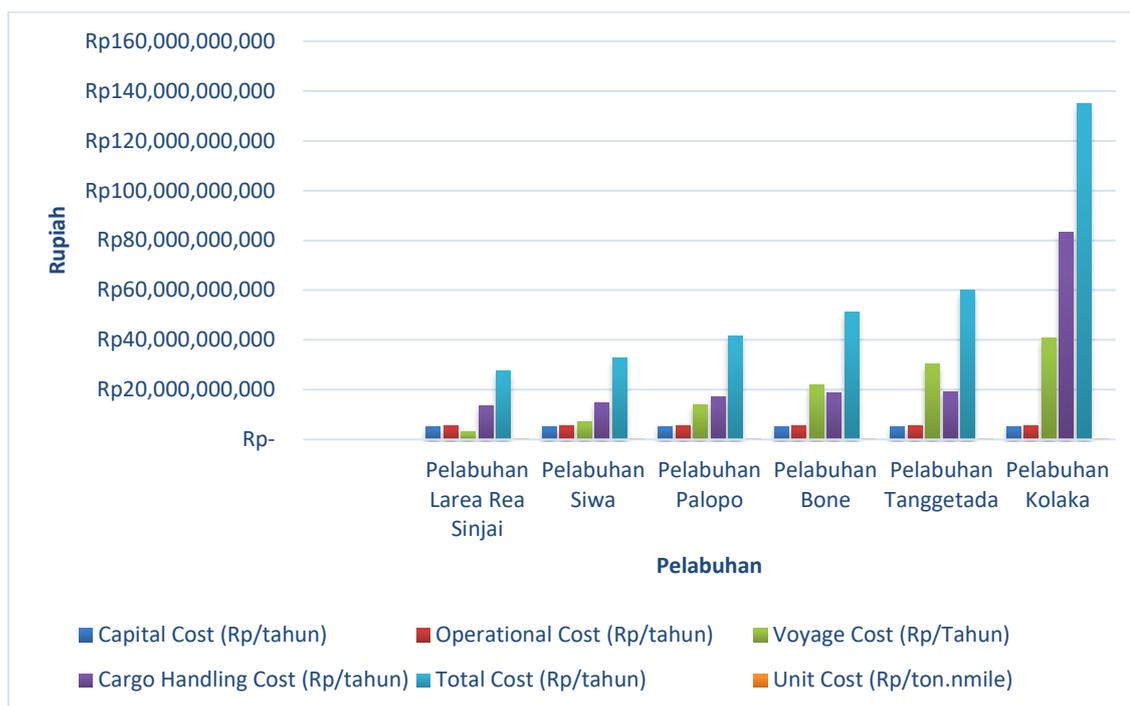
Ukuran Utama (m)				Payload (ton)	GT
L	B	T	H		
34.00	15.00	3.10	2.00	1174	461

Tabel diatas menunjukkan hasil spesifikasi kapal eksisting terbaik berdasarkan hasil *solver* yang telah dilakukan.

c. Analisis Biaya Kapal *General Cargo*

Komponen biaya transportasi laut terdiri dari beberapa komponen yaitu *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost*.

Tabel 5.19 Analisis Biaya Kapal General Cargo



Dari hasil analisis diatas grafik menunjukkan masing masing komponen *cost* dari skenario *multiport* dari kapal *general cargo*, dengan masing masing biaya unit untuk pelabuhan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.20 Biaya Unit Kapal General Cargo

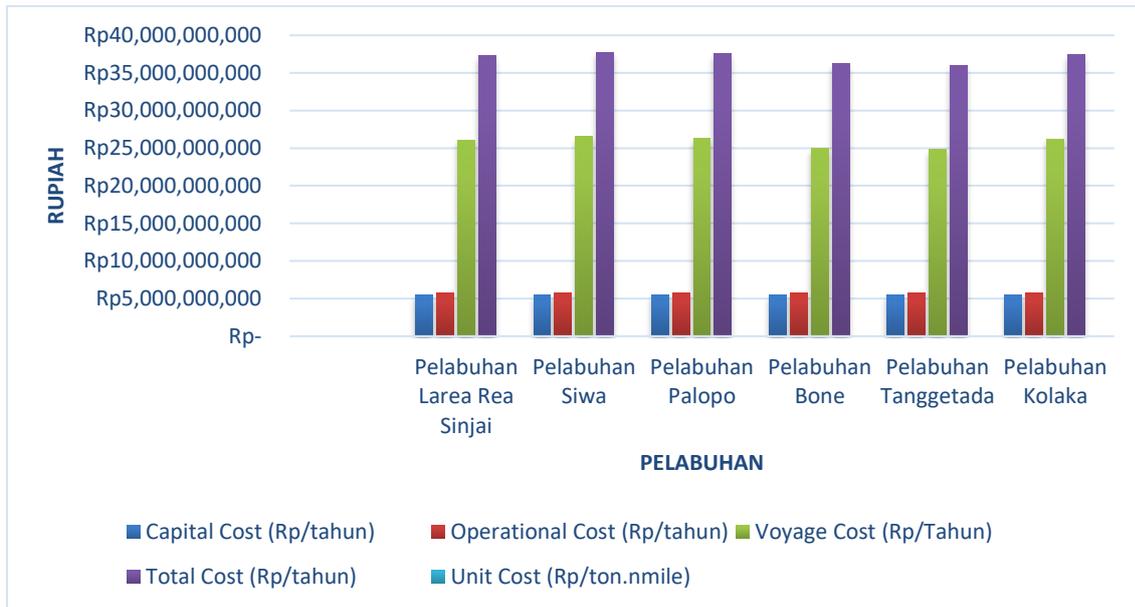
Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa	Rp 9,712,363
Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Palopo	Rp 58,422,900
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Bone	Rp 11,617,275
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Tanggetada	Rp 43,012
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Kolaka	Rp 160,620
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Rp 212,586

Untuk total biaya unit dengan menggunakan kapal *general cargo* yang menggunakan pola operasi *multiport* dengan rute alternative untuk ke Pelabuhan Siwa sebesar Rp 9.712.363 /ton.nmile, ke Pelabuhan Palopo sebesar Rp 58.422.900 /ton.nmile, ke Pelabuhan Bone Rp 11.617.275 /ton.nmile, ke Pelabuhan Tanggetada Rp 43.012 /ton.nmile, ke Pelabuhan Kolaka Rp 160.620 /ton.nmile dan ke Pelabuhan Larea Rea Sinjai sebesar Rp 212.586 /ton.nmile.

d. Analisis Biaya Kapal RoRo

Komponen biaya transportasi laut terdiri dari beberapa komponen yaitu *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost*.

Tabel 5.21 Analisis Biaya Kapal RoRo



Dari hasil analisis diatas grafik menunjukan masing masing komponen *cost* dari skenario *multiport* dari kapal RoRo, dengan masing masing biaya unit untuk pelabuhan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.22 Biaya Unit Kapal RoRo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa	Rp 13,237,600
Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Palopo	Rp 67,355,805
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Bone	Rp 10,488,176
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Tanggetada	Rp 30,550
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Kolaka	Rp 96,716
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Rp 59,119

Untuk total biaya unit dengan menggunakan kapal RoRo yang menggunakan pola operasi *multiport* dengan rute alternative untuk ke Pelabuhan Siwa sebesar Rp 13.237.600 /ton.nmile, ke Pelabuhan Palopo sebesar Rp 67.355.805 /ton.nmile, ke Pelabuhan Bone Rp 10.488.176 /ton.nmile, ke Pelabuhan Tanggetada Rp 30.550 /ton.nmile, ke Pelabuhan Kolaka Rp 96.716 /ton.nmile dan ke Pelabuhan Larea Rea Sinjai sebesar Rp 59.119 /ton.nmile.

e. Analisis Biaya Truk Pelabuhan Kapal *General Cargo*

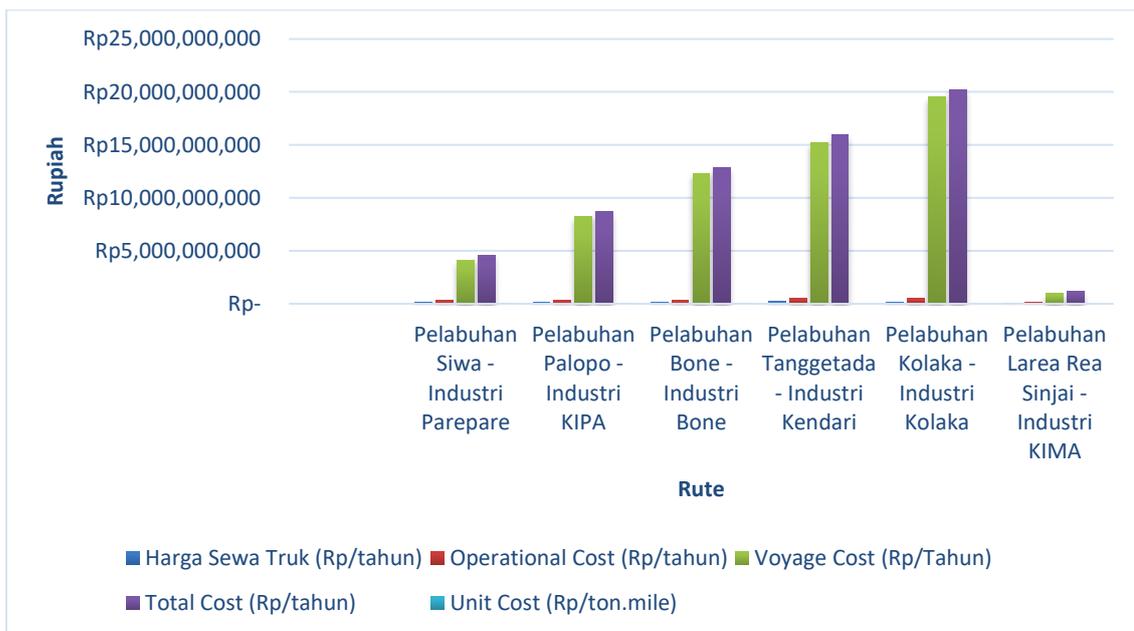
Karena untuk menghitung analisis biaya kapal menggunakan sistem *door to door*, maka penulis juga menganalisis biaya truk dipelabuhan dari mulai industri asal ke pelabuhan asal, selanjutnya dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan.

Tabel 5.23 Jarak Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Jarak (km)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	279.00
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	164.50
	Pelabuhan Bone - Industri Bone	163.30
	Pelabuhan Tanggetada - Industri Kendari	351.00
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	155.50
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	155.50

Setelah mengetahui jarak dari mulai asal ke tujuan, selanjutnya dihitung analisis biaya sebagai berikut:

Tabel 5.24 Biaya Truk Pelabuhan



Untuk analisis biaya truk dipelabuhan yang dihasilkan pada data tersebut diatas, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah kapasitas truk tronton yaitu 15 ton menghasilkan unit cost sebagai berikut:

Tabel 5.25 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal General Cargo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	Rp 562,746
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	Rp 4,935,559
	Pelabuhan Bone - Industri Bone	Rp 2,328,898
	Pelabuhan Tanggetada - Industri Kendari	Rp 2,888
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 6,775
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Rp 1,039

f. Analisis Biaya Truk Pelabuhan Kapal RoRo

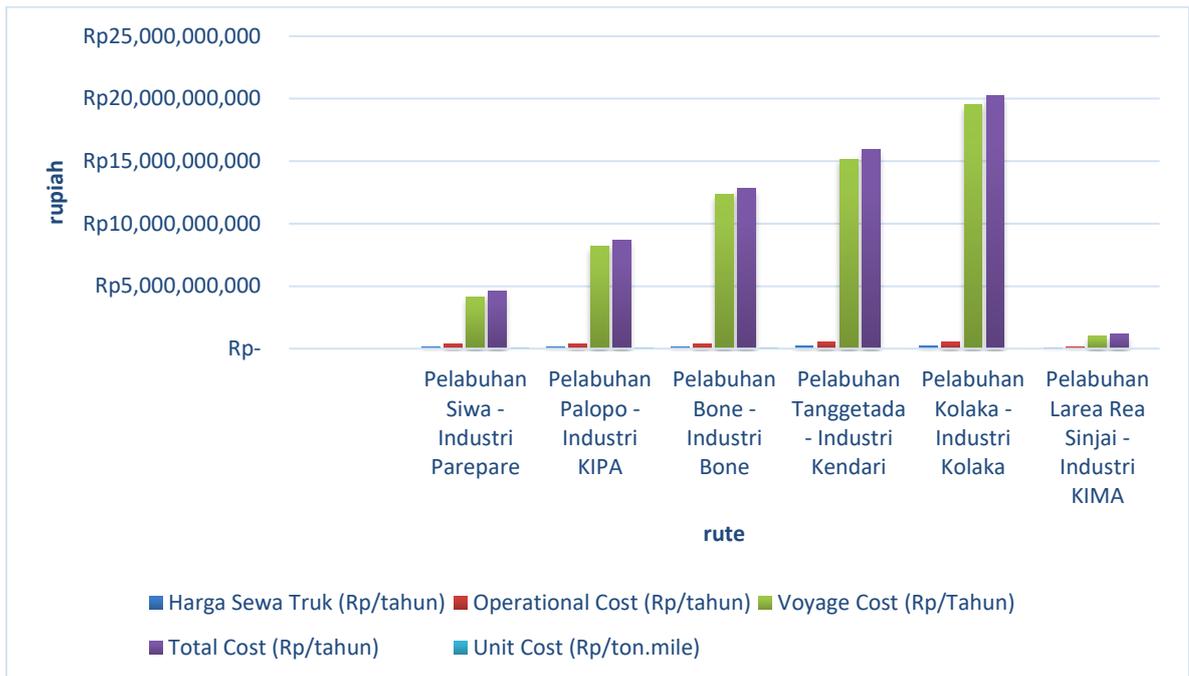
Karena untuk menghitung analisis biaya kapal menggunakan sistem *door to door*, maka penulis juga menganalisis biaya truk dipelabuhan dari mulai industri asal ke pelabuhan asal, selanjutnya dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan.

Tabel 5.26 Jarak Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Jarak (km)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	279.00
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	164.50
	Pelabuhan Bone - Industri Bone	163.30
	Pelabuhan Tanggetada - Industri Kendari	351.00
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	155.50
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	155.50

Setelah mengetahui jarak dari mulai asal ke tujuan, selanjutnya dihitung analisis biaya, untuk analisis biaya truk dipelabuhan yang dihasilkan pada data tersebut diatas, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah kapasitas truk tronton yaitu 15 ton.

Tabel 5.27 Biaya Truk Pelabuhan



Tabel 5.28 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal RoRo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	Rp 562,746
	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	Rp 4,935,559
	Pelabuhan Bone - Industri Bone	Rp 2,328,898
	Pelabuhan Tanggetada - Industri Kendari	Rp 2,888
	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 6,775
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Rp 1,039

5.2.4 Analisis Kondisi Alternatif Transportasi (*Port To Port*)

Moda Transportasi Laut yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 moda yaitu, kapal roro dan *general cargo*. Kapal ini di pilih karena muatan yang dikirim adalah muatan yang telah di *packaging* dan siap di pasarkan. Untuk spesifikasi pada setiap kapal dapat terlihat pada tabel dibawah ini.

a. Spesifikasi Kapal *General Cargo*

Spesifikasi dari kapal yang sudah dihitung menggunakan perhitungan desain kapal dengan menentukan ukuran utama sebagai acuan, berikut adalah spesifikasi kapal baru hasil solver paling optimum.

Tabel 5.29 Ukuran Utama Kapal *General Cargo*

Ukuran Utama (m)				Payload (ton)	GT
L	B	T	H		
62.87	6.29	3.53	2.82	539	438.06

Tabel diatas menunjukkan hasil spesifikasi kapal eksisting terbaik berdasarkan hasil *solver* yang telah dilakukan.

b. Spesifikasi Kapal RoRo

Spesifikasi dari kapal yang sudah dihitung menggunakan perhitungan desain kapal dengan menentukan ukuran utama sebagai acuan, berikut adalah spesifikasi kapal baru hasil solver paling optimum.

Tabel 5.30 Ukuran Utama Kapal RoRo

Ukuran Utama (m)				Payload (ton)	GT
L	B	T	H		
44.08	12.48	2.56	1.56	597.6	442.75

Tabel diatas menunjukkan hasil spesifikasi kapal eksisting terbaik berdasarkan hasil *solver* yang telah dilakukan.

c. Analisis Biaya Kapal *General Cargo*

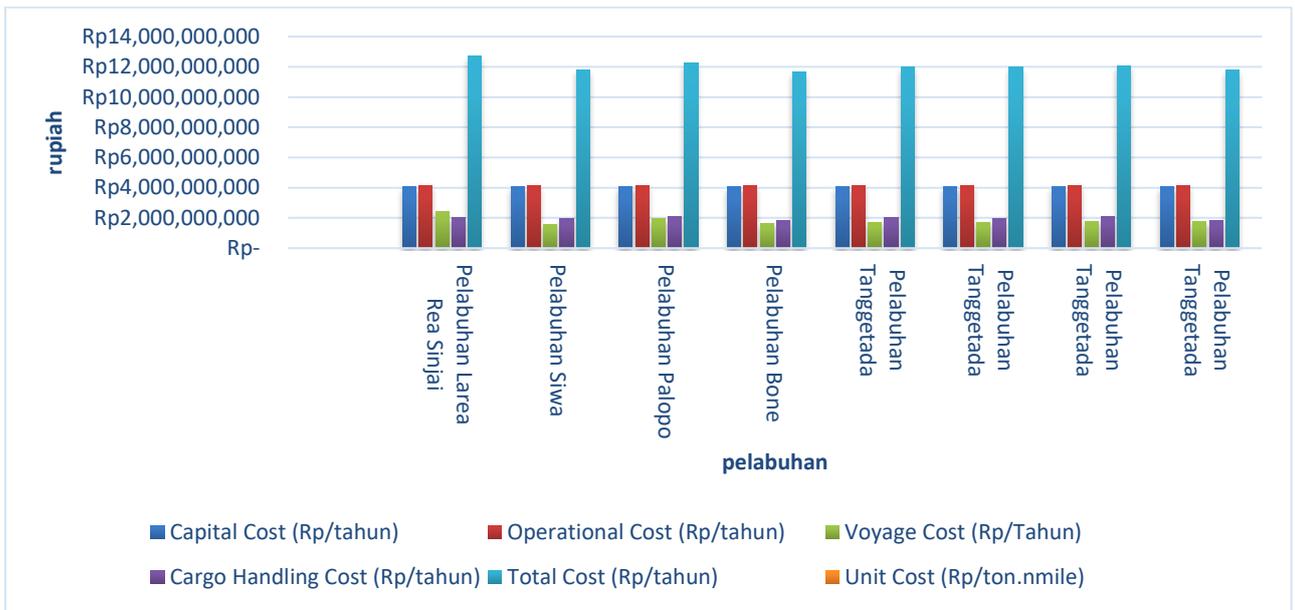
Komponen biaya transportasi laut terdiri dari beberapa komponen yaitu *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost*. Berikut adalah perhitungan dari analisis biaya Kapal *General Cargo*.

Tabel 5.31 Biaya Unit Kapal *General Cargo*

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka	Rp 2,905
Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka	Rp 3,787
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	Rp 2,721
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka	Rp 3,654
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Rp 3,289
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa	Rp 3,646
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo	Rp 2,496
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone	Rp 4,197

Untuk total biaya unit dengan menggunakan kapal *general cargo* yang menggunakan pola operasi *port to port* seperti yang disebutkan table diatas, yang paling mahal adalah biaya unit dengan rute Pelabuhan Tanggetada – Pelabuhan Bone sebesar Rp 4.197 /ton.nmile dan yang termurah adalah rute Pelabuhan Tanggetada – Pelabuhan Palopo dengan biaya sebesar Rp 2.496 /ton.nmile.

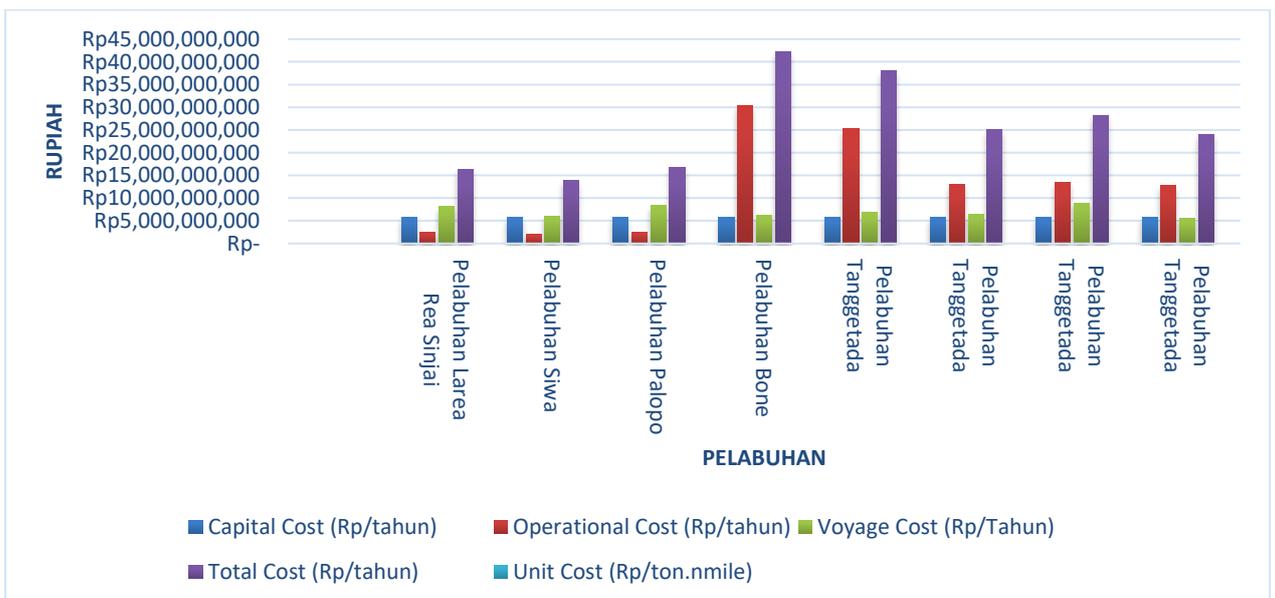
Tabel 5.32 Analisis Biaya Kapal General Cargo



d. Analisis Biaya Kapal RoRo

Komponen biaya transportasi laut terdiri dari beberapa komponen yaitu *capital cost*, *operational cost*, *voyage cost* dan *cargo handling cost*.

Tabel 5.33 Analisis Biaya Kapal RoRo



Dari hasil analisis diatas grafik menunjukkan masing masing komponen *cost* dari skenario *port to port* dari kapal RoRo, dengan masing masing biaya unit untuk pelabuhan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.34 Biaya Unit Kapal RoRo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka	Rp 3,743
Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka	Rp 4,449
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	Rp 3,699
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka	Rp 13,214
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Rp 10,408
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa	Rp 7,615
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo	Rp 5,801
Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone	Rp 8,566

Untuk total biaya unit dengan menggunakan kapal RoRo yang menggunakan pola operasi *port to port* seperti yang disebutkan table diatas, yang paling mahal adalah biaya unit dengan rute Pelabuhan Bone – Pelabuhan Kolaka sebesar Rp 13.214 /ton.nmile dan yang termurah adalah rute Pelabuhan Palopo – Pelabuhan Kolaka dengan biaya sebesar Rp 3.699 /ton.nmile.

e. Analisis Biaya Truk Pelabuhan Kapal *General Cargo*

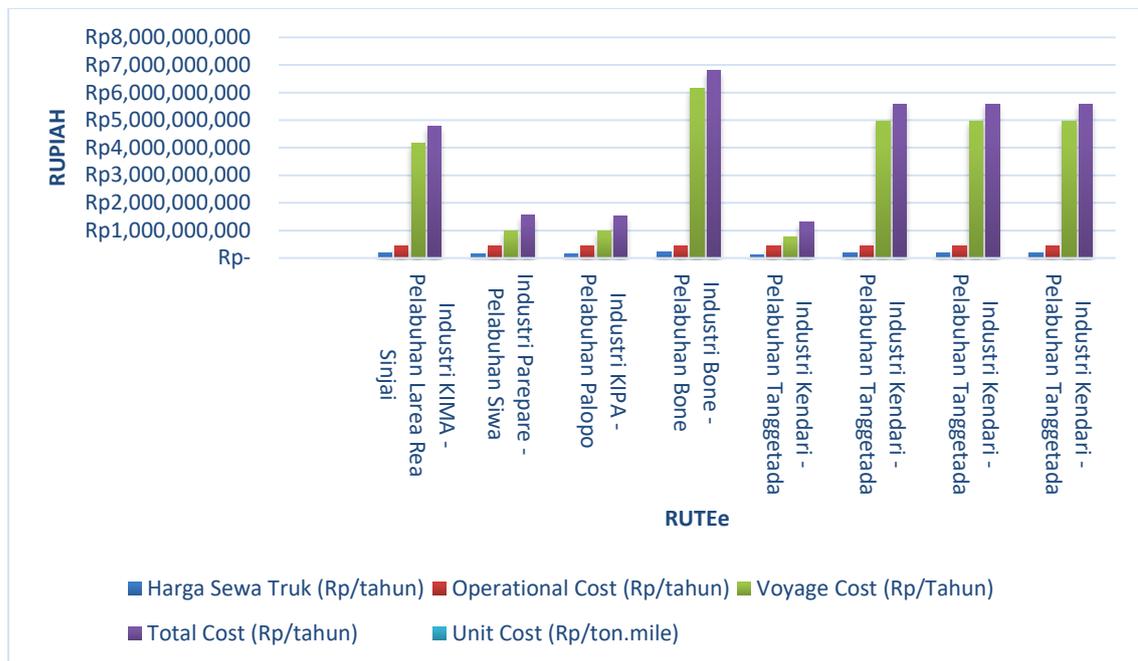
Karena untuk menghitung analisis biaya kapal menggunakan sistem *door to door*, maka penulis juga menganalisis biaya truk dipelabuhan dari mulai industri asal ke pelabuhan asal, selanjutnya dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan.

Tabel 5.35 Jarak Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Jarak (nm)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	155.5
Industri Parepare - Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	126.5
Industri KIPA - Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	12
Industri Bone - Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	10.8
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	351
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	322
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	207.5
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone - Industri Bone	206.3

Setelah mengetahui jarak dari mulai asal ke tujuan, selanjutnya dihitung analisis biaya sebagai berikut:

Tabel 5.36 Biaya Truk Pelabuhan



Untuk analisis biaya truk dipelabuhan yang dihasilkan pada data tersebut diatas, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah kapasitas truk tronton yaitu 15 ton menghasilkan unit cost sebagai berikut:

Tabel 5.37 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal General Cargo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.mile)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 726
Industri Parepare - Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 290
Industri KIPA - Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 2,993
Industri Bone - Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 14,853
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Rp 88
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	Rp 410
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	Rp 636
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone - Industri Bone	Rp 639

f. Analisis Biaya Truk Pelabuhan Kapal RoRo

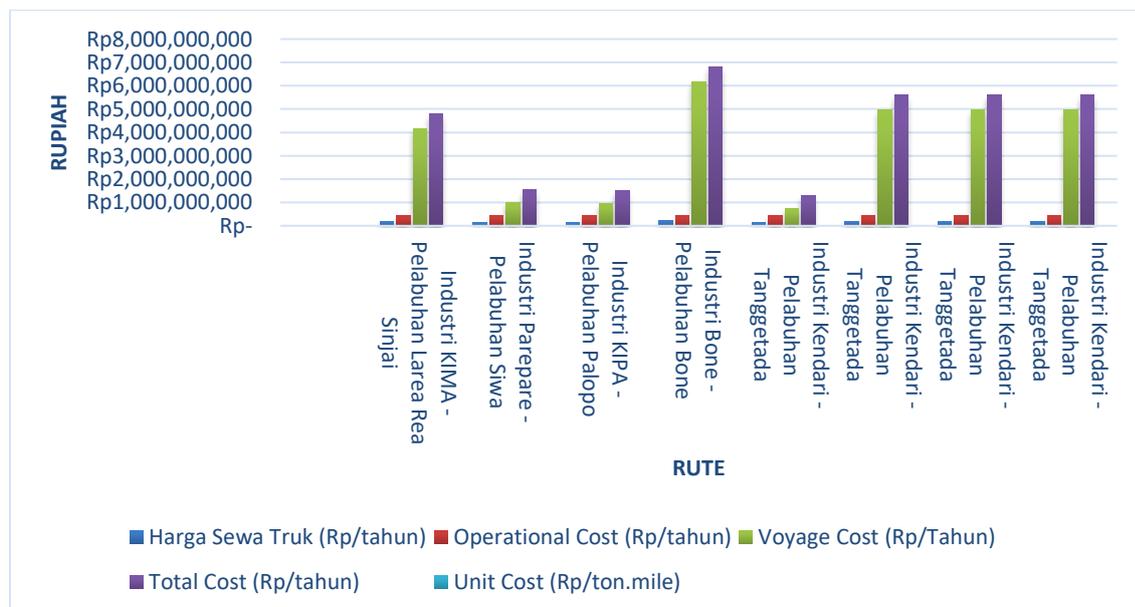
Karena untuk menghitung analisis biaya kapal menggunakan sistem *door to door*, maka penulis juga menganalisis biaya truk dipelabuhan dari mulai industri asal ke pelabuhan asal, selanjutnya dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan.

Tabel 5.38 Jarak Truk Pelabuhan

Asal	Tujuan	Jarak (nm)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	155.5
Industri Parepare - Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	126.5
Industri KIPA - Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	12
Industri Bone - Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	10.8
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	351
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	322
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	207.5
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone - Industri Bone	206.3

Setelah mengetahui jarak dari mulai asal ke tujuan, selanjutnya dihitung analisis biaya sebagai berikut:

Tabel 5.39 Biaya Truk Pelabuhan



Untuk analisis biaya truk dipelabuhan yang dihasilkan pada data tersebut diatas, yang diangkut adalah barang *general cargo* sejumlah kapasitas truk tronton yaitu 15 ton menghasilkan unit cost sebagai berikut:

Tabel 5.40 Unit Cost Truk Pelabuhan Kapal RoRo

Asal	Tujuan	Unit Cost (Rp/ton.mile)
Industri KIMA - Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 726
Industri Parepare - Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 290
Industri KIPA - Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 2,993
Industri Bone - Pelabuhan Bone	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka	Rp 14,853
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Rp 88
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa - Industri Parepare	Rp 410
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Palopo - Industri KIPA	Rp 636
Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Bone - Industri Bone	Rp 639

5.2.5 Hasil Analisis Skenario

Dari hasil analisis dua skenario yaitu *multiport* dan *port to port* untuk kedua kapal, yakni kapal GC dan kapal roro. Didapatkan hasil skenario yang paling optimum adalah sebagai berikut:

Tabel 5.41 Hasil Skenario Paling Optimum

Jenis Kapal	Kapal GC	Kapal Roro
Asal	Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa
Tujuan	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka
Jarak (nm)	86.13	73.66
Muatan (ton/tahun)	42377.19	42377.19
Ukuran Utama (m)	L	62.87
	B	6.29
	T	3.53
	H	2.82
Payload (ton)	539	597.6
GT	438.06	442.75
Frekuensi Kapal (kali/tahun)	65	330
Capital Cost (Rp/tahun)	Rp 4,088,086,773	Rp 5,718,307,075
Operational Cost (Rp/tahun)	Rp 4,163,619,169	Rp 2,080,018,253
Voyage Cost (Rp/Tahun)	Rp 1,727,230,528	Rp 6,089,488,084
Cargo Handling Cost (Rp/tahun)	Rp 2,023,935,782	-
Total Cost (Rp/tahun)	Rp 12,002,872,253	Rp 13,887,813,412
Unit Cost (Rp/ton.nmile)	Rp 3,289	Rp 4,449

Skenario ini dipilih berdasarkan pengelihan biaya termurahny, lalu juga sebenarnya rute eksisting yang ada saat ini sangat jarang lintasan yang ada antar provinsi, karena tujuan penelitian ini membawa muatan dari Sulawesi Selatan ke Sulawesi Tenggara begitupun sebaliknya, maka terpilihlah pola port to port seperti diatas.

Tabel 5.42 Truk Pelabuhan

Truk	Kapal GC	Kapal RoRo
Asal	Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Industri Parepare - Pelabuhan Siwa
Tujuan	Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka
Jarak (nm)	351	126.5
Muatan (ton/tahun)	42377.19	42377.19
Frekuensi Truk (kali/tahun)	2826	2826
Harga Sewa Truk (Rp/tahun)	Rp 131,048,933	Rp 134,757,914
Operational Cost (Rp/tahun)	Rp 423,900,000	Rp 423,900,000
Voyage Cost (Rp/Tahun)	Rp 748,042,200	Rp 997,295,400
Total Cost (Rp/tahun)	Rp 1,302,991,133	Rp 1,555,953,314
Unit Cost (Rp/ton.mile)	Rp 88	Rp 290

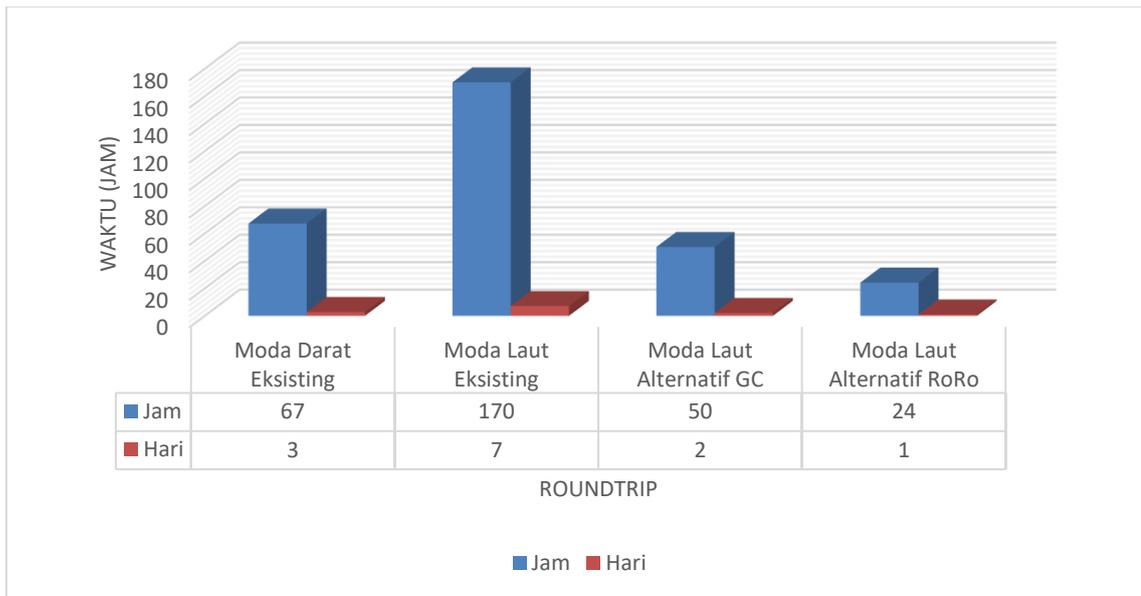
Dikarenakan sistim yang dipakai pada penelitian ini adalah *door to door*, jadi truk dari industri asal ke pelabuhan asal serta dari pelabuhan tujuan ke industri tujuan dihitung juga biayanya. Hasil yang didapatkan adalah seperti table diatas.

5.2.6 Perbandingan

Setelah menghitung semua hasil dari moda eksisting dan moda baru dimulai dari menghitung potensi *supply demand*, pola operasi, analisis biaya truk, ukuran utama kapal eksisting dan baru, serta analisis biaya kapal eksisting dan baru. Selanjutnya hasil dari perhitungan itu semua di bandingkan. Perbandingan juga dibagi berdasarkan biaya dan waktu tempuh.

a. Waktu Tempuh

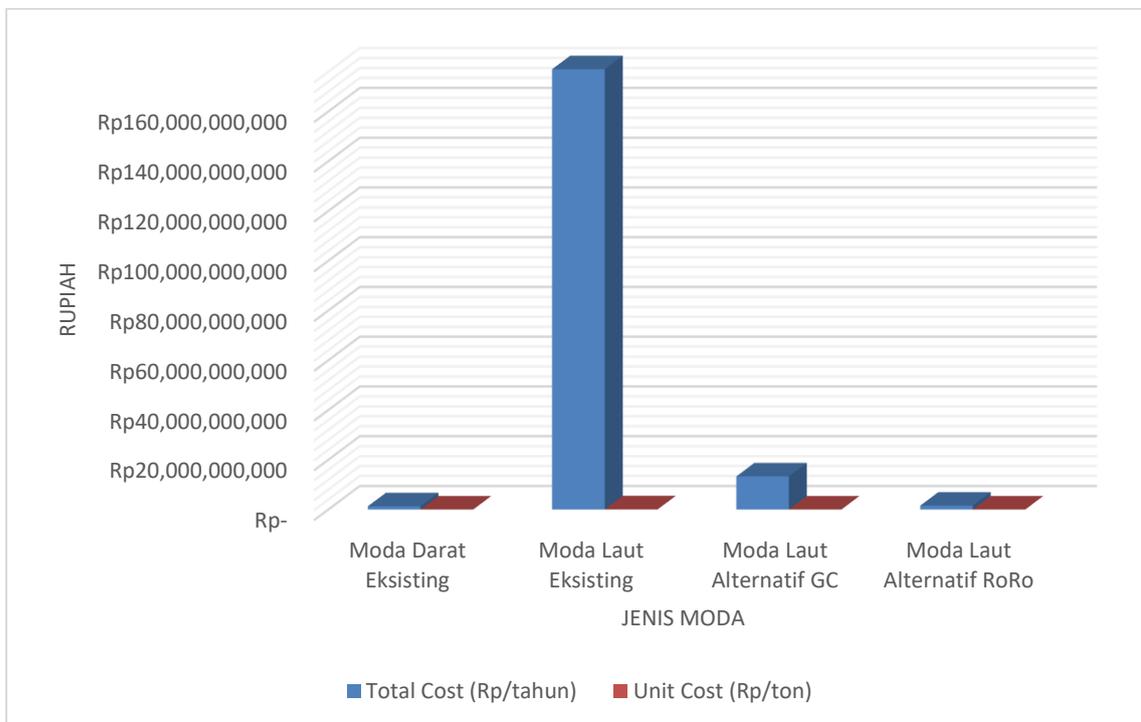
Diketahui bahwa ada dua rute di tugas akhir ini yaitu rute eksisting dan rute alternative, untuk rute alternative adalah yang paling optimal. Dengan hasil perbandingan waktu tersebut dapat diketahui bahwa yang paling optimum dari eksisting dan alternative adalah waktu alternative.



Gambar 5.7 Perbandingan Waktu Tempuh Moda Laut

b. Biaya

Berdasarkan perhitungan *unit cost* moda darat dan moda laut hasil dari sistem *door to door*, dapat diketahui *unit cost* keseluruhan untuk pengiriman angkutan bahan pangan atau sembako berdasarkan moda eksisting dan moda baru adalah sebagai berikut:



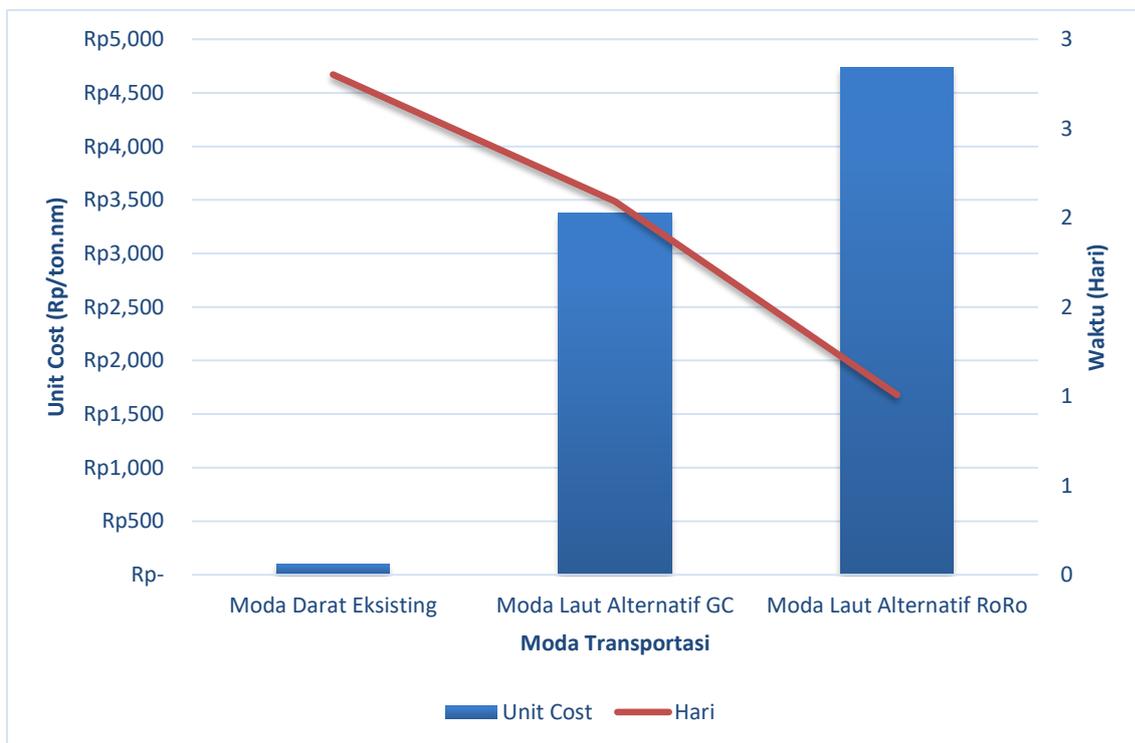
Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Biaya

Gambar diatas menunjukkan hasil perhitungan dari biaya pengirimana muatan dengan moda yang sama dan kondisi yang berbeda yaitu eksisting dan alternative.

Perhitungan ini berdasarkan perhitungan moda transportasi darat dan laut yang dilalui. Data dari grafik tersebut bahwa *unit cost* untuk rute alternative dengan berbagai moda transportasi lebih rendah daripada eksisting sekarang ini. Jarak dekat yang menimbulkan murahnya *unit cost* moda darat untuk rute usulan lebih rendah.

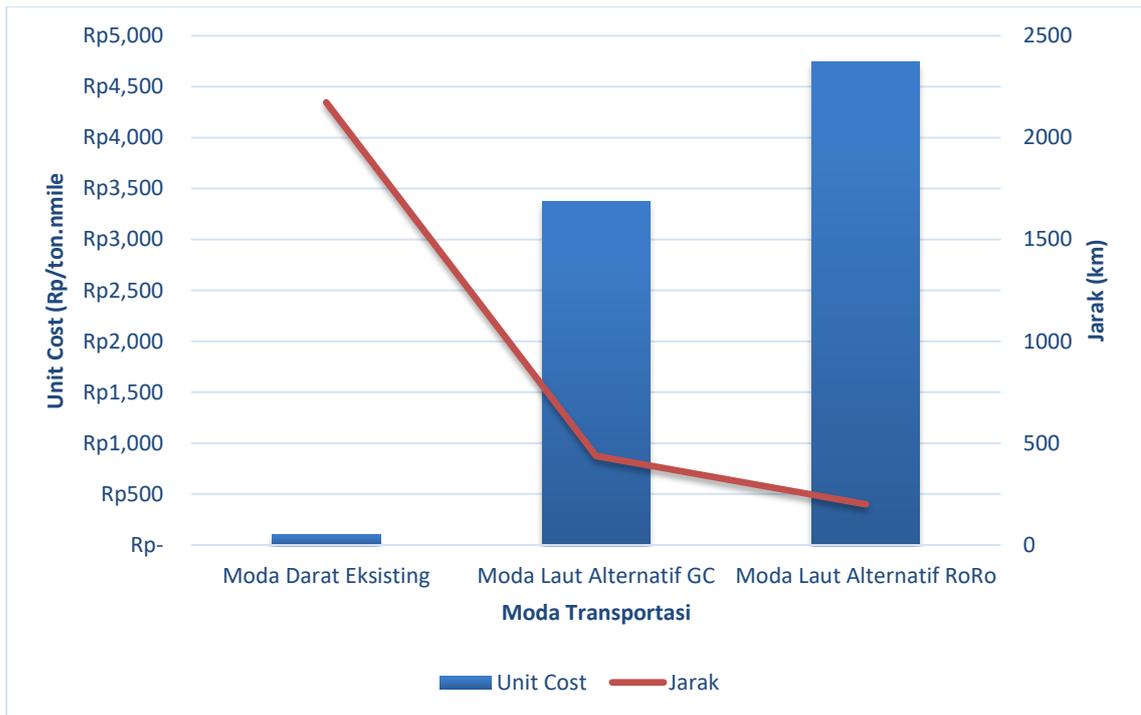
5.2.7 Analisis Kompetisi Antarmoda

Setelah menganalisis biaya dan waktu untuk pengiriman muatan dari rute lama dan rute baru. Lalu, dibandingkan mana yang lebih unggul moda transportasi darat eksisting atau moda transportasi laut alternative. Berikut adalah perbandingan pengaruh waktu dan jarak terhadap biaya:



Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Biaya dan Waktu

Gambar diatas menunjukkan perbandingan biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk mengirim muatan bahan pangan (sembako) berdasarkan rute eksisting dan rute alternative sudah jelas sekali terlihat bahwa rute saat ini atau rute alternative lebih optimal dan murah.



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Biaya dan Jarak

Gambar diatas menunjukkan perbandingan biaya dan jarak yang dibutuhkan untuk mengirim muatan bahan pangan (sembako) berdasarkan rute eksisting dan rute alternative sudah jelas sekali terlihat bahwa rute saat ini atau rute alternative lebih optimal dan murah. Untuk yang paling unggul dalam perbandingan ini adalah kapal RoRo dengan biaya termurah dan tecepat, tetapi kekurangannya permintaan tiap tahunnya belum memenuhi. Sedangkan untuk kapal GC, yang menjadi pilihan paling optimum juga masih jauh lebih murah dan cepat dibandingkan moda darat eksisting yang cenderung mahal dan lama untuk masalah waktu pengiriman.

Lembar Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN

6.1 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Untuk arus muat pada konsisi eksisting adalah sebagai berikut Biji Gandum dengan supply 493 ton/tahun dan demand 440 ton/tahun, Tepung Terigu dengan supply 3,934 ton/tahun dan demand 3,276 ton/tahun, Nanas dengan supply 283 ton/tahun dan demand 246 ton/tahun, Gula pasir dengan supply 341 ton/tahun dan demand 256 ton/tahun, Ikan Kering dengan supply 182 ton/tahun dan demand 128 ton/tahun, Cocoa dengan supply 2128 ton/tahun dan demand 2110 ton/tahun, Molases dengan supply 45 ton/tahun dan demand 39 ton/tahun, Soyabean Meal dengan supply 1398 ton/tahun dan demand 1254 ton/tahun, Tapioka Chip dengan supply 209 ton/tahun dan demand 899 ton/tahun, Tepung tapioca dengan supply 902 ton/tahun dan demand 899 ton/tahun, Rumput Laut Kering dengan supply 466 ton/tahun dan demand 378 ton/tahun, Buah-buahan dengan supply 1181 ton/tahun dan demand 378 ton/tahun, Beras dengan supply 1285 ton/tahun dan demand 1165 ton/tahun, serta sayuran bumbu dapur dengan supply 29210 ton/tahun dan demand 26846 ton/tahun.
- 2) Untuk kondisi eksisting ada dua transportasi yaitu darat dengan laut, yang rutenya sudah ada yaitu Makassar – Bone – Parepare – Palopo – Kolaka – Kendari. Dengan biaya unit sebagai berikut :
 - Transportasi Laut Eksisting (Kapal *General Cargo*)
 - Pelabuhan Makassar – Pelabuhan Bone : Rp 1.842.195 /ton.nmile
 - Pelabuhan Bone – Pelabuhan Parepare : Rp 16.932.276 /ton.nmile
 - Pelabuhan Parepare – Pelabuhan Palopo: Rp 16.257.671 /ton.mile
 - Pelabuhan Palopo - Pelabuhan Kolaka : Rp 9.428 /ton.mile
 - Pelabuhan Kolaka – Pelabuhan Kendari : Rp 48. 423 /ton.nmile
 - Transportasi Darat Eksisting (Truk Tronton)
 - Unit Cost : Rp 104 /ton.mile
- 3) Skenario dibagi menjadi dua yaitu *multiport* dan *port to port*. Untuk *multiport* terpilih dengan rute lintasan Pelabuhan Larea rea sinjai – Siwa – Palopo – Bone –

Tanggetada – Kolaka – Larea rea sinjai. Untuk rute alternative *port to port* adalah sebagai berikut:

- Pelabuhan Larea rea sinjai - Kolaka
 - Pelabuhan Siwa – Kolaka
 - Pelabuhan Bone – Kolaka
 - Pelabuhan Palopo – Kolaka
 - Pelabuhan Tanggetada - Larea rea sinjai
 - Pelabuhan Tanggetada – Siwa
 - Pelabuhan Tanggetada – Bone
 - Pelabuhan Tanggetada – Palopo
- 4) Untuk rute alternative yang terpilih adalah model port to port yaitu Pelabuhan Tanggetada – Pelabuhan Larea Rea Sinjai dengan alat transportasi kapal GC. Dengan biaya unit Rp 3.376 /ton.nmile.
- 5) Untuk perbandingan jarak dari hasil rute alternative dan rute eksisting, sudah oasti lebih unggul rute alternative dengan 437 km untuk transportasi antar moda (kapal dan truk). Perbandingan waktu eksisting dan waktu alternative, lebih unggul waktu alternative selama 2 hari dengan kapal GC untuk sekali roundtrip dengan pola door to door. Terakhir adalah perbandingan biaya unit, yang unggul adalah moda alternative kapal gc sebesar Rp 3.376 /ton.nmile.

6.2 Saran

Berdasarkan pengamatan penulis selama pengambilan data, pengolahan data, serta analisis perhitungan, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Saran-saran tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya, untuk perhitungan transportasi darat sebaiknya menggunakan hasil *solver*
2. Pada penelitian selanjutnya, untuk moda pengiriman laut dipakai sewa kapal yang kapalnya sudah ada dipelabuhan agar lebih realistis
3. Pada penelitian selanjutnya, untuk moda alternative jangan menghitung kapal RoRo baru sesuai demand karena jika demand tersebut barang, akan susah membaginya dengan penumpang dan kendaraan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal. (2014). *Studi Perbandingan Layanan Transportasi Laut*.
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Laju Pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Konstan 2010 Menurut Provinsi, 2010-2014*. Dipetik 2015, dari Badan Pusat Statistik Website: <http://www.bps.go.id>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan. (2017, 03 01). Dipetik 03 14, 2017, dari <https://sulsesel.bps.go.id>
- Balai Besar Pendidikan, P. d. (2014). *Penggolongan Jenis Muatan Kapal*.
- Bertram, H. S. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy - 2 edition*. Butterwort: Heinemann Oxford.
- Bisnis Indonesia. (2017, 03 21). *Industri Logistik dan Transportasi*. Diambil kembali dari Peningkatan Kargo Pelabuhan Panjang Berkat Investasi Rp800 Miliar: <http://industri.bisnis.com/read/20140124/98/199123/peningkatan-kargo-pelabuhan-panjang-berkat-investasi-rp800-miliar>
- Closs, C. a. (2002). *Supplay Chain Logistic Management*. New York: Brent Gordon.
- google. (2017, juli 06). *google*. Diambil kembali dari <http://www.google.com>
- Google. (2017, Mei 20). *Google.maps*. Diambil kembali dari <http://www.google.maps.com>
- Gresik, P. 3. (2015). www.pp3.co.id/Cabang/Gresik.
- Gunawan, H. (2014). *Pengantar Transportasi dan Logistik*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principle of Naval Architecture Vol. II*. jersey: the society of naval architects and marine engineers.
- map.google. (2016). www.map.google.com/Lokasi/Pelabuhan/Gresik. Dipetik Januari 2016, dari www.map.google.com
- marinesales. (2016). www.marinesales.com. Dipetik Januari 2016, dari www.marinesales.com
- Parsons, M. G. (2013). *Parametric Design*. London: Laurence King.
- Rozak. (2015, Nopember). Angkutan Pelra Gresik. (Kamalul, Pewawancara)
- Suparsa, I. G. (2009). *Optimasi Kinerja Pelabuhan Ketapang - Gilimanuk*, 3.
- Taha, H. A. (1992). *Operation Research*. McMillan: An Introduction.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Amsterdam: Elsevier.
- Wergeland, N. w. (1996). *Shipping*.
- Wergeland, T., & Wijjolst, N. (1997). *Shipping*. Netherlands: Delft University.

- Yuniasari, A. (2016). Pelayaran. *Analisis Kombinasi Pola Operasional Kapal Penyeberangan: Studi Kasus Lintasan Merak - Bakauheni*.
- Marini, Stella Andik. (2017). Pelayaran. *Analisis Kompetisi Antarmoda Muatan Ekspor : Studi Kasus Penyeberangan Merak - Bakauheni*

LAMPIRAN

Lampiran 1. Arus Muat Barang

Lampiran 2. Spek Truk dan Tarif Pelayanan

Lampiran 3. Tarif Pelayanan Kapal

Lampiran 4. Perhitungan Truk Eksisting

Lampiran 5. Perhitungan Kapal Eksisting

Lampiran 6. Perhitungan Truk Pelabuhan Eksisting

Lampiran 7. Perhitungan Kapal Alternative GC dan RoRo Model *Multiport* dan *Port to Port*

Lampiran 8. Perhitungan Truk Pelabuhan Alternative

Lampiran 9. Hasil Skenario

Lampiran 10. Data Perbandingan

1. Arus Muat Barang

Muatan Sulawesi Selatan - Sulawesi Tenggara								
General Cargo	Satuan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Mobil	ton	22,499	21,893	3,729	724	2,145	802	1,969
2 Sepeda Motor	ton	918	2,161	263	-	-	57,105	351
3 Eksavator/Alat Berat	ton	5,132	5,559	95,526	28,107	52,474	22,648	70,949
4 Sayuran Bumbu Dapur	ton	150	348	22,553	146	29,481	455	29,210
5 Beras	ton	2,758	4,166	603	2,725	344	38,213	1,285
6 Elektroda Paste	ton	-	-	393	427	-	468	48
7 Buah-Buahan	ton	-	-	87	266	1,165	487	1,181
8 Kertas	ton	61	122	2,192	-	903	11	1,888
9 Rumput Laut Kering	ton	-	-	245	1,041	406	535	466
10 Tepung Tapioka	ton	619	1,318	3,358	-	980	787	529
11 Tapioka Chip	ton	-	-	261	3,769	223	316	902
12 Soyabean Meal	ton	1,373	1,904	1,240	99	4,048	12	1,398
13 Molases (Gula Tetes)	ton	575	425	42	584	7,631	-	45
14 Tiang Pancang	ton	13,430	14,959	47	34,969	62	46,351	329
15 Barang Campuran	ton	21,773	32,149	32,412	-	-	-	27,109
16 Hewan	ton	-	513	-	-	21,606	-	30
Jumlah	ton	69,288	85,517	162,951	72,857	121,468	168,190	137,689

Muatan Sulawesi Tenggara - Sulawesi Selatan								
General Cargo	Satuan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1 Eksavator/Alat Berat	ton	41,393	54,843	-	2,666	146	45	1,974
2 Cocoa	ton	45,268	42,233	3	717	845	12	2,128
3 Ikan Kering	ton	33	67	-	-	6	-	182
4 Gula Pasir	ton	240	355	-	153	-	83	341
5 Nanas	ton	-	20	-	-	230	171	283
6 Gypsum	ton	7,553	7,354	-	311	-	75	537
7 Kayu Bulat	ton	76,987	121,393	93	-	86	-	100
8 Tepung Terigu	ton	5,755	9,694	293	158	582	-	3,934
9 Biji Gandum	ton	1,386	5,849	40	-	397	-	493
10 Barang Lainnya	ton	55,364	48,768	13,361	32,277	25,804	11,101	4,274
Jumlah	ton	233,979	290,576	13,790	36,282	28,096	11,487	14,246

No	Muatan	Supply (ton)	Demand (ton)
1	Sayuran Bumbu Dapur	29,210	26,846
2	Beras	1,285	1,165
3	Buah - Buahan	1,181	1,074
4	Rumput Laut Kering	466	378
5	Tepung Tapioka	529	508
6	Tapioka Chip	902	899
7	Soyabean Meal	1,398	1,254
8	Molases (Gula Tetes)	45	39
9	Cocoa	2,128	2,110
10	Ikan Kering	182	128
11	Gula Pasir	341	256
12	Nanas	283	246
13	Tepung Terigu	3,934	3,276
14	Biji Gandum	493	440
	Total	42,377	38,619

2. Spek Truk dan Tarif Pelayanan

Tronton

Dimensi: 30 CBM
Berat Max: 15 Ton



Sewa Tronton Box

Tronton Box				
Ukuran Karoseri	Berat	Ukuran Mobil	Mesin	Roda dan Ban
Panjang : 630 cm	Berat Kosong : 7.2 Ton	Panjang : 1190 cm	Model : 6S20	Ukuran Ban: -
Lebar : 220 cm	Berat Maksimal : 15 Ton	Lebar : 250 cm	Kapasitas Silinder: -	Ukuran Roda: -
Tinggi : 230 cm		Tinggi : 290 cm	Kecepatan Maksimum (Km/jam) : 90	
Dimensi : 30 CBM			Tenaga Maksimum (PS/tpm) : 230/2.200	

Spesifikasi Truk

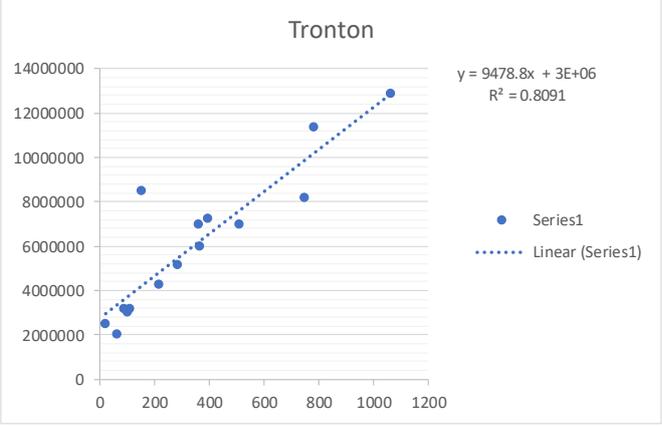
Panjang	11.9 m
Lebar	2.5 m
Tinggi	2.9 m
Volume	86.275 m ³
Kecepatan Kosong Maks	90 km/jam 5400 km/menit

Spesifikasi Box

Panjang	6.3 m
Lebar	2.2 m
Tinggi	2.3 m
Volume	31.878 m ³
Berat Maksimal	15 ton
Load Factor	1

Regresi Tarif

Truk Tronton		
Jarak	Tarif	
151	Rp	8,500,000
22	Rp	2,500,000
219	Rp	4,250,000
751	Rp	8,200,000
781	Rp	11,350,000
287	Rp	5,175,000
103	Rp	3,000,000
395	Rp	7,252,000
366	Rp	5,975,000
62.7	Rp	2,000,000
361	Rp	6,975,000
510	Rp	6,975,000
87.8	Rp	3,190,000
112	Rp	3,190,000
1064	Rp	12,850,000



$y = 9478.8x + 3E+06$
 $R^2 = 0.8091$

Tarif Tronton pertip	y=	9478.8 x	+	3000000
Kapasitas Tronton		15 ton		

Tarif			
TARIF OPERASIONAL	Satuan		
Harga Solar	rupiah/liter	Rp	9,800
Gaji Supir	rupiah/orang/trip	Rp	100,000
Gaji Kernet	rupiah/orang/trip	Rp	75,000
Premi	rupiah/orang/trip	Rp	50,000
Margin profit	% Sewa Harga Truk		10%
Gaji TKBM	rupiah/orang/ton	Rp	100,000
Biaya Retribusi	rupiah/trip	Rp	100,000
TARIF PERGUDANGAN			
Tarif Penyimpanan	rupiah/kg/hari	Rp	27,200
Cargo Service Charge	% tarif penyimpanan		25%
Tarif Bongkar Muat			
Biaya Bongkar	rupiah/ton	Rp	50,000
Biaya Muat	rupiah/ton	Rp	50,000
Sewa TKBM	rupiah/kg/orang	Rp	25,000
Kecepatan Bongkar Muat			
Waktu Bongkar	jam		0.5
Waktu Muat	jam		0.5

3. Tarif Pelayanan Kapal

Data Tambahan			
	Satuan		
Kebutuhan Air Tawar	liter/orang/hari		200
	ton/orang/hari		0.2
Commision Days	hari/tahun		330
Air Tawar	rupiah/ton	Rp	80,000
Gaji Kru	rupiah/orang/bular	Rp	6,000,000
Storage & Consumable	rupiah/orang/hari	Rp	100,000
Repair & Maintenance	% harga kapal		5%
Harga Lub. Oil	rupiah/liter	Rp	29,420
Asuransi	% harga kapal		1.20%
Biaya Lain	rupiah	Rp	5,000,000
Kenaikan Biaya	per 1 tahun		5%
Margin Profit	%		25%
Produktivitas Bongkar Muat			
Pelabuhan Asal (POL)	ton/jam		80
Pelabuhan Tujuan (POD)	ton/jam		65
Waktu di Pelabuhan			
AT	jam		3
WT	jam		3
Total AT+WT	jam		6
Koefisen Muatan			
Jenis			
General Cargo			88%
RoRo			88%
SPCB			90%
Massa Jenis Air	kg/l		1000
Hari Kerja			
Jumlah Hari	hari		365
Hari Kerja	hari		330
Harga HFO	/liter	Rp	8,724
Harga MDO	/liter	Rp	9,000

DATA PELABUHAN										
Pelabuhan	Satuan	Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone	Pelabuhan Parepare	Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Tanggetada
Labuh	GT/kunjungan	Rp 110	Rp 112	Rp 115	Rp 116	Rp 65	Rp 70	Rp 112	Rp 111	Rp 55
Sandar	GT/etmal	Rp 100	Rp 105	Rp 107	Rp 109	Rp 75	Rp 79	Rp 104	Rp 101	Rp 79
Pandu										
Tarif Tetap	Kapal.gerak	Rp 135,000	Rp 145,000	Rp 147,000	Rp 150,000	Rp 75,000	Rp 70,000	Rp 115,000	Rp 120,000	Rp 80,000
Tarif Variable	GT.Kapal.Gerak	Rp 28	Rp 25	Rp 26	Rp 27	Rp 34	Rp 33	Rp 28	Rp 26	Rp 33
Tunda										
Tariff Tetap	Kapal.jam	Rp 440,000	Rp 450,000	Rp 447,000	Rp 450,000	Rp 500,000	Rp 500,000	Rp 448,000	Rp 443,000	Rp 500,000
Tariff Variable	GT.Kapal.Jam	Rp 17	Rp 15	Rp 16	Rp 17	Rp 40	Rp 40	Rp 18	Rp 18	Rp 40
Buka Tutup Palkah/Pipa										
Tarif B/M										
General Cargo	Rp/ton	Rp 29,500	Rp 22,000	Rp 27,000	Rp 29,000	Rp 30,000	Rp 32,000	Rp 27,800	Rp 26,700	Rp 30,000
SPCB	Rp/ton	Rp 14,500	Rp 14,800	Rp 14,700	Rp 14,300	Rp 15,800	Rp 15,700	Rp 14,200	Rp 14,700	Rp 15,900
RoRo	Rp/SUP	Rp 215,000	Rp 210,000	Rp 214,000	Rp 211,000	Rp 235,600	Rp 278,900	Rp 212,500	Rp 214,700	Rp 236,900
Dimensi Dermaga dan Fasilitas Darat Pelabuhan										
Panjang Maksimal Pelabuhan	meter	1360	165	4827	150	543	353	112	100	110
Sarat (T)	meter	5	3	4	3	4	3	3	3	3
Produktifitas B/M										
General Cargo	ton/gang/jam	60	45	50	50	50	60	45	45	45
SPCB	ton/gang/jam	50	30	30	30	45	50	30	30	30
RoRo	ton/gang/jam	50	50	50	50	50	50	50	50	50

4. Perhitungan Truk Eksisting

Komponen Biaya	Satuan	Tronton	
		Makassar - Bone - Parepare - Palopo - Kolaka - Kendari	Kendari - Kolaka - Makasar
Harga Sewa Truk	Rp/unit/r.trip	Rp 13,872,184	Rp 12,725,249
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15
Load Factor	%	60%	60%
Hari Operasional	hari	330	330
Gaji Sopir	Rp/r.trip	Rp 200,000	Rp 200,000
Supply	ton/tahun	35016.19	7361
Muatan Terangkut	ton/frek/truk	15	15
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frek/tahun	2335	491
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frek	32	8
Jarak	km/roundtrip	1147	1026
Waktu Perjalanan	jam/r.trip	35.5	31.8
Waktu bongkar	jam/r.trip	0.5	0.5
Waktu Muat	jam/r.trip	0.5	0.5
RTD	r.trip/hari	72	65
Frekuensi Maksimal	kali/tahun	32.4	36.6
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000
Capital+Operational Cost	Rp/r.trip	Rp 14,122,184	Rp 12,975,249
Voyage Cost	Rp/r.trip	Rp 5,720,300	Rp 5,127,400
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 642,896,469	Rp 662,556,946
Total Biaya	Rp/r.trip	Rp 19,842,484	Rp 18,102,649
Unit Cost	Rp/ton.mile	Rp 16	Rp 88

5. Perhitungan Kapal Eksisting

DATA KAPAL	KM.BINTANG MULIA 9		
Tipe	General Cargo		
Harga	Rp/unit	Rp	6,983,390,000
DWT	Ton		3,850
Payload	Ton		3,500
Gross Tonnage			2454
Panjang (LOA)	Meter		80.5
Draft (sarat)	Meter		5
Kecepatan			
Isi	Knot		11
Kosong	Knot		12
Daya Mesin			
ME	HP		1481
AE	HP		885
Jenis BBM	ME	MFO	
	AE	HSD	
SFOC			
ME	gr/HP.Hr		100
AE	gr/HP.Hr		90
Crew	Orang		10
Umur Ekonomis	Tahun		55
Umur Kapal	Tahun		35
SLOC	Lt/HP.hr		0.00006
Presentase Sea Time			45%

Data Waktu			
> Seatetime			
Asal - Tujuan	=	59.7	jam
Tujuan - Asal	=	50.4	jam
Total Sea Time	=	110.1	jam
	=	4.59	hari
> Porttime			
AT+WT	=	12	jam
Origin	=	12	jam
	=	0.50	hari
AT+WT	=	48.00	jam
Destination	=	48	jam
	=	2.00	hari
Total Porttime	=	60	jam
Roundtrip Time	=	170.1	jam
	=	7.09	hari
Muatan Pergi	=	35,016	ton
Muatan Balik	=	7,361	ton
Kargo Terangkut Pergi	=	470	ton
Kargo Terangkut Balik	=	99	ton
Frekuensi Max Pergi	=	47.0	kali
Frekuensi Max Balik	=	47.0	kali
Jumlah Kapal Pergi	=	1.00	kapal
Jumlah Kapal Balik	=	1.00	kapal
Frekuensi Seluruh kapal Pergi	=	11.0	kali
Frekuensi Seluruh kapal Balik	=	3.0	kali
Frekuensi Setiap Kapal Pergi	=	11.0	kali
Frekuensi Setiap Kapal Balik	=	3.0	kali

Asal	Tujuan	Jarak (nm)	Muatan (ton/tahun)	Time Charter Cost (Rp/tahun)	Voyage Cost (Rp/tahun)	Cargo Handling Cost (Rp/tahun)	Total Cost (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton.nmile)
Pelabuhan Makassar	Pelabuhan Bone	99.35	39.27	Rp 1,958,003,113	Rp 5,118,445,035	Rp 111,238,608	Rp 7,187,686,756	Rp 1,842,195
Pelabuhan Bone	Pelabuhan Parepare	86.93	8.16	Rp 1,958,003,113	Rp 10,043,256,929	Rp 12,120,148	Rp 12,013,380,191	Rp 16,932,226
Pelabuhan Parepare	Pelabuhan Palopo	123.11	8.75	Rp 1,958,003,113	Rp 15,538,489,727	Rp 13,954,243	Rp 17,510,447,083	Rp 16,257,671
Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Kolaka	251.35	24932.39	Rp 1,958,003,113	Rp 21,967,280,359	Rp 35,154,671,716	Rp 59,079,955,188	Rp 9,428
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Kendari	96.11	10027.62	Rp 1,958,003,113	Rp 27,061,322,797	Rp 17,648,604,194	Rp 46,667,930,104	Rp 48,423
Pelabuhan Kendari	Pelabuhan Kolaka	96.11	7223.30	Rp 1,958,003,113	Rp 32,155,364,960	Rp 25,101,010,000	Rp 59,214,378,074	Rp 85,295
Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Makassar	458.42	137.70	Rp 1,958,003,113	Rp 40,186,785,206	Rp 166,544,092	Rp 42,311,332,412	Rp 670,301

6. Perhitungan Truk Pelabuhan Eksisting

Truk Pelabuhan		Door To Port	
		Supply Makassar	Supply Kendari
Komponen Biaya	Satuan	Tronton	Tronton
		GC	GC
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 3,123,224	Rp 3,169,671
Umur Ekonomis	tahun	25	25
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15
Load Factor	%	60%	60%
Hari Operasional	hari	330	330
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000
Supply	ton/tahun	35016.19	7361.00
Muatan Terangkut	ton/frek	15.00	14.99
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	2335	491
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	212	45
Jarak	km/trip	13	17.9
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5
Waktu per Round Trip	jam/trip	1.80	2.11
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	15.96	3.92
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 49,842,155	Rp 12,420,697
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 377,400	Rp 425,420
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 552,415,101	Rp 141,307,291
Total Biaya	Rp/trip	Rp 50,219,555	Rp 12,846,117
Unit Cost	Rp/ton.mile	Rp 1,214	Rp 1,072

Truk Pelabuhan		Port To Door									
		Pelabuhan Bajoe (Bone)		Pelabuhan Parepare		Pelabuhan Palopo		Pelabuhan Kolaka		Pelabuhan Kendari	
		Tronton	GC	Tronton	GC	Tronton	GC	Tronton	GC	Tronton	GC
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 3,088,153	Rp 3,025,593	Rp 3,099,527	Rp 3,019,905	Rp 3,169,671	Rp 3,019,905	Rp 3,123,224			
Umur Ekonomis	tahun	25	25	25	25	25	25	25			
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30	30	30	30	30	30			
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35	35	35	35	35	35			
Kapasitas Truk	ton/trip	15	15	15	15	15	15	15			
Load Factor	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%			
Hari Operasional	hari	330	330	330	330	330	330	330			
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000			
Supply	ton/tahun	39.27	8.16	8.75	24932.39	10027.62	7223.30	137.70			
Muatan Terangkut	ton/frek	13.09	8.16	8.75	14.99	14.99	14.99	13.77			
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	3	1	1	1663	669	482	10			
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	1	1	1	151	61	44	1			
Jarak	km/trip	9.3	2.7	10.5	2.1	17.9	2.1	13			
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
Waktu per Round Trip	jam/trip	1.58	1.17	1.65	1.13	2.11	1.13	1.80			
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	0.07	0.05	0.07	7.11	5.34	2.06	0.08			
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800			
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900			
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000			
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000			
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 202,752	Rp 147,137	Rp 213,093	Rp 21,485,256	Rp 16,920,253	Rp 6,224,615	Rp 234,862			
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 341,140	Rp 276,460	Rp 352,900	Rp 270,580	Rp 425,420	Rp 270,580	Rp 377,400			
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 5,982,811	Rp 4,659,572	Rp 6,225,918	Rp 239,314,201	Rp 190,802,405	Rp 71,447,140	Rp 6,734,877			
Total Biaya	Rp/trip	Rp 543,892	Rp 423,597	Rp 565,993	Rp 21,755,836	Rp 17,345,673	Rp 6,495,195	Rp 612,262			
Unit Cost	Rp/ton.mile	Rp 16,381	Rp 211,447	Rp 67,775	Rp 4,571	Rp 1,063	Rp 4,710	Rp 3,762			

7. Perhitungan Kapal Alternatif

Pelabuhan Larea Rea Sinjai

Decision Variable			
	Min	Value	Max
L	20.0	66.7	100.0
B	3.6	6.1	20.0
T	2.0	3.1	4.0
H	2.9	3.8	4.4

Payload	461.0	ton
Load Factor	%	ton

Data Given		
Vs	13	knot
	7	m/s
SF	1.4	m ³ /ton
Jarak Pelayaran	444	nm
Seatime	71	jam/r trip
Porttime	24	jam/r trip
Total Time	95	jam/r trip
RTD	4	hari
Coms Days	330	hari
Frek Max Kapal	83	kali
Demand	35,016	ton/tahun
Frek Req	76	kali

n kapal		1	1
CB			
0.6	0.62	0.8	

Cargo Terangkut	35,036	ton
Frek 1 kapal	76	kali
Penalti Cost Muatan	100,000	per ton
Selisih Muatan	20	ton

Constraint			
	min	value	max
L/B	3.5	10.9	11.0
L/T	10.0	21.2	30.0
B/T	1.8	1.9	5.0
T/H	0.7	0.8	0.9
B/H	1.5	1.6	4.0

Berat Kapal			
	MIN (LWT+DWT)	VALUE	MAX
Displacement (ton)	846.14	842.91	
Delta Disp	1%	0%	10%

H - T	>	Freeboard
0.67	>	0.49

Stabilitas	Min	Value
$e_{0.30} \geq 0.055$	0.06	0.41
$e_{0.40} \geq 0.09$	0.09	0.93
$e_{30,40} \geq 0.03$	0.03	0.52
$h_{30} \geq 0.2$	0.20	3.89

$f_{\max} \geq 25^\circ$	25.00	40.75
$GM_0 \geq 0.15$	0.15	0.38

W	846	ton	Ditolak
Displacement	843	ton	

Dermaga			
Dermaga Minimum	=	3	meter
Dermaga Rencana	=	3	meter
Panjang Minimum	=	100	meter

Estimasi Harga Kapal			
CC	=	Rp 5,015,152,100	per thn
OC	=	Rp 5,608,408,445	per thn
VC (BBM)	=	Rp 10,456,453,277	per thn
Biaya Pinalti	=	Rp 1,981,000	per thn
Total Cost Kapal	=	Rp 21,081,994,823	per thn
Unit Cost Kapal	=	Rp 1,768	per ton.nm

PERHITUNGAN KOEFISIEN

Lpp	=	34,00	m
B	=	15,00	m
H	=	3,10	m
T	=	2,00	m
Vs	=	7,5	knot
	=	3,858	m/s
g	=	9,81	m/s ²
ρ	=	1,025	ton/m ³
	=	1025	kg/m ³
Lwl	=	104% Lpp	346,8816
	=	35,36	m

Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58

Perhitungan Froude Number

g.L	=	346,8816	syarat Fn
Fn	=	Vs / √(g.L)	
	=	0,2071	

$0,15 \leq Fn \leq 0,35$

DITERIMA

Perbandingan Ukuran Utama

L/B	=	2,27	→	5.3 < L/B < 8
B/T	=	7,50	→	3.2 < B/T < 8
L/T	=	17,00	→	10 < L/T < 30
T/H	=	0,65	→	H > L/16

DITOLAK
DITERIMA
DITERIMA
DITERIMA

Ratio of length to breadth = L/B Approx. range 3.5 to 10.
Ratio of length to draft = L/T Approx. range 10 to 30.
Ratio of breadth to draft = B/T Approx. range 1.8 to 5.

Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19
BKI Vol. II Tahun 2006

Ship type	Maximum Froude number	C_p		L/B		B/T	
		min	max	min	max	min	max
Tankers, bulk carriers (ocean)	0.24	0.73	0.85	5.1	7.1	2.4	3.2
Trawlers, coasters, tugs	0.88	0.55	0.65	3.9	6.3	2.1	3.0
Containerships, destroyer types	0.45	0.55	0.67	6.0	9.5	3.0	4.0
Cargoliners	0.30	0.56	0.75	5.3	8.0	2.4	4.0
Roll-on, roll-off ships; car-ferries	0.35	0.55	0.67	5.3	8.0	3.2	4.0

PERHITUNGAN VOLUME MUATAN

Perhitungan : PM. No.66 Tahun 2019

Muatan	Jumlah	Satuan Produksi		Bobot (ton)	
		SUP	LM		
Penumpang	100	1,00	0,41	0,1	10
Gol I Sepeda angin	0	2,23	0,31	0,02	0
Gol II Sepeda Motor (<500 cc)	0	4,02	0,69	0,2	0
Gol III Sepeda Motor (>=500 cc)	0	8,67	1,03	0,4	0
Gol IV A Mobil (L<=5m) + penumpang	0	32,09	5,00	1,5	0
Gol IV B Mobil (L<=5m) (kend barang dan muatan)	2	33,26	5,00	2	4
Gol V A Bus, Truk (L<=7m) + penumpang	0	60,48	7,00	8	0
Gol V B Bus, Truk (L<=7m) (kend barang dan muatan)	0	61,55	7,00	10	0
Gol VI A Bus, Truk (L 7-10m) + penumpang	0	100,51	10,00	12	0
Gol VI B Bus, Truk (L 7-10m) (kend barang dan muatan)	0	103,19	10,00	15	0
Gol VII Truk Tronton (L 10-12m)	37	135,21	12,00	20	743,684
Gol VIII Truk Tronton (L>12m)	0	188,75	16,00	25	0
Gol IX Truk Tronton (L>16m)	0	272,74	20,00	30	0
Total Payload		5.194,20			757,684
DWT					833,453

0

Perhitungan Jumlah Muatan

Muatan	Jumlah	Dimensi (m)				Vol (m3)
		P	L	T		
Kendaraan roda	37,18421053	11,9	2,5		2,9	86,275
Mobil	2	4,155	1,68		4,6	32,10984
Muatan	Jumlah	P	L		T	Vol (m3)
Manusia	100	1	0,9		2,3	2,07
Ruang gerak		0,46	0,58		2,3	0,61364
Total	100	1,46	1,48		2,3	2,68364

; T setinggi ruang akomodasi

; Suzuki Carry Pick Up Futura

0,9 m3

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

● **Koefisien Blok**

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

$$0,747498625 = 0,70416 \quad 0,70$$

● **Koefisien Luas Midship (Series '60)**

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

$$= 0,986 \quad ; 0,75 \leq C_M \leq 0,995$$

$$C_M = 0.977 + 0.085 (C_B - 0.60) \quad [16]$$

$$C_M = 1.006 - 0.0056 C_B^{-3.50} \quad [17]$$

$$C_M = (1 + (1 - C_B)^{3.5})^{-1} \quad [18]$$

● **Koefisien Prismatic**

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

$$C_p = C_b / C_m \quad ; 0.55 \sim 0.67$$

$$= 0,714268$$

● **Koefisien Bidang Garis Air**

$$C_{WP} = 0.180 + 0.860 C_p \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-16})$$

$$= 0,794271$$

● **Longitudinal Center of Bouyancy**

$$\text{a. LCB (\%)} = 8.80 - 38.9 Fn \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-19})$$

$$= 0,742 \% \text{ LPP}$$

$$\text{b. LCB dari M} = \text{LCB (\%)} / 100 \cdot \text{LPP}$$

$$= 0,252 \text{ m dari M}$$

$$\text{c. LCB dari AP} = 0.5 \cdot \text{LPP} - \text{LCBM}$$

$$= 16,914 \text{ m dari AP}$$

$$\text{d. LCB dari FP} = 0.5 \cdot \text{LPP} + \text{LCBM}$$

$$= 17,086 \text{ m dari FP}$$

$$\text{LCB} = 8.80 - 38.9 Fn \quad [32]$$

$$\text{LCB} = -13.5 + 19.4 C_p \quad [33]$$

● **Volume Displasemen**

$$\nabla (\text{m}^3) = Lwl \cdot B \cdot T \cdot C_b$$

$$= 746,98 \text{ m}^3$$

● **Displasemen**

$$\Delta (\text{ton}) = Lwl \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \rho$$

$$= 765,65 \text{ ton}$$

Notes :

- L/B Mmpengaruhi stabilitas, hambatan, dan tahanan kapal
(Semakin > L dan B maka Displacement semakin besar --> Hambatan)
- B/T Mmpengaruhi stabilitas (titik bouyancy) semakin besar semakin stabil
(T pengaruh terhadap Bouyancy)
- T/H Freeboard
- L/H Berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal
- H/T berpengaruh terhadap daya apung cadangan
- B/T Berpengaruh terhadap stabilitas kapal
- Cm Am / BT
- Cp Cb/Cm

$$N_{qc} \quad \text{###}$$

$$W_h \quad k \cdot N_{qc}$$

$$\quad \text{###}$$

Perhitungan space untuk kendaraan

- panjang 4
- lebar 1,5
- Tinggi 2
- jumlah kursi 20
- luasan kursi 0,4 m²
- kebutuhan space 8 m²

PERHITUNGAN HAMBATAN

Ukuran Utama

Lpp	=	44,27099958	m
Lwl	=	46,04183956	m
B	=	12,19768811	m
T	=	1,526455637	m
H	=	2,859791323	m
Vs	=	8,5	knot
	=	4,3724	m/s
g	=	9,81	m/s ²
ρ	=	1,025	ton/m ³
	=	1025	kg/m ³

g · L = 451,6704461

Perhitungan:

1. Viscous Resistance

⊙ **C_{D0}** (Friction Coefficient - ITTC 1957)

V = kinematic viscosity
 = 1188310,00 m²/s²
 Rn = Angka Reynolds
 = (LWL · Vs) / V
 = 0,00017

$v = \text{Kinematika viscosity}$
 $v = 1,18831 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$

0,000169411
 169411466,1 *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 75*

CF₀ = Koefisien tahanan gesek

= 0,075 / (log Rn - 2)²
 = 0,002 *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 90*

⊙ **1+k₁** (form factor of bare hull)

C = 1 + (0,11 · C_{22am})
 = 1 *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*

L_p/L = (1 - C_p) + (0,06 · C_p · LCB) / (4 · C_p - 1)
 = 0,292 *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*

L_{wl}³ / V = 175,158 *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*

1+k₁ = 0,93 + 0,4871 · C · (B/Lwl)^{1,0881} · (T/Lwl)^{0,4611} · (Lwl/L_{wl})^{0,1216} · (Lwl³/V)^{0,3849} · (1 - C_p)^{0,6042}
 = 1,29136636

⊙ **Wetted Surface Area**

A_{BT} = 0 ; tanpa bulb
 = 0 m² *Practical Ship Design Hal. 233*

S = Wetted Surface Area
 = [(2T + B)C_w^{0,9} (0,453 + 0,4425 C_p - 0,2862 C_{cm} - 0,003467 B/T + 0,3696 C_{mid}) + 2,38 A_{BT}/C_p]
 = 493,2638709 m² *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91*

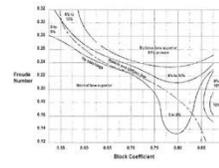
R_v = 1/2 · ρ · v² · C_{F0} · (1+k₁) · S
 = 14,05441982 kN

$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FD} (1+k_1) S$ (67) *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*

Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

C _D	=	0,65
C _{Df}	=	0,98125
C _p	=	0,66242
C _{wf}	=	0,749682
LCB _M	=	0,252
F _n	=	0,205735
C _{stern}	=	0 ; karena bentuk Afterbody normal

C_{cm} = -25 for green with gondola
 C_{cm} = -10 for V-shaped sections
 C_{cm} = 0 for normal section shape
 C_{cm} = +10 for U-shaped sections with Hagen stern.
 L_{st} is the length of the run, which—if unknown—can be estimated from the following formula:



n = 0
 b = 0
 dari grafik dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan ulbus bow, hanya mengurangi -5% hambatan kapal
 leh karena itu penggunaan ulbus bow pada kapal ini dak direkomendasikan

2. Appendages Resistance

Wetted Surface Area of Appendages (S_{app})

C ₁	=	1,000	faktor tipe kapal (umum)	
C ₂	=	1,000	faktor tipe kemudi (umum)	(tidak menggunakan bulb)
C ₃	=	1,000	faktor tipe profil kemudi (NACA)	
C ₄	=	1,000	faktor letak baling-baling	
S _{rudder}	=	2 * 0.8 * C ₁ · C ₂ · C ₃ · C ₄ (1,75 · L · T / 100)		BKI Vol. II section 14 hal 1-2
	=	2,36522009	m ²	

S _{bilgekeel}	=	4 · (0.6 · CB · LPP) · (0.18 / (CB - 0.2))		Watson 1998, hal. 254
	=	27,62510374	m ²	
				L _{keel} = 0.6 · Cb · Lpp H _{keel} = 0.18 / (Cb - 0.2)
				= 17,26569 = 0,400

S _{app}	=	S _{rudder} + S _{bilgekeel}	
	=	29,99032383	m ²

S _{total}	=	S + S _{app}	
	=	523,2541948	m ²

1 + k ₂	=	(1,4 · S _{rudder} + 1,4 · S _{bilgekeel}) / (S _{rudder} + S _{bilgekeel})	
	=	1,40	; 1.3 ~ 1.5 → for Bilge Keel

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

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

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

1 + K	=	1 + k ₁ + [(1 + k ₂) - (1 + k ₁)] · S _{app} / S _{tot}	
	=	1,29759	

R _{APP}	=	1/2 · ρ · v ² · C _{FD} · (1 + k ₂) · S _{APP}	
	=	0,926 kN	

$$R_{\text{app}} = 1/2 \cdot C_f \cdot \rho \cdot S_{\text{app}} \cdot V^2 \cdot (1 + K_2)$$

3. Wave Making Resistance

C₁

B/LWL	=	0,26		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
C ₄	=	0,26	; karena 0.11 < B/LWL ≤ 0.25	
T _a	=	1,53	m	
T _f	=	1,53	m	

half angle of entrance at the load waterline ; saat even keel --> T_a=T_f=T

i _E	=	125.67 B/L - 162.25 C _p ² + 234.32 C _p ³ + 0.1551 (LCB + 6.8 (T _a - T _f)/T) ³		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
	=	30,25		
d	=	-0,9		
C ₁	=	2223105 C ₄ ^{3.7861} (T/B) ^{1.0796} (90 - i _E) ^{-1.3757}		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
	=	5,555		

m₁

$\sqrt[3]{\sigma} / L_{WL}$	=	0,19706816		; untuk C _p ≤ 0.8
C ₅	=	8.0798 · C _p - 13.8673 · C _p ² + 6.9844 · C _p ³		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
	=	1,297		
m ₁	=	0.01404 LWL/T - 1.7525(V ^{1/3} /LWL) - 4.7932 B/LWL - C ₅		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
	=	-2,489		; untuk L/B ≤ 12
λ	=	1.446 C _p - 0.03 L/B		Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92
	=	0,845		

• m_2
 $Lwl^3/V = 130,6623951$; untuk $Lwl^3/V \leq 512$
 $C_g = -1,69385$ *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*
 $m_2 = C_g \cdot 0,4e^{-0,0347m - 3,29}$
 $= -0,00141$

• C_2 ; tidak menggunakan bulbous bow
 $C_2 = 1$ *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92*

• C_3
 Saat $V=0$, Transom tidak tercelup air
 $AT = \text{the immersed area of the transom at zero speed}$; tanpa bulbous bow
 $= 0$
 $C_3 = 1 - 0,8 \cdot AT / (BTC_{td})$ *Principle of Naval Architecture Vol II hal 93*
 $= 1$

• $R_{w/W}$ = $C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{[m_1 \ln^2 m + m_2 \cos \theta \cdot (m-2)]}$ *Principle of Naval Architecture Vol II hal 92*
 $= 0,0002$

• C_A (Correlation Allowance)
 $Tf/Lwl = 0,033153663$; for $Tf/Lwl > 0,04$
 $C_A = 0,006 (LWL + 100)^{0,16} - 0,00205$
 $= 0,000653$

• W = $\Delta \cdot g$; Gaya Berat
 $= 7511,0432$ N *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*

$R_w = (Rw/W) \cdot W$
 $= 1,361962698$

$R_r = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{rd} (1 + k_r) S \quad (67)$

4. Total Resistance
 • R_{total} = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} [C_r (1 + k_r) + C_A] + RW/W \cdot W$ *Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93*
 $= 18329,615$ N
 $= 18,329615$ kN
 $19,69021551$

• $R_{total} + \text{Margin } 15\%$ R_{total}
 $= 21079,05699$ N
 $21,079$ kN

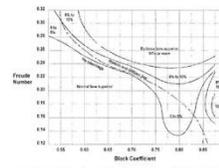


Fig. 4.1 The correlation of Frigate number and Block coefficient at which a bulbous bow is likely to be advantageous.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bulbous bow, hanya mengurangi 0-5% hambatan kapal oleh karena itu penggunaan bulbous bow pada kapal ini tidak direkomendasikan

PERHITUNGAN PROPULSI DAN DAYA MESIN

Input Data

L_{WL}	=	35,36	m	
T	=	2,000	m	
V_s	=	3,858	m/s	
C_B	=	0,7042		
R_T	=	21,079	kN	
D	=	1,300	m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) · T
n_{rpm}	=	110	rpm	
n_{rps}	=	1,833	rps	
P/D	=	0,95		; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	=	4	blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	=	0,4		; Expanded Area Ratio

Perhitungan Awal

⊙ $1+k$	=	1,297593
⊙ C_{fo}	=	0,002252
⊙ C_A	=	0,000653

Perhitungan:

⊙ Koefisien Viskositas		
CV	=	$(1+k) C_f + C_A$
	=	0,00357

; Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162

Note :

D = Diameter propeller, D= 0,65.T

n = Putaran propeller

P/D = Pitch ratio, 0,5 - 1.4

Z = Jumlah daun propeller

AE/AO = Expanded Area Ratio, 0,4 ; 0,55 ; 0,7 ; 0,85, 1

= yang digunakan dalam perhitungan 0,4

P_E = Effective Horse Power = $R_T \cdot V_s$

For twin-screw ships the following equations were derived,

$$\begin{aligned} w &= 0.3095 C_B + 10 C_f C_B - 0.23 D/\sqrt{BT} \\ t &= 0.325 C_B - 0.1885 D/\sqrt{BT} \\ \eta_R &= 0.9737 + 0.1111(C_B - 0.0225 t/b) + \\ &\quad - 0.06325 P/D \end{aligned} \quad (52)$$

☉ Wake fraction (Single Screw Ship)

$$\begin{aligned} \omega &= 0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1 && ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163} \\ &= 0,13642 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 0,1 && ; \text{thrust deduction friction} \\ &&& ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_a &= V_s \cdot (1 - \omega) && ; \text{Parametric Design hal 11-27} \\ &= 3,332 \quad \text{m/s} && V_a = \text{Speed of Advance} \end{aligned}$$

1. Effective Horse Power (EHP)

$$\begin{aligned} \text{☉ } P_E &= R_t \times V_s \\ &= 81,3230 \quad \text{KW} \end{aligned}$$

2. Thrust Horse Power (THP)

$$\begin{aligned} \text{☉ } P_T &= P_E \cdot (1 - \omega) / (1 - t) && ; \text{Parametric Design hal 11-29} \\ &= 78,032 \quad \text{KW} \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\begin{aligned} \text{☉ } \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \\ &= (1 - t) / (1 - \omega) = P_E / P_T && ; \text{Parametric Design hal 11-29} \\ &= 1,042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{☉ } \eta_o &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= (J / (2 \cdot n)) \cdot (K_T / K_Q) && ; \text{Propeller B-series = 0.5 - 0.6} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{☉ } \eta_r &= \text{Rotative Efficiency} \\ &= 0,985 && ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{☉ } \eta_D &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_H \cdot \eta_o \cdot \eta_r && ; \text{Parametric Design hal 11-27} \\ &= 0,5646 \end{aligned}$$

3. Delivered Horse Power (DHP)

$$\begin{aligned} \text{☉ } P_D &= \text{Delivered Power at Propeller} \\ &= P_E / \eta_D && ; \text{Parametric Design hal 11-29} \\ &= 144,037 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

4. Shaft Horse Power (SHP or PS)

$\odot \eta_s$ = Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)
 = 0,98 ; Parametric Design hal 11-29

$\odot PS$ = Shaft Power
 = PD/η_s ; Parametric Design hal 11-29
 = 146,976 kW

5. Brake Horse Power Calculation (BHP)

$\odot \eta_R$ = Reduction Gear Efficiency
 = 0,975

$\odot PB_o$ = Brake Horse Power (BHP_o)
 = PS/η_R ; Parametric Design hal 11-29
 = 150,745 kW

Perhitungan PB kondisi maximum continous rate

1 Kw = 1,341 HP

PB scr	=	85%
PB mcr	=	177,347 kW
Sea Margin	=	10%

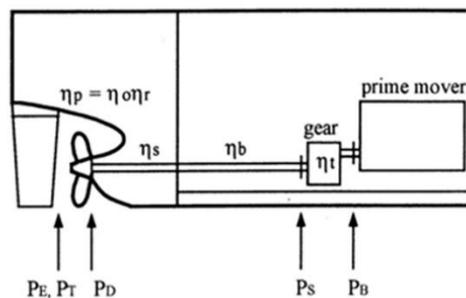
PB Mesin Induk

PB mcr tot	=	195,08 kW
		261,604 HP

PB Mesin Bantu

25% PB mcr tot	=	48,770 kW
		65,401 HP

Gambar Distribusi Tenaga



PEMILIHAN MESIN (ME & AE)

MCR Mesin ME = 195,082 kW
= 261,604 HP

1. Mesin ME

Merk = Yuchai
Type = YC6MK300C

2. Daya Mesin yang Digunakan

Daya = 223,7136465 kW
= 300 HP

3. Konsumsi Bahan Bakar

SFOC = 189 g/kW/hr
= 0,000189 ton/kW/hr

4. Dimensi

L = 1,652 m
H = 0,939 m
B = 1,262 m
Berat Mesin = 1,27 ton
Rpm = 1800 rpm
= 30 rps

5. Konsumsi Pelumas (Oli)

Cylinder = 0,5 g/kW/hr
Oil Capacity = 10,388 Liter

6. Harga Mesin

Harga = Rp 208.800.000

MCR Mesin AE = 48,7703764 kW
= 65,40107475 HP

1. Mesin AE

Merk = Cummins
Type = 4BTA3.9-GM65

2. Daya Mesin yang Digunakan

Daya = 65 kW
= 87,165 HP

3. Konsumsi Bahan Bakar

SFOC = 180 g/kW/hr
= 0,000180 ton/kW/hr

4. Dimensi

L = 0,755 m
H = 0,665 m
B = 1,217 m
Berat Mesin = 0,31 ton
Rpm = 1800 rpm
= 30 rps

5. Konsumsi Pelumas (Oli)

Cylinder = 0,6 g/kW/hr
Oil Capacity = 9 Liter

6. Harga Mesin

Harga = Rp 129.600.000

2 ME daya 300 HP mitsubisti
 yanmar
kapal full operating >> kapal per >>
 aturan kapal perintis >

regulasi kapal perintis
juknis kapal perintis

Sumber: Made-in-China.com

DAFTAR MAIN ENGINE												1,341 HP		Rp 14.400	
No	Merek	Tipe	Daya (KW)	SFOC (g/kW/hr)	SLOC (g/kW/hr)	Berat Mesin (ton)	Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	RPM	Kapasitas Pelumas (l)	Harga Mesin +gearbox			
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Rp -			
1	Bukh	DV36RME	26,50	160,00	0,60	0,27	0,93	0,67	0,57	3600,00	5,40	Rp 66.756.756			
2	Hyundai	M4D56D	29,00	200,00	0,70	0,45	0,90	0,80	0,65	3000,00	5,40	Rp 158.000.000			
3	Vetus	M4.45	31,00	252,00	0,80	0,20	0,90	0,80	0,65	3000,00	7,25	Rp 159.500.000			
4	Yuchai	YC4108CA	32,00	200,00	0,80	0,37	0,99	0,95	0,73	1500,00	7,50	Rp 90.336.400			
5	Weichai	D226B-3CI	35,50	200,00	1,00	0,46	0,89	1,06	0,55	1800,00	7,25	Rp 94.112.700			
6	Weichai	TD226D-3CI	50,00	200,00	1,36	0,46	0,89	1,06	0,55	1800,00	7,25	Rp 98.029.800			
7	Yuchai	YC6108ZC	80,00	198,00	0,80	0,72	1,29	1,20	0,78	1500,00	8,20	Rp 121.280.500			
8	Weichai	WP4C120-18	88,00	198,00	1,36	0,68	0,89	1,06	0,70	1800,00	8,00	Rp 122.072.500			
9	Yuchai	YC6108ZLCB	112,00	198,00	0,80	0,75	1,25	1,08	0,78	1500,00	8,50	Rp 146.361.500			
10	Yuchai	YC6A170C	125,00	195,00	0,80	0,80	1,24	1,00	0,90	1500,00	8,50	Rp 155.441.000			
11	Yuchai	YC6A170C	126,77	198,00	0,80	0,77	1,42	0,91	1,08	1500,00	7,25	Rp 123.840.000			
12	Yuchai	YC6A190C	141,69	198,00	0,80	0,77	1,42	0,91	1,08	1500,00	7,25	Rp 123.840.000			
13	Yuchai	YC6A220C	164,06	198,00	0,80	0,77	1,42	0,91	1,08	2300,00	7,25	Rp 129.600.000			
14	Yuchai	YC6MK300C	223,71	189,00	0,50	1,27	1,65	0,94	1,26	1800,00	10,39	Rp 208.800.000			
15	Yuchai	YC6MK320C	238,63	189,00	0,50	1,27	1,65	0,94	1,26	1800,00	10,34	Rp 216.000.000			
16	Yuchai	YC6MJ365L-C20	272,18	192,00	0,50	1,25	1,73	0,96	1,27	1500,00	11,73	Rp 273.600.000			
17	Yuchai	YC6T480C	298,28	195,00	1,00	1,98	1,88	1,00	1,86	1800,00	16,35	Rp 367.200.000			
18	Yuchai	YC6C620L-C20	462,34	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 360.000.000			
19	Yuchai	YC6C670L-C20	499,63	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 388.800.000			
20	Yuchai	YC6C700L-C20	522,00	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 388.800.000			
21	Yuchai	YC6C730L-C20	544,37	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 432.000.000			
22	Yuchai	YC6C820L-C21	611,48	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 432.000.000			
23	Yuchai	YC6C820L-C20	611,48	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 475.200.000			
24	Yuchai	YC6C820L-C20	645,04	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 388.800.000			
25	Yuchai	YC6C925L-C20	689,78	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 432.000.000			
26	Yuchai	YC6C960L-C20	715,88	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 475.200.000			
27	Yuchai	YC6C980L-C20	730,80	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 475.200.000			
28	Yuchai	YC6CL1035L-C20	771,81	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 388.800.000			
29	Yuchai	YC6CL1135L-C20	846,38	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 432.000.000			
30	Yuchai	YC6CL1200L-C20	894,85	195,00	1,00	4,70	2,76	1,29	1,94	1000,00	150,00	Rp 475.200.000			

Made-in-China.com

DAFTAR AUXILIARY ENGINE

No	Merek	Tipe	Daya (KW)	SFOC (g/kW/hr)	SLOC (g/kW/hr)	Berat Mesin (ton)	Panjang (m)	Tinggi (m)	Lebar (m)	RPM	Kapasitas Pelumas (l)	Harga Genset
1	Yamaha	EF2600FW	2,00	150,00	0,60	0,04	0,51	0,43	0,42	3600,00	1,00	Rp 6.098.000
2	Yamaha	EF 4000 FW	2,90	150,00	0,60	0,08	0,52	0,43	0,42	3600,00	1,00	Rp 10.480.000
3	Yamaha	EF 5500 EFW	3,80	160,00	0,60	0,27	0,67	0,57	0,54	3600,00	1,20	Rp 12.120.000
4	Honda	SEA-3000Ha	4,05	120,00	0,60	0,04	0,55	0,45	0,42	3600,00	1,00	Rp 5.936.000
5	Yamaha	EF 7200 E	5,00	160,00	0,60	0,09	0,67	0,57	0,52	3600,00	1,20	Rp 12.800.000
6	Yamaha	EF 12000E	8,50	180,00	0,60	0,14	0,72	0,68	0,55	3600,00	1,50	Rp 55.836.000
7	Loncin	LC12800	9,00	180,00	0,60	0,17	0,87	0,68	0,64	3600,00	1,40	Rp 44.105.000
8	Honda	SEA-7000Ha	9,56	180,00	0,60	0,09	0,69	0,51	0,53	3600,00	1,50	Rp 14.700.000
9	Yamaha	EF 14000 E	10,00	200,00	0,60	0,16	0,82	0,75	0,64	3600,00	1,50	Rp 61.677.000
10	Yamaha	EF 17000 TE	12,50	200,00	0,60	0,17	0,85	0,77	0,69	3600,00	2,00	Rp 62.706.000
11	Cummins	4BTA3.9-GM47	47,00	180,00	0,60	0,31	0,76	0,67	0,83	1500,00	9,00	Rp 100.800.000
12	Cummins	4BTA3.9-GM65	65,00	180,00	0,60	0,31	0,76	0,67	0,83	1800,00	9,00	Rp 129.600.000
13	Shanghai Dongfeng	SYG128ZCaf	128,50	197,00	0,70	1,35	1,63	0,85	1,22	1800,00	9,00	Rp 21.600.000
14	Shanghai Dongfeng	SYG128ZLCaf3	254,80	197,00	0,70	1,2	1,762	0,811	1,532	1800,00	9,00	Rp 28.800.000
15	Cummins	KTA19-DM620	392,00	200,00	0,80	2,108	2,151	0,966	1,704	1800,00	9,00	Rp 72.000.000

PERHITUNGAN BERAT PERMESINAN

Input Data

D = Diameter Propeler
 = 1,30 m
 n_{rpm} = 110 rpm
 z = 4 blade
 AE/AO = 0,4
 DHP = Delivered Power at Propeller
 = 144,037 KW
 BHP = Brake Horse Power
 = 150,74 KW
 We = Berat Mesin Induk
 = 1,27 Ton
 Wae = Berat Mesin Bantu
 = 0,31 Ton

Perhitungan:

1. Unit Propulsi

● **Berat Gear Box**

$W_{gear} = 0,3 \sim 0,4 (PB/n)$; Ship Design for Efficient & Economy Schneekloth Vol 2. hal 175
 = 0,47964254 Ton

● **Shafting (Panjang Poros)**

l = Panjang poros propeller
 2 m untuk area gearbox, poros, dsb
 + 1 m untuk area gangway
 = 2,72 m 2,72

M_p/l = Berat Poros/Panjang Poros
 = $0,081(PD/Nrpm)^{(2/3)}$; Ship Design for Efficient & Economy Schneekloth Vol 2. hal 175
 = 0,096948 Ton/m

M_s = Berat Poros Propeler
 = $(M_p/l) \cdot l$
 = 0,263698 Ton

.1 Kapal 5000 tdw atau lebih:

$$h = \frac{B}{15} \text{ [m] atau 2,0 m}$$

yang mana yang lebih kecil

$$h_{min} = 1.0 \text{ m}$$

Titik Berat Permesinan

$h_{db,M}$ = Tinggi Double bottom KM
 = 350 + 45B
 = 1,03 m ; h min = 600 mm

KG = $h_{db} + 0,35(H - h_{db})$; Parametric Design hal 11-25
 = 1,75 m

LCB = Panjang Ceruk Buritan
 = $5\% \cdot L_{pp}$
 = 1,70 m

LCG_M = $(-0,5 \cdot L_{pp}) + LCB + 5$
 = -10,30 m ; di belakang Midship

LCG_{pp} = $-LCG_M + (0,5 \cdot L_{pp})$
 = 27,30 m
 28,66

● **Propeller**

$$\begin{aligned}d_s &= \text{Diameter propeller} && ; \text{ Untuk material dengan } \textit{tensile strength} \text{ 700 N/mm}^2 \\ &= 11.5 \cdot (PD/Nrpm)^{1/3} && ; \text{ Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 175} \\ &= 12,581274 \text{ cm} \\ &= 0,12581274 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K &= \text{Koefisien fixed propeller} \\ &= (d_s/D) \cdot (1.85A_g/A_o - (Z-2)/100) && ; \text{ Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 176} \\ &= 0,069681\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{prop} &= \text{Berat Propeler} \\ &= D^3 \cdot K && ; \text{ Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 175} \\ &= 0,15 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{T,Prop} &= W_{gear} + M_s + W_{prop} \\ &= 0,90 \text{ Ton}\end{aligned}$$

2. Unit Kelistrikan

$$\begin{aligned}\text{● } W_{Agg} &= 0.001 \cdot P_g(15 + 0.014P_g) && ; \text{ Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 176} \\ &= 5,44253125 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Lain-lain

$$\begin{aligned}\text{● } W_{ot} &= (0.04 \sim 0.07) \cdot P_B && ; \text{ Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 177} \\ &= 8,29096399 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Berat Total Permesinan

$$\begin{aligned}\text{● } W_{TM} &= W_e + W_{ae} + W_{T,Prop} + W_{agg} + W_{ot} \\ &= 16,21 \text{ Ton}\end{aligned}$$

PERHITUNGAN BERAT BAJA DAN TITIK BERAT BAJA

Koefisien titik berat

; *Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 150*

No.	Type kapal	C_{KG}
1	Passenger ship	0.67 – 0.72
2	Large cargo ship	0.58 – 0.64
3	Small cargo ship	0.60 – 0.80
4	Bulk carrier	0.55 – 0.58
5	Tankers	0.52 – 0.54

Diambil passenger karena kapal yang didesain mengangkut penumpang

; *Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 154*

No	Tipe Kapal	CSO (t/m ³)
1	Support vessels	0,0974
2	Tugs	0,0892
3	Cargo ship (1 deck)	0,0700
4	Cargo ship (2 decks)	0,0760
5	Cargo ship (3 decks)	0,0820
6	Train ferries	0,6500
7	Rescue vessel	0,0232
8	Bulk carriers	0,0700
9	Tanker	0,0752
10	VLCC	0,0645
11	Product carriers	0,0664
12	Reefers	0,0609
13	Passenger ship	0,0580

No	Layer	Panjang (ld)
1	I (Poop)	20% Lpp
2	II	15% Lpp
3	Wheel House	8% Lpp

Input Data

Lpp	=	34,00
Lwl	=	35,36
B	=	15,00
H	=	3,10
T	=	2,00

Perhitungan:

1. Volume Superstructure (V_A)

⊙ **Volume Forecastle (V_{FC})**

Panjang Forecastle (ℓ _{FC})	=	12% · L _{pp}	
	=	4,1	m
Lebar Forecastle (B _{FC})	=	selebar kapal	
	=	15,00	m
Tinggi Forecastle (H _{FC})	=	2,5	m ; asumsi
Volume Forecastle (V _{FC})	=	0.5 · ℓ _{FC} · B _{FC} · H _{FC}	
	=	76,5	m ³

⊙ **Volume Poop (V_{PO})**

Panjang Poop (ℓ _{PO})	=	12% · L _{pp}	
	=	4,08	m
Lebar Poop (B _{PO})	=	selebar Kapal	; asumsi dikurangi lebar jalan
	=	15,00	m
Tinggi Poop (H _{PO})	=	2,50	m ; asumsi
Volume Poop (V _{PO})	=	ℓ _{PO} · B _{PO} · H _{PO}	
	=	153,000	m ³

Volume Superstructure (V_A)	=	V _{FC} + V _{PO}	
	=	229,500	m ³

2. Volume Deck House (V_{DH})

⊙ **Volume Ruang Kendaraan Layer 1 (VRK)**

Panjang Ruang Kendaraan (ℓ _{BRK})	=	15% · L _{pp}	
	=	5,10	m
Lebar Ruang Kendaraan (BRK)	=	B	; 2 m gangway
	=	15,00	m
Tinggi Ruang Kendaraan (HRK)	=	4,6	m
Volume Ruang Kendaraan (VRK)	=	ℓ _{BRK} · BRK · HRK	
	=	351,900	m ³

● **Volume Akomodasi Layer 1 (V_{DH3})**

$$\begin{aligned} \text{Panjang Ruang Akomodasi } (\ell_{DH3}) &= 80\% \cdot L_{pp} \\ &= 23,80 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Ruang Akomodasi } (B_{DH3}) &= \text{selebar kapal} \\ &= 13,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Ruang Akomodasi } (H_{DH3}) &= 2,3 \quad \text{m} \quad ; \text{ asumsi} \\ \text{Volume Ruang Akomodasi } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot B_{DH3} \cdot H_{DH3} \\ &= 711,62 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

● **Volume Akomodasi Layer 2 (V_{DH3})**

$$\begin{aligned} \text{Panjang Ruang Akomodasi } (\ell_{DH3}) &= 70\% \cdot L_{pp} \\ &= 20,40 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Ruang Akomodasi } (B_{DH3}) &= B - 2 \quad ; 2 \text{ m gangway} \\ &= 13,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Ruang Akomodasi } (H_{DH3}) &= 2,3 \quad \text{m} \quad ; \text{ asumsi} \\ \text{Volume Ruang Akomodasi } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot B_{DH3} \cdot H_{DH3} \\ &= 609,96 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

● **Volume Wheel House (V_{wh})**

$$\begin{aligned} \text{Panjang Wheel House } (\ell_{wh}) &= 8\% \cdot L_{pp} \\ &= 3,40 \quad \text{m} \\ \text{Lebar Wheel House } (B_{wh}) &= B - 1 \quad ; 2 \text{ m gangway} \\ &= 14,00 \quad \text{m} \\ \text{Tinggi Wheel House } (H_{wh}) &= 2,3 \quad \text{m} \quad ; \text{ asumsi} \\ \text{Volume Wheel House } (V_{wh}) &= \ell_{DH2} \cdot B_{DH2} \cdot H_{DH2} \\ &= 109,48 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Deck House } (V_{DH}) &= VRK_1 + VDH1 + VDH2 + Vwh \\ &= 1782,960 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

(Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; page 154-156)

3. Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned}
 D_A &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House} \\
 &= H + (VA+VDH) / (L_{pp} \cdot B) \\
 &= 3,95207843 \text{ m} && 3,95208 \\
 &&& 7,05 \\
 C_{SO} &= 0,0580 \text{ ton/m}^2 ; \text{ Passenger} \\
 D (\Delta) &= \text{Berat Kapal} \\
 &= 765,65 \text{ ton} \\
 U &= \log \left(\frac{\Delta}{100} \right) \\
 &= 0,88 \\
 C_S &= C_{so} + 0.06e^{(-0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^2 \cdot 45)} && -(0.5 \cdot u + 0.1 \cdot u^2 \cdot 45) = -0,51595 \\
 &= 0,0962 \\
 \text{Total Berat Baja } (W_{ST}) &= L_{pp} \cdot B \cdot D_A \cdot C_S \\
 &= 193,904 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

● Titik Berat Baja

$$\begin{aligned}
 C_{KG} &= \text{Koefisien KG Baja} \\
 &= (0,67 + 0,72) / 2 \\
 &= 0,695 && ; 0,67 \sim 0,72 \\
 KG &= D_A \cdot C_{KG} \\
 &= 2,747 \text{ m} \\
 LCG_{(\%) } &= -0,15 + LCB(\%) \\
 &= 0,592 \text{ \% } L_{pp} \\
 LCG_M &= LCG(\%) \cdot L_{PP} \\
 &= 0,201 \text{ m} \\
 LCG_{FP} &= 0,5 \cdot L_{PP} + LCG_M \\
 &= 17,201 \text{ m} \\
 LCG_{AP} &= L_{PP} - LCG_{FP} \\
 &= 16,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN TITIK BERAT PERALATAN DAN PERELENGKAPAN

Input Data

LPP	=	34	m
B	=	15,00	m
H	=	3,10	m
CALV	=	160	kg/m ²

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship	160 – 170 kg/m ²	60 - 70 kg/m ³
For large cargo ships, large tanker, etc	180 – 200 kg/m ²	80 - 90 kg/m ³

Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 172

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan:

● **Grup III (Accommodation)**

1. Poop

$$\begin{aligned} \ell_{PO} &= 4,08 \text{ m} \\ b_{PO} &= 15,00 \text{ m} \\ A_{PO} &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \\ &= 61,2 \text{ m}^2 \\ W_{PO} &= \frac{A_{PO} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 9,792 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Ruang Kendaraan Layer I

$$\begin{aligned} \ell_{RK} &= 5,10 \text{ m} \\ b_{RK} &= 15,00 \text{ m} \\ A_{RK} &= \ell_{RK} \cdot b_{RK} \\ &= 76,5 \text{ m}^2 \\ W_{RK} &= \frac{A_{RK} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 12,24 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Ruang Akomodasi Layer I

$$\begin{aligned} \ell_{RK} &= 23,80 \text{ m} \\ b_{RK} &= 13,00 \text{ m} \\ A_{RK} &= \ell_{RK} \cdot b_{RK} \\ &= 309,4 \text{ m}^2 \\ W_{RK} &= \frac{A_{RK} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 49,504 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Layer II

$$\begin{aligned} \ell_{DH3} &= 20,40 \text{ m} \\ b_{DH3} &= 13,00 \text{ m} \\ A_{DH3} &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \\ &= 265,2 \text{ m}^2 \\ W_{DH3} &= \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 42,432 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$W_{\text{Total}} = W_{PO} + W_{RK1} + W_{AK1} + W_{DH2} + W_{WH} + W_{FC} + W_{RD} = 137,376 \text{ ton}$$

● **Grup IV (Miscellaneous)**

$$C = 0,18 \text{ ton/m}^2 < C < 0,26 \text{ ton/m}^2$$

Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 172
; kapal berukuran sedang

$$W_{IV} = \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2 \cdot C} = 24,428 \text{ ton}$$

Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 172

$$W_{E\&O} = W_{\text{Total}} + W_{IV} = 161,80 \text{ Ton}$$

Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 172

- Grup I : Hatchway Cover
- Grup II : Cargo-handling / Access equipment
- Grup III : Accommodation / Living quarters

Perhitungan Titik Berat Peralatan dan Perlengkapan:

Grup IV : Miscellaneous

● **KG_{E&O}**

$$D_A = \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House} \\ = 3,95 \text{ m}$$

$$VCG_{E\&O} = D + 1,25 \quad ; \text{Ship Design for Efficient \& Economy Schneekluth Vol 2. hal 173} \\ = 4,350 \text{ m} \quad ; \text{for dry cargo ships}$$

$$VCG_0 = D + 1,25, \quad L \leq 125 \text{ m} \\ = D + 1,25 + 0,01(L - 125), \quad 125 < L \leq 250 \text{ m} \\ = D + 2,50, \quad 250 \text{ m} < L \quad [53]$$

● **LCG₁ (25% W_{E&O} at LCG_M)**

Kamar Mesin

$$W_{E\&O\ KM} = 25\% \cdot W_{E\&O} \quad ; \text{asumsi WE\&O di Kamar Mesin}$$

$$= 40,451082 \text{ ton}$$

$$l_{cb} = 1,7$$

$$LCG_{M\ M} = \text{Titik Berat Permesinan terhadap Midship} \quad 10,214212$$

$$= 10,30 \text{ m}$$

$$6,7857882$$

$$6,001652$$

● **LCG₂ (37,5% W_{E&O} at LCG_{DH})**

Ruang Kendaraan Layer I

$$l_{RK} = 5,10 \text{ m}$$

$$W_{RK} = 12,24 \text{ Ton}$$

$$LCG_{RK} = -0,5 \cdot L_{PP} + (L_{KM} + L_{CB}) - 0,5 \cdot l_{RK}$$

$$= -10,698 \text{ m di belakang M}$$

Ruang Akomodasi Layer I

$$l_{RK} = 23,80 \text{ m}$$

$$W_{RK} = 49,50 \text{ Ton}$$

$$LCG_{RK} = -0,5 \cdot L_{PP} + (L_{KM} + L_{CB}) - 0,5 \cdot l_{RK}$$

$$= -6,7 \text{ m di belakang M}$$

Layer II

$$l_{DH3} = 20,40 \text{ m}$$

$$W_{DH3} = 42,432 \text{ Ton}$$

$$LCG_{DH3} = -0,5 \cdot L_{PP} + (L_{KM} + L_{CB}) - 0,5 \cdot l_{DH2}$$

$$= -18,348 \text{ m}$$

di belakang M

Wheel House

$$l_{WH} = 3,40 \text{ m}$$

$$W_{WH} = 7,616 \text{ Ton}$$

$$LCG_{WH} = -0,5 \cdot L_{PP} + (L_{KM} + L_{CB}) - 0,5 \cdot l_{WH}$$

$$= -9,848 \text{ m di belakang M}$$

$$W_{E\&O\ DH} = 37,5\% \cdot W_{E\&O}$$

; asumsi WE&O di Rumah Geladak

$$= 60,676623 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH} = \frac{W_{RK} \cdot LCG_{RK} + W_{DH2} \cdot LCG_{DH2} + W_{WH} \cdot LCG_{WH}}{W_{RK} + W_{DH2} + W_{DWH}}$$

$$= -18,97585 \text{ m}$$

di belakang M

● **LCG₃ (37,5% W_{E&O} at Midship)**

$$W_{E\&O\ Other} = 37,5\% \cdot W_{E\&O}$$

; asumsi WE&O di tempat lain

$$= 60,676623 \text{ ton}$$

$$LCG_{Other} = 0 \text{ m}$$

di belakang M

● **LCG**

$$LCG_{E\&O} = \frac{25\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_M + 37,5\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{DH} + 37,5\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{Other}}{W_{E\&O}}$$

$$= -4,540944 \text{ m}$$

di belakang M

$$= 19,270472 \text{ m}$$

dari FP

$$= 14,73 \text{ m}$$

dari AP

PERHITUNGAN BERAT CREW & CONSUMABLE

Input Data

Lpp	=	34,00	m	
B	=	15,00	m	
H	=	3,10	m	
T	=	2,00	m	
V _S	=	7,50	knot	
S	=	443,70	Nm	2
BHP	=	195,08	kW	
	=	261,60	HP	

Perhitungan:

1. Jumlah dan Berat Kru

C _{st}	=	1,2		; Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)
C _{rtk}	=	11,5		; Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)
C _{enp}	=	8,5		; Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)
Cadet	=	2		; Umumnya 2 orang
Z _r	=	Cst . Cdk (L B H . 35/10 ⁵) ^{1/6} + Ceng (BHP/10 ⁵) ^{1/3} + cadet		
	=	15,675115		
	=	10	orang	
C _{r&f}	=	0,17	ton/orang	; asumsi berat rata-rata manusia ; Parametric Design hal 11-25
W _{r&f}	=	Berat Kru Total		
	=	Z_r · C_{r&f}		
	=	1,7	ton	

2. Fuel Oil

SFR ME	=	0,00018900	ton/kWh	
MCR ME	=	223,71	kW	
Margin	=	10%		; (5% ~ 10%) ; Parametric Design hal 11-24
W _{FO}	=	SFR · MCR · $\frac{S}{V_S} \cdot (1 + \text{Margin})$		
	=	2,75152753	Ton/R.trip	
W _{FO} dalam sehari	=	2,75152753	Ton/Hari	
W _{FO}	=	$\frac{W_{FO} + 4\% \cdot W_{FO}}{\pi}$		; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas massa jenis MFO = 0,95 ton/m3
	=	3,30819495	Ton/R.trip	
W _{FO} dalam sehari	=	3,30819495	Ton/Hari	
V _{FO} dalam sehari	=	3,48231048	m3/Hari	

3. Diesel Oil

SFR AE	=	0,00018000	ton/kWh	
MCR AE	=	65,00	kW	
Margin	=	10%		; (5% ~ 10%) ; Parametric Design hal 11-24
W _{FO}	=	SFR · MCR · $\frac{S}{V_S} \cdot (1 + \text{Margin})$		
	=	0,76138698	Ton/R.trip	
W _{FO} dalam sehari	=	0,76138698	Ton/Hari	4,12568413
W _{FO}	=	$\frac{W_{FO} + 2\% \cdot W_{FO}}{\pi}$		; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas massa jenis MDO = 0,95 ton/m3
	=	0,81748917	Ton/R.trip	
W _{FO} dalam sehari	=	0,81748917	Ton/Hari	
V _{FO} dalam sehari	=	0,86051492	m3/Hari	

PERHITUNGAN BERAT CREW & CONSUMABLE

Input Data

Lpp	=	34,00	m	
B	=	15,00	m	
H	=	3,10	m	
T	=	2,00	m	
V _s	=	7,50	knot	
S	=	443,70	Nm	2
BHP	=	195,08	kW	
	=	261,60	HP	

Perhitungan:

1. Jumlah dan Berat Kru

C _{st}	=	1,2		; Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)
C _{dk}	=	11,5		; Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)
C _{enp}	=	8,5		; Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)
Cadet	=	2		; Umumnya 2 orang
Z _r	=	Cst . Cdk (L B H . 35/10 ⁵) ^{1/6} + Ceng (BHP/10 ⁵) ^{1/3} + cadet		
	=	15,675115		
	=	10	orang	
C _{C&F}	=	0,17	ton/orang	; asumsi berat rata-rata manusia ; Parametric Design hal 11-25
W _{C&F}	=	Berat Kru Total		
	=	Z _r · C _{C&F}		
	=	1,7	ton	

2. Fuel Oil

SFR ME	=	0,00018900	ton/kWh	
MCR ME	=	223,71	kW	
Margin	=	10%		; (5% ~ 10%)
W _{F₀}	=	SFR · MCR · $\frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$		; Parametric Design hal 11-24
	=	2,75152753	Ton/R.trip	
W _{F₀} dalam sehari	=	2,75152753	Ton/Hari	
W _{F₀}	=	$\frac{W_{F_0} + 4\% \cdot W_{F_0}}{\pi}$		; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas
	=	3,30819495	Ton/R.trip	massa jenis MFO = 0,95 ton/m ³
W _{F₀} dalam sehari	=	3,30819495	Ton/Hari	
V _{F₀} dalam sehari	=	3,48231048	m ³ /Hari	

3. Diesel Oil

SFR AE	=	0,00018000	ton/kWh	
MCR AE	=	65,00	kW	
Margin	=	10%		; (5% ~ 10%)
W _{F₀}	=	SFR · MCR · $\frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$		; Parametric Design hal 11-24
	=	0,76138698	Ton/R.trip	
W _{F₀} dalam sehari	=	0,76138698	Ton/Hari	4,12568413
W _{F₀}	=	$\frac{W_{F_0} + 2\% \cdot W_{F_0}}{\pi}$		; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas
	=	0,81748917	Ton/R.trip	massa jenis MDO = 0,95 ton/m ³
W _{F₀} dalam sehari	=	0,81748917	Ton/Hari	
V _{F₀} dalam sehari	=	0,86051492	m ³ /Hari	

PERHITUNGAN TITIK BERAT CONSUMABLE & PAYLOAD

Input Data

L_{PP}	=	34	m	
L_{WL}	=	35,36	m	
B	=	15	m	
H	=	3,1	m	
T	=	2	m	
W_{FO}	=	3,30819495	Ton/Hari	1,1
W_{DO}	=	0,81748917	Ton/Hari	
W_{LO}	=	0,01109763	Ton/Hari	
W_{FW}	=	258,23	Ton/Hari	
$W_{payload}$	=	53,90	Ton/Hari	
h_{DB}	=	1,025	m	

Perhitungan:

● **Panjang Kamar mesin**

$$L_{KM} = 3,7 + L_{(Panjang\ Mesin\ Induk)} + 1,8 \quad ; \text{Panjang kamar mesin minimal}$$

$$= 7,152 \quad m \quad 4,08$$

● **Panjang Ceruk Buritan**

$$L_{CB} = 5\% L_{pp} \quad ; \text{jarak gading} = 0.6m$$

$$= 1,70 \quad m$$

● **Panjang Ceruk Haluan**

$$L_{CH} = 10\% L_{pp} \quad ; \text{jarak gading} = 0.6m$$

$$= 3,4 \quad m \quad 11 \cdot \text{Jarak gading}$$

● **Panjang cofferdam**

$$L_{CF} = 3 \cdot \text{Jarak gading} \quad ; \text{Panjang Cofferdam. ; jarak gading} = 0.6m$$

$$= 1,8 \quad m \quad 3x \text{ jarak gading cofferdam belakang}$$

● **Panjang tangki fuel oil**

$$L_{FO} = 3 \cdot \text{Jarak gading} \quad ; \text{Panjang tangki fuel oil; jarak gading} = 0.6m$$

$$= 1,8 \quad m$$

Dimensi Ruang Akomodasi

● **Panjang Ruang Muat**

$$L_{RM} = L_{pp} - (L_{CB} + L_{CH} + L_{KM} + L_{CF}) \quad ; \text{Panjang ruang muat}$$

$$= 19,948000 \quad m$$

● **Poop**

$$L_P = 8\% L_{pp}$$

$$= 4,08 \quad m$$

$$h_P = 2,50 \quad m$$

● **Ruang Kendaraan (Layer I)**

$$h_{RK} = 4,6 \quad m \quad ; \text{asumsi}$$

$$L_{RK} = 60\% \cdot L_{pp}$$

$$= 5,10 \quad m$$

● **Ruang Akomodasi Layer I**

$$h_I = 2,3 \quad m \quad ; \text{asumsi}$$

$$L_{dI} = 40\% \cdot L_{pp}$$

$$= 23,80 \quad m$$

● **Ruang Akomodasi Layer II**

$$h_{II} = 2,3 \quad m \quad ; \text{asumsi}$$

$$L_{dII} = 40\% \cdot L_{pp}$$

$$= 20,40 \quad m$$

● **Wheel House**

$$h_{WH} = 2,3 \quad m \quad ; \text{asumsi}$$

$$L_{WH} = 8\% \cdot L_{pp}$$

$$= 3,40 \quad m$$

1. Titik Berat Fuel Oil

Dimensi Tangki :

$$\begin{aligned} B_{FO} &= 65\% \cdot B \\ &= 9,75 \quad \text{m} \\ V_{FO} &= 3,48231048 \quad \text{m}^3 \\ t_{FO} &= 1,5 \quad \text{m} \\ L_{FO} &= \frac{V_{FO}}{B_{FO} \cdot t_{FO}} \\ &= 0,238106699 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki :

$$\begin{aligned} KG_{FO} &= 0,5 \cdot t_{FO} \\ &= 0,75 \quad \text{m} \\ LCG_{FO} \text{ (dari AP)} &= 5\% l_{pp} + L_{KM} + L_{LO} + 0,5 L_{FO} \\ &= 8,971700911 \quad \text{m} \end{aligned}$$

2. Titik Berat Lubricating Oil

Dimensi Tangki :

$$\begin{aligned} B_{LO} &= 65\% \cdot B \\ &= 9,75 \quad \text{m} \\ V_{LO} &= 0,01233069 \quad \text{m}^3 \\ t_{LO} &= 1,953 \quad \text{m} \\ L_{LO} &= \frac{V_{LO}}{B_{LO} \cdot t_{LO}} \\ &= 0,0006476 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki :

$$\begin{aligned} \diamond KG_{LO} &= 0,5 \cdot t_{LO} \\ &= 0,9765 \quad \text{m} \\ \diamond LCG_{LO} \text{ (dari AP)} &= 5\% l_{pp} + L_{KM} + 0,5 L_{LO} \\ &= 8,85 \quad \text{m} \end{aligned}$$

3. Titik Berat Diesel Oil

Dimensi Tangki :

$$\begin{aligned} B_{DO} &= 65\% \cdot B \\ &= 9,75 \quad \text{m} \\ V_{DO} &= 0,86051492 \quad \text{m}^3 \\ t_{DO} &= 1,953 \quad \text{m} \\ L_{DO} &= \frac{V_{DO}}{B_{DO} \cdot t_{DO}} \\ &= 0,045190958 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki :

$$\begin{aligned} KG_{DO} &= 0,5 \cdot t_{DO} \\ &= 0,9765 \quad \text{m} \\ LCG_{DO} \text{ (dari AP)} &= 5\% l_{pp} + L_{KM} + L_{LO} + 0,5 L_{DO} \text{ m} \\ &= 8,87524304 \quad \text{m} \end{aligned}$$

4. Titik Berat Fresh Water

Dimensi Tangki :

$$\begin{aligned} B_{FW} &= 65\% \cdot B \\ &= 9,75 \quad \text{m} \\ V_{FW} &= 258,235 \quad \text{m}^3 \\ t_{FW} &= H - T \\ &= 1,1 \quad \text{m} \\ L_{FW} &= \frac{V_{FW}}{B_{FW} \cdot t_{FW}} \\ &= 24,07783839 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki :

$$\begin{aligned} KG_{FW} &= H - T + (0,5 \cdot H_{FW}) \\ &= 1,65 \quad \text{m} \\ LCG_{FW} &= l_{pp} - L_{CB} + 0,5 \cdot L_{LO} \\ &= 44,33891919 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Perencanaan Kru

Ruang	Kru	Jumlah	Total
Poop	Cadet	0	4
	Quarter Master	1	
	Oiler	1	
	Steward	0	
	Electrician	1	
	Chief cook	0	
	Seaman	1	
Layer I	Second Engineer	1	4
	Second Officer	1	
	Boastwain	1	
Layer II	Chief Officcer	1	3
	Captain	1	
	Chief Engineer	1	
Total keseluruhan crew		10	10

Berat rata-rata kru = 0,17 ton

Berat Kru Per Layer

$W_{C\&E/layer} = \text{Jumlah kru per layer} \cdot \text{Berat rata-rata kru}$

$W_{C\&E\ poop} = 0,68 \text{ ton}$

$W_{C\&E\ I} = 0,68 \text{ ton}$

$W_{C\&E\ II} = 0,51 \text{ ton}$

$W_{C\&E\ total} = 1,87 \text{ ton}$

Titik Berat Kru dan Luggage

KG (Keel Gravity)

$KG_{poop} = H + 0.5 \cdot h_p = 4,35 \text{ m}$

$KG_I = H + h_p + 0.5 \cdot h_I = 7,9 \text{ m}$

$KG_{II} = H + h_p + h_I + 0.5 \cdot h_{II} = 11,35 \text{ m}$

LCG (Longitudinal Center of Gravity)

$LCG_{poop} = 0.5 \cdot L_p + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF} = 27,188 \text{ m}$

$LCG_I = 0.5 \cdot L_I + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF} = 39,598 \text{ m}$

$LCG_{II} = 0.5 \cdot L_{II} + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF} = 37,048 \text{ m}$

5. Titik Berat Kru

$KG_{C\&E} = \frac{W_{C\&E\ poop} \cdot KG_{poop} + W_{C\&E\ II} \cdot KG_{II} + W_{C\&E\ III} \cdot KG_{III}}{W_{C\&E\ poop} + W_{C\&E\ II} + W_{C\&E\ III}}$

= 7,55 m

$LCG_{C\&E} = \frac{W_{C\&E\ poop} \cdot LCG_{poop} + W_{C\&E\ II} \cdot LCG_{II} + W_{C\&E\ III} \cdot LCG_{III}}{W_{C\&E\ poop} + W_{C\&E\ II} + W_{C\&E\ III}}$

= 34,38981818 m

Titik Berat Consumable

$KG = \frac{W_{C\&E} \cdot KG_{C\&E} + W_{FW} \cdot KG_{FW} + W_{LO} \cdot KG_{LO} + W_{DO} \cdot KG_{DO} + W_{FO} \cdot KG_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{DO} + W_{FO}}$

= 1,678373925 m

$LCG = \frac{W_{C\&E} \cdot LCG_{C\&E} + W_{FW} \cdot LCG_{FW} + W_{LO} \cdot LCG_{LO} + W_{DO} \cdot LCG_{DO} + W_{FO} \cdot LCG_{FO}}{W_{C\&E\ POO} + W_{FW} + W_{LO} + W_{DO} + W_{FO}}$

= 43,71452296 m

ACUAN TITIK LCG dari FP

Titik Berat Payload

$W_{payload} = 53,900 \text{ ton}$

$KG_{payload} = (H - h_{DB}) \cdot 0.5 + h_{DB} = 2,063 \text{ m}$

$LCG_{payload} = (0.5 \cdot L_{RM}) + (0.5 \cdot \text{koferdam}) + L_{CH} = 14,274 \text{ m}$; dari FP

PERHITUNGAN BERAT TOTAL DAN TITIK BERAT TOTAL

Perhitungan :

1. Light Weight Tonnes (LWT)

⊙ Berat Baja			
4968	W_{ST}	= 193,90	Ton
62%	KG_{ST}	= 2,75	m
	LCG_{ST}	= 17,20	m ;dari FP
⊙ Berat Peralatan dan Perlengkapan			
2099	$W_{E\&O}$	= 161,80	Ton
26%	$KG_{E\&O}$	= 4,35	m
	$LCG_{E\&O}$	= 14,73	m ;dari FP
⊙ Berat Permesinan			
12%	W_M	= 16,21	Ton
1004	KG_M	= 1,75	m
8071	LCG_M	= 27,30	m ;dari FP

2. Dead Weight Tonnes (DWT)

⊙ Berat Crew & Consumable			
	W_{cons}	= 264,24	Ton
	KG_{cons}	= 1,68	m
	LCG_{cons}	= 43,71	m

⊙ Berat Payload

	$W_{payload}$	= 53,9	Ton
	$KG_{payload}$	= $(H - h_{DB}) \cdot 0.5 + h_{DB}$	
		= 2,063	m
	$LCG_{payload}$	= $(0.5 \cdot L_{RM}) + (0.5 \cdot \text{koferdam}) + L_{CH}$	
		= 14,274	m ; dari FP

Berat LWT

LWT	= $W_{ST} + W_{E\&O} + W_M$	
	= 371,919	ton
LCG_{LWT}	= 16,56611	;dari FP

Berat DWT

DWT	= $W_{cons} + W_{payload}$	
	= 318,136	ton

Berat Total

W_{total}	= LWT + DWT	
	= 690,05	ton

3. Titik Berat Total

KG Total

$$KG = \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_M \cdot KG_M + W_{cons} \cdot KG_{cons} + W_{payload} \cdot KG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}}$$

= 2,636731 m

LCG Total dari FP

$$LCG = \frac{W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{E\&O} \cdot LCG_{E\&O} + W_M \cdot LCG_M + W_{cons} \cdot LCG_{cons} + W_{payload} \cdot LCG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}}$$

= 26,78275 m ; Dari FP

Koreksi margin displesement (2-10%) :

Displacement	= 765,6517	
Berat Total (Wtotal)	= 690,05	
Selisih	= 75,60	Ton
%selisih	= 9,9000%	
Batasan kondisi	= 2%	s/d 10%
Kondisi	= Diterima	

PERHITUNGAN KAPASITAS RUANG MUAT

Input Data

L_{PP}	=	34,000	m
B	=	15,000	m
H	=	3,100	m
T	=	2,000	m
C_B	=	0,704	m
C_M	=	0,986	m
h_{DB}	=	1,025	m
L_{RM}	=	19,948	m
L_{KM}	=	7,152	m
L_{CF}	=	1,800	m

Perhitungan :

1. Chamber

C	=	$1/50 \cdot B$	
	=	0,300	m
C_m	=	$2/3 \cdot C$	
	=	0,200	m

2. Sheer

kapal tidak menggunakan sheer

S_a	=	0	m
S_f	=	0	m
S_m	=	0	m

3. D'

D'	=	$H + C_m + S_m$	
	=	3,300	m

4. C_B Deck

Section	=	Normal Section
c	=	0
C_B Deck	=	$C_b + c (H/T - 1) \cdot (1 - C_b)$
	=	0,704

5. Volume Dibawah Upperdeck Diantara L_{pp}

V_h	=	C_B Deck $\cdot L_{PP} \cdot B \cdot D'$
	=	1185,1082 m ³

6. Volume Muatan Diatas Geladak

V_u	=	$\ell_{RM} \cdot D_a \cdot B$
	=	1182,54091

7. Konstanta Deduction

s	=	0,02
-----	---	------

8. Kamar Mesin

ℓ_{KM}	=	7,15	m
b_{KM}	=	$65\% \cdot B$	
	=	9,750	m
h_{KM}	=	H	
	=	3,100	m
V_{KM}	=	$\ell_{KM} \cdot b_{KM} \cdot h_{KM}$	
	=	216,169	m ³

9. Ceruk Buritan

ℓ_{CB}	=	$5\% \cdot L_{pp}$	
	=	1,7000	m
b_{CB}	=	$50\% \cdot B$	
	=	7,50	m
h_{CB}	=	H	
	=	3,10	m
V_{CB}	=	$0.5 \cdot \ell_{CB} \cdot b_{CB} \cdot h_{CB}$	
	=	19,763	m ³

10. Ceruk Haluan

ℓ_{CH}	=	$7\% \cdot L_{pp}$	
	=	3,4	m
b_{CH}	=	$50\% \cdot B$	
	=	7,50	m
h_{CH}	=	H	
	=	3,10	m
V_{CH}	=	$0.5 \cdot \ell_{CH} \cdot b_{CH} \cdot h_{CH}$	
	=	39,525	m ³

11. V_m

	=	$V_{KM} + V_{CB} + V_{CH}$
	=	275,457

12. V_r

	=	$(V_h - V_m) \cdot (1 + s) + V_u$
	=	2110,385407

Koreksi :

1. Double Bottom

$$\begin{aligned} \ell_{DB} &= \ell_{RM} \\ &= 19,948 \quad \text{m} \\ b_{DB} &= B \\ &= 15,000 \quad \text{m} \\ h_{DB} &= 1,025 \quad \text{m} \\ V_{DB} &= \ell_{DB} \cdot b_{DB} \cdot h_{DB} \\ &= 306,701 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

2. Koferdam

$$\begin{aligned} L_{cf} &= 1,800 \quad \text{m} \\ B_{cf} &= 15,00 \quad \text{m} \\ H_{cf} &= H - H_{db} \\ &= 2,1 \quad \text{m} \\ V_{CF} &= \ell_{CF} \cdot b_{CF} \cdot h_{CF} \\ &= 56,025 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Tidak Menggunakan Koferdam

Volume Ruang Muat

$$\begin{aligned} V_r' &= V_r - (V_{DB} + V_{DS} + V_{CF}) \\ &= 1803,685 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Batasan Ruang Muat

$$\begin{aligned} \text{Vol. Muatan} &= \text{Total Volume} \\ &\quad \text{Cardeck + Deckhouse} \\ &= 1673,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ Vol. Ruang Muat dan Vol. Muatan} &= 130,200 \text{ m}^3 \\ &= 7,22\% \end{aligned}$$

Δ Vol. Ruang Muat dan Vol. Muatan < 18%

Kondisi = **Diterima**

1. Volume Per Kategori

- Penumpang (Layer I + Layer II)	=	1321,58 m3	
- Kendaraan (Layer I)	=	351,90 m3	
- Kendaraan Roda 4 (25%)	=	70,38 m3	
- Kendaraan Roda 2 (75%)	=	281,52 m3	351,90
- Total Volume	=	1673,48 m3	

2. Jumlah Payload

- Penumpang	=	493	pax	493
- Kendaraan Roda 4	=	2	unit	3
- Tronton	=	3	unit	4

3. Berat Payload

- Penumpang	=	49,3	ton
- Kendaraan Roda 4	=	4	ton
- Tronton	=	0,6	ton
Total Payload	=	53,9	ton

PERHITUNGAN TRIM

Input Data

L_{PP}	=	34,00	m
B	=	15,00	m
T	=	2,00	m
C_M	=	0,99	
C_B	=	0,70	
C_{WP}	=	0,79	
∇	=	746,97727	m ³
KG	=	2,6367306	m
LCG_{LWTFFP}	=	16,5661	m
$LCB_{dBriffP}$	=	17,0858	m

Perhitungan :

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B && \text{Parametric Ship Design hal. 11 - 18} \\ &= 0,5338274 \\ KB &= KB/T \cdot T \\ &= 1,0676548 \text{ m} \end{aligned}$$

2. BM_T

Transverse Inertia Coefficient

$$\begin{aligned} C_I &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041 && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 19} \\ &= 0,0555833 \\ I_T &= C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3 && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 18} \\ &= 6378,1846 \text{ m}^4 \\ BM_T &= \text{Jarak B dan M secara melintang} \\ &= I_T / \nabla && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 18} \\ &= 8,5386595 \text{ m} \end{aligned}$$

3. BM_L

$$\begin{aligned} C_{IL} &= \text{Longitudinal Inertia Coefficient} \\ &= 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146 && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 19} \\ &= 0,0451234 \\ I_L &= C_{IL} \cdot B \cdot L_{PP}^3 && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 18} \\ &= 26602,973 \text{ m}^4 \\ BM_L &= \text{Jarak titik tekan Bouyancy dan M etacenter secara melintang} \\ &= I_L / \nabla && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 18} \\ &= 35,614166 \text{ m} \end{aligned}$$

4. GM_L

$$\begin{aligned} GM_L &= KB + BM_L - KG \\ &= 34,05 \end{aligned}$$

5. Trim

$$\begin{aligned} \text{Trim} &= \frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L} && ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 27} \\ &= 0,5189945 \end{aligned}$$

Kondisi Trim

= Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\begin{aligned} \Delta (LCG - LCB) &= -0,52 && \text{standart NCVS} \\ 0,1\% \cdot L_{PP} &= 0,2266667 && \text{lpp/150} && ; \text{SOLAS Chapter II-Part B} \\ &&&&& 0,226666667 \end{aligned}$$

Kondisi Batasan Trim

= DITERIMA

PERHITUNGAN FREEBOARD

Input Data

$$\begin{aligned}
 H &= 3,10 \quad \text{m} \\
 d_1 &= 0,85 H \\
 &= 2,635 \quad \text{m} \\
 L_{1(1)} &= 96\% \cdot LWL_{0,85H} \\
 &= 33,9456 \\
 L_{1(2)} &= L_{PP} \\
 &= 34,00 \quad \text{m} \\
 L_1 &= 34,00 \quad \text{m} \quad ; L_1 \text{ diambil yang terbesar} \\
 B &= 15,00 \quad \text{m} \\
 C_B &= \nabla / (L_1 \cdot B \cdot d) \\
 &= 0,70416 \\
 \ell_{FC} &= 4,080 \quad \text{m} \quad ; \text{ panjang forecastle} \\
 \ell_{PO} &= 4,080 \quad \text{m} \quad ; \text{ panjang poop}
 \end{aligned}$$

Perhitungan :

1. Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

Tipe = B all other vessels

Tabel Freeboard Kapal Tipe B

LPP (m)	Freeboard (mm)
24	200
25	208
26	217
27	225
28	233
29	242
30	250
31	258
32	267
33	275
34	283
35	292
36	300
37	308
38	316
39	325
40	334
41	344
42	354
43	364
44	374
45	385
46	396
47	408
48	420
49	432
50	443
51	455
52	467
53	478
54	490
55	503

2. Freeboard Standart (Fb)

International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow F_b \text{ (mm)}$$

$$34 \Rightarrow 283$$

$$35 \Rightarrow 292$$

interpolasi

Regulation 28 Table 28.1

$$34,00 \Rightarrow 283 \quad \text{mm}$$

$$\Rightarrow 0,28 \quad \text{m}$$

3. Koreksi Freeboard

$$\odot L = 24 < L < 100 \text{ m}$$

$$E = 11,56$$

$$F_{b1} = 7,5(100 - L)(0,35 - \frac{E}{L})$$

$$= 4,95 \quad \text{mm}$$

$$\odot C_B \Rightarrow ; C_B > 0,68$$

$$F_{b2} = F_b \cdot \frac{C_B + 0,68}{1,36}$$

$$= 284,975 \quad \text{mm}$$

Depth (D)

Regulation 31 Correction for depth

$$L/15 = 2,266667 \text{ m}$$

$$R = 70,83333$$

untuk $L < 120\text{m}$; $R = L/0,48$

untuk $L > 120\text{m}$; $R = 250$

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; $F_{b3} = F_{b2} + (R(H - (L/15)))$

$$F_{b3} = 344,0027 \quad \text{mm}$$

Chapter III—Freeboards

Reg. 27 of the freeboard regulations distinguishes two groups of ships:

Type A: all vessels transporting exclusively bulk liquids (tankers).

Type B: all other vessels.

Table 28.2

Freeboard table for type 'B' ships

Length of ship (m)	Freeboard (mm)	Length of ship (m)	Freeboard (mm)	Length of ship (m)	Freeboard (mm)
24	200	55	503	86	996
25	208	56	516	87	1015
26	217	57	530	88	1034
27	225	58	544	89	1054
28	233	59	559	90	1075
29	242	60	573	91	1096
30	250	61	587	92	1116
31	258	62	601	93	1135
32	267	63	615	94	1154
33	275	64	629	95	1172
...

B (Rule 28)

L (m)	F (mm)	L (m)	F (mm)	L (m)	F (mm)	L (m)	F (mm)	L (m)	F (mm)	L (m)	F (mm)
24	200	80	887	136	2021	192	3134	248	3992	304	4676
26	217	82	923	138	2065	194	3167	250	4018	306	4695
28	233	84	960	140	2109	196	3202	252	4045	308	4714
30	250	86	996	142	2151	198	3235	254	4072	310	4736
32	267	88	1034	144	2190	200	3264	256	4098	312	4757
34	283	90	1075	146	2229	202	3296	258	4125	314	4779
36	300	92	1116	148	2271	204	3330	260	4152	316	4801
38	316	94	1154	150	2315	206	3363	262	4177	318	4823
40	334	96	1190	152	2354	208	3397	264	4201	320	4844
42	354	98	1229	154	2396	210	3430	266	4227	322	4866
44	374	100	1271	156	2440	212	3460	268	4252	324	4890
46	396	102	1315	158	2480	214	3490	270	4278	326	4909
48	420	104	1359	160	2520	216	3520	272	4302	328	4931
50	443	106	1401	162	2560	218	3554	274	4327	330	4955
52	467	108	1440	164	2600	220	3586	276	4350	332	4975
54	490	110	1479	166	2640	222	3615	278	4373	334	4995
56	516	112	1521	168	2680	224	3645	280	4397	336	5015
58	544	114	1565	170	2716	226	3675	282	4420	338	5035
60	573	116	1609	172	2754	228	3705	284	4443	340	5055
62	601	118	1651	174	2795	230	3735	286	4467	342	5075
64	629	120	1690	176	2835	232	3765	288	4490	344	5097
66	659	122	1729	178	2875	234	3795	290	4513	346	5119
68	689	124	1771	180	2919	236	3821	292	4537	348	5140
70	721	126	1815	182	2952	238	3849	294	4560	350	5160
72	754	128	1859	184	2988	240	3880	296	4583		
74	784	130	1901	186	3025	242	3906	298	4607		
76	816	132	1940	188	3062	244	3934	300	4630		
78	850	134	1979	190	3098	246	3965	302	4654		

Table 1.5a Standard height [m] of superstructure

L [m]	Raised quarterdeck	All other superstructures
≤ 30	0,90	1,80
75	1,20	1,80
≥ 125	1,80	2,30

The standard heights at intermediate ship lengths L are obtained by linear interpolation.

4. Koreksi Superstructure

Ship Design for Efficient & Economy Schneekluth Vol 2. hal 21

L [m]		Standart Height [m]	
		Raised quarter - deck	All other superstructure
<=	30	0,9	1,8
	75	1,2	1,8
>=	125	1,8	2,3

● Forecastle

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow h_{st} \text{ (m)}$$

$$75 \Rightarrow 1,8$$

$$125 \Rightarrow 2,3$$

interpolasi

$$34,00 \Rightarrow 1,39 \text{ m}$$

$$t_{FC} = 2,50 \text{ m}$$

karena $t_{FC} > h_{st}$ maka

$$E_{FC} = S_{FC}$$

$$= 4,08 \text{ m}$$

$$= 0,12 \text{ L}$$

● Poop

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow h_{st} \text{ (m)}$$

$$75 \Rightarrow 1,8$$

$$125 \Rightarrow 2,3$$

interpolasi

$$34,00 \Rightarrow 1,39 \text{ m}$$

$$t_{PO} = 2,50 \text{ m}$$

karena $t_{PO} > h_{st}$ maka

$$E_{PO} = S_{PO}$$

$$= 4,08 \text{ m}$$

$$= 0,12 \text{ L}$$

Total Panjang Efektif

$$E = E_{FC} + E_{PO}$$

$$= 8,16 \text{ m}$$

$$= 0,24 \cdot L$$

Total Lambung Timbul

$$F_b' = F_{b3} - \text{Pengurangan}$$

$$= 224,18922 \text{ mm}$$

$$= 0,2241892 \text{ m}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

$$C_{Bmin} = 0,69$$

$$C_B = 0,70$$

$$B_{WM} = 56 \cdot L_1 \cdot (1 - L_1/500) \cdot (1.36 / (C_B + 0.68))$$

$$= 1761,575 \text{ mm}$$

$$= 1,762 \text{ m}$$

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$F_{ba} = H - T$$

$$= 1,100 \text{ m}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = DITERIMA

2. Ketinggian Bow

$$\text{Bow Height} = F_{ba} + S_{FC} + T_{FC}$$

$$= 7,68$$

Ketinggian Bow harus lebih besar dari Ketinggian Bow Minimum

Kondisi = DITERIMA

● **Pengurangan Akibat Bangunan Atas**

Tabel Pengurangan Freeboard

Total panjang efektif Superstructure [E]	Pengurangan [mm]
24	350
85	860
122	1070

Bila panjang berada diantaranya maka harga pengurangan diperoleh dengan interpolasi linier. Jika $E < 1.0 L$ maka harga pengurangan diperoleh dari prosentase tabel di bawah ini :

Untuk kapal tipe " B " :

22 Ship Design for Efficiency and Economy

Table 1.5b Correction Factor for superstructures

	$E/L =$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Type A		0	0.07	0.14	0.21	0.31	0.41	0.52	0.63	0.753	0.877	1
Type B with forecastle	I without detached bridge	0	0.05	0.10	0.15	0.235	0.32	0.46	0.63	0.753	0.877	1
	II with detached bridge	0	0.063	0.127	0.19	0.275	0.36	0.46	0.63	0.753	0.877	1

Values for intermediate lengths E are obtained by linear interpolation.

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow h_{st} \text{ (mm)} ; \text{ regulation 37}$$

$$85 \Rightarrow 860 \text{ mm}$$

$$122 \Rightarrow 1070 \text{ mm}$$

interpolasi

$$34,00 = 570,5405 \text{ mm}$$

$$= 0,570541 \text{ m}$$

Pengurangan

$$34,00 = 21\% \cdot h_{st} ; \text{ regulation 37 table 37.1}$$

$$= 119,8135 \text{ mm}$$

$$= 0,119814 \text{ m}$$

PERHITUNGAN TONNAGE

Input Data

H	=	3,10	m	
T	=	2,00	m	
V _{PO}	=	153,000	m ³	
V _{FC}	=	76,5	m ³	
V _{DH}	=	1782,960	m ³	
Δ	=	765,65	ton	
Z _C	=	10	orang	
N ₁	=	2	orang	; Asumsi jumlah penumpang dalam cabin
N ₂	=	8	orang	; Jumlah penumpang yang lain

Perhitungan :

1. Gross Tonnage

Volume Geladak dibawah Geladak Cuaca

$$V_U = \Delta \cdot \left(\left(1.25 \cdot \frac{H}{T} \right) - 0.115 \right)$$

$$= 1395,40023 \text{ m}^3$$

Volume Ruang Tertutup diatas Geladak Cuaca

$$V_H = V_{PO} + V_{FC} + V_{DH}$$

$$= 2012,460 \text{ m}^3$$

Total Volume Ruang Tertutup

$$V = V_U + V_H$$

$$= 3407,860 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V$$

$$= 0,13532482$$

Gross tonnage :

$$GT = V \cdot K_1$$

$$= 461,168064 \text{ m}^3$$

Kondisi Syarat

☉ a ≥ 0.25 GT

$$a = 353,852691$$

$$0,25 \text{ GT} = 115,292016$$

$$a \geq 0.25 \text{ GT} \quad \text{DITERIMA}$$

☉ NT ≥ 0.30 GT

$$NT = 354,357863$$

$$0,30 \text{ GT} = 106,307359$$

$$NT \geq 0.30 \text{ GT} \quad \text{DITERIMA}$$

2. Net Tonnage

Total Volume Ruang Muat

$$V_c = V_r^1 = 1803,685 \text{ m}^3$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V_c$$

$$= 0,26512321$$

$$K_3 = \frac{GT + 10000}{1.25 \cdot 10000}$$

$$= 1,26292975$$

$$a = K_2 \cdot V_r^1 \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2$$

$$= 353,852691$$

Net Tonnage

$$NT = a + K_3 \cdot \left(N1 \cdot \frac{N1}{10} \right)$$

$$= 354,357863 \text{ m}^3$$

PERHITUNGAN STABILITAS

Satuan

Panjang	⇒	1 feet	=	0,3048	m
Berat	⇒	1 long ton	=	1,016	ton

Input Data

L_{PP}	=	111,54856	ft	
L_{WL}	=		ft	
B	=	49,212598	ft	
B_W	=	49,212598	ft	; maximum waterline breadth
T	=	6,5616798	ft	
H_M	=	10,170604	ft	
S_F	=	0	ft	; Sheer fore
S_A	=	0	ft	; Sheer aft
Δ_0	=	753,59419	long ton	; displacement at designed waterline
ℓ_{ST}	=	13,39	ft	; length of superstructure which extend to sides of ship
h_{ST}	=	8,20	ft	; height of superstructure which extend to sides of ship
C_B	=	0,7041641		
C_{WP}	=	0,7942706		
C_X	=	C_M		(midship section coefficient at draft $H = C_m$)
	=	0,9858539		

Perhitungan Awal

⊙ C_{PV}	=	C_B/C_{WP}		; vertical prismatic coefficient
	=	0,887		
⊙ A_0	=	$L_{PP} \cdot B_W \cdot C_{WP}$		; luas bidang garis air
	=	4360,2235	ft ²	
⊙ A_M	=	$B_W \cdot C_X \cdot T$		; luas area midship
	=	318,34931	ft ²	
⊙ S	=	Sheer rata-rata		
	=	$(\ell_{ST} \cdot h_{ST}) + \left(0.5 \cdot L_{PP} \cdot \frac{S_F}{3}\right) + \left(0.5 \cdot L_{PP} \cdot \frac{S_A}{3}\right)$		
	=	109,79189	ft	
⊙ A_2	=	$(0.98 \cdot L_{PP} \cdot H_M) + S$		; area of vertical centerline plane to depth D
	=	1221,6177	ft ²	
⊙ D	=	$\frac{S}{L_{PP}} + H_M$		; tinggi kapal rata-rata
	=	11,154856	ft	
⊙ F	=	$D - T$		; lambung timbul rata-rata
	=	4,5931759	ft	
⊙ A_1	=	$1.01 \cdot A_0$		; area of waterline plane at depth D
	=	4403,8257	ft ²	maybe estimate from A_0 and nature of stations above waterline

1. Perhitungan GZ

$$\begin{aligned}D_T &= \Delta 0 + ((A_0 + A_1) / 2) \cdot (F / 35) \\ &= 1328,66 \\ \delta &= (DT / 2) - \Delta 0 \\ &= -1,77 \\ C_W' &= A_2 / (L_{pp} \cdot D) \\ &= 0,982 \\ C_X' &= (AM + (B \cdot F)) / (B \cdot D) \\ &= 0,992 \\ C_{PV}' &= (35 \cdot DT) / (A_1 \cdot D) \\ &= 0,947 \\ C_{PV}'' &= (35 \cdot DT) / (A_2 \cdot B) \\ &= 0,774 \\ C_W'' &= CW' - ((140 \cdot \delta) \cdot (1 - CPV'')) / (LPP \cdot D \cdot B) \\ &= 0,982680053 \\ f_0 &= (T \cdot (A_0 / A_1 - 1)) / (2F \cdot (1 - CPV)) \\ &= -0,062339429 \\ f_1 &= (D \cdot (1 - A_0 / A_1)) / (2F \cdot (1 - CPV')) \\ &= 0,225348201 \\ f_2 &= \text{jika } C_X' \geq 0.89, \text{ maka } f_2 = 9.1 \cdot (C_X' - 0.89) \\ &\quad \text{jika } C_X' \leq 0.89, \text{ maka } f_2 = 0 \\ &= 0,93 \\ KG &= 8,650691031 \quad \text{ft}\end{aligned}$$

2. Perhitungan h₁

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$\begin{aligned}h_1 \text{ untuk } f=0 &= 0,478689939 && 0,47767 \\ h_1 \text{ untuk } f=0.5 &= 0,484315227 && 0,48407 \\ h_1 \text{ untuk } f=1 &= 0,488618683 && 0,57696 \\ h_1 \text{ interpolasi} &= 0,481225236 && 0,48123 \\ KG' &= (((D \cdot (1 - h_1) \cdot DT) - \delta)) / (2 \cdot D_0) \\ &= 5,10258152 \quad \text{ft} && 5,10258 \\ GG' &= KG' - KG \\ &= -3,54810951 \quad \text{ft} && -3,5481\end{aligned}$$

3. Perhitungan h_0

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h_0 untuk $f=0$	=	0,457916	0,45859
h_0 untuk $f=0.5$	=	0,467803	0,46794
h_0 untuk $f=1$	=	0,476375	0,45076
h_0 interpolasi	=	0,456683	0,45742
KB_0	=	$(1 - h_0) \cdot T$	
	=	3,56507	3,56021
$G'B_0$	=	$KG' - KB_0$	
	=	1,537512	1,54237

4. Perhitungan h_2

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

h_2 untuk $f=0$	=	0,421972	0,42148
h_2 untuk $f=0.5$	=	0,435474	0,43858
h_2 untuk $f=1$	=	0,449847	0,45203
h_2 interpolasi	=	0,446957	0,45312

$$G'B_{90} = \frac{D_T \cdot h_2 \cdot B}{4 \cdot D_0} - \left(\frac{\delta^2}{D_0} \cdot \frac{17.5}{\left(A_2 - \left(\frac{70 \cdot \delta}{B} \cdot (1 - C''_{pv}) \right) \right)} \right)$$
$$= 9,695206 \quad 9,82881$$

$$C_1 = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$$
$$= 0,054823 \quad 0,05447$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L_{pp} \cdot B_{W}^3}{35 \cdot D_0}$$
$$= 27,6345 \quad 27,4551$$

$$C_1' = a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e$$
$$= 0,058202 \quad 0,07897$$

$$\begin{aligned}
BM_{90} &= \frac{C_{11} \cdot L_{PP} \cdot D^2}{35 \cdot D_0} + \frac{L_d \cdot d \cdot D^2}{140 \cdot D_0} C \\
&= 0,471143 \quad 0,59306 \\
GM_0 &= KB_0 + BM_0 - KG \\
&= 22,54888 \quad 22,3646 \\
G'M_0 &= KB_0 + BM_0 - KG' \\
&= 26,09699 \quad 25,9127 \\
G'M_{90} &= BM_{90} - G'B_{90} \\
&= -9,22406 \quad -9,2357 \\
b1 &= \frac{9 \cdot (G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \\
&= 8,073623 \quad 8,22386 \\
b2 &= \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \\
&= 2,109116 \quad 2,08462 \\
b3 &= 3 \cdot \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} - 3 \cdot \frac{(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \\
&= 0,252213 \quad 0,18775 \\
&\quad 0,23603
\end{aligned}$$

GG' · sin (1 · Φ)	0	-0,30923812	-0,616122751	-0,918318315	-1,213524923	-1,499495874	-1,774054755	-2,035112009	-2,280680831	-2,508892295
b ₁ · sin (2 · Φ)	0	1,428057781	2,812724748	4,111928498	5,286193381	6,299839953	7,122069075	7,727897733	8,098918129	8,223856996
b ₂ · sin (4 · Φ)	0	0,712981913	1,339967685	1,805333578	2,052949598	2,052949598	1,805333578	1,339967685	0,712981913	2,55397E-16
b ₃ · sin (6 · Φ)	0	0,093875924	0,16259787	0,187751848	0,16259787	0,093875924	2,30024E-17	-0,093875924	-0,16259787	-0,187751848
GZ (ft)	0	1,925677498	3,699167552	5,186695608	6,288215925	6,9471696	7,153347898	6,938877485	6,368621341	5,527212852
GZ (m)										

5. Perhitungan Lengan Stabilitas

Φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
GG' · sin (1 · Φ)	0	-0,309082	-0,615814	-0,917863	-1,212935	-1,498785	-1,773239	-2,034212	-2,279719	-2,507893
b ₁ · sin (2 · Φ)	0	1,401266	2,759999	4,034956	5,187436	6,182458	6,989819	7,585013	7,949972	8,073621
b ₂ · sin (4 · Φ)	0	0,721009	1,355142	1,825988	2,076814	2,077397	1,827666	1,357714	0,724165	0,003359
b ₃ · sin (6 · Φ)	0	0,126049	0,218356	0,252213	0,218557	0,126396	0,000402	-0,125701	-0,218155	-0,252212
GZ (ft)	0	1,939243	3,717683	5,195293	6,269871	6,887466	7,044648	6,782814	6,176264	5,316874
GZ (m)	0	0,591081	1,133150	1,583525	1,911057	2,099300	2,147209	2,067402	1,882525	1,620583

Φ	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
GG' · sin (1 · Φ)	-2,507893	-2,717000	-2,905450	-3,071811	-3,214816	-3,333380	-3,426600	-3,493769	-3,534374	-3,548108
b ₁ · sin (2 · Φ)	8,073621	7,952204	7,589408	6,996245	6,190720	5,197282	4,046088	2,772079	1,413928	0,012858
b ₂ · sin (4 · Φ)	0,003359	-0,717852	-1,352566	-1,824304	-2,076225	-2,077974	-1,829341	-1,360283	-0,727319	-0,006718
b ₃ · sin (6 · Φ)	-0,252212	-0,218757	-0,126744	-0,000803	0,125352	0,217953	0,252211	0,218957	0,127091	0,001205
GZ (ft)	5,316874	4,298595	3,204648	2,099327	1,025030	0,003881	-0,957642	-1,863015	-2,720674	-3,540763
GZ (m)	1,620583	1,310212	0,976777	0,639875	0,312429	0,001183	-0,291889	-0,567847	-0,829262	-1,079225

$$GG' \cdot \sin (1 \cdot \Phi) = \frac{GG' \cdot \sin(\Phi \cdot \pi)}{180}$$

$$b_1 \cdot \sin (2 \cdot \Phi) = \frac{b_1 \cdot \sin(\Phi \cdot 2 \cdot \pi)}{180}$$

$$b_2 \cdot \sin (4 \cdot \Phi) = \frac{b_2 \cdot \sin(\Phi \cdot 4 \cdot \pi)}{180}$$

$$b_3 \cdot \sin (6 \cdot \Phi) = \frac{b_3 \cdot \sin(\Phi \cdot 6 \cdot \pi)}{180}$$

6. Perhitungan Lengan Dinamis

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$h = 0,087266463 \text{ rad}$$

(karena jarak sudut yang dibuat 5, maka dimasukkan = $5 / (180/\pi)$)

Sudut [°]	LD [ft.rad]	LD [m.rad]
10	0,333784149	0,101737409
20	0,895025966	0,272803914
30	1,188696768	0,372314775
40	1,027072357	0,313051654
L_D Total	3,444579241	1,059907753

0,05926312 1,050624048 0,32023021 0,045328357

10	0,331667173	0,101092154
20	0,894020647	0,272497493
30	1,19933913	0,365558567
40	1,200713198	0,365977383
L_D Total	3,625740148	1,105125597

	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$GG' \cdot \sin(1 \cdot \Phi)$	0	-0,30923812	-0,616122751	-0,918318315	-1,213524923	-1,499495874	-1,774054755	-2,035112009	-2,280680831	-2,508892295
$b_1 \cdot \sin(2 \cdot \Phi)$	0	1,428057781	2,812724748	4,111928498	5,286193381	6,299839953	7,122069075	7,727897733	8,098918129	8,223856996
$b_2 \cdot \sin(4 \cdot \Phi)$	0	0,712981913	1,339967685	1,805333578	2,052949598	2,052949598	1,805333578	1,339967685	0,712981913	2,55397E-16
$b_3 \cdot \sin(6 \cdot \Phi)$	0	0,093875924	0,16259787	0,187751848	0,16259787	0,093875924	2,30024E-17	-0,093875924	-0,16259787	-0,187751848
GZ (ft)	0	1,925677498	3,699167552	5,186695608	6,288215925	6,9471696	7,153347898	6,938877485	6,368621341	5,527212852
GZ (m)	0,000000	0,586947	1,127506	1,580905	1,916648	2,117497	2,180340	2,114970	1,941156	1,684694

	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
$GG' \cdot \sin(1 \cdot \Phi)$	-2,508892295	-2,71800957	-2,906441159	-3,072752971	-3,215679278	-3,334132325	-3,427210611	-3,494205754	-3,534607882	-3,54810951
$b_1 \cdot \sin(2 \cdot \Phi)$	8,223856996	8,098918129	7,727897733	7,122069075	6,299839953	5,286193381	4,111928498	2,812724748	1,428057781	1,00754E-15
$b_2 \cdot \sin(4 \cdot \Phi)$	2,55397E-16	-0,71298191	-1,339967685	-1,805333578	-2,052949598	-2,052949598	-1,805333578	-1,339967685	-0,712981913	-5,10794E-16
$b_3 \cdot \sin(6 \cdot \Phi)$	-0,187751848	-0,16259787	-0,093875924	-4,60048E-17	0,093875924	0,16259787	0,187751848	0,16259787	0,093875924	6,90072E-17
GZ (ft)	5,527212852	4,505328772	3,387612966	2,243982526	1,125087001	0,061709329	-0,932863842	-1,85885082	-2,725656091	-3,54810951
GZ (m)	1,684694	1,373224	1,032544	0,683966	0,342927	0,018809	-0,284337	-0,566578	-0,830780	-1,081464

BATASAN STABILITAS MENURUT IMO RESOLUTION A. 749 (18)

Input Data

1. e (mrad)

$$e_{30^\circ} = 0,372314775$$

$$e_{40^\circ} = 0,313051654$$

$$e = e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$$

$$= 0,05926312$$

2. GZ_{30°

$$= 2,147209$$

3. θ_{max}

$$= 29,37561^\circ$$

4. GM_0

$$= 22,54887912 \text{ feet}$$

$$= 6,872898355 \text{ m}$$

5. B

$$= 15,00 \text{ m}$$

6. $G'Mo$

$$= 26,09698863$$

Kriteria IMO

- $e_{30^\circ} \geq 0,055$
 $e_{30^\circ} = 0,372$
 $= \text{DITERIMA}$
- $e_{40^\circ} \geq 0,09$
 $e_{40^\circ} = 0,313$
 $= \text{DITERIMA}$
- $e_{30-40^\circ} \geq 0,03$
 $e_{30-40^\circ} = 0,059$
 $= \text{DITERIMA}$
- $h_{30^\circ} \geq 0,2$
 $h_{30^\circ} = 2,147$
 $= \text{DITERIMA}$
- $\theta_{max} \geq 25$
 $\theta_{max} = 29,380^\circ$
 $= \text{DITERIMA}$
- $GM_0 \geq 0,15$
 $GM_0 = 6,873$
 $= \text{DITERIMA}$

STATUS = **DITERIMA**

Periode Rolling

$$T = \frac{0,79 \cdot B}{\sqrt{G'Mo}}$$

$$= 2,3196537 \text{ detik}$$

Perhitungan Harga**● Keuntungan**

Profit = 5% · Total Cost
Rp 1.970.804.054,57

● Inflasi

Inflasi = 3,39% · Total Cost
Rp 1.336.205.149,00 ; BI

● Pajak

Pajak = 9% · Total Cost
Rp 3.547.447.298,23

● Harga Kapal

Harga = Biaya + Keuntungan + Inflasi + Pajak
= 46.270.537.593

Biaya Kapital

= **5.434.919.984 per Tahun**
16.469.454,50 per/hari
16.469.454,50 per R.Trip

Gaji Kru

187.500 Orang/Hari

Jumlah Kru

= 10 Orang

Total Gaji Kru

= 1.875.000 Rp/Hari
618.750.000 Rp/Tahun

Biaya makananABK	=	600.000	Rp/Hari
Biaya air tawar	=	8.607.827	Ton/Hari
	=	9.207.827	Rp/Hari
Total Biaya Perbekalan dan Perlengkapan	=	3.038.582.984	Rp/Tahun

Biaya minyak pelumas	=	386.004,35	Rp/R.trip
	=	386.004	Rp/Hari
	=	127.381.437	Rp/Tahun

Biaya Perbaikan & Perawatan	=	1,000,000 . DWT	
	=	833.452.632	Rp/Tahun
		2.525.614,04	per/hari
		2.525.614,04	per R.Trip

Biaya Asuransi Kapal	=	1,20 % . Harga Kapal	
	=	65.219.039,80	Rp/Tahun
		197.633,45	per/hari
		197.633,45	per R.Trip

Biaya Operasional	=	4.683.386.092	per Tahun
		14.192.079,07	per/hari
		14.192.079,07	per R.Trip

Total Biaya

Variabel	Rp/Tahun
Biaya Kapital	5.434.919.984
Biaya Operasional	4.683.386.092
Biaya Berlayar	16.675.038.030
Total Biaya Transportasi Laut	26.793.344.106

20%
17%
62%
100%

HASIL SOLVER UKURAN UTAMA

LCG + LCB

Decision Variable		
Biaya Satuan	Rp	14.279
	Rp	32
		Rp/SUP
		Rp/SUP.Nm

Variabel						
	Variabel	Minimum	nilai	Maksimum	Satuan	Status
24,2	Lpp	0	34,00	255,00	m	Diterima
6,1	B	0	15,00	25,50	m	Diterima
2,3	H	0	3,10	5,00	m	Diterima
1	T	0	2,00	3,00	m	Diterima
0,65	Cb	0,6	0,70	0,85		Diterima

Batasan					
1. Perbandingan Ukuran Utama					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
L/B	2	2,27	10	m	Diterima
B/T	1,8	7,50	8,5	m	Diterima
L/T	10	17,00	30	m	Diterima
T/H	0,6	0,65		m	Diterima

2. Freeboard Regulasi IMO					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Freeboard	0,28	1,10	0	m	Diterima
ketinggian bow	1,76	7,68	0	m	Diterima

3. Displacement & Ruang Muat Kapal					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Displacement	2%	9,90%	10%		Diterima
Ruang Muat	0%	7,22%	18%		Diterima

4. Stabilitas Regulasi IMO					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
$e_{30^\circ} \geq$	0,055	0,372			Diterima
$e_{40^\circ} \geq$	0,09	0,313			Diterima
$e_{30-40^\circ} \geq$	0,03	0,059			Diterima
$h_{30^\circ} \geq$	0,2	2,147			Diterima
$\theta_{max} \geq$	25	29,380			Diterima
$GM_0 \geq$	0,15	6,873			Diterima

L besar, nilai besar
H T besar, nilai kecil
T besar, nilai kecil
L besar, nilai besar
L besar, nilai kecil
L besar, nilai besar

5. Frekuensi dan Jumlah Kapal					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Frekuensi	0	12	1,00	R.Trip/Hari	Diterima
Jumlah Kapal	0	12		Unit	Diterima

DIMENSI AWAL :

Payload				
- Penumpang	493	pax	493,00	SUP
- Kendaraan Roda 4	2	unit	66,52	SUP
- tronton	3	unit	12,06	SUP
DWT	318,14	ton		
LPP	34,000	m		
B	15,000	m		
T	2,000	m		
H	3,100	m		
GT	461			
Tmax	3,00	m		

Demand penumpang		
- Penumpang	100	orang/hari
- Roda 4	2	unit/hari
- Tronton	37	unit/hari

Total yang diangkut kapal dalam 1 hari

- Penumpang	70.992	>=	100	orang
- Kendaraan Roda 4	288	>=	2	unit
- tronton	432	>=	37	unit
- Penumpang	70.992	>=	100	SUP/Hari
- Kendaraan Roda 4	9.579	>=	67	SUP/Hari
- tronton	1.737	>=	149	SUP/Hari
				0,20
Frekuensi by RT	1,00		R.Trip/hari	0
Jumlah Kapal	12		kapal	1
Muatan per Kapal				12
Frekuensi Sebenarnya	12		R.Trip/hari	

TOTAL BIAYA			
Biaya Transportasi Laut			
Biaya Kapital	Rp	16.469.454	Rp/Hari
Biaya Operasional	Rp	14.192.079	Rp/Hari
Biaya Berlayar	Rp	50.530.418	Rp/Hari
Unit Cost	Rp	11.837	Rp/SUP
Biaya Pinalti			
Sisa Angkut		81.992	SUP/Hari
Biaya per unit	Rp	11.837	Rp/SUP
Total biaya pinalti	Rp	970.562.811	Rp/Hari
Biaya Pelabuhan	Rp	16.689.913	Rp/Hari
Total Biaya	Rp	1.068.444.676	Rp/Hari
Profit		10%	
	Rp	1.175.289.143,51	Rp/Hari
	Rp	1.175.289.143,51	Rp/RT
Biaya per unit	Rp	14.279	Rp/SUP
	Rp	32	Rp/SUP.Nm

Pelabuhan Kolaka

Decision Variable			
	Min	Value	Max
L	20.00	52.41	90.00
B	3.60	5.28	15.00
T	2.00	2.47	3.00
H	2.86	3.17	3.75

Payload	319.0	ton
----------------	--------------	------------

Data Given		
Vs	10.00	knot
	5.14	m/s
SF	1.40	m ³ /ton
Jarak Pelayaran	103.1965443	nm
Seatime	19.7	jam/r trip
Porttime	29.0	jam/r trip
Total Time	48.7	jam/r trip
RTD	3	hari
Coms Days	330	hari
Frek Max Kapal	110.0	kali
Demand	35,016	ton/tahun
Frek Req	110	kali
n kapal	1	kapal
CB		
0.6	0.71	0.8

Cargo Terangkut	35,090	
Frek 1 kapal	110	
Penalti Cost Muatan	Rp 100,000	per ton
Selisih Muatan	74	

Constraint			
	min	value	max
L/B	3.50	9.93	10
L/T	10.00	21.21	30
B/T	1.80	2.14	5
T/H	0.70	0.78	0.8
B/H	1.47	1.67	2.38

Berat Kapal			
	MIN (LWT+DWT)	VALUE	MAX
Displacement (ton)	505.60	515.38	
Delta Disp	1%	2%	10%

H - T	>	Freeboard	
0.70	>	0.36	OK

Stabilitas	Min	Value	
$e_{0.30^\circ} \geq 0.055$	0.055	0.83	OK
$e_{0.40^\circ} \geq 0.09$	0.09	1.96	OK
$e_{30,40^\circ} \geq 0.03$	0.03	1.13	OK
$h_{30^\circ} \geq 0.2$	0.2	6.94	OK
$f_{\max} \geq 25^\circ$	25	42	OK
$GM_0 \geq 0.15$	0.15	0.43	OK

W	505.60	ton	Diterima
Displacement	515.38	ton	

Estimasi Harga Kapal			
CC	Rp	2,217,373,536	per thn
OC	Rp	3,318,366,494	per thn
VC	Rp	311,947,431	per thn
CHC Kapal	Rp	2,026,827,535	per thn
Biaya Pinalti	Rp	7,381,000	per tahun
Total Cost Kapal	Rp	7,881,895,996	per thn
Unit Cost Kapal	Rp	225,093	per ton

Decision Variable			
Biaya Satuan	Rp	842	Rp/SUP
	Rp	10	Rp/SUP.Nm

Variabel					
Variabel	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Lpp	24.2	45.00	45	m	Diterima
B	6.1	12.31	15	m	Diterima
H	2.3	2.30	5	m	Diterima
T	1	1.57	1.8	m	Diterima
Cb	0.65	0.65	0.85		Diterima

Batasan					
1. Perbandingan Ukuran Utama					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
L/B	3	3.65	10	m	Diterima
B/T	1.8	7.86	8	m	Diterima
L/T	10	28.71	30	m	Diterima
T/H	0.6	0.68		m	Diterima

2. Freeboard Regulasi IMO					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Freeboard	0.38	0.74		m	Diterima
ketinggian bow	2.28	8.64		m	Diterima

3. Displacement & Ruang Muat Kapal					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Displacement	2%	7.20%	10%		Diterima
Ruang Muat	0%	4.19%	18%		Diterima

4. Stabilitas Regulasi IMO					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
$e_{30^\circ} \geq$	0.055	0.275			Diterima
$e_{40^\circ} \geq$	0.090	0.209			Diterima
$e_{30-40^\circ} \geq$	0.030	0.066			Diterima
$h_{30^\circ} \geq$	0.200	1.511			Diterima
$\theta_{max} \geq$	25.000	26.460			Diterima
$GM_0 \geq$	0.150	5.425			Diterima

5. Frekuensi dan Jumlah Kapal					
Batasan	Minimum	Nilai	Maksimum	Satuan	Status
Frekuensi	0	262	2.00	R.Trip/Hari	Diterima
Jumlah Kapal	0	131		Unit	Diterima

<u>DIMENSI AWAL :</u>			
Payload			
- Penumpang	518	pax	518.00
- Kendaraan Roda 4	2	unit	66.52
- Tronton	4	unit	16.08
DWT	162.24	ton	
LPP	45.000	m	
B	12.313	m	
T	1.567	m	
H	2.300	m	
GT	428		
Tmax	1.80	m	

SUP
SUP
SUP

Demand penumpang		
- Penumpang	200	orang/hari
- Roda 4	4	unit/hari
- Roda 2	1049	unit/hari

Total yang diangkut kapal dalam 1 hari				
- Penumpang	17,778,796	>=	200	orang
- Kendaraan Roda 4	68,644	>=	4	unit
-Tronton	137,288	>=	1,049	unit
- Penumpang	17,778,796	>=	200	SUP/Hari
- Kendaraan Roda 4	2,283,099	>=	133	SUP/Hari
- tronton	551,898	>=	4,217	SUP/Hari

0.39

Frekuensi by RT	2.00	R.Trip/hari	0
Jumlah Kapal	131	kapal	2
Muatan per Kapal			262
Frekuensi Sebenarnya	262	R.Trip/hari	

TOTAL BIAYA		
Biaya Transportasi Laut		
Biaya Kapital	Rp	17,289,903
Biaya Operasional	Rp	76,678,208
Biaya Berlayar	Rp	18,181,522
Unit Cost	Rp	713
Biaya Pinalti		
Sisa Angkut		20,609,243.18
Biaya per unit	Rp	713
Total biaya pinalti	Rp	14,688,359,142
Biaya Pelabuhan	Rp	973,874,425
Total Biaya	Rp	15,774,383,200
Profit		10%
	Rp	17,351,821,519.92
	Rp	8,675,910,759.96
Biaya per unit	Rp	842
	Rp	10
		Rp/SUP.Nm

8. Truk Pelabuhan Alternative

Pola Multiport		Door to Port		Port to Door					
		Supply Larea Rea Sinjai	Supply Kolaka	Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Bone	Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Larea Rea Sinjai
Komponen Biaya	Satuan	Tronton							
		GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 4,459,735	Rp 3,014,218	Rp 3,756,408	Rp 3,099,527	Rp 3,088,153	Rp 3,411,380	Rp 3,014,218	Rp 4,459,735
Umur Ekonomis	tahun	25	25	25	25	25	25	25	25
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30	30	30	30	30	30	30
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35	35	35	35	35	35	35
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15	15	15	15	15	15	15
Load Factor	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Hari Operasional	hari	330	330	330	330	330	330	330	330
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000
Supply	ton/tahun	35016.19	7361.00	29.30	10.73	33.70	19218.35	15724.11	7361.00
Muatan Terangkut	ton/frek	15.00	14.99	14.65	10.73	11.23	14.99	14.99	14.99
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	2335	491	2	1	3	1282	1049	491
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	31	6	1	1	1	17	14	6
Jarak	km/trip	154	1.5	79.8	10.5	9.3	43.4	1.5	154
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Waktu per Round Trip	jam/trip	156.75	2.47	80.37	11.07	9.87	45.14	3.01	154.97
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	200.62	0.67	0.09	0.00	0.01	31.71	1.73	41.69
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 894,701,006	Rp 2,006,112	Rp 323,360	Rp 13,454	Rp 37,557	Rp 108,159,090	Rp 5,218,040	Rp 185,946,497
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 1,809,200	Rp 314,700	Rp 1,082,040	Rp 402,900	Rp 391,140	Rp 725,320	Rp 314,700	Rp 1,809,200
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 68,134,775,663	Rp 176,381,675	Rp 106,810,389	Rp 31,642,935	Rp 32,580,975	Rp 8,275,215,155	Rp 420,488,219	Rp 14,269,432,970
	Rp/trip	Rp 896,510,206	Rp 2,320,812	Rp 1,405,400	Rp 416,354	Rp 428,697	Rp 108,884,410	Rp 5,532,740	Rp 187,755,697
	Unit Cost	Rp 1,945,808	Rp 23,962	Rp 3,644,988	Rp 2,950,326	Rp 966,761	Rp 430,589	Rp 26,742	Rp 1,938,518

Pola Multiport		Door to Port			Port to Door					
		Supply Larea Rea Sinjai	Supply Kolaka	Pelabuhan Siwa	Pelabuhan Palopo	Pelabuhan Bone	Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Kolaka	Pelabuhan Larea Rea Sinjai	
Komponen Biaya	Satuan	Tronton								
		RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 4,459,735	Rp 3,014,218	Rp 3,756,408	Rp 3,099,527	Rp 3,088,153	Rp 3,411,380	Rp 3,014,218	Rp 4,459,735	
Umur Ekonomis	tahun	25	25	25	25	25	25	25	25	
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30	30	30	30	30	30	30	
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35	35	35	35	35	35	35	
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15	15	15	15	15	15	15	
Load Factor	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	
Hari Operasional	hari	330	330	330	330	330	330	330	330	
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	
Supply	ton/tahun	35016.19	7361.00	29.30	10.73	33.70	19218.35	15724.11	7361.00	
Muatan Terangkut	ton/frek	15.00	14.99	14.65	10.73	11.23	14.99	14.99	14.99	
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	2335	491	2	1	3	1282	1049	491	
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	31	6	1	1	1	17	14	6	
Jarak	km/trip	154	1.5	79.8	10.5	9.3	43.4	1.5	154	
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Waktu per Round Trip	jam/trip	156.75	2.47	80.37	11.07	9.87	45.14	3.01	154.97	
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	200.62	0.67	0.09	0.00	0.01	31.71	1.73	41.69	
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 894,701,006	Rp 2,006,112	Rp 323,360	Rp 13,454	Rp 37,557	Rp 108,159,090	Rp 5,218,040	Rp 185,946,497	
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 1,809,200	Rp 314,700	Rp 1,082,040	Rp 402,900	Rp 391,140	Rp 725,320	Rp 314,700	Rp 1,809,200	
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 68,134,775,663	Rp 176,381,675	Rp 106,810,389	Rp 31,642,935	Rp 32,580,975	Rp 8,275,215,155	Rp 420,488,219	Rp 14,269,432,970	
	Rp/trip	Rp 896,510,206	Rp 2,320,812	Rp 1,405,400	Rp 416,354	Rp 428,697	Rp 108,884,410	Rp 5,532,740	Rp 187,755,697	
	Unit Cost	Rp 1,945,808	Rp 23,962	Rp 3,644,988	Rp 2,950,326	Rp 966,761	Rp 430,589	Rp 26,742	Rp 1,938,518	

Door To Port - Port To Door		Pola Port to Port									
Komponen Biaya	Satuan	1-5	2-5	3-5	4-5	6-1	6-2	6-3	6-4		
		Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton		
		GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC		
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 4,473,953	Rp 3,099,527	Rp 3,088,153	Rp 3,411,380	Rp 3,014,218	Rp 4,459,735	Rp 4,459,735	Rp 4,459,735		
Umur Ekonomis	tahun	25	25	25	25	25	25	25	25		
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30	30	30	30	30	30	30		
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35	35	35	35	35	35	35		
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15	15	15	15	15	15	15		
Load Factor	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%		
Hari Operasional	hari	330	330	330	330	330	330	330	330		
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000		
Supply	ton/tahun	29.30	10.73	33.70	19218.35	15724.11	7361.00	7361.00	7361.00		
Muatan Terangkut	ton/frek	14.65	10.73	11.23	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99		
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	2	1	3	1282	1049	491	491	491		
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	1	1	1	12	10	4	4	4		
Jarak	km/trip	79.8	10.5	9.3	43.4	1.5	154	154	154		
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Waktu per Round Trip	jam/trip	80.37	11.07	9.87	44.75	2.70	154.83	154.83	154.83		
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	5.94	1.65	1.58	3.69	1.09	10.53	10.53	10.53		
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800		
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900		
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000		
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000		
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 26,575,283	Rp 5,114,220	Rp 4,866,047	Rp 12,576,621	Rp 3,294,110	Rp 46,975,877	Rp 46,975,877	Rp 46,975,877		
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 1,082,040	Rp 402,900	Rp 391,140	Rp 725,320	Rp 314,700	Rp 1,809,200	Rp 1,809,200	Rp 1,809,200		
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 3,042,305,552	Rp 606,883,223	Rp 578,290,520	Rp 1,463,213,470	Rp 396,969,088	Rp 5,366,358,518	Rp 5,366,358,518	Rp 5,366,358,518		
	Rp/trip	Rp 27,657,323	Rp 5,517,120	Rp 5,257,187	Rp 13,301,941	Rp 3,608,810	Rp 48,785,077	Rp 48,785,077	Rp 48,785,077		
	Unit Cost	Rp 943,828	Rp 514,406	Rp 155,994	Rp 692	Rp 230	Rp 6,628	Rp 6,628	Rp 6,628		

Pola Port to Port										
Door To Port - Port To Door		1-5	2-5	3-5	4-5	6-1	6-2	6-3	6-4	
Komponen Biaya	Satuan	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	Tronton	
		RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	RoRo	
Harga Sewa Truk	Rp/unit/hari	Rp 4,473,953	Rp 3,099,527	Rp 3,088,153	Rp 3,411,380	Rp 3,014,218	Rp 4,459,735	Rp 4,459,735	Rp 4,459,735	
Umur Ekonomis	tahun	25	25	25	25	25	25	25	25	
Kecepatan (muat)	km/jam	30	30	30	30	30	30	30	30	
Kecepatan (kosong)	km/jam	35	35	35	35	35	35	35	35	
Kapasitas Truck	ton/trip	15	15	15	15	15	15	15	15	
Load Factor	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	
Hari Operasional	hari	330	330	330	330	330	330	330	330	
Gaji Sopir	Rp/trip	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	Rp 150,000	
Supply	ton/tahun	29.30	10.73	33.70	19218.35	15724.11	7361.00	7361.00	7361.00	
Muatan Terangkut	ton/frek	14.65	10.73	11.23	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	
Jumlah Frekuensi Truk	truk/tahun	2	1	3	1282	1049	491	491	491	
Jumlah Kebutuhan Truk	truk/frekuensi	1	1	1	12	10	4	4	4	
Jarak	km/trip	79.8	10.5	9.3	43.4	1.5	154	154	154	
Waktu bongkar	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Waktu Muat	jam/trip	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Waktu per Round Trip	jam/trip	80.37	11.07	9.87	44.75	2.70	154.83	154.83	154.83	
Total Waktu Muat Kapal	hari/trip.kapal	5.94	1.65	1.58	3.69	1.09	10.53	10.53	10.53	
Harga BBM	Rp/liter	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	Rp 9,800	
Konsumsi BBM	liter/km	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
BBM per km	Rp/km	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	Rp 4,900	
Tol, Jembatan, Parkir, dll	Rp/trip	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	Rp 100,000	
Insentive Sopir	Rp/trip	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	Rp 50,000	
Capital+Operational Cost	Rp/trip	Rp 26,575,283	Rp 5,114,220	Rp 4,866,047	Rp 12,576,621	Rp 3,294,110	Rp 46,975,877	Rp 46,975,877	Rp 46,975,877	
Voyage Cost	Rp/trip	Rp 1,082,040	Rp 402,900	Rp 391,140	Rp 725,320	Rp 314,700	Rp 1,809,200	Rp 1,809,200	Rp 1,809,200	
Total Biaya	Rp/tahun	Rp 3,042,305,552	Rp 606,883,223	Rp 578,290,520	Rp 1,463,213,470	Rp 396,969,088	Rp 5,366,358,518	Rp 5,366,358,518	Rp 5,366,358,518	
	Rp/trip	Rp 27,657,323	Rp 5,517,120	Rp 5,257,187	Rp 13,301,941	Rp 3,608,810	Rp 48,785,077	Rp 48,785,077	Rp 48,785,077	
	Unit Cost	Rp 943,828	Rp 514,406	Rp 155,994	Rp 692	Rp 230	Rp 6,628	Rp 6,628	Rp 6,628	

9. Hasil Skenario

Jenis Kapal		Kapal GC	Kapal Roro
Asal		Pelabuhan Tanggetada	Pelabuhan Siwa
Tujuan		Pelabuhan Larea Rea Sinjai	Pelabuhan Kolaka
Jarak (nm)		86.13	73.66
Muatan (ton/tahun)		42377.19	42377.19
Ukuran Utama (m)	L	62.87	44.08
	B	6.29	12.48
	T	3.53	2.56
	H	2.82	1.56
Payload (ton)		539	597.6
GT		438.06	442.75
Frekuensi Kapal (kali/tahun)		65	330
Capital Cost (Rp/tahun)		Rp 4,088,086,773	Rp 5,718,307,075
Operational Cost (Rp/tahun)		Rp 4,163,619,169	Rp 2,080,018,253
Voyage Cost (Rp/Tahun)		Rp 1,727,230,528	Rp 6,089,488,084
Cargo Handling Cost (Rp/tahun)		Rp 2,023,935,782	-
Total Cost (Rp/tahun)		Rp 12,002,872,253	Rp 13,887,813,412
Unit Cost (Rp/ton.nmile)		Rp 3,289	Rp 4,449

Truk		Kapal GC	Kapal RoRo
Asal		Industri Kendari - Pelabuhan Tanggetada	Industri Parepare - Pelabuhan Siwa
Tujuan		Pelabuhan Larea Rea Sinjai - Industri KIMA	Pelabuhan Kolaka - Industri Kolaka
Jarak (nm)		351	126.5
Muatan (ton/tahun)		42377.19	42377.19
Frekuensi Truk (kali/tahun)		2826	2826
Harga Sewa Truk (Rp/tahun)		Rp 131,048,933	Rp 134,757,914
Operational Cost (Rp/tahun)		Rp 423,900,000	Rp 423,900,000
Voyage Cost (Rp/Tahun)		Rp 748,042,200	Rp 997,295,400
Total Cost (Rp/tahun)		Rp 1,302,991,133	Rp 1,555,953,314
Unit Cost (Rp/ton.mile)		Rp 88	Rp 290

10. Data Perbandingan

	Total Cost (Rp/tahun)	Unit Cost (Rp/ton)
Moda Darat Eksisting	Rp 1,305,453,415	Rp 104
Moda Laut Eksisting	Rp 300,294,234,083	Rp 95,010,230
Moda Laut Alternatif GC	Rp 13,305,863,385	Rp 3,376
Moda Laut Alternatif RoRo	Rp 1,555,957,764	Rp 4,740

	Jam	Hari
Moda Darat Eksisting	67	3
Moda Laut Eksisting	170	7
Moda Laut Alternatif GC	50	2
Moda Laut Alternatif RoRo	24	1

	Unit Cost	Jarak	Hari
Moda Darat Eksisting	Rp 104	2173	3
Moda Laut Alternatif GC	Rp 3,376	437	2
Moda Laut Alternatif RoRo	Rp 4,740	200	1

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Irfany Sukmawati Gusti, dilahirkan di Jakarta, 2 September 1997. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SDIT As Sa'Addah Jakarta (2003 – 2006), SD Negeri 01 Pagi Malaka Jaya (2006 - 2009), SMP Negeri 213 Jakarta (2010-2012), SMA Negeri 36 Jakarta (2013-2015), dan pada tahun 2015 penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai organisasi dan kegiatan, seperti menjabat sebagai sekretaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMASEATRANS Revolusioner (2016-2017), Badan Pengurus Harian (Sekretaris Umum) HIMASEATRANS Karya (2017-2018), dan Pemandu Samudera 9 FTK ITS (2016-2018). Penulis juga berkesempatan mengikuti beberapa pelatihan di lingkup kampus , seperti PKTI, LKMW TD, LKMM Pra-TD, LKMM TD, PPLKMM, dan Pelatihan Sekolah Kaderisasi BEM ITS. Saat ini penulis tinggal di Jakarta. Untuk berkomunikasi bisa langsung kontak ke nomor berikut ini +6281285191892 atau email ke: irfanysgusti@gmail.com .