



SKRIPSI - ME141501

**STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL
PENUMPANG UNTUK KONVERSI *DIESEL ENGINE* MENJADI
DUAL FUEL DIESEL ENGINE DENGAN METODE DINAMIKA
SISTEM (*SYSTEM DYNAMICS*)**

Miranto Anggriawan Prakoso
NRP 4213 100 027

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
A.A.B. Dinariyana DP, S.T., MES., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



SKRIPSI - ME 141501

**STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL PENUMPANG
UNTUK KONVERSI *DIESEL ENGINE* MENJADI *DUAL FUEL
DIESEL ENGINE* DENGAN METODE DINAMIKA SISTEM (*SYSTEM
DYNAMICS*)**

MIRANTO ANGGRIAWAN PRAKOSO
NRP. 4213 100 027

Dosen Pembimbing
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
A.A.B Dinariyana DP, S.T., MES, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



BACHELOR THESIS - ME 141501

**FEASIBILITY STUDY ON AGE DETERMINATION OF PASSENGER
SHIP *DIESEL ENGINE* CONVERSION TO *DUAL FUEL DIESEL
ENGINE* USING SYSTEM DYNAMIC METHOD**

MIRANTO ANGGRIAWAN PRAKOSO
NRP. 4213 100 027

Supervisors:
Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
A.A.B Dinariyana DP, S.T., MES, Ph.D

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL PENUMPANG UNTUK
KONVERSI *DIESEL ENGINE* MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE*
DENGAN METODE DINAMIKA SYSTEM (*SYSTEM DYNAMICS*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety (RAMS)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MIRANTO ANGGRIAWAN PRAKOSO

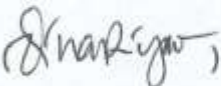
NRP. 4213 100 027

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.

()

A.A.B Dinariyana DP, S.T., MES, Ph.D

()

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL PENUMPANG UNTUK KONVERSI DIESEL *ENGINE* MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* DENGAN METODE DINAMIKA SYSTEM (*SYSTEM DYNAMICS*)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

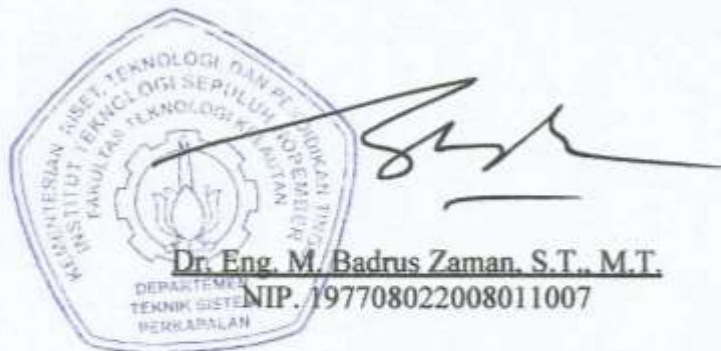
Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety (RAMS)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MIRANTO ANGGRIAWAN PRAKOSO
NRP. 4213 100 027

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL PENUMPANG UNTUK KONVERSI *DIESEL ENGINE* MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* DENGAN METODE DINAMIKA SISTEM (*SYSTEM DYNAMICS*)

Nama Mahasiswa : Miranto Anggriawan Prakoso
NRP : 4213100027
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1: Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2: A.A.B Dinariyana DP, S.T., MES, Ph.D

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan potensi minyak dan gas bumi yang melimpah, tetapi dengan adanya perkembangan zaman semakin kedepan maka potensi dari minyak bumi semakin menipis. Kondisi potensi gas alam Indonesia selama ini masih banyak diekspor dan masih belum dimanfaatkan secara maksimal, baik pada industri transportasi maupun industri berpotensi lainnya yang bisa meningkatkan perekonomian Indonesia. Dunia perkapalan merupakan kontribusi terbesar dalam memanfaatkan energi. Selama proses perjalanan, kapal akan menghabiskan energi yang berupa minyak bumi yaitu solar (HSD) dengan biaya yang besar, terlebih dengan semakin banyaknya jumlah kapal yang ada di Indonesia yang juga merupakan salah satu negara kepulauan terbesar didunia. Perlu adanya pemanfaatan energi selain minyak bumi untuk konsumsi energi pada kapal. Karena kondisi minyak bumi yang semakin menipis dan memiliki harga yang selalu fluktuatif dengan kisaran yang berbeda – beda. PT. PELNI memiliki sebagian besar armada kapal berupa kapal penumpang dengan tingkat konsumsi bahan bakar minyak pada mesin penggerak kapal yaitu *Diesel Engine* Konvensional yang memiliki kapasitas daya besar. Teknologi *Dual Fuel Diesel Engine* merupakan teknologi baru yang sudah hadir di beberapa negara maju dalam memanfaatkan gas alam cair berupa (*Liquified Natural Gas*) LNG sebagai bahan bakar mesin penggerak kapal. Untuk memanfaatkan LNG sebagai bahan bakar perlu dilakukan *Retrofit* (penggantian mesin/*Engine*) dari *Diesel Engine* Konvensional menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*, dan memperhitungkan waktu umur kapal yang layak ketika di *Retrofit*. Studi Kelayakan pada penentuan umur kapal penumpang dari *Diesel Engine* Konvensional menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* menggunakan metode Dinamika Sistem (*System Dynamic*). Pada perencanaan *Retrofit* memperhatikan kondisi fluktuasi harga antara harga bahan bakar minyak (HSD) dengan harga LNG serta dengan memperhatikan kondisi – kondisi lainnya yang mempengaruhi yaitu seperti kondisi biaya *maintenance*, *Overhaul*, pelumas, kebutuhan berat dan selisih berat pada saat sebelum dan setelah dilakukan *Retrofit*. Pada penelitian ini pengaruh terbesar dalam perubahan kelayakan umur kapal penumpang jika di *Retrofit* terjadi pada perubahan bahan bakar. Semakin jauh selisih harga bahan bakar minyak (HSD) dan LNG maka akan semakin jelas terlihat sisi kelayakan dari umur kapal penumpang.

Kata Kunci: Umur Kapal, *Diesel Engine*, *Dual Fuel Diesel Engine*, Dinamika Sistem (*System Dynamics*)

Halaman ini sengaja dikosongkan

**FEASIBILITY STUDY ON AGE DETERMINATION OF PASSENGER
SHIP DIESEL ENGINE CONVERSION TO DUAL FUEL DIESEL
ENGINE USING SYSTEM DYNAMICS METHOD**

Student Name : Miranto Anggriawan Prakoso
NRP : 4213100027
Department : Marine Engineering
First Supervisor : Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc.
Second Supervisor : A.A.B Dinariyana DP, S.T., MES, Ph.D

ABSTRACT

Indonesia is a country with natural potential resources such as oil and gas, but with the development of the future increase, the potential of petroleum is increasingly depleted. The potential condition of Indonesia's natural gas is still widely exported and still not maximally used, both in the transportation industry and other potential industries that can improve the Indonesian economy. The shipping world is the biggest contribution to energy use. During the trip, the ship will spend energy in the form of petroleum that is diesel (HSD) with a large cost, especially with the increasing number of ships in Indonesia which is also one of the largest archipelagic countries in the world. It is necessary to use energy other than petroleum for energy consumption on ships. Due to the increasingly depleted petroleum conditions and prices that always fluctuate with different ranges. PT. PELNI owns most of the fleet of passenger's vessels with fuel consumption level on ship propulsion Engines namely conventional Diesel Engine which has a big capacity of engine power. Dual Fuel Diesel Engine technology is a new technology that has been present in some developed countries in utilizing LNG Liquefied Natural Gas (LNG) as a fuel of ship's Engine. To utilize LNG as fuel, it is necessary to Retrofit from conventional Engine Diesel Engine to Dual Fuel Diesel Engine, and take into account the proper lifespan of the vessel when conversion. Feasibility Study on determining the life of passenger's vessel from Conventional Diesel Engine to Dual Fuel Diesel Engine has been done by using System Dynamic method. In doing retrofit, this study considers the condition of price fluctuation between the price of fuel oil (HSD) with LNG price and by paying attention to other conditions such as maintenance cost, Overhaul, Lubricant, Heavy Requirement and a big difference at before and after the Retrofit. In this study, the greatest influence of the change in the life of the passenger ship caused by conversion is the fuel changes. This study shows that the bigger price difference between fuel oil (HSD) and LNG, the engine conversion has better economic feasibility.

Keywords: *Age of Passenger Ship, Diesel Engine, Dual Fuel Diesel Engine, System Dynamics*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, anugerah serta tuntunan – Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“STUDI KELAYAKAN PENENTUAN UMUR KAPAL PENUMPANG UNTUK KONVERSI *DIESEL ENGINE* MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* DENGAN METODE DINAMIKA SYSTEM (*SYSTEM DYNAMICS*)”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Dimana Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan program studi sarjana di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik oleh penulis juga atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Almarhum Bapak Sumiran dan Ibu Endang Muliawati yang walaupun sudah tidak didampingi oleh suami tetapi masih terus memberikan semangat dan dukungan kepada penulis serta doanya dan menjadi penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Saudara kandung penulis, Mia Safira Salamah dan Farid Ibnu Saputra yang memberikan dukungan dan doa serta semangat dalam menjalani kehidupan penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc. yang selaku dosen pembimbing pertama penulis yang telah senantiasa memberikan bimbingan pada proses penelitian tugas akhir atas kesabaran, motivasi, waktu serta pembelajaran dan inovasi – inovasi yang dapat memberikan inspirasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir maupun pada saat perkuliahan.
4. Bapak A.A.B. Dinariyana DP, ST.,MES, Ph.D selaku dosen pembimbing kedua penulis sekaligus kepala laboratorium bidang RAMS yang telah membimbing dengan profesional, sabar dan sebagai motivator penulis serta telah memberikan arahan dari awal penelitian sampai akhir penelitian dan pengawalan layaknya orang tua penulis selama berada di laboratorium RAMS .
5. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc. , Bapak Dr. I Made Ariana, ST., MT., Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc., yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan, motivasi dan bimbingan selama masa perkuliahan penulis.
7. Bapak Dr. Eng. M. Badruz Zaman, ST., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
8. Bapak Prof. Semin, ST., M.T, Ph.D selaku Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
9. Bapak Indra Ranu Kusuma, ST.,M.Sc. selaku Ketua Program Studi Reguler Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
10. Bapak Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid, Ph.D dan Bapak Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph. D selaku Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknologi

kelautan ITS serta selaku pembina penulis sewaktu menjalani amanah BEM FTK – ITS.

11. Bapak Tommy dan Ibu Lilla selaku Manager Teknik dan Manager Diklat serta Bapak Ari selaku bagian Operasional Tol Laut dan angkutan dan Mas Akbar selaku Staff bagian Bahan Bakar dan Pelumas PT. PELNI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data penelitian pada tugas akhir.
12. Bapak Wahyu selaku karyawan PT.PGN, Bapak Handi selaku karyawan WARTSILA, Bapak Maha selaku pegawai SKK MIGAS, Bapak Endro dan Bapak Alyuan selaku karyawan PT. Trakindo Utama yang telah memberikan referensi literature dalam penyusunan tugas akhir.
13. Seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
14. Seluruh kawan – kawan penelitian tugas akhir laboratorium RAMS dan kakak – kakak senior member Laboratorium RAMS yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir Penulis.
15. Seluruh kabinet dan staff Aktualisasi BEM FTK – ITS 2015/2016 yang telah memberikan pembelajaran berharga dalam menjalani sebuah amanah besar dalam memimpin sebuah organisasi di tingkat Fakultas.
16. Seluruh anggota Koperasi Mahasiswa Dr. Angka ITS angkatan 25 yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir.
17. Seluruh pengurus Kementerian Perekonomian BEM ITS 2014/2015 yang telah memberikan pengalaman berharga dalam belajar organisasi di KM ITS.
18. Seluruh kawan – kawan seperjuangan BARAKUDA '13 Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS yang memberikan semangat dan doa serta pertemanan yang sangat berharga dalam menjalani kehidupan selama di tempat perantauan.
19. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan saran untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini dengan baik dan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Akhir kata, semoga Tuhan YME melimpahkan KaruniaNya kepada kita semua. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 2017
Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	6
I.3 Batasan Masalah :	6
I.4 Tujuan Skripsi	6
I.5 Manfaat	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
II.1 Pengetahuan Umum LNG (<i>Liquified Natural Gas</i>)	9
II.2 LNG Sebagai Bahan Bakar Kapal	9
II.3 Konsep <i>Diesel Engine</i>	10
II.3 Konsep <i>Dual Fuel Diesel Engine</i>	11
II.4 Konsep Ekonomi Teknik	13
II.4 Pengetahuan Kapal Pada PT. Pelayaran Nasional Indonesia.....	15
II.5 Dinamika Sistem (<i>System Dynamic</i>).....	19
II.6 Proses Pemodelan Dinamika Sistem (<i>System Dynamic</i>).....	20
II.7 Pengenalan Software Pengolah Data (<i>Powersim Studio</i>).....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
III.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	25
III.2 Studi Literatur	25
III.3 Pengumpulan Data	25
III.4 Pemodelan <i>System Dynamic</i>	26
III.5 Validasi Model	26
III.6 Analisa Hasil	26
III.7 Kesimpulan	26
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	29
IV.1 Pengumpulan Data	29
IV.2 Data Kapal	29
IV.3 Data <i>Main Engine</i> Kapal	29
IV.4 Pembuatan <i>Causal Loop Diagram</i>	32

IV.5	Pemilihan Skenario <i>Engine Dual Fuel</i>	34
IV.6	Perhitungan dan Pemodelan Pada Unsur OPEX	37
IV.6.1.	Perhitungan dan Pemodelan Konsumsi Bahan Bakar <i>Diesel Engine dan Dual Fuel</i>	37
IV.6.2.	Perhitungan dan Pemodelan Konsumsi Pelumasan	41
IV.6.3.	Perhitungan dan Pemodelan Selisih Berat	44
IV.6.4.	Perhitungan dan Pemodelan Perawatan (<i>Maintenance Cost</i>)	49
IV.6.5.	Perhitungan dan Pemodelan Biaya <i>Overhaul</i>	50
IV.7	Perhitungan dan Pemodelan Pada Unsur - unsur Investasi	51
IV.8	Hasil Analisa Kelayakan <i>Cummulative Potensial Profit</i>	53
IV.9	Hasil Analisa <i>Net Present Value</i>	59
IV.10	Hasil Analisa <i>Internal Rate Ratio</i>	60
IV.11	Hasil Analisa Variasi Harga dengan Sensitivitas Harga	61
IV.12	Hasil Analisa Berdasarkan Prediksi Harga.....	65
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	71
	DAFTAR PUSTAKA	73
	LAMPIRAN	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Cadangan Gas Bumi Indonesia 5 Tahun Terakhir	1
Gambar 1. 2 Ekspor LNG Per Negara Tujuan	2
Gambar 1. 3 MDO <i>Fuel Oil Bunker Price</i>	3
Gambar 1. 4 <i>Bunker index MDO Per Year</i>	4
Gambar 1. 5 Harga LNG Pulau Jawa.....	4
Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah.....	11
Gambar 2. 2 Langkah Hisap <i>Dual Fuel</i>	11
Gambar 2. 3 Langkah Kompresi <i>Dual Fuel</i>	12
Gambar 2. 4 Langkah Pembakaran	12
Gambar 2. 5 Langkah Buang <i>Dual Fuel</i>	13
Gambar 2. 6 KM. Dobonsolo	16
Gambar 2. 7 KM. Gunung Dempo	17
Gambar 2. 8 KM. Labobar	18
Gambar 2. 9 <i>Reinforcing Loop (a); Balancing Loop and Delay (b)</i>	20
Gambar 2. 10 Pemodelan Proses Dasar Dinamika Sistem.....	20
Gambar 2. 11 Notasi Pemodelan Dinamika Sistem	21
Gambar 2. 12 Tampilan <i>Powersim 2008</i>	23
Gambar 3. 1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir	27
Gambar 4. 1 Desain <i>Engine</i> KM. Gunung Dempo.....	30
Gambar 4. 2 Desain <i>Engine</i> KM. Labobar	31
Gambar 4. 3 Desain <i>Engine</i> KM. Dobonsolo.....	32
Gambar 4. 4 <i>Causal Loop Diagram</i>	33
Gambar 4. 5 <i>Desain Engine Retrofit</i> KM. Gunung Dempo MAN B&W	34
Gambar 4. 6 <i>Desain Engine Retrofit</i> KM. Labobar dengan MAN B&W	35
Gambar 4. 7 <i>Desain Engine Retrofit</i> KM. Dobonsolo dengan MAN B&W	36
Gambar 4. 8 Grafik Optimasi Penggunaan <i>Engine</i> MAK M 43	38
Gambar 4. 9 Pemodelan Perhitungan Bahan Bakar	41
Gambar 4. 10 Pelumas Total Aurelia TI 4030	42
Gambar 4. 11 Pemodelan Konsumsi Pelumas	44
Gambar 4. 12 Model Perhitungan Berat <i>Diesel Engine</i> KM. Gunung Dempo..	44
Gambar 4. 13 Model Perhitungan Berat <i>Dual Fuel Diesel Engine</i> KM. Gunung Dempo	45
Gambar 4. 14 Tangki ISO LNG 40 Feet.....	46
Gambar 4. 15 Peletakan Pada Ruang Muat kontainer.....	47
Gambar 4. 16 Perencanaan Peletakan Tangki LNG.....	47
Gambar 4. 17 Model Perhitungan Kebutuhan Tangki LNG	49
Gambar 4. 18 Pemodelan Biaya Perawatan	50
Gambar 4. 19 Model Biaya <i>Overhaul Engine</i>	51
Gambar 4. 20 Model Biaya <i>Docking Kapal</i>	52

Gambar 4. 21 Model Pembelian <i>Engine Dual Fuel</i>	52
Gambar 4. 22 Model Biaya Pembelian Tangki LNG.....	53
Gambar 4. 23 Model <i>Cummulative Potensial Profit</i>	54
Gambar 4. 24 Grafik Skenario Kelayakan KM. Gunung Dempo Variasi Harga LNG 11 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta <i>Maintenance DF20% > Diesel Engine</i>	56
Gambar 4. 25 Grafik Skenario Kelayakan KM. Labobar Variasi Harga LNG 13 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta <i>Maintenance DF20% < Diesel Engine</i>	57
Gambar 4. 26 Grafik Skenario Kelayakan KM. Dobonsolo Variasi Harga LNG 9 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta <i>Maintenance DF20% > Diesel Engine</i>	59
Gambar 4. 27 Pemodelan <i>Net Present Value</i>	60
Gambar 4. 28 Pemodelan <i>Internal Rate Ratio</i>	61
Gambar 4. 29 Grafik Skenario KM. Gunung Dempo Analisa Berdasarkan Prediksi Harga.....	67
Gambar 4. 30 Grafik Skenario KM. Labobar Analisa Berdasarkan Prediksi Harga.....	68
Gambar 4. 31 Grafik Skenario KM. Dobonsolo Analisa Berdasarkan Prediksi Harga.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Cadangan Gas Bumi Indonesia 5 Tahun Terakhir	1
Tabel 1. 2 Ekspor LNG Per Negara Tujuan	2
Tabel 2. 1 Informasi KM. Dobonsolo	16
Tabel 2. 2 Informasi KM Gunung Dempo	17
Tabel 2. 3 Informasi KM Labobar	18
Tabel 4. 1 Spesifikasi Umur Kapal dan DWT	29
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Main Engine</i> KM. Gunung Dempo	29
Tabel 4. 3 Demensi <i>Engine</i> (mm) dan Berat (Ton) KM. Gunung Dempo.....	30
Tabel 4. 4 Spesifikasi <i>Main Engine</i> KM. Labobar.....	30
Tabel 4. 5 Demensi <i>Engine</i> (mm) dan Berat (Ton) KM. Labobar	31
Tabel 4. 6 Spesifikasi <i>Main Engine</i> KM. Dobonsolo	31
Tabel 4. 7 Demensi <i>Engine</i> (mm) dan Berat (Ton) KM. Dobonsolo.....	32
Tabel 4. 8 Spesifikasi <i>Retrofit</i> KM. Gunung Dempo dengan MAN B&W	34
Tabel 4. 9 Dimensi <i>Engine Retrofit</i> KM. Gunung Dempo dengan MAN B&W	35
Tabel 4. 10 Spesifikasi <i>Retrofit</i> KM. Labobar dengan MAN B&W.....	35
Tabel 4. 11 Dimensi <i>Engine Retrofit</i> KM. Labobar dengan MAN B&W	36
Tabel 4. 12 Spesifikasi <i>Retrofit</i> KM. Dobonsolo dengan MAN B&W.....	36
Tabel 4. 13 Dimensi <i>Engine Retrofit</i> KM. Dobonsolo dengan MAN B&W	37
Tabel 4. 14 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Gunung Dempo Variasi 1	55
Tabel 4. 15 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Labobar pada Variasi 2.....	56
Tabel 4. 16 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Dobonsolo pada Variasi 3.....	58
Tabel 4. 17 Hasil Skenario Harga KM. DOBONSOLO	62
Tabel 4. 18 Hasil Skenario Harga KM. LABOBAR.....	63
Tabel 4. 19 Hasil Skenario Harga KM. GUNUNG DEMPO.....	64
Tabel 4. 20 Tabel Asumsi Prediksi Harga Analisa Kelayakan	65
Tabel 4. 21 Hasil Analisa KM. Gunung Dempo Berdasarkan Prediksi Harga ..	66
Tabel 4. 22 Hasil Analisa KM. Labobar Berdasarkan Prediksi Harga	67
Tabel 4. 23 Hasil Analisa KM. Dobonsolo Berdasarkan Prediksi Harga	68

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB 1 PENDAHULUAN

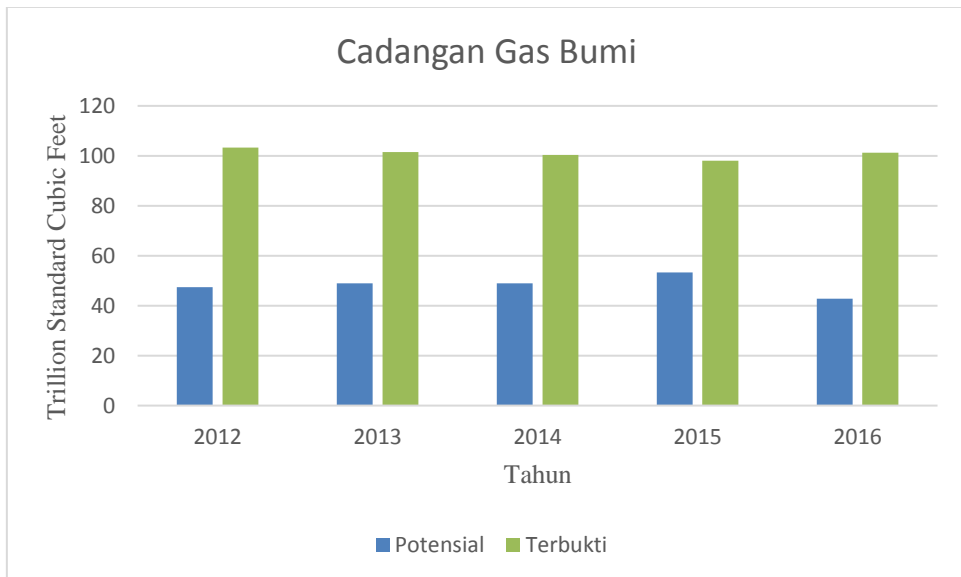
I.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki cadangan gas alam yang sangat besar. Saat ini, negara Indonesia memiliki cadangan gas terbesar ketiga di wilayah Asia Pasifik (Setelah Australia dan Republic Rakyat Tiongkok), berkontribusi untuk 1,5% dari total cadangan gas dunia (Indonesia Investment,2016).

Indonesia memproduksi sekitar dua kali lipat dari gas alam yang dikonsumsi, ini tidak berarti menjadikan bahwa produksi gas domestik memenuhi permintaan konsumsi gas domestik. Dapat diketahui juga pada setiap tahun terdapat cadangan gas bumi yang masih bisa dikonsumsi. Indonesia memiliki cadangan gas bumi per tahun 2016 yaitu 144 TSCF (*Trillion of Standard Cubic Feet*) yang terdiri dari 101,2 TSCF cadangan gas terbukti dan 42,8 TSCF cadangan gas potensial.

Tabel 1. 1 Cadangan Gas Bumi Indonesia 5 Tahun Terakhir

Tahun	Potensial	Terbukti
2016	42,80	101,20
2015	53,34	97,99
2014	49,00	100,30
2013	48,90	101,50
2012	47,40	103,30

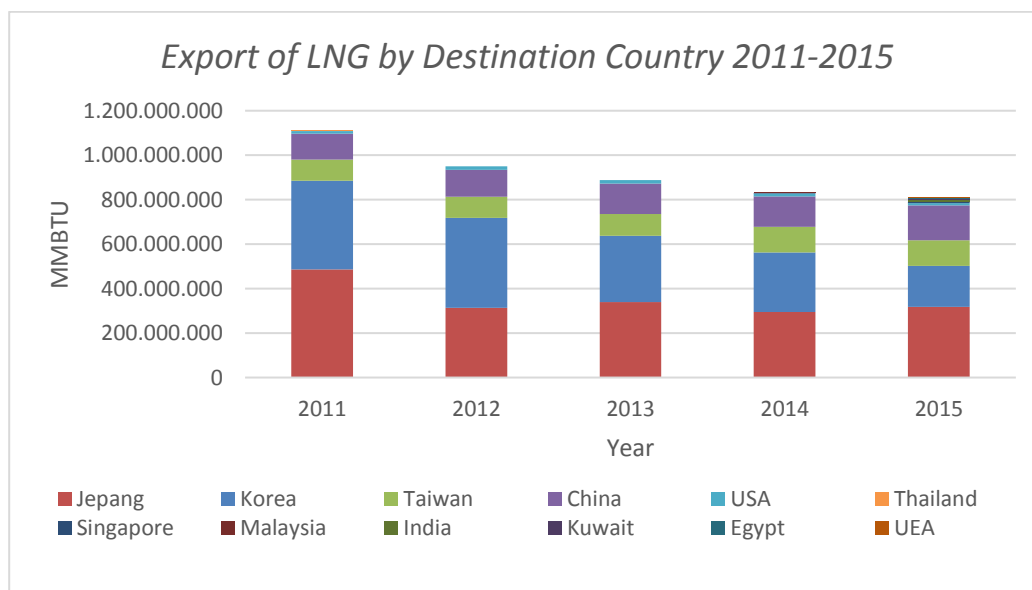


Gambar 1. 1 Cadangan Gas Bumi Indonesia 5 Tahun Terakhir
(Sumber: <http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=cadanganGasBumi/index>)

Akan tetapi, produksi gas bumi Indonesia terutama pada (*Liquified Natural Gas*) LNG lebih banyak di ekspor ke berbagai negara dan kurang dimanfaatkan lebih banyak pada kebutuhan domestik. Hal ini dapat diketahui melalui data dari Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral bahwa negara Jepang merupakan pengekspor LNG terbesar dari Indonesia.

Tabel 1. 2 Ekspor LNG Per Negara Tujuan

Negara Tujuan	2011	2012	2013	2014	2015
Jepang	485.631.803	313.783.267	339.166.264	294.527.328	318.365.589
Korea	399.431.137	404.461.161	298.070.416	268.354.006	184.016.673
Taiwan	94.443.500	95.283.030	98.472.860	114.780.967	115.078.500
China	116.913.870	120.356.150	136.816.400	136.634.970	156.839.230
USA	12.263.021	15.557.837	15.877.802	12.558.937	9.361.253
Thailand	3.314.780	-	-	-	-
Singapore	-	-	-	3.619.110	6.600.000
Malaysia	-	-	-	3.767.608	-
India	-	-	-	-	10.530.290
Kuwait	-	-	-	-	3.330.030
Egypt	-	-	-	-	3.683.840
UEA	-	-	-	-	3.237.604
Total	1.111.998.111	949.441.445	888.403.742	834.242.926	811.043.009

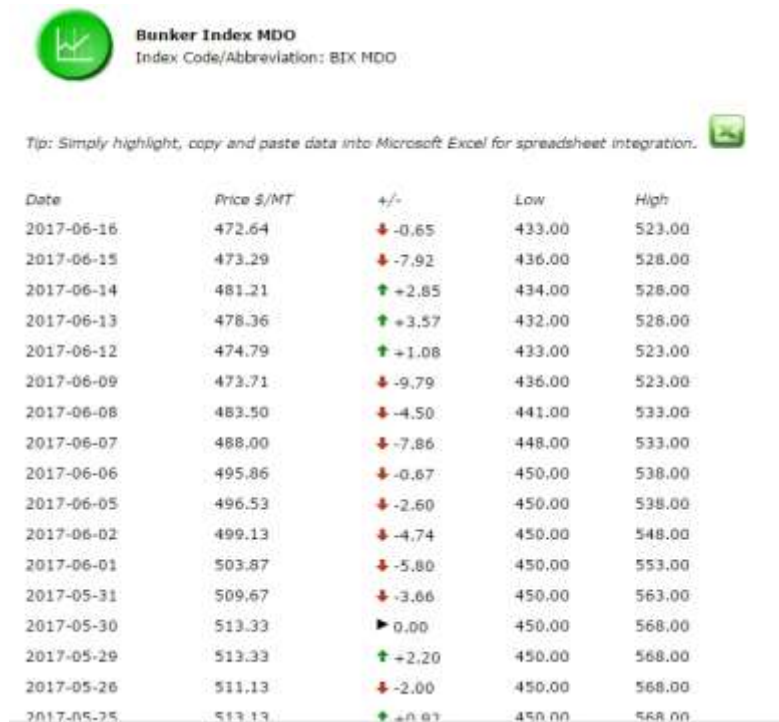


Gambar 1. 2 Ekspor LNG Per Negara Tujuan

(Sumber: Statistik Migas Dirjen Minyak dan Gas Kementerian ESDM, 2015)

Pada seluruh komponen industri, baik industri pabrik, transportasi darat dan udara maupun industri perkapalan yang ada di Indonesia sangat bergantung pada bahan bakar minyak. Hal ini menjadi alasan terkuat menipisnya pasokan bahan bakar minyak didunia. Kondisi ini berdampak juga pada bidang perkapalan karena konsumsi minyak bumi cukup besar sebagai bahan bakar penggerak kapal. Selain itu, terjadinya fluktuasi harga minyak bumi membuat pelaku industri mulai melakukan penggunaan bahan bakar alternatif. Beberapa pelaku industri sudah berhasil mengkomersilkan mesin menjadi mesin yang bisa menggunakan 2 jenis bahan bakar atau yang bisa disebut dengan *Dual Fuel* dengan mengkombinasikan bahan bakar minyak dan LNG.

Berdasarkan data yang telah ada, bahwa harga untuk bahan bakar minyak lebih mahal dibandingkan dengan harga gas alam. Harga untuk bahan bakar minyak dengan tipe MDO pada *Bunker index* dapat diketahui melalui Gambar 1. 3.



Bunker Index MDO
Index Code/Abbreviation: BIX MDO

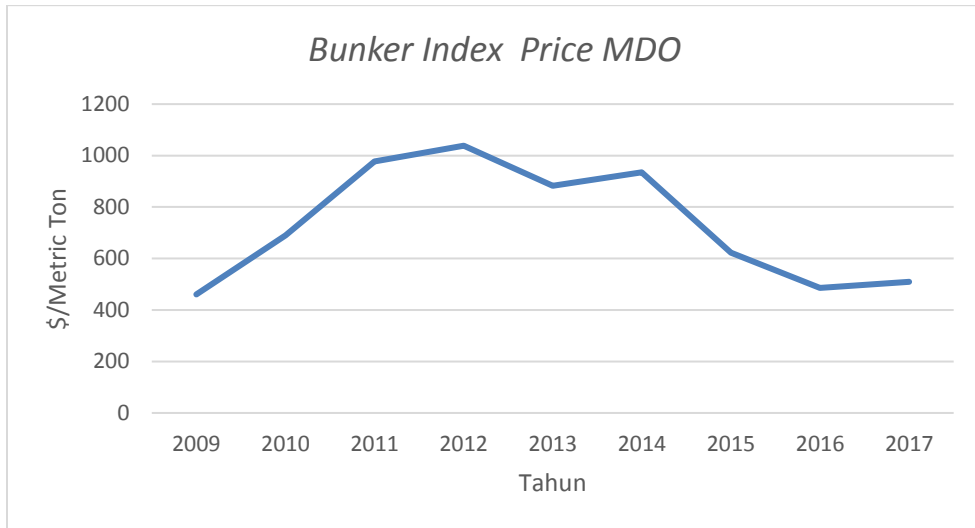
Tip: Simply highlight, copy and paste data into Microsoft Excel for spreadsheet integration.

Date	Price \$/MT	+/-	Low	High
2017-06-16	472.64	-0.65	433.00	523.00
2017-06-15	473.29	-7.92	436.00	528.00
2017-06-14	481.21	+2.85	434.00	528.00
2017-06-13	478.36	+3.57	432.00	528.00
2017-06-12	474.79	+1.08	433.00	523.00
2017-06-09	473.71	-9.79	436.00	523.00
2017-06-08	483.50	-4.50	441.00	533.00
2017-06-07	488.00	-7.86	448.00	533.00
2017-06-06	495.86	-0.67	450.00	538.00
2017-06-05	496.53	-2.60	450.00	538.00
2017-06-02	499.13	-4.74	450.00	548.00
2017-06-01	503.87	-5.80	450.00	553.00
2017-05-31	509.67	-3.66	450.00	563.00
2017-05-30	513.33	0.00	450.00	568.00
2017-05-29	513.33	+2.20	450.00	568.00
2017-05-26	511.13	-2.00	450.00	568.00
2017-05-25	513.13	+0.00	450.00	568.00

Gambar 1. 3 MDO Fuel Oil Bunker Price

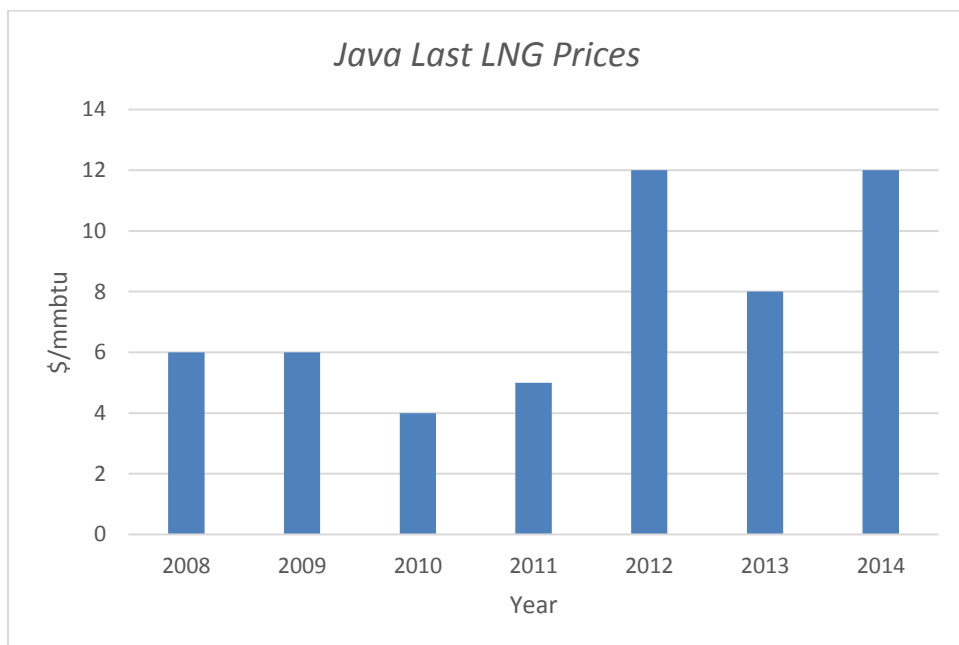
(Sumber: http://www.bunkerindex.com/prices/bixfree.php?pricein_ex_id=4)

Pada *range* per tahun juga pada data lainya bisa dilihat pada Gambar 1.3, bahwa harga HSD pada rentang harga pertahun berdasarkan data *Bunker index* bisa diketahui bahwa harga pada tahun 2017 mengalami fluktuasi yang cukup besar oleh perkembangan harga minyak dunia.



Gambar 1. 4 Bunker index MDO Per Year

(Sumber: http://www.bunkerindex.com/prices/bixfree_1705.php?priceindex_id=4)



Gambar 1. 5 Harga LNG Pulau Jawa

(Sumber : Parkinson, 2014)

Sedangkan pada fluktuasi harga LNG pada data kementerian ESDM memiliki tingkat fluktuatif yang tidak begitu besar. Untuk harga tertinggi sejak tahun 2014 yaitu LNG dengan harga \$ 12/mmbtu. Hal ini merupakan sebuah peluang besar untuk memanfaatkan LNG sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi yang memiliki tingkat fluktuasi harga yang lebih mudah berubah secara signifikan dari waktu ke waktu.

Sehingga pada pemanfaatan LNG perlu adanya analisa keekonomian yang lebih detail dan sensitif terhadap perubahan harga yang mengalami kenaikan maupun penurunan baik itu dari segi harga minyak bumi maupun harga LNG.

PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PT. PELNI) adalah perusahaan pelayaran nasional yang menyediakan jasa transportasi laut, meliputi jasa angkutan penumpang dan muatan barang antar pulau. Saat ini PT. Pelayaran Nasional Indonesia mengoperasikan 26 kapal penumpang, 46 kapal perintis, 6 kapal barang tol laut dan 1 kapal ternak. PT. PELNI dalam melaksanakan tanggung jawabnya tidak hanya terbatas melayani rute komersial, tetapi juga melayani pelayaran rute pulau – pulau kecil terluar. Saat ini kapal PT. PELNI menyinggahi 95 pelabuhan kapal penumpang dan lebih dari 300 pelabuhan kapal perintis yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia (PT. Pelayaran Nasional, 2017).

Ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak kapal PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PT. PELNI) termasuk dalam kategori yang besar. Penggunaan bahan bakar minyak pada kapal PT. PELNI mengkonsumsi 33,4 juta liter per bulan. PT. PELNI sebagai operator operasi laut membutuhkan biaya operasional untuk bahan bakar minyak (BBM) sekitar 58% dari pendapatan perusahaan. Maka dari itu diperlukan adanya konversi energi dari bahan bakar minyak (BBM) menjadi penggunaan bahan bakar gas (BBG). Dengan adanya konversi dari BBM ke BBG nantinya PT. PELNI dan Direktorat Jendral Perhubungan Laut dapat menghemat pemakaian bahan bakar sekitar 40% disbanding dengan menggunakan BBM (PT. Pelayaran Nasional, 2017).

LNG adalah Gas Alam (Metana CH_4) yang didinginkan sampai suhu minus 160 derajat celsius pada tekanan atmosfer yang membuatnya menjadi zat cair dan volumenya 1/600 dari kondisi semula sebagai gas. Gas alam mengembun menjadi cair. Kondisi cair ini memungkinkan pengangkutan LNG dilakukan dalam jumlah besar dengan kapal tanker LNG. Kapal pertama yang dipergunakan untuk mengangkut LNG adalah kapal “Methane Pioneer” yang sebelumnya merupakan kapal tanker kecil yang dikonversikan menjadi pengangkut LNG. Kapal ini mengangkut LNG dari teluk meksiko ke sungai Thames, Inggris pada tahun 1959, dan menjadi pelopor untuk pembangunan kapal – kapal LNG massa kini. Pada 1964 kapal “Methane Princess” dan “Methane Progress” yang masing – masing berkapasitas 27.400 m³ dirancang oleh perusahaan Conch, dengan menggunakan Tangki aluminium independent prismatic, mulai melayani pengangkutan LNG dari Aljazair ke Inggris. Setelah itu pengembangan kapal – kapal tanker LNG dilakukan sampai sekarang (Artana & Soegiono, 2006).

Untuk mendapatkan efisiensi yang lebih besar maka perlu adanya penggunaan LNG sebagai bahan bakar untuk kapal – kapal PT. PELNI. Karena dengan menggunakan LNG bisa melakukan efisiensi sampai 1/600 dari penggunaan gas alam biasa dan dengan begitu dapat menurunkan biaya operasional bahan bakar. Saat ini kapal – kapal yang digunakan oleh PT. PELNI masih menggunakan *Diesel Engine* konvensional yang masih menggunakan bahan bakar minyak. Perlu adanya sebuah analisa untuk mengetahui waktu yang tepat dalam menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* sebagai pengganti *Diesel Engine* supaya kapal Pelni dapat menggunakan bahan bakar gas sehingga tidak mempengaruhi jumlah pengeluaran biaya operasional yang akan digunakan. Pemodelan analisa ini akan membandingkan perhitungan estimasi biaya operasional dan biaya perawatan dari *Dual Fuel Diesel Engine* dan *Diesel Engine* serta membandingkan biaya pengeluaran awal (*Initial cost*) dengan menggunakan metode dinamika sistem. Analisa Dinamika Sistem sangat baik untuk memecahkan permasalahan tersebut. Hal ini

dikarenakan dinamika sistem memberikan suatu analisa sebab akibat antara sistem satu dengan sistem lainnya. Sehingga apabila terjadi permasalahan pada salah satu sistem akan berdampak pada sistem yang lainnya sehingga akan bisa diketahui proyeksi pemodelan untuk pengeluaran biaya operasional pada tahun – tahun berikutnya. Dimana dengan analisa pemodelan yang dihasilkan dari segi ekonomi akan sangat diperlukan untuk dijadikan bahan pertimbangan perusahaan dalam melakukan investasi atau pengembangan perusahaan. Suatu proyek dikatakan layak jika dalam pelaksanaannya dapat memberikan manfaat finansial maupun manfaat sosial.

I.2 Perumusan Masalah

Agar proses penelitian dapat berjalan dengan lancar, maka perlu diketahui masalah – masalah yang timbul saat proses pengerjaan, perumusan masalah yang dapat diambil yaitu :

1. Bagaimana menentukan variabel – variabel penentu dan pengaruh biaya yang terjadi pada konversi *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*?
2. Bagaimana pemodelan penentuan umur kapal penumpang PT. PELNI yang efisien untuk melakukan konversi dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* dengan menggunakan metode Dinamika Sistem?
3. Bagaimana analisa kelayakan pada penentuan umur kapal penumpang PT. PELNI setelah dilakukan konversi dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*?

I.3 Batasan Masalah :

Untuk lebih memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa, maka akan dibatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Pemodelan dengan menggunakan metode Dinamika Sistem pada perbandingan operational cost dari *Dual Fuel Diesel Engine* dan *Diesel Engine* Konvensional.
2. Kapal yang akan dijadikan objek penelitian adalah kapal milik PT. PELNI, antara lain KM Dobonsolo, KM Gunung Dempo dan KM Labobar.
3. Analisa studi kelayakan hanya berfokus pada waktu umur kapal yang akan dikonversi dengan pendekatan aspek ekonomi.

I.4 Tujuan Skripsi

Dari perumusan masalah di atas maka dapat ditentukan tujuan dari tugas akhir ini, yaitu :

1. Menentukan variabel – variabel penentu dan pengaruh biaya yang terjadi pada konversi *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*.
2. Melakukan pemodelan penentuan umur kapal penumpang PT. PELNI yang efisien untuk melakukan konversi dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* dengan menggunakan metode dinamika sistem.
3. Melakukan analisa kelayakan pada penentuan umur kapal penumpang PT. PELNI setelah dilakukan konversi dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*.

I.5 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai kalangan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh yaitu:

1. Untuk dijadikan bahan pertimbangan perusahaan dalam melakukan investasi atau pengembangan perusahaan dari segi ekonomi mengenai pemanfaatan LNG sebagai bahan bakar kapal.
2. Dapat memahami serta mempelajari pemodelan sistem dengan menggunakan model dinamika sistem.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengetahuan Umum LNG (*Liquefied Natural Gas*)

LNG (*Liquefied Natural Gas*) adalah Gas Alam (Metana - CH₄) yang didinginkan sampai suhu minus 160 derajat Celcius pada tekanan atmosfer yang membuatnya menjadi zat cair dan volumenya menjadi 1/600 dari kondisi semula sebagai gas. Kondisi cair ini memungkinkan pengangkutan LNG dilakukan dalam jumlah besar dengan kapal tanker LNG. Sebelum gas alam dicairkan, terlebih dahulu partikel – partikel asing dibersihkan dan diproses antara lain melalui *desulfurization*, *dehydration* dan pembersihan karbon dioksida. Semua proses ini membuat gas menjadi tidak berwarna, transparan, tidak berbau, tidak beracun serta terhindar dari sulfur oksida dan abu. LNG adalah energi yang bersih (1 KWH energi gas mengandung 446 gas CO₂) juga karena kandungan nitrogen oksida yang kurang (20 – 37%) serta karbon dioksida (57%) dibandingkan dengan batu bara. Apabila LNG bersentuhan dengan udara, akan menghasilkan uap putih yang mudah terlihat. Karena uap LNG lebih ringan dari udara, ia menguap keatas. Selain itu karena suhu nyala spontan LNG lebih tinggi dari bensin, sifat ini membuat LNG sebagai energi yang relatif aman. Karena LNG terutama terdiri dari metana, ia mempunyai kalori tinggi (12000kkal/Kg) dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya seperti batu bara dan minyak bumi. Sebagai cadangan energi gas alam juga lebih melimpah dan lebih tersebar luas di planet bumi ini dibandingkan dengan minyak (Artana & Soegiono, 2006).

II.2 LNG Sebagai Bahan Bakar Kapal

LNG (*Liquefied Natural Gas*) merupakan gas alam cair yang didinginkan. Pada berbagai pengalaman sebelumnya LNG sudah banyak digunakan pada kapal pengangkut LNG (*LNG Carriers*) dengan memanfaatkan BOG (*Boil Off Gas*) yang berasal dari penguapan diruang muat LNG untuk kemudian dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* sebagai mesin penggerak kapal. Sejak tahun 2000, beberapa kapal seperti kapal feri dan kapal penunjang bangunan lepas pantai (*Offshore Supply Vessels*) juga telah menggunakan bahan bakar LNG (Chryssakis et al., 2015). Berikut adalah *Engine* yang dapat dipakai untuk memnafaatkan LNG sebagai bahan bakar yaitu (Einang, 2013):

- a. *Lean Burn Spark Ignited (LBSI) Engine* atau mesin gas murni
- b. *Low Pressure Dual Fuel (LPDF) Engine* atau mesin bertekanan rendah dengan bahan bakar ganda
- c. *High Pressure Dual Fuel (HPDF) Engine* atau mesin bertekanan tinggi dengan bahan bakar ganda

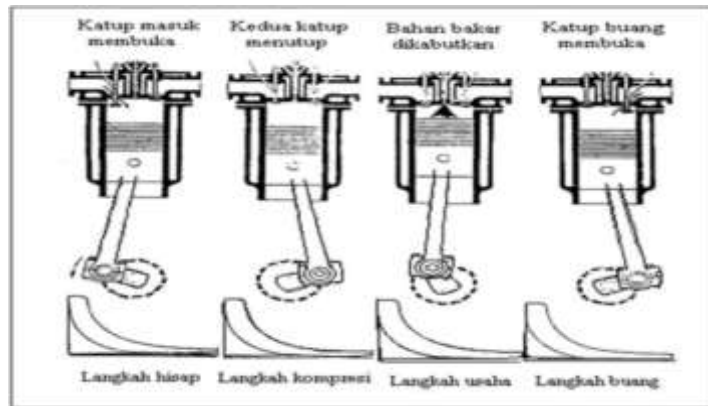
LBSI (*Lean Burn Spark Ignited*) adalah *Engine*/ mesin yang hanya menggunakan bahan bakar gas saja, sedangkan pada mesin LPDF (*Low Pressure Dual Fuel*) dan HPDF (*High Pressure Dual Fuel*) bisa menggunakan bahan bakar gas dan solar. LBSI beroperasi pada siklus otto, dimana spark plug memulai proses pembakaran. LPDF mesin beroperasi pada siklus otto dalam modus pemakian bahan bakar gas, dimana bahan bakar minyak memulai pembakaran. LBSI dan LPDF menggunakan gas bertekanan rendah, dengan tekanan sekitar 5 – 6 bar untuk mesin 4 tak (*Four Stroke Engine*) dan tekanan 10

bar untuk mesin 2 tak (*Two Stroke Engine*). Oleh karena itu, gas dapat ditekan dengan menggunakan kompresor dan botol angin. HPDF (*High Pressure Dual Fuel*) menggunakan siklus diesel modus gas. Gas diinjeksikan pada silinder mesin (300 bar) setelah bahan bakar minyak sudah diinjeksikan. Maka dari itu diperlukan kompresor bertekanan tinggi untuk dapat bisa memberikan tekanan yang tinggi menuju silinder mesin dan juga membutuhkan pipa khusus dan sistem keselamatan (*Safety system*) yang baik (Boulougouris, 2015 ; Chryssakis, 2015; DNV GL, 2015a; Æsøy et al., 2011).

II.3 Konsep Diesel Engine

Motor bakar diesel atau mesin diesel (mesin pemicu kompresi) adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan energi pada panas kompresi untuk menciptakan penyalan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang dalam bakar. Mesin *Diesel Engine* tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau mesin gas. Mesin ini ditemukan pada tahun 1892 oleh Rudolf Diesel, yang menerima paten pada 23 Februari 1893. Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Mesin diesel kecepatan-rendah (seperti pada mesin kapal) dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50% (Tatsuo Takaishi, 2010)

Mesin diesel menggunakan prinsip kerja hukum Charles, yaitu ketika udara dikompresi maka suhunya akan meningkat. Udara disedot ke dalam ruang bakar mesin diesel dan dikompresi oleh piston yang merapat dengan rasio kompresi antara 15:1 dan 22:1 sehingga menghasilkan tekanan 40 – bar (4,0 MPa; 580 psi), dibandingkan dengan mesin bensin yang hanya 8 to 14 bar (0,80 to 1,40 MPa; 120 to 200 psi). Tekanan tinggi ini akan menaikkan suhu udara sampai 550 °C (1.022 °F). Beberapa saat sebelum piston memasuki proses kompresi, bahan bakar diesel disuntikkan ke ruang bakar langsung dalam tekanan tinggi melalui nozzle dan injektor supaya bercampur dengan udara panas yang bertekanan tinggi. Injektor memastikan bahwa bahan bakar terpecah menjadi butiran – butiran kecil dan tersebar merata. Uap bahan bakar kemudian menyala akibat udara yang terkompresi tinggi di dalam ruang bakar. Awal penguapan bahan bakar ini menyebabkan sebuah waktu tunggu pada saat terjadi penyalan, suara detonasi yang muncul pada mesin diesel adalah ketika uap mencapai suhu nyala dan menyebabkan naiknya tekanan diatas piston secara mendadak. Oleh karena itu, penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar mulai dilakukan saat piston mendekati TMA /Titik Matik Atas untuk menghindari detonasi. Penyemprotan bahan bakar yang langsung ke ruang bakar di atas piston merupakan injeksi langsung (*Direct Injection*) sedangkan penyemprotan bahan bakar kedalam ruang khusus yang berhubungan langsung dengan ruang bakar utama di mana piston berada merupakan injeksi tidak langsung (*Indirect Injection*). Ledakan tertutup ini menyebabkan gas dalam ruang pembakaran mengembang dengan cepat, mendorong piston ke bawah dan menghasilkan tenaga linear. Batang penghubung (*connecting rod*) menyalurkan gerakan ini ke crankshaft dan oleh crankshaft tenaga linear diubah menjadi tenaga putar. Tingginya kompresi menyebabkan pembakaran dapat terjadi tanpa dibutuhkan sistem penyalan terpisah (pada mesin bensin digunakan busi), sehingga rasio kompresi yang tinggi meningkatkan efisiensi mesin. Meninggikan rasio kompresi pada mesin bensin hanya terbatas untuk mencegah kerusakan. (Rudolf Diesel, 1895).



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah

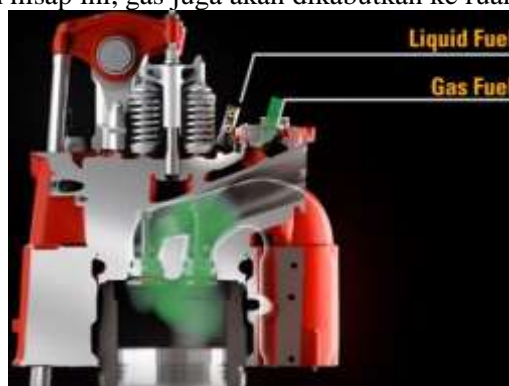
(Sumber: <http://www.bppp-tegal.com/web/index.php/artikel/161-sistim-bahan-bakar-motor-diesel>)

II.3 Konsep Dual Fuel Diesel Engine

Pada penelitian ini dengan perbandingan sistem permesinan yang pada gas *Engine* udara murni yang dihisap akan dicampurkan dengan gas LNG sehingga hanya gas LNG saja yang dibutuhkan supaya terjadi ledakan. Pengoperasian dengan mode *Gas Engine* ini dapat mengurangi emisi – emisi oksida nitrogen (NOx) mendekati 85%. Selain itu, pada saat beroperasi dengan gas alam dan bahan bakar berkadar belerang rendah, motor – motor diesel berbahan bakar gas menghasilkan level – level kandungan SOx nyaris nol. (ABS,2014). Prinsip kerja pada gas *Engine* sebenarnya tidak jauh berbeda dengan sistem kerja mesin konvensional (diesel *Engine*). *Gas Engine* saat ini kebanyakan menggunakan 4 langkah, yaitu (Eribson, 2016):

a. Langkah Hisap

Pada langkah kerja ini, udara di campur bersama dengan gas sebelum *valve inlet* dan campuran tersebut dikompresikan ke ruang bakar saat fase pengompresian. Pada saat langkah hisap ini, gas juga akan dikabutkan ke ruang pembakaran.

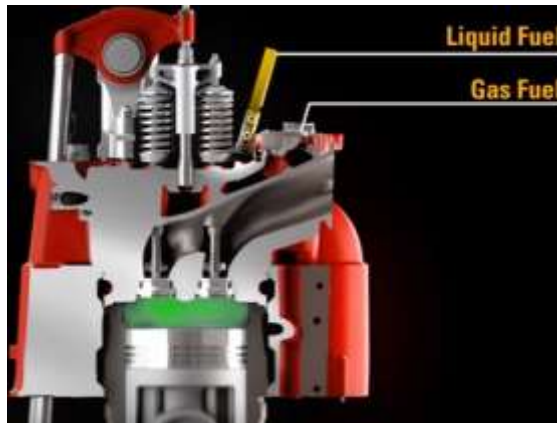


Gambar 2. 2 Langkah Hisap Dual Fuel

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-L8&t=142s)

b. Langkah Kompresi

Langkah kompresi yaitu piston bergerak dari TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas). Posisi katup masuk dan keluar tertutup sehingga mengakibatkan udara atau gas dalam ruang bakar terkompresi beberapa saat sebelum piston sampai pada posisi TMA (titik mati atas). Tujuan dari langkah kompresi ini yaitu untuk meningkatkan temperature sehingga campuran udara dan juga bahan bakar gas (LNG) dapat bersenyawa.

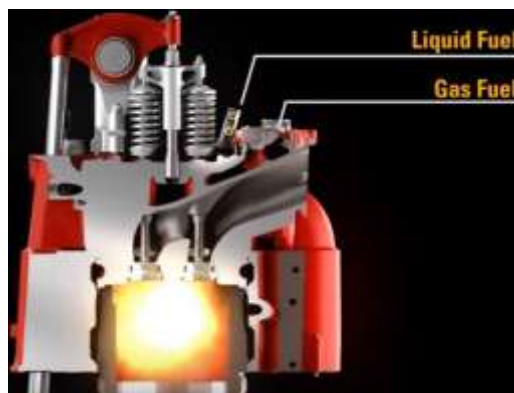


Gambar 2. 3 Langkah Kompresi *Dual Fuel*

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-_L8&t=142s)

c. Langkah Pembakaran

Langkah ini dimulai dengan menyalakan busi yang menyebabkan terbakarnya bahan bakar (campuran udara dan bahan bakar gas LNG). Proses pembakaran tersebut akan menyebabkan ledakan yang akan mendorong piston menuju ke bawah untuk menggerakkan Kruk AS (*crankshaft*).



Gambar 2. 4 Langkah Pembakaran

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-_L8&t=142s)

d. Langkah Buang

Dalam langkah ini piston akan bergerak naik ke TMA dan mendorong sisa gas buang keluar melalui katup buang yang sudah terbuka. Pada akhir langkah buang udara segar dan campuran bahan bakar gas (LNG), akan masuk dan ikut mendorong sisa gas bekas keluar dan proses kerja selanjutnya akan dimulai. Pada langkah ini, katup buang terbuka dan katup masuk tertutup.



Gambar 2. 5 Langkah Buang *Dual Fuel*

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-_L8&t=142s)

II.4 Konsep Ekonomi Teknik

Secara umum analisis ekonomi teknik bisa dikatakan sebagai analisis dari suatu investasi teknik. Pengambil keputusan harus melakukan kajian mana alternatif (teknis dan ekonomis) yang dianggap paling menguntungkan perusahaan. Kajian membutuhkan pengetahuan tentang aspek teknis serta kinerja ekonomi. Untuk bisa melakukan evaluasi kinerja ekonomi dibutuhkan:

1. Estimasi biaya investasi yang harus dikeluarkan saat ini
2. Estimasi biaya – biaya operasional dan perawatan di tahun – tahun mendatang
3. Estimasi nilai sisa sistem atau mesin pada saat sudah mau diganti atau sudah tidak digunakan lagi
4. Estimasi lamanya sistem bisa beroperasi (umur ekonomis)
5. Estimasi tingkat suku bunga

Pada umumnya investasi teknik memiliki umur ekonomis yang lama (tahunan). Disisi lain, nilai uang dari waktu ke waktu tidak sama. Oleh karena itu, dalam mengevaluasi kelayakan suatu investasi teknik serta pemilihan mana alternatif terbaik, perlu dilakukan proses ekivalensi nilai mata uang sehingga perbandingan alternatif bisa menggunakan nilai yang terbandingkan (*Comparable*). Disamping itu karena estimasi aliran kas serta *variable – variable* lain seperti umur teknis dan tingkat suku bunga yang digunakan masih mengandung ketidakpastian maka keputusan – keputusan dalam ekonomi teknik juga harus memperhatikan unsur resiko. (I Nyoman Pujawan, 2012)

Secara garis besar, aliran kas (*cashflow*) dibagi dalam tiga bagian utama yaitu aliran kas awal, aliran kas operasional dan aliran kas terminal yang terbagi pada bagian – bagian berikut (Stopford, 2009) :

1. Aliran kas Awal

Aliran kas awal akan melibatkan perhitungan *Capital Expenditure* (CAPEX), yaitu biaya – biaya yang harus dikeluarkan untuk investasi. Salah satu pertimbangan adalah dari mana modal investasi tersebut, bisa jadi dari pinjaman maupun dari modal tersendiri yang bisa mempengaruhi keberlangsungan finansial untuk kelayakan.

2. Aliran Kas Operasional

Dalam aliran kas operasional akan diperhitungkan aliran dana masuk dari pendapatan (*revenue*) dan aliran kas keluaran dari *Operating Expenditure* (OPEX) serta pajak. Pendapatan akan sangat bergantung dengan kapasitas, muatan, produktivitas serta charter rate dan *commissioning day* kapal. Sedangkan operating expenditure (OPEX) yang ditanggung kapal akan berhubungan dengan jenis – jenis pengeluaran atau pemasukan yang secara berkala setiap tahun, bulan, minggu ataupun hari.

3. Aliran kas Terminal

Aliran kas terminal merupakan aliran kas yang terdiri dari nilai sisa (*salvage value*) asset dan pengembalian (*recovery*). Nilai sisa merupakan harga penjualan asset pada saat akhir umur depresiasi, umumnya untuk mempermudah perhitungan, nilai sisa dianggap 0 (Stopford, 2009).

Selain itu terdapat parameter – parameter dalam melakukan penentuan pengujian kelayakan yang terdiri dari *Net Present Value*, *Internal Rate Ratio* dan *Payback Period* yang dapat dijelaskan sebagai berikut : (Soeharto,2001)

1. *Net Present Value*

NPV umum digunakan untuk menghitung laba dari investasi, apakah investasi yang dilakukan memberikan keuntungan atau tidak. Pada metode ini semua aliran kas dikonversikan menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran kas yang terjadi selama periode perencanaan. NPV dapat dirumuskan dengan:

$$NPV = \sum_{t=0}^N \frac{A_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (1,1)$$

Dimana

A_t = aliran kas pada akhir periode t

i = tingkat bunga

t = tahun

n = umur proyek

Apabila nilai NPV lebih dari 0, investasi dapat dikatakan menguntungkan. Jika nilai NPV sama dengan 0, hal tersebut dapat dikatakan investasi dapat dikembalikan persis sama besar. Terakhir jika nilai NPV lebih kecil dari 0, maka proyek dikatakan tidak bisa.

2. *Internal Rate of Return*

Internal Rate of Return dipakai untuk menghitung tingkat bunga pada saat nilai NPV sama dengan 0. IRR berguna untuk mengetahui pada tingkat bunga beberapa investasi tetap memberikan keuntungan. IRR dapat ditentukan dengan rumus:

$$NPV = \sum_{t=0}^N F_t(1+i)^{-t} = 0 \dots\dots\dots (1,2)$$

Dimana

F_t = aliran kas pada periode t

N = umur proyek

i = nilai ROR investasi

3. *Payback Periods (PP)*

Payback period adalah jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan semua biaya yang telah dikeluarkan dalam investasi suatu proyek. Payback periods dapat ditentukan dengan model formula:

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{N^1} A_t(P/F, i\%, t) \dots\dots\dots (1,3)$$

Dimana

A_t = aliran kas pada akhir periode t

N^1 = periode pengembalian yang akan dihitung

P = Arus Pengeluaran

II.4 Pengetahuan Kapal Pada PT. Pelayaran Nasional Indonesia

PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PT. PELNI) adalah perusahaan pelayaran nasional yang menyediakan jasa transportasi laut, meliputi jasa angkutan penumpang dan muatan barang antar pulau. Pada kapal yang dijadikan penelitian untuk pemodelan modifikasi *Dual Fuel Diesel Engine* yaitu kapal KM Dobonsolo, KM Gunung Dempo dan KM Labobar. Pada ketiga kapal tersebut memiliki karakteristik umur yang berbeda yang bisa diurutkan dari umur kapal yang tertua sampai umur kapal yang paling muda sehingga dalam melakukan analisa terdapat variasi perbedaan yang banyak dan bisa dijadikan bahan pertimbangan untuk berbagai macam umur kapal penumpang.



Gambar 2. 6 KM. Dobonsolo

(Sumber: <http://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:703109/#forward>)

Tabel 2. 1 Informasi KM. Dobonsolo

<i>Ship Name</i>	KM. Dobonsolo
<i>Dock Building</i>	Jos L. Mayer, Papaenburg, Germany
<i>Year Built</i>	1993
<i>IMO Number</i>	9032147
<i>Call Sign</i>	YEVX
<i>Type</i>	2000 Pax
<i>Loa</i>	146,50 m
<i>Lpp</i>	130,00 m
<i>Breadth</i>	23,40 m
<i>Draught</i>	5,89 m
<i>Gros Tonnage</i>	14,581 GT
<i>DWT</i>	3500 Ton
<i>Service Speed</i>	20 Knot
<i>Main Engine</i>	2 Unit Krup MAK 6M601C Spec 6400 KW/ 428 Rpm
<i>Auxilliary Engine</i>	4 Unit Daihatsu 6DL24 Spec. 882 KW/ 750 Rpm



Gambar 2. 7 KM. Gunung Dempo

(Sumber: www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/vessel:GUNUNG_DEMP)

Tabel 2. 2 Informasi KM Gunung Dempo

<i>Ship Name</i>	KM. Gunung Dempo
<i>Dock Building</i>	Jos L. Mayer, Papaenburg, Germany
<i>Year Built</i>	2008
<i>IMO Number</i>	9401324
<i>Call Sign</i>	YBMG
<i>Type</i>	2000 Pax
<i>Loa</i>	147,00 m
<i>Lpp</i>	130,00 m
<i>Breadth</i>	23,40 m
<i>Draught</i>	5,90 m
<i>Gros Tonnage</i>	14,017 GT
<i>DWT</i>	4.018 Ton
<i>Service Speed</i>	17 Knot
<i>Main Engine</i>	2 Unit MAK Catterpillar 6M43 Spec 6000 KW/ 500 Rpm
<i>Auxilliary Engine</i>	4 Unit Yanmar 6N21L-EV Spec. 750 KW/ 750 Rpm



Gambar 2. 8 KM. Labobar

(Sumber: www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:703138/vessel:LABOBAR)

Tabel 2. 3 Informasi KM Labobar

<i>Ship Name</i>	KM. Labobar
<i>Dock Building</i>	Jos L. Mayer, Papaenburg, Germany
<i>Year Built</i>	2003
<i>IMO Number</i>	9281542
<i>Call Sign</i>	YHKN
<i>Type</i>	3000 Pax
<i>Loa</i>	146,50 m
<i>Lpp</i>	130,00 m
<i>Breadth</i>	23,40 m
<i>Draught</i>	5,90 m
<i>Gros Tonnage</i>	15,136 GT
<i>DWT</i>	3.482 Ton
<i>Service Speed</i>	20 Knot
<i>Main Engine</i>	2 Unit MAK Catterpillar 9M43 Spec 8400 KW/ 500 Rpm
<i>Auxilliary Engine</i>	4 Unit MAK Catterpillar 6M20 Spec. 1140 KW/1000 Rpm

II.5 Dinamika Sistem (*System Dynamic*)

Dinamika Sistem (*System Dynamic*) adalah metode yang melampaui sebuah domain pendekatan sistem konvensional untuk kompleksitas teknik masalah skala besar. Dinamika sistem berkaitan dengan interaksi dari berbagai elemen sistem dalam rentang waktu dan menangkap aspek dinamis dengan memasukan konsep seperti ketersediaan, arus, umpan baik dan penundaan dan dengan demikian memberikan wawasan tentang perilaku dinamis dari suatu sistem dari waktu ke waktu. (Victor Tang & Samudra Vijay,2001). Dinamika sistem dapat dianggap sebagai perluasan sistem teknik (*System Engineering*) dan analisis sistem (*System Analysis*). Dinamika sistem secara eksplisit memperhitungkan perilaku dinamis yang dihasilkan karena penundaan dan masukan dalam sistem. Metode dinamika sistem ditemukan oleh Jay W Forrester dari Massachusetts Institute Of Technology (MIT) USA *Sloan School of Management* pada tahun 1950. Permulaannya metode ini digunakan hanya untuk lingkup ilmu manajemen industry yang kemudian diaplikasikan untuk bidang ekonomi, teknik, dan sosial. Dinamika sistem adalah pespektif dan sebuah alat konseptual yang memungkinkan kita untuk memahami struktur dan dinamika sistem yang kompleks. Dinamika sistem merupakan metode yang memiliki keketatan pemodelan yang memungkinkan kita membuat simulasi computer formal dari sistem yang kompleks dan menggunakannya untuk merancang kebijakan yang lebih efektif dan terorganisir (Stermen, 2000).

Dinamika sistem didasarkan pada teori dinamika non linear dan control umpan balik, tetapi juga mengacu pada kognitif, psikologi social, teori organisasi, ekonomi dan ilmu social lainnya untuk menganalisis suatu perilaku sistem yang kompleks (Stermen,2000). Di bidang *safety system*, dinamika sistem telah digunakan sebagai hal yang penting untuk menganalisis suatu kecelakaan dan bisa dijadikan sebagai bahan untuk diusulkan sebagai kebijakan sistem keselamatan. (Marais et al. (2006)). Secara sederhana, dinamika sistem adalah metode. Metode yang memungkinkan analisis terurai kedalam sistem social atau perilaku yang kompleks ke dalam komponennya dan kemudian mengintegrasikan kedalam keseluruhan yang dapat dengan mudah divisualisasikan dan disimulasikan.

Unsur – unsur dasar pemodelan dinamika sistem yaitu memperkuat *Loop (Reinforcing Loop)*, Menyeimbangkan *Loop (Balancing Loop)* dan keterlambatan (*Delay*) :

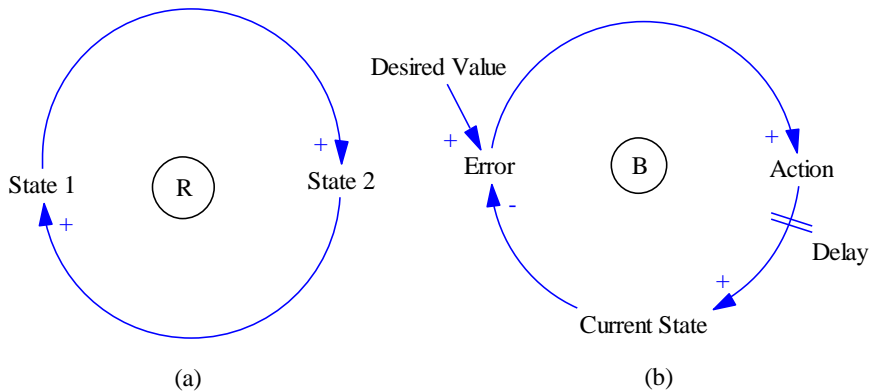
- a. Memperkuat *Loop (Reinforcing Loop)* merujuk kepada sebuah perilaku tertentu yang mendorong perilaku serupa dimasa mendatang. Sebagai contoh pada gambar 2.9(a) menunjukkan meningkatkan *state* bagian 1 penyebab konsekuensi positif dalam 2 *state*, seperti yang ditunjukkan oleh “+” yang kemudian menyebabkan peningkatan *state* 1. Sebagai contoh misalnya untuk konsekuensi positif dengan melakukan peningkatan investasi yaitu meningkatkan ketrampilan kinerja karyawan dengan meningkatkan kualitas pelatihan maka dampaknya yaitu menghasilkan produktifitas. Memperkuat *Loop (Reinforcing Loop)* juga dapat diterapkan untuk konsekuensi negatif yang disebabkan oleh penurunan.
- b. Menyeimbangkan *Loop (Balancing Loop)* digunakan ketika sebuah perilaku tertentu mencoba untuk bergerak dari keadaan saat ini menuju keadaan yang diinginkan dengan melalui beberapa tindakan. Sebagai contoh ditunjukkan gambar

2.9(b), sesuai untuk *Loop* umpan balik negative dalam teori kontrol. Kekuatan pendorong dalam lingkaran adalah ukuran dari kesenjangan antara tujuan dan nilai saat ini.

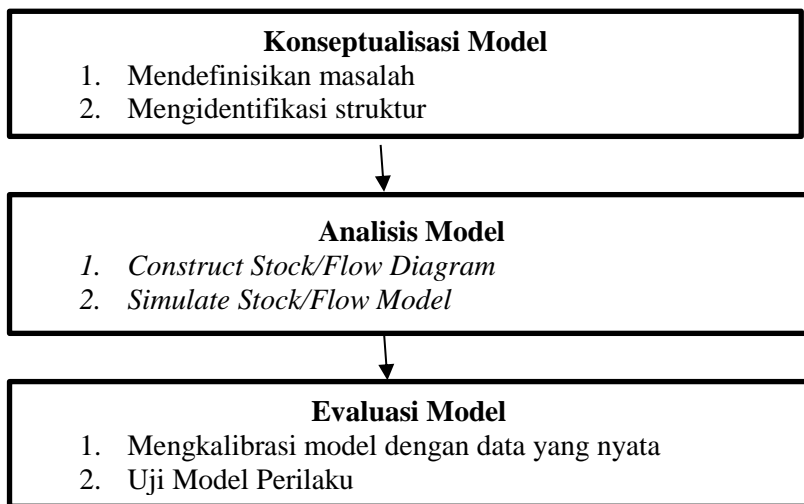
- c. Keterlambatan (*Delay*) digunakan untuk model waktu tindakan yang mengambil efek. Hal ini ditunjukkan oleh garis ganda seperti yang ditunjukkan pada menyeimbangkan lingkaran pada gambar 2.9(b) yang disebabkan oleh penundaan karena tindakan yang dianggap gagal sebelum waktunya untuk mencapai hasil yang diharapkan.

II.6 Proses Pemodelan Dinamika Sistem (*System Dynamic*)

Sejak J.W. Forrester memperkenalkan konsep dinamika sistem di tahun 1961, metodologi yang digunakan untuk membangun model dinamika sistem yaitu :



Gambar 2. 9 Reinforcing *Loop* (a); Balancing *Loop* and Delay (b)
(Sumber : Y. Lu et al, 2006)



Gambar 2. 10 Pemodelan Proses Dasar Dinamika Sistem

(Sumber: Cooke,2006)

Telah dijelaskan oleh banyak literature mengenai dinamika sistem dalam bidang ini (Forrester, 1961; Moizer 1999; Sterman 2000; Cooke and Rohleder 2006; Bouloiz et al., 2013). Proses dasar pemodelan dapat ditandai dari tiga langkah utama sebagai gambar 5 menunjukkan yaitu :

a. Konseptualisasi Model

Tahap ini terdiri dari mendefinisikan masalah keselamatan (Safety) dan mengidentifikasi struktur penyebab cenderung memberikan kontribusi kepada masalah. Sumber data yang dibutuhkan :

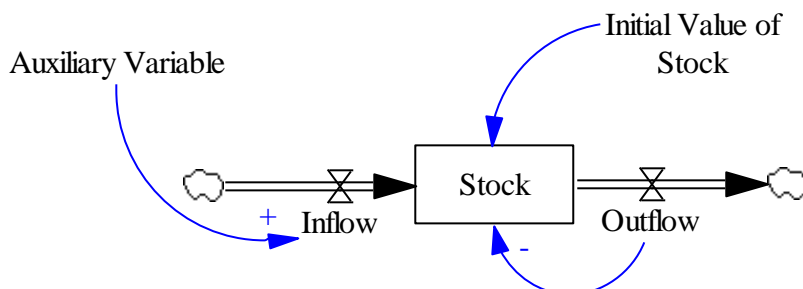
1. Asumsi pribadi yang didasarkan pada pengalaman praktis, misalnya temuan – temuan dalam penyelidikan
2. Studi akademis, misalnya data penelitian yang sudah ada
3. Data numerik, misalnya faktor statistik

Selanjutnya *Causal Loop Diagram* (CLD) dikembangkan untuk menjelaskan hubungan penyebab penting yang diambil dari struktur masalah. Siklus umpan balik (*Feedback*) dan penundaan (*Delay*) tersebut dapat digunakan untuk membangun diagram siklus penyebab (*Causal Loop Diagram*).

b. Analisa Model

Dalam tahapan analisa model (*Model Analysis*), *Causal Loop Diagram* secara bertahap diterjemahkan ke *stockflow diagram* (SFD) yang memungkinkan struktur penyebab (*causal structure*) konseptual model akan dibuat modelnya dengan persamaan dinamika sistem. Dalam *stockflow diagram* (SFD), semua model *variable* yang didefinisikan dengan jelas untuk membangun model kuantitatif dengan *variable* waktu yang tepat dan juga dengan mempertimbangkan tingkat perubahan dalam tingkat *variable* dari waktu ke waktu. Keempat unsur dasar *variable* dapat digunakan dan Gambar 2.11. Menunjukkan diagram tertentu dalam rangka melakukan pemodelan dinamika sistem.

1. Variabel stock (Integrasi) yang mewakili sistem state dan menyediakan dasar untuk tindakan, inersia dan memori, misalnya kemampuan dari nahkoda kapal.



Gambar 2. 11 Notasi Pemodelan Dinamika Sistem
(Sumber : Y. Lu et al, 2016)

2. Aliran Variabel (*Derivatives*), mewakili tingkat perubahan *variable* stock, misalnya tingkat belajar nahkoda kapal untuk meningkatkan keahlian dalam pelatihan. Stock mengumpulkan atau mengintegrasikan arus.

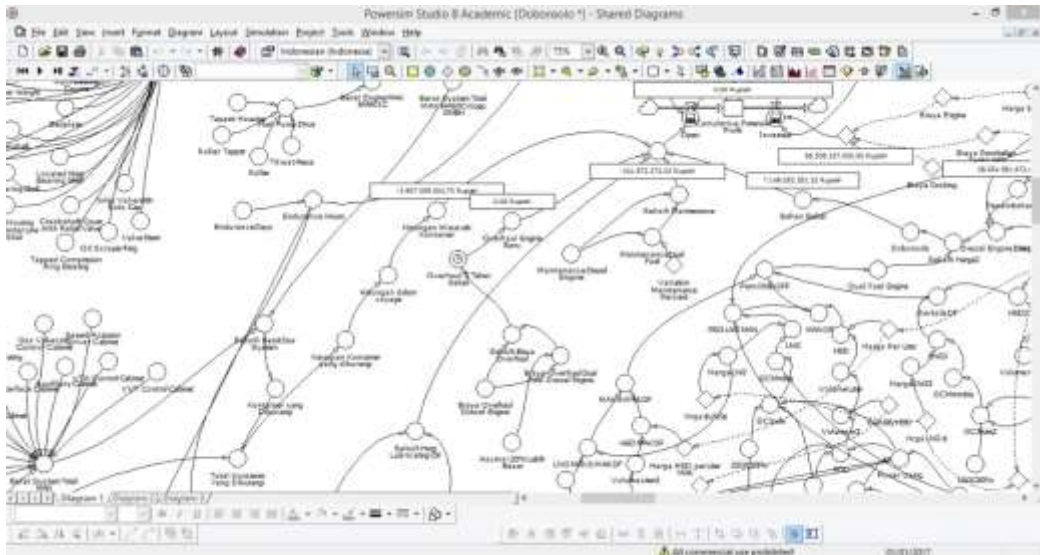
$$\text{Stock}(t) = \int_{t_0}^t [\text{inflow}(s) - \text{outflow}(s)] ds + \text{Stock}(t_0) \dots \dots (1,4)$$

3. Variabel Bantu (*Auxiliary Variables*), Hal ini digunakan untuk menjadi eksogen *variable* dan bentuk fungsi, misalnya kurva belajar dari seorang nahkoda
 4. Konstanta, mewakili *variable* eksogen yang berubah perlahan – lahan sehingga dianggap konstan dari waktu ke waktu, misalnya kemampuan yang diinginkan seorang nahkoda
- c. Evaluasi Model

Dalam tahap ini, *Stockflow Diagram* (SFD) diuji untuk menunjukkan apakah itu dapat mereplikasi perilaku masa lalu dunia nyata dalam kerangka waktu yang ditentukan pada langkah a (pertama). Pada umumnya, tes parameter sensitivitas diperlukan pada tahap awal. Untuk bisa lebih mengetahui hal – hal yang mungkin diperlukan dalam sebuah pembuatan analisa suatu permasalahan atau beberapa hal yang belum diketahui. Perlu diketahui bahwa mengevaluasi kinerja *safety* atas kerangka waktu yang ditentukan dapat menyebabkan ketidaktepatan model prediksi (Y. Lu et al, 2016).

II.7 Pengenalan Software Pengolah Data (*Powersim Studio*)

Penggunaan pemodelan dinamika sistem (*System Dynamic*) menggunakan software untuk pengolahan data. Simulasi pada pemodelan dinamika sistem dengan menggunakan komputer telah dikembangkan oleh *Massachutes Institute Of Technology* (MIT) pada tahun 1950 yang merupakan alat pengolah data dinamika sistem dan sebagai alat untuk seorang *manager* dalam melakukan analisa yang kompleks. Dengan menggunakan pemodelan *software* dinamika sistem memungkinkan membuat bentuk atau pola yang terjadi dari waktu ke waktu. Pengolahan data untuk dinamika sistem terdapat banyak pilihan untuk menggunakan *software* yang dipakai seperti *Stella Software*, *PowerSim Studio*, *Vensim* dan beberapa *software* pengolahan lain. Dalam penelitian dan pemodelan ini menggunakan *software Powersim studio 2008* karena pada penggunaan *Powersim studio 2008* memiliki kelengkapan dalam pengoperasian untuk membuat *system dynamic* yang lebih kompleks (Malczynski, 2011).



Gambar 2. 12 Tampilan Powersim 2008

(Sumber:<http://www.powersim.com/sitefiles/site4053/img/PresedentsListExample1.gif>)

Software pengolah data untuk dinamika sistem berupa *software powersim studio* memberikan kemudahan untuk melakukan pengolahan data dengan hubungan sebab akibat yang kemudian pada feedback *Loops*/aliran arus balik dan tunda kedalam sebuah grafik. Dalam sebuah *software powersim studio* terdapat *symbol*, *level* dan *auxiliary*. *Symbol* tersebut digunakan dalam pembuatan model yang mewakili *variable* pembantu, *level* dan *flow*. *Level* merupakan akumulasi dari *flow* yang menyebabkan perubahan *level* tersebut. *Auxiliary* berfungsi sebagai bentuk kombinasi informasi dari sebuah model dan tidak terdapat tunda yang juga bukan merupakan aliran sebuah fisik atau barang. Pada penggunaan *software powersim studio* terdapat diagram – diagram yang sebagai wujud pemodelan dari sebuah sistem yang akan dijalankan. Diagram tersebut antara lain yaitu :

a. Constructor

Diagram yang digunakan untuk membuat model dan user interface pada setiap komponen dalam melakukan sebuah simulasi untuk pemodelan.

b. Interaction

Diagram yang digunakan untuk membuat model dan *user* tetapi tidak dapat membuat *variable*, *flow* dan *links*.

Sebuah model pada *software powersim studio* digambarkan pada beberapa *variable* yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. *Variable – variable* tersebut terdiri atas submodel yang merupakan hierarchial dan hanya *container* untuk variabelnya yang tidak memiliki model, *level* merupakan *variable* yang mewakili akumulasi dari sistem yang dimodelkan, *auxiliary* merupakan *variable* yang digunakan untuk menghitung atau mengolah informasi – informasi yang ada dan *constant* merupakan *variable* yang digunakan untuk perhitungan yang hanya pada tahap awal simulasi yang bernilai konstan (*PowerSim Users Guide*, 2011)

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan langkah – langkah sistematis yang dilakukan dalam penelitian. Metodologi merupakan kerangka dasar dari tahapan penyelesaian skripsi. Metodologi penulisan pada skripsi ini mencakup semua kegiatan yang dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi.

III.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahapan ini dilakukan proses perencanaan tentang hal – hal yang perlu dipelajari dan data – data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan serta analisa dari permasalahan yang akan dipecahkan. Hal – hal yang dipelajari yaitu tentang pengetahuan tentang LNG dan bahan bakar minyak serta mempelajari mengenai penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine* dan *diesel Engine*.

Permasalahan pokok yang perlu dapat diselesaikan adalah pemodelan seperti apakah yang bisa tepat dan efisien untuk memproyeksikan perbandingan antara penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine* dengan *Diesel Engine* dengan metode dinamika sistem.

III.2 Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi *literature* dengan tujuan untuk merangkum teori – teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan skripsi ini. Studi literature ini dapat diperoleh dari buku – buku yang berhubungan dengan proses penelitian dan jurnal – jurnal penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini. Pada tahapan ini dipelajari tentang sistem pemanfaatan LNG, sistem pada penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine* (DFDE) dan penggunaan *Diesel Engine*.

Studi *literature* ini dilakukan untuk mempelajari tentang teori – teori dasar permasalahan yang diangkat pada penelitian ini. Dengan tujuan untuk mendapatkan pengetahuan dasar dan data dari penelitian – penelitian sebelumnya. Studi literature ini bisa didapatkan melalui buku – buku pengetahuan tentang LNG dan jurnal serta paper dan acuan tugas akhir sebelumnya yang sudah pernah dikerjakan untuk bisa mendukung analisa pemodelan ini.

III.3 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang diperoleh melalui penelitian tugas akhir sebelumnya yang berupa perbandingan analisa teknis dan ekonomis penggunaan LNG pada kapal PT. PELNI dengan menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dan *Diesel Engine*. Selain itu untuk mendukung validasi pemodelan juga diperlukan data – data berupa *Engineering report* serta data kapal PT. PELNI. Dibutuhkan juga data harga sistem permesinan, bahan bakar dan biaya *maintenance* dari kedua sistem tersebut.

Untuk data teknis dengan menggunakan *technical data propulsion system* dari *Dual Fuel Diesel Engine* dan *Diesel Engine*, data konsumsi bahan bakar, dan *noon report* dari kapal PT. PELNI.

III.4 Pemodelan System Dynamic

Penyelesaian masalah dalam penelitian ini dengan menggunakan pemodelan dinamika sistem. Pemilihan metode ini dengan menggunakan *variable – variable* pembangun model yang cukup banyak pada sistem perbandingan serta kompleksitas sistem menjadi salah satu pertimbangan – pertimbangan untuk tersendiri. Dengan menggunakan system dynamics dengan pendekatan sebab akibat akan mampu mengenali *variable – variable* pendukung dalam suatu sistem , keterkaitan hubungan antar *variable* tersebut mampu menunjukkan pengaruh keterkaitan yang disimulasikan pada suatu model. Variabel yang digunakan berupa harga gas alam nasional, harga bahan bakar minyak, harga subsidi yang diberikan pemerintah kepada PT. Pelni, spesifikasi diesel *Engine*, spesifikasi *Dual Fuel Diesel Engine*, biaya harga modifikasi dan pemasangan serta harga *maintenance* diesel *Engine*.

III.5 Validasi Model

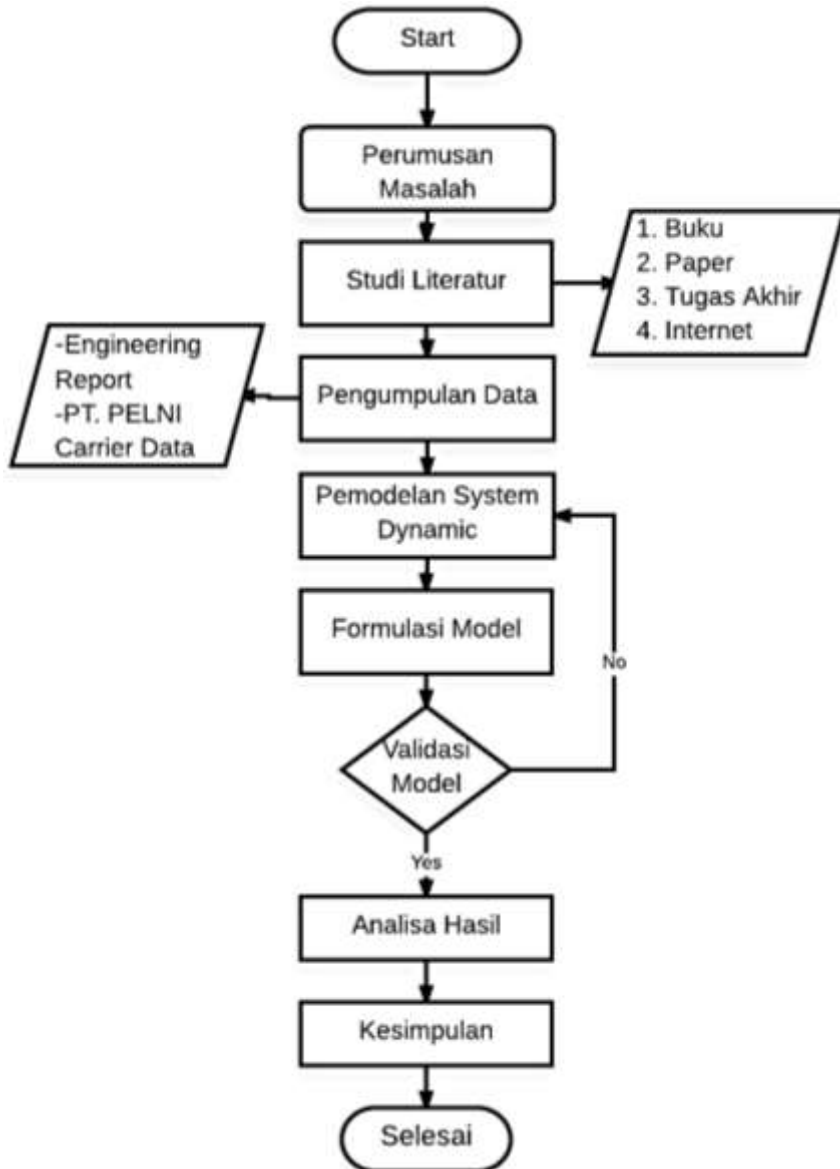
Pada tahap selanjutnya dilakukan validasi model. Sebuah pemodelan dapat dikatakan valid jika pemodelan tersebut bisa mempresentasikan obyek yang sebenarnya. Selain itu, model tersebut dapat menggambarkan perilaku sistem nyata pada struktur dasarnya dan polanya serta bisa mewakili secara akurat model tersebut. Validasi model bisa dilakukan dengan cara pengujian hasil simulasi dengan data rill dan juga dilakukan dengan cara diskusi dengan pihak ahli untuk memastikan hasil pemodelan sudah sesuai atau masih terdapat eror pada saat melakukan pemodelan pada analisa ini.

III.6 Analisa Hasil

Setelah dilakukan pemodelan dan dilakukan validasi model maka tahap selanjutnya yaitu menganalisa hasil pemodelan tersebut. Analisa tersebut dengan menseleksi model mana yang tepat untuk diterapkan pada perbandingan penggunaan LNG pada kapal PT. PELNI. Dengan analisa tersebut akan didapatkan pemodelan efisiensi antara penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine* dengan *Diesel Engine* baik secara teknis maupun ekonomis.

III.7 Kesimpulan

Pada akhir pengerjaan skripsi ini akan ditarik kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian pemodelan yang telah dilakukan. Kesimpulan pada penelitian ini akan menjawab permasalahan yang dibahas dan rangkuman dari keseluruhan tahapan penelitian pemodelan yang telah dilakukan.



Gambar 3. 1 Alur Pengerjaan Tugas Akhir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam BAB IV ini akan dijelaskan analisa pengerjaan dari data yang telah diperoleh. Disetiap pengerjaan akan ada urutan pengerjaan sampai dengan hasil yang sesuai dengan tujuan pengerjaan tugas akhir ini.

IV.1 Pengumpulan Data

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan data kapal yang berasal dari data PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI) yang telah didapatkan dengan mendatangi langsung dikantor pusat PT. PELNI Jakarta. Data – data yang dikumpulkan yaitu mengenai spesifikasi dari kapal, untung rugi perusahaan terhadap kapal, harga *Engine* dari kapal serta data – data lain yang dibutuhkan lainnya.

IV.2 Data Kapal

Dalam menyelesaikan penelitian ini, akan digunakan data pada spesifikasi kapal PT. PELNI yang akan diteliti. Spesifikasi kapal yang akan dijadikan penelitian ada 3 buah kapal dengan membandingkan perbedaan umur kapal. Berikut 3 buah kapal yang akan dijadikan penelitian yang didapatkan dari file perpustakaan divisi teknika PT. PELNI yaitu :

Tabel 4. 1 Spesifikasi Umur Kapal dan DWT

No.	Nama Kapal	Umur Kapal	DWT Kapal
1.	KM. Gunung Dempo	9 Tahun	4.018 Ton
2.	KM. Labobar	14 Tahun	3.482 Ton
3.	KM. Dobonsolo	24 Tahun	3.500 Ton

IV.3 Data *Main Engine* Kapal

Engine kapal merupakan hal yang terpenting dari pengaruh kelajuan dari kapal. Dengan penentuan umur kapal yang dalam hal ini mengganti *Engine* konvensional menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* maka pada penelitian ini lebih ditekankan pada *Main Engine* yang digunakan untuk di *Retrofit*. Data *Engine* pada kapal dapat diketahui sebagai berikut :

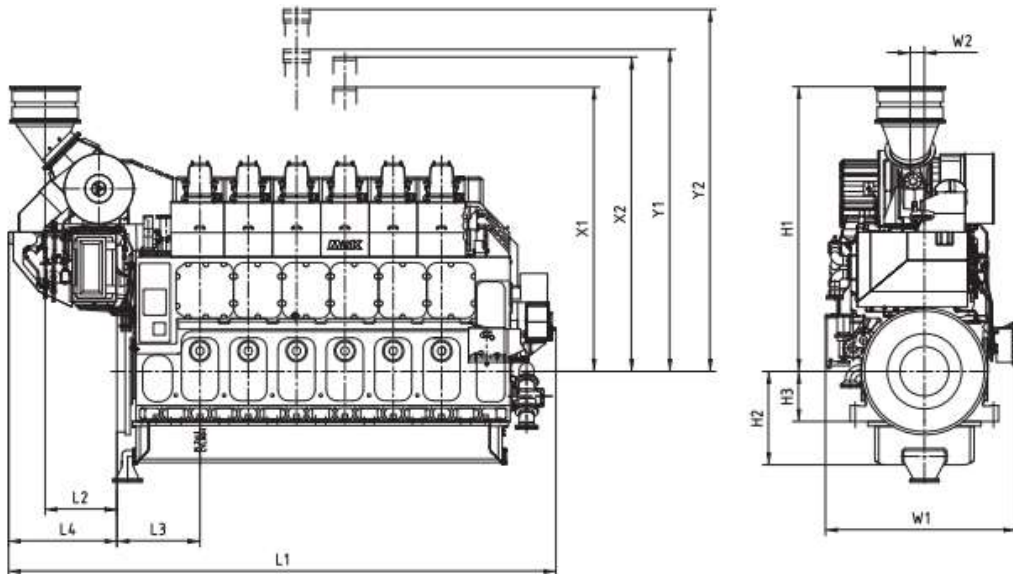
Tabel 4. 2 Spesifikasi *Main Engine* KM. Gunung Dempo

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Gunung Dempo
2.	Kecepatan Maximal	20 Knot
3.	Kecepatan Service	17 Knot
4.	Nama <i>Main Engine</i>	MAK Caterpillar 6M 43 C
5.	Manufacture	Catterpillar Motoren Rostock GmbH
6.	Model	M 43 C
7.	Jumlah Silinder	6 Buah
8.	<i>Power</i>	6000 KW
9.	Rpm	500 Rpm

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 4.2

10.	SFOC (100%)	176 g/KWH
	(85%)	175 g/KWH
	(75%)	177 g/KWH



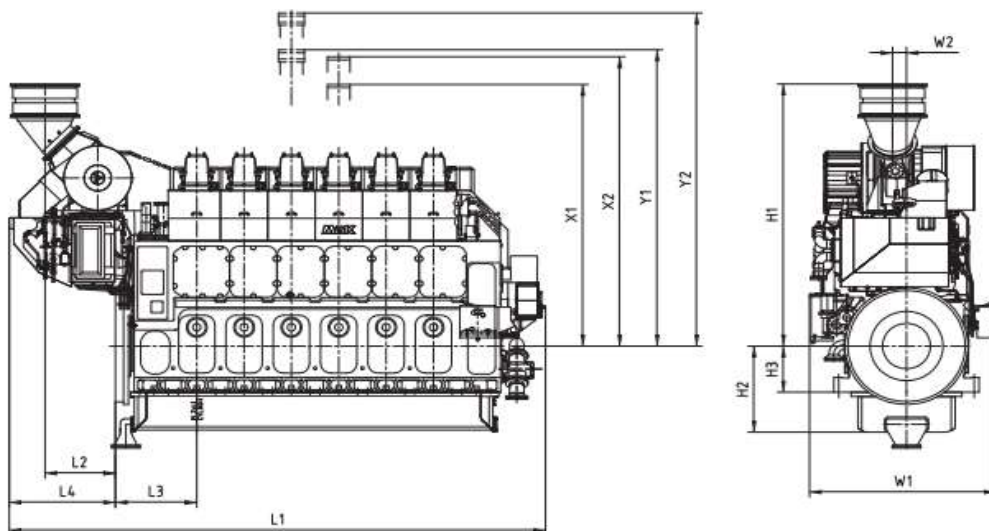
Gambar 4. 1 Desain Engine KM. Gunung Dempo

Tabel 4. 3 Demensi Engine (mm) dan Berat (Ton) KM. Gunung Dempo

L1	L2	L3	L4	H1	H2	H3	W1	W2
8271	1086	1255	1638	3734	1396	750	2878	215
Weight								
91								

Tabel 4. 4 Spesifikasi Main Engine KM. Labobar

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Labobar
2.	Kecepatan Maximal	22,4 Knot
3.	Kecepatan Service	19 Knot
4.	Nama Main Engine	MAK Caterpillar 9M 43 C
5.	Manufacture	Catterpillar Motoren Rostock Gmbh
6.	Model	M 43 C
7.	Jumlah Silinder	9 Buah
8.	Power	8400 KW
9.	Rpm	500 Rpm
10.	SFOC (100%)	176 g/KWH
	(85%)	175 g/KWH
	(75%)	177 g/KWH



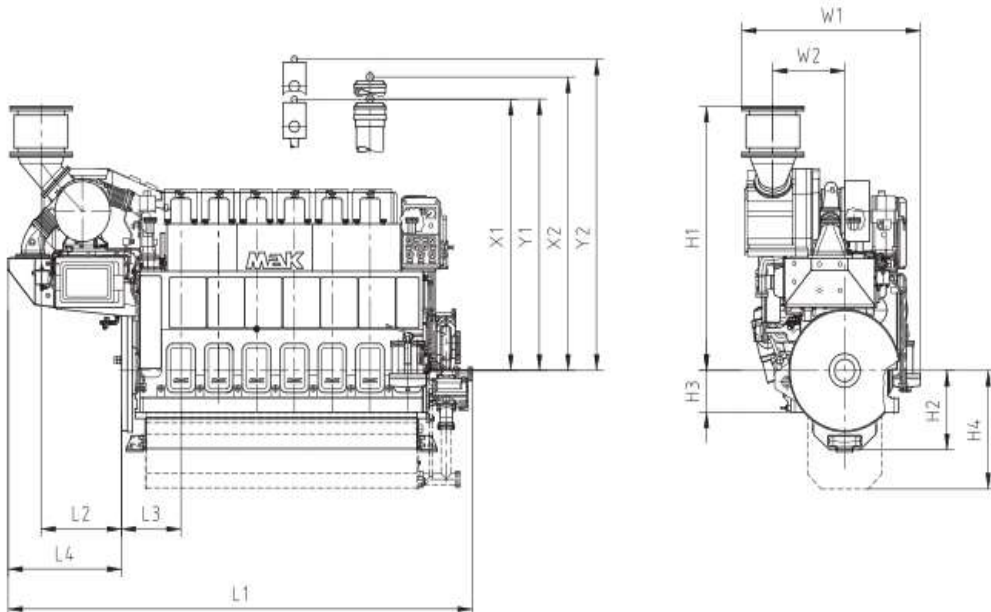
Gambar 4. 2 Desain Engine KM. Labobar

Tabel 4. 5 Dimensi Engine (mm) dan Berat (Ton) KM. Labobar

L1	L2	L3	L4	H1	H2	H3	W1	W2
10528	1119	1255	1704	4749	1399	750	2878	232
Weight								
127								

Tabel 4. 6 Spesifikasi Main Engine KM. Dobonsolo

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Dobonsolo
2.	Kecepatan Maximal	21 Knot
3.	Kecepatan Service	17 Knot
4.	Nama Main Engine	MAK 6M 601 C
5.	Manufacture	Krupp MAK Machinebau Gmbh
6.	Model	M 601 C
7.	Jumlah Silinder	6 Buah
8.	Power	6000 KW
9.	Rpm	500 Rpm
10.	SFOC (100%)	178 g/KWH
	(85%)	177 g/KWH
	(75%)	176 g/KWH



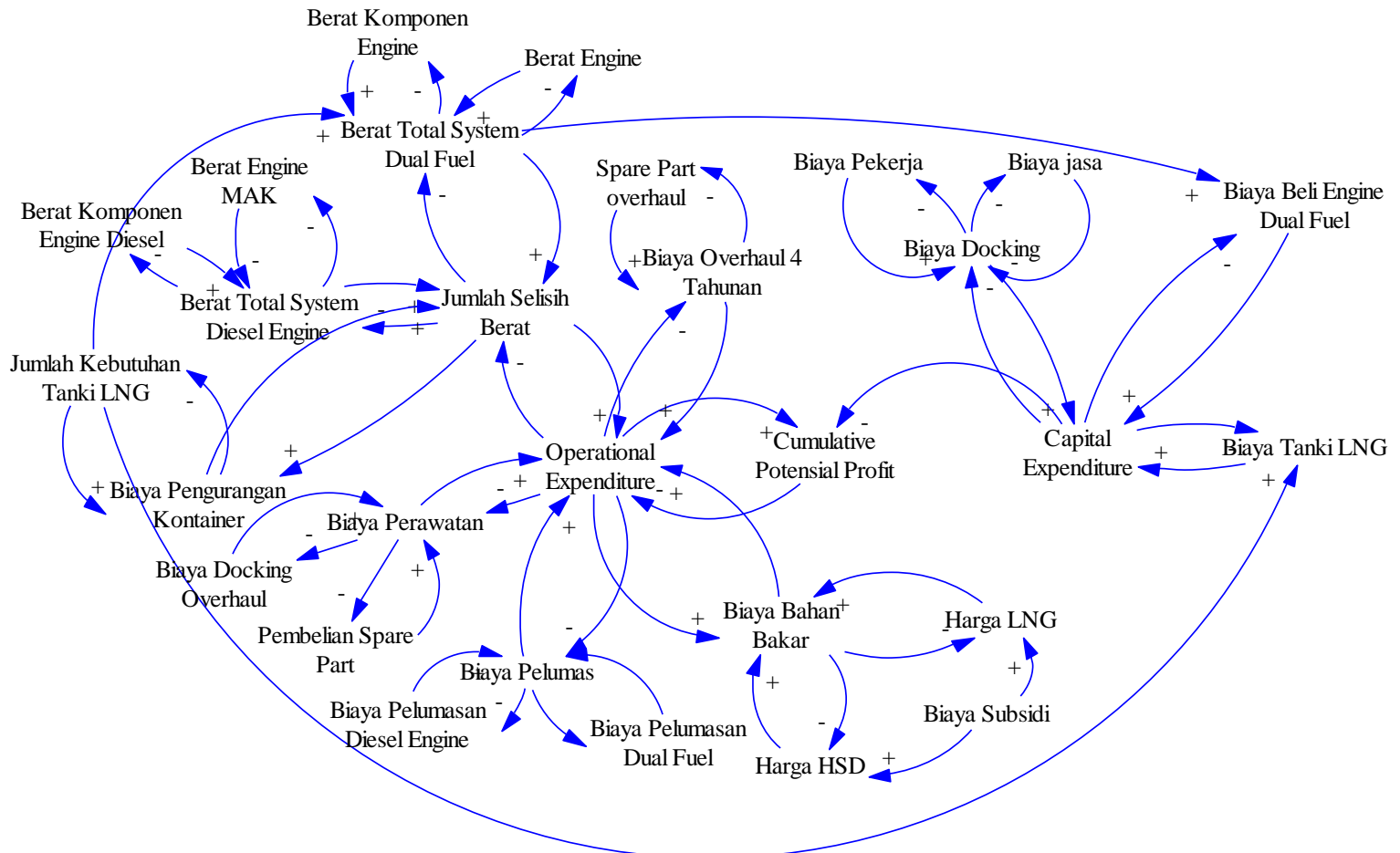
Gambar 4. 3 Desain *Engine* KM. Dobonsolo

Tabel 4. 7 Demensi *Engine* (mm) dan Berat (Ton) KM. Dobonsolo

L1	L2	L3	L4	H1	H2	H3	W1	W2
8277	1187	1654	1670	3896	1456	750	2878	215
Weight								
95								

IV.4 Pembuatan *Causal Loop Diagram*

Dalam melakukan analisa pengujian kelayakan dengan menggunakan metode dinamika sistem (*System Dynamic*) agar bisa mengetahui detail dari *variable – variable* apa saja yang dianalisa dan saling berhubungan bisa dilihat melalui *causal Loop diagram*. Dengan melalui *causal Loop diagram* maka bisa dilihat alur pokok dari analisa kelayakan



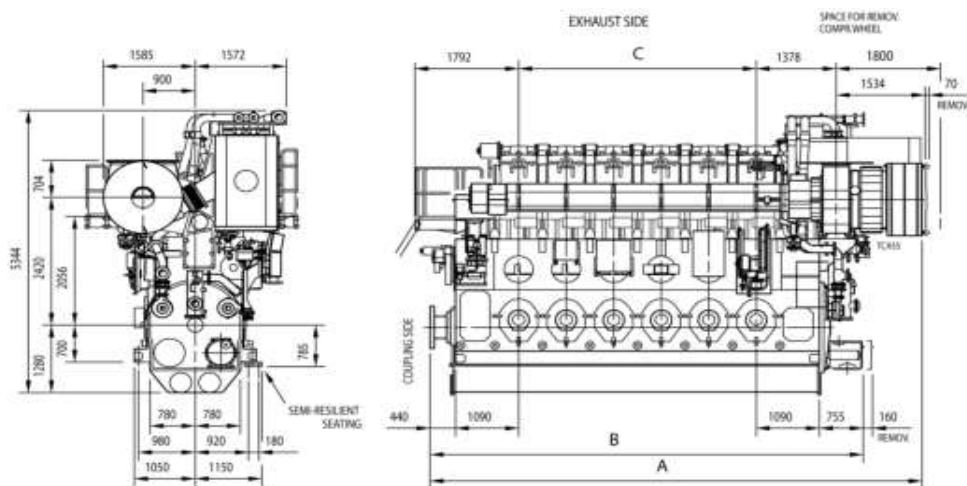
Gambar 4. 4 Causal Loop Diagram

IV.5 Pemilihan Skenario *Engine Dual Fuel*

Skenario untuk pemilihan *Engine Dual Fuel* dilakukan dengan menggunakan 3 skenario merk *Engine*. *Engine* yang akan digunakan untuk analisa yaitu *Engine* MAN B&W, Wartsilla dan MAK Catterpillar karena di Indonesia tersendiri belum ada kapal yang menggunakan *Dual Fuel Engine* maka dipilih 3 jenis merk tersebut karena pada merk tersebut sudah terdapat produk *Dual Fuel Engine*. Pada kapal KM. Gunung Dempo berdasarkan perhitungan kelayakan maka dapat dipilih menggunakan *Engine* MAN B&W karena lebih efisien dalam pemakaian konsumsi bahan bakar. Kapal KM. Gunung Dempo akan menggunakan jenis *Engine* MAN B&W spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Spesifikasi *Retrofit* KM. Gunung Dempo dengan MAN B&W

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Gunung Dempo
2.	Kecepatan Maximal	20 Knot
3.	Kecepatan Service	17 Knot
4.	Nama <i>Main Engine</i>	MAN 6L 51/60 DF
5.	Model	51/60 DF
6.	Jumlah Silinder	6 Buah
7.	<i>Power</i>	6300 KW
8.	Rpm	500 Rpm
9.	SFGC (100%)	7.109 kJ/KWH
	(85%)	7.106 kJ/KWH
	(75%)	7.219 kJ/KWH
10.	SFOC (100%)	1,9 g/KWH
	(85%)	2,2 g/KWH
	(75%)	2,6 g/KWH



Gambar 4. 5 Desain *Engine Retrofit* KM. Gunung Dempo dengan MAN B&W

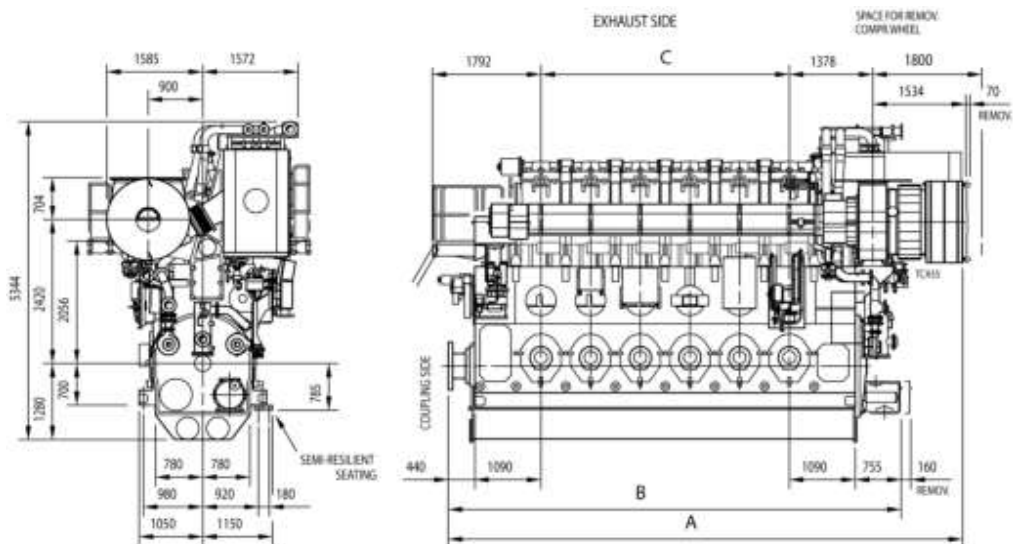
Tabel 4. 9 Dimensi *Engine Retrofit* KM. Gunung Dempo dengan MAN B&W

Tipe	A	B	C
6L51/60 DF	8490	7475	4100

Sedangkan pada kapal KM. Labobar akan di *Retrofit* dengan menggunakan *Engine Dual Fuel* dengan menggunakan merk *Dual Fuel Engine* yaitu MAN & BW karena berdasarkan perhitungan kelayakan lebih efisien dengan menggunakan MAN B&W. Spesifikasi *Dual Fuel Engine* untuk kapal KM. Labobar sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Spesifikasi *Retrofit* KM. Labobar dengan MAN B&W

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Labobar
2.	Kecepatan Maximal	20 Knot
3.	Kecepatan Service	17 Knot
4.	Nama <i>Main Engine</i>	MAN 8L 51/60 DF
5.	Model	51/60 DF
6.	Jumlah Silinder	8 Buah
7.	<i>Power</i>	8400 KW
8.	Rpm	500 Rpm
9.	SFGC (100%)	7.109 kJ/KWH
	(85%)	7.106 kJ/KWH
	(75%)	7.219 kJ/KWH
10.	SFOC (100%)	1,9 g/KWH
	(85%)	2,2 g/KWH
	(75%)	2,6 g/KWH

Gambar 4. 6 Desain *Engine Retrofit* KM. Labobar dengan MAN B&W

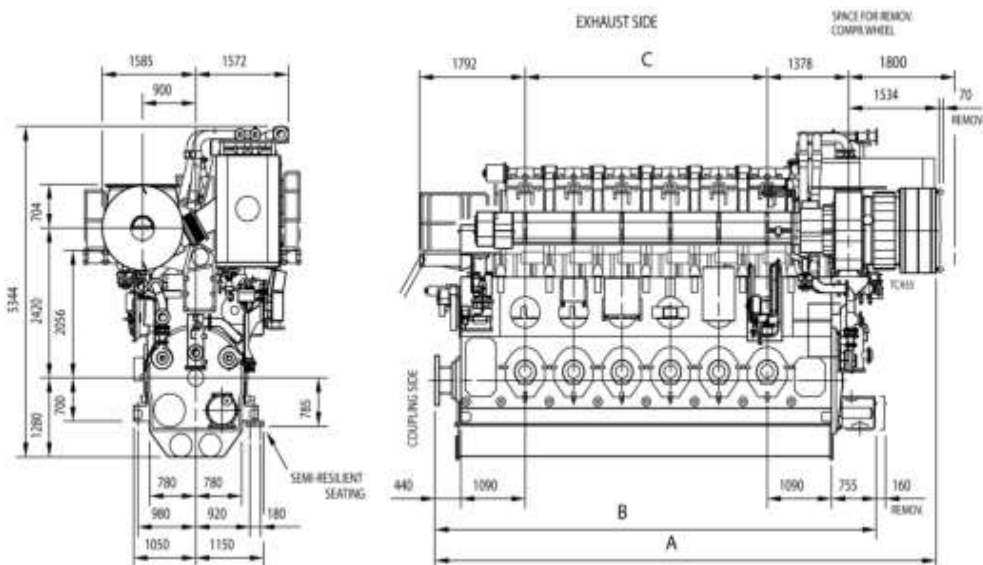
Tabel 4. 11 Dimensi *Engine Retrofit* KM. Labobar dengan MAN B&W

Tipe	A	B	C
8L51/60 DF	10130	9115	5740

Pada kapal KM. Dobonsolo kemudian akan di *Retrofit* dengan menggunakan *Engine Dual Fuel* dengan menggunakan merk *Dual Fuel Engine* yang dipilih yaitu MAN B&W dengan berdasarkan perhitungan kelayakan yang lebih efisien. Spesifikasi *Dual Fuel Engine* untuk kapal KM. Labobar sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Spesifikasi *Retrofit* KM. Dobonsolo dengan MAN B&W

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Nama Kapal	KM. Gunung Dempo
2.	Kecepatan Maximal	20 Knot
3.	Kecepatan Service	17 Knot
4.	Nama <i>Main Engine</i>	MAN 6L 51/60 DF
5.	Model	51/60 DF
6.	Jumlah Silinder	6 Buah
7.	<i>Power</i>	6300 KW
8.	Rpm	500 Rpm
9.	SFGC (100%)	7.109 kJ/KWH
	(85%)	7.106 kJ/KWH
	(75%)	7.219 kJ/KWH
10.	SFOC (100%)	1,9 g/KWH
	(85%)	2,2 g/KWH
	(75%)	2,6 g/KWH

Gambar 4. 7 Desain *Engine Retrofit* KM. Dobonsolo dengan MAN B&W

Tabel 4. 13 Dimensi *Engine Retrofit* KM. Dobonsolo dengan MAN B&W

Tipe	A	B	C
6L51/60 DF	8490	7475	4100

IV.6 Perhitungan dan Pemodelan Pada Unsur OPEX

OPEX (*Operational Expenditure*) dalam hal ini berupa biaya operasional yang dikeluarkan pada setiap waktu yang secara berkala. Dalam analisa kelayakan pada *Retrofit* kapal PT. PELNI terdapat unsur – unsur *Operational Expenditure* yaitu berupa:

- a. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar
- b. Perhitungan Konsumsi Pelumas
- c. Perhitungan Selisih Berat
 1. Perencanaan Tangki LNG
 2. Perencanaan Pengurangan Kontainer
- d. Perhitungan Biaya *Maintenance*
- e. Perhitungan Biaya *Overhaul Engine*

IV.6.1. Perhitungan dan Pemodelan Konsumsi Bahan Bakar *Diesel Engine* dan *Dual Fuel*

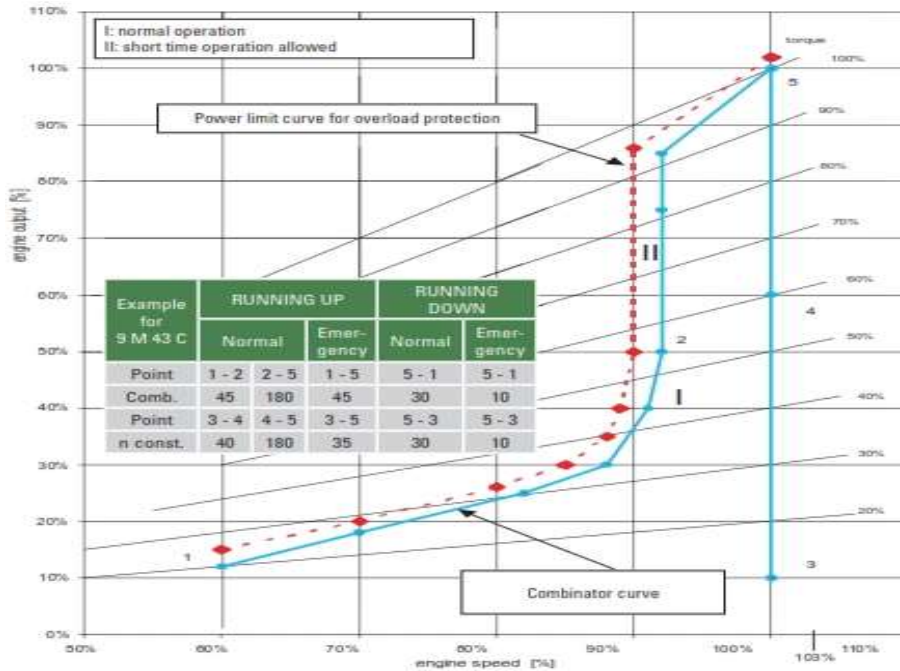
Perhitungan konsumsi bahan bakar dengan memperhitungkan *power* yang digunakan, *specific fuel oil consumption* dan juga *Endurance* dari kapal tersebut. Dari perhitungan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan rumus :

$$FOC = BHP \times SFOC \times t \dots (1,5)$$

Dimana :

- FOC : Jumlah konsumsi bahan bakar (gr)
 BHP : *Power Main Engine*
 SFOC : *Specific Fuel Oil Consumption* (gr/kWH)
 t : *Endurance/waktu* (Jam/Hour)

Dari data yang didapat, maka dapat dibuat perhitungan untuk menghitung konsumsi bahan bakar yang dikonsumsi oleh *Engine* tersebut. Dengan menambahkan beberapa bagian rumus serta dengan dilakukan pemberian pada nilai suatu rumus untuk bisa mendapatkan hasil yang bisa dapat diinginkan. Pada perhitungan konsumsi bahan bakar dilihat dari penggunaan *Load Engine* pada rata – rata sebesar 85% untuk seluruh jenis kapal dan dengan *Endurance* mengacu pada rata – rata *commissioning days* yang telah tertera dengan satuan hari yang akan dikonversi pada satuan jam agar bisa dengan mudah diberikan pada rumus perhitungan yang didapatkan pada data *commissioning days* kapal yang telah didapatkan dari PT. PELNI. Data mengenai *Engine envelope* akan didapatkan dari *Engine Guide* atau *Engine book* yang telah tertera dan pada analisa ini terdapat 4 *Engine* yang dianalisa yaitu *Engine MAK Catterpillar* yang digunakan pada *Diesel Engine* Konvensional, MAN B&W untuk pemilihan skenario *Dual Fuel*, Wartsilla untuk pemilihan skenario *Dual Fuel* yang kedua dan *Engine MAK Catterpillar Dual Fuel* untuk melakukan pemilihan skenario yang ketiga dalam analisa kelayakan. Selain itu, dibutuhkan grafik *Engine Envelope* pada *Project Guide* masing – masing *Engine* yang tertera sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Grafik Optimasi Penggunaan Engine MAK M 43

Pada perhitungan konsumsi bahan bakar bisa diketahui melalui salah satu contoh perhitungan untuk konsumsi bahan bakar pada studi kasus KM.Gunung Dempo yang dengan perbandingan *Diesel Engine* dengan *Dual Fuel Diesel Engine* dengan data yang telah tertera pada data perusahaan PT. PELNI. Untuk salah satu contoh dari perhitungan bahan bakar pada *Diesel Engine* dapat didapatkan pada perhitungan bahan bakar HSD untuk kapal KM. Gunung Dempo didapatkan pembagian penggunaan kecepatan pada kapal tersebut. Kapal pada perhitungan sekarang dengan memperhatikan rata – rata penggunaan *power* yang berkisar antara 85 % maka pada perhitungan konsumsi bahan bakar pada studi kasus kali ini maka menggunakan *power* sebesar 85% dari *Engine* yang digunakan. Maka dari itu bisa didapatkan jumlah BHP yaitu 5100 kW. Pada *power* 85% didapatkan SFOC pada 85% yaitu 175 gr/KWH. Untuk *Endurance* yang digunakan berdasarkan data yaitu 350 hari atau 8400 Jam. *Fuel Oil Consumption* bisa didapatkan dengan perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned}
 FC_{Me} &= \text{BHP} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \\
 &= 5100 \text{ kW} \times 175 \text{ gr/Kwh} \times 8400 \text{ H} \\
 &= 7.497.000.000 \text{ gram} \\
 &= 7.497.000 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pada penggunaan HSD untuk industri didapatkan harga per liter rata – rata untuk PT. PELNI yaitu Rp 5.000,00/Liter. Maka didapatkan perhitungan ekonomi yaitu :

$$\begin{aligned}
 FC_{m^3} &= FC_{ME} : \text{Density HSD} \\
 &= 7.497.000 \text{ Kg} : 820 \text{ Kg/ m}^3 \\
 &= 9.143,683 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FC_{liter} &= 9.143 \times 1000 \\
 &= 9.143.000 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Pemakaian penggunaan konsumsi bahan bakar pada KM. Gunung Dempo selama 350 hari yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Pemakaian Bahan Bakar} &= FC_{liter} \times \text{Rp } 5.000,00/\text{Liter} \\
 &= 9.143.000 \text{ Liter} \times \text{Rp } 5.000,00/\text{Liter} \\
 &= \text{Rp } 45.715.000.000,00
 \end{aligned}$$

Sedangkan jika untuk pemakaian *Dual Fuel* menggunakan MAN B&W akan didapatkan perhitungan analisa yang akan berbeda dengan perhitungan dengan bahan bakar minyak. Pada perhitungan Skenario *Dual Fuel* bahan bakar LNG dan HSD yang digunakan untuk perhitungan pada kapal KM. Gunung Dempo didapatkan pembagian penggunaan kecepatan pada kapal tersebut. Kapal menggunakan *power* sebesar 85% dari *Engine* yang digunakan. Maka dari itu bisa didapatkan jumlah BHP yaitu 6300 kW. Pada *power* 85% didapatkan SFGC pada 85% yaitu 7.106 kJ/KWH dan SFOC yaitu 2,2 g/KWH. Untuk *Endurance* yang digunakan berdasarkan data yaitu 350 hari atau 8400 Jam. *Fuel Oil Consumption* bisa didapatkan dengan perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned}
 FC_{Oil} &= \text{BHP} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \\
 &= 6300 \text{ kW} \times 2,2 \text{ gr/Kwh} \times 8400 \text{ H} \\
 &= 98.960.400 \text{ gram} \\
 &= 98.960,4 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pada penggunaan HSD untuk industri didapatkan harga per liter rata – rata untuk PT. PELNI yaitu Rp 5.000,00/Liter. Maka didapatkan perhitungan ekonomi yaitu :

$$\begin{aligned}
 FC_{m^3} &= FC_{Oil} : \text{Density HSD} \\
 &= 98.960,4 \text{ Kg} : 820 \text{ Kg/ m}^3 \\
 &= 120,683 \text{ m}^3 \\
 FC_{liter} &= 120,683 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ Liter/ m}^3 \\
 &= 120.683 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Pemakaian penggunaan konsumsi bahan bakar pada KM. Gunung Dempo selama 350 hari yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Pemakaian Bahan Bakar} &= FC_{liter} \times \text{Rp } 5.000,00/\text{Liter} \\
 &= 120.683 \text{ Liter} \times \text{Rp } 5.000,00/\text{Liter} \\
 &= \text{Rp } 603.415.000,00
 \end{aligned}$$

Untuk *Fuel Gas Consumption* dapat melalui perhitungan sebagai berikut yaitu :

$$\begin{aligned} FC_{\text{Gas}} &= \text{BHP} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \\ &= 6300 \text{ kW} \times 7.106 \text{ kJ/KWH} \times 8400 \text{ H} \\ &= 319.642.092 \times 10^6 \text{ Joule} \end{aligned}$$

Diubah Menjadi mmbtu (1 mmbtu = $9,47086 \times 10^{-10}$ Joule)

Maka Didapatkan,

$$\begin{aligned} FC_{\text{Gas}} &= 319.642.092 \times 10^6 \text{ Joule} \times 9,47086 \times 10^{-10} \text{ mmbtu/Joule} \\ &= 302.729 \text{ mmbtu} \end{aligned}$$

Harga untuk LNG adalah USD 7 atau Rp 91.000/mmbtu (kurs 1USD = Rp 13.000), maka bisa didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian Gas} &= 302.729 \text{ mmbtu} \times \text{Rp } 91.000/\text{mmbtu} \\ &= \text{Rp } 27.548.339.000,00 \end{aligned}$$

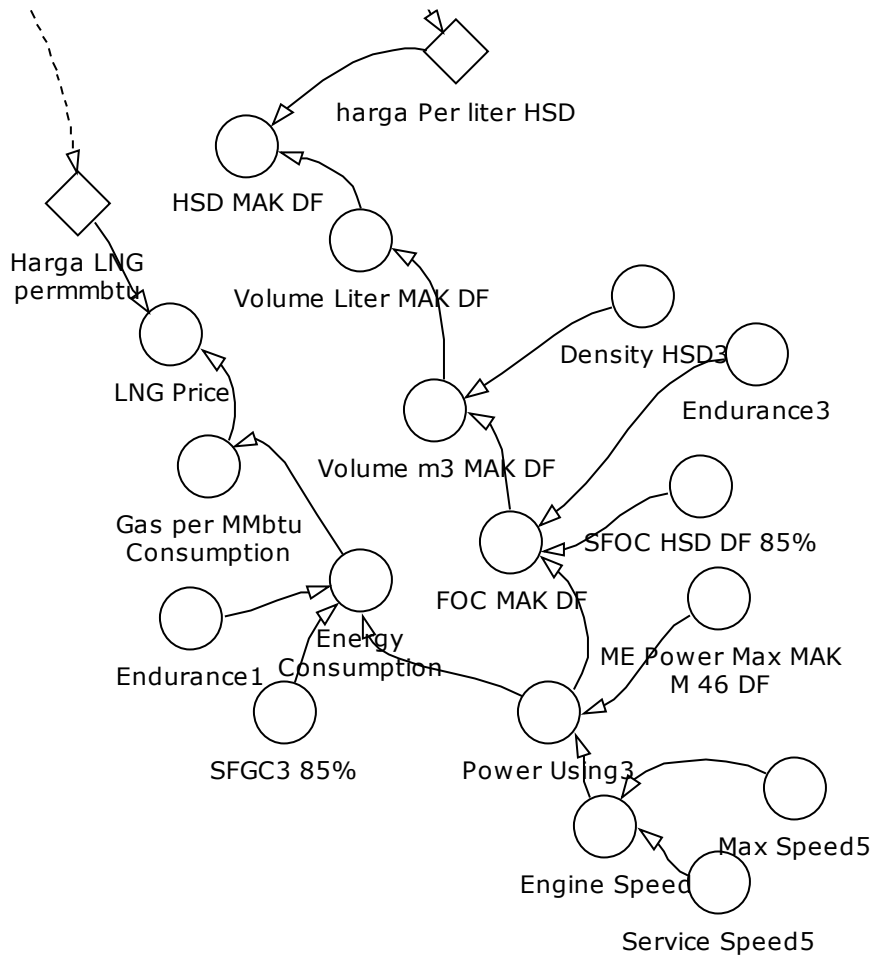
Total pengeluaran bahan bakar untuk pemakaian *Dual Fuel Engine* pada (MAN 6L 51/60 DF) yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp } 603.415.000,00 \text{ (Oil)} + \text{Rp } 27.548.339.000,00 \text{ (Gas)} \\ &= \text{Rp } 28.151.754.000,00 \end{aligned}$$

Jadi bisa didapatkan selisih penggunaan bahan bakar antara *Diesel Engine* konvensional dengan *Dual Fuel Diesel Engine* :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp } 45.715.000.000,00 \text{ (DE)} - \text{Rp } 28.151.754.000,00 \text{ (DF)} \\ &= \text{Rp } 17.563.246.000,00 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada kapal KM. Gunung Dempo jika menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dari segi bahan bakar akan menghemat lebih dari Rp 17 Milyar dengan tanpa PSO (*Public Service Obligation*) dimana jika ditambah dengan PSO maka pihak PT. PELNI akan mendapatkan Subsidi biaya bahan bakar dari pemerintah. Setelah mengetahui perhitungan untuk melakukan pengujian kelayakan maka perlu dilakukan pemodelan untuk bisa dilakukan berbagai skenario dari banyak harga yang bervariasi. Pemodelan menggunakan software *powersim studio 2008* dimana pada software ini bisa langsung di beri masukan rumus dan nilai yang nantinya bisa divariasikan dan diberi kondisi waktu yang ditentukan. Dalam pemodelan sekarang menggunakan waktu per timestep adalah satu bulan. Sehingga bisa didapatkan pemodelan untuk bahan bakar sebagai berikut :



Gambar 4. 9 Pemodelan Perhitungan Bahan Bakar

IV.6.2. Perhitungan dan Pemodelan Konsumsi Pelumasan

Perhitungan konsumsi Pelumasan dengan memperhitungkan *power* yang digunakan, *specific Lubricating Oil Consumption* dan juga *Endurance* dari kapal tersebut. Dari perhitungan konsumsi pelumas dengan menggunakan rumus :

$$LOC = BHP \times SLOC \times t \dots \dots \dots (1,6)$$

Dimana :

FOC : Jumlah konsumsi Pelumasan (gr)

BHP : *Power Main Engine*

SLOC : *Specific Lub Oil Consumption* (gr/kWH)

t : *Endurance/ waktu* (Jam/Hour)

Dari data yang didapat, maka dapat dibuat perhitungan untuk menghitung konsumsi Pelumasan yang dikonsumsi oleh *Engine* tersebut. Pada perhitungan konsumsi pelumasan dilihat dari penggunaan load *Engine* pada rata – rata sebesar 85% untuk

seluruh jenis kapal dan dengan *Endurance* mengacu pada rata – rata *commissioning days* yang telah tertera pada data *commissioning days* kapal yang telah didapatkan dari PT. PELNI. Selain itu, dibutuhkan data SLOC pada *project guide* masing – masing *Engine* yang tertera. Contoh perhitungan dari konsumsi pelumasan pada KM. Gunung Dempo dengan membandingkan nilai konsumsi pelumasan baik pada penggunaan *Diesel Engine* maupun *Dual Fuel Diesel Engine*.

Pada *Diesel Engine* Kapal menggunakan *power* sebesar 85% dari *Engine* yang digunakan. Maka dari itu bisa didapatkan jumlah BHP yaitu 5100 kW. Pada *power* 85% didapatkan SLOC pada *Diesel Engine* konvensional yaitu 0,0003 kg/KWH. Untuk *Endurance* yang digunakan berdasarkan data yaitu 350 hari atau 8400 Jam. *Lubricating Oil Consumption* bisa didapatkan dengan perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned} LC_{Oil} &= BHP \times SLOC \times Endurance \\ &= 5100 \text{ kW} \times 0,0003 \text{ Kg/Kwh} \times 8400 \text{ H} \\ &= 12.852 \text{ Kilogram} \end{aligned}$$

Karena menggunakan tipe pelumasan dengan menggunakan pelumas Aurelia TI 4030 dengan *Density* 910 Kg/m³ dengan harga Rp 36.000/liter maka bisa didapatkan :

$$\begin{aligned} LC_{m^3} &= FC_{Oil} : \text{Density HSD} \\ &= 12.852 \text{ Kg} : 910 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 14,1230 \text{ m}^3 \\ LC_{liter} &= 14,1230 \times 1000 \\ &= 14.123,076 \text{ Liter} \\ LC_{Rupiah} &= 14,1230 \times \text{Rp } 36.000 \\ &= \text{Rp } 508.430.769,23 \end{aligned}$$



Gambar 4. 10 Pelumas Total Aurelia TI 4030

(Sumber : http://www.yizhancaigou.com/Products_detail.asp?ID=1043)

Sedangkan pada *Dual Fuel Diesel Engine* dengan menggunakan MAN B&W tipe MAN B&W 51 – 60. Pada *Dual Fuel Diesel Engine* Kapal menggunakan *power* sebesar 85% dari *Engine* yang digunakan. Maka dari itu bisa didapatkan jumlah BHP yaitu 5355 kW. Pada *power* 85% didapatkan SLOC pada *Diesel Engine* konvensional yaitu 0,00048 kg/KWH. Untuk *Endurance* yang digunakan berdasarkan data yaitu 350 hari atau 8400 Jam. *Lubricating Oil Consumption* bisa didapatkan dengan perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned} LC_{Oil} &= BHP \times SLOC \times Endurance \\ &= 5355 \text{ kW} \times 0,00048 \text{ Kg/Kwh} \times 8400 \text{ H} \\ &= 21.591,36 \text{ Kilogram} \end{aligned}$$

Karena menggunakan tipe pelumasan dengan menggunakan pelumas Aurelia TI 4020 dengan Density 874 Kg/m³ dengan harga Rp 30.000/liter maka bisa didapatkan :

$$\begin{aligned} LC_{m^3} &= FC_{Oil} : \text{Density HSD} \\ &= 21.591,36 \text{ Kg} : 910 \text{ Kg/m}^3 \\ &= 24,70 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

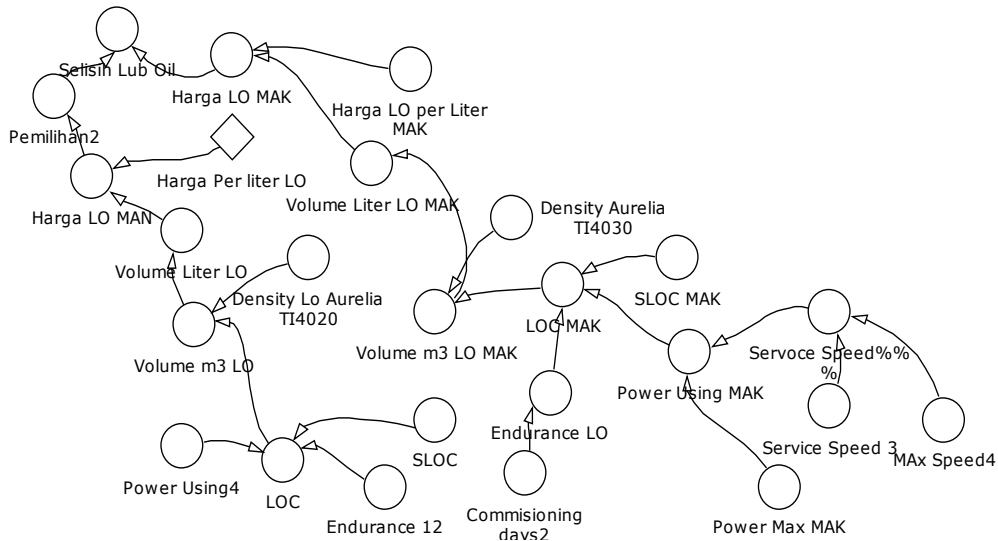
$$\begin{aligned} LC_{liter} &= 24,70 \times 1000 \\ &= 24.704,073 \text{ Liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LC_{Rupiah} &= 24.704,073 \times \text{Rp } 30.000 \\ &= \text{Rp } 741.122.196,796 \end{aligned}$$

Jadi bisa didapatkan selisih penggunaan Pelumas antara *Diesel Engine* konvensional dengan *Dual Fuel Diesel Engine* yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Total} &= \text{Rp } 508.430.769,23 \text{ (DE)} - \text{Rp } 741.122.196,79 \text{ (DF)} \\ &= (- \text{Rp } 232.691.427,56) \end{aligned}$$

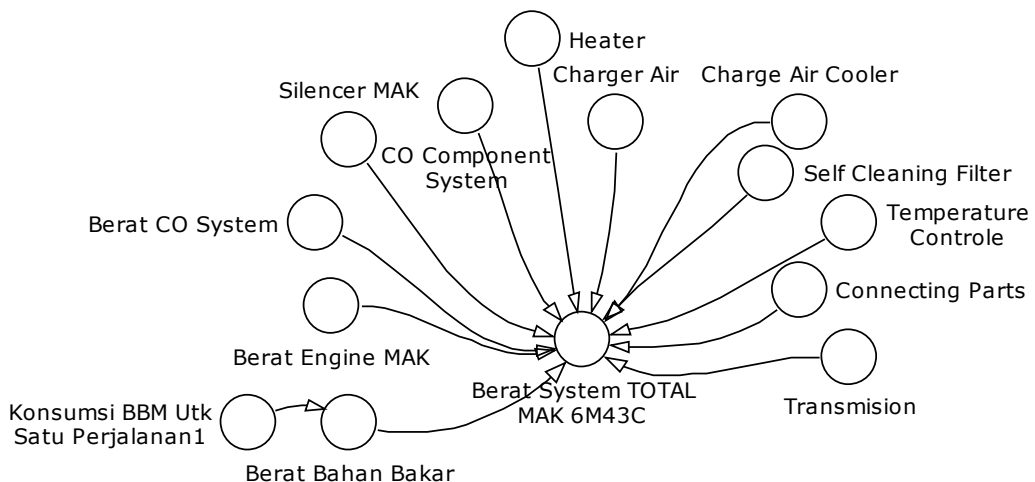
Jadi dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada kapal KM. Gunung Dempo jika menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dari segi Pelumas akan merugi lebih dari Rp 200 Juta. Setelah mengetahui perhitungan untuk melakukan pengujian kelayakan maka perlu dilakukan pemodelan untuk bisa dilakukan berbagai skenario dari banyak harga yang bervariasi. Sehingga bisa didapatkan pada pemodelan untuk bahan bakar sebagai berikut :



Gambar 4. 11 Pemodelan Konsumsi Pelumas

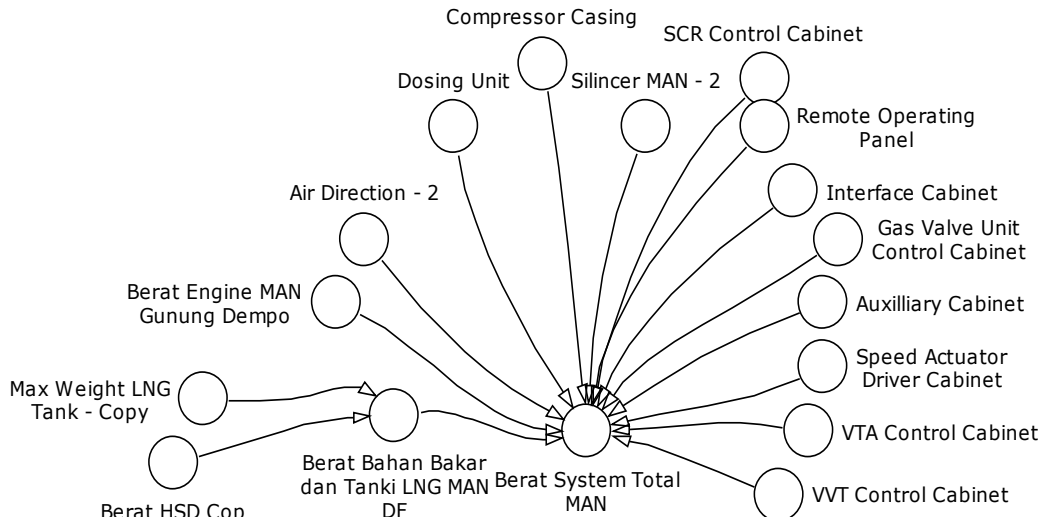
IV.6.3. Perhitungan dan Pemodelan Selisih Berat

Perhitungan berat pada analisa kelayakan akan memperhitungkan mengenai berat system dari *Diesel Engine* konvensional yang akan dibandingkan dengan *Dual Fuel Diesel Engine*. Dimana pada perhitungan berat akan didapatkan data berat system dari *Engine guide* atau *Engine Book* yang sesuai dengan spesifikasi kapal yang akan di *Retrofit*. Selain itu pada perhitungan berat akan didapatkan kapasitas Tangki LNG yang akan digunakan dengan mengetahui kebutuhan bahan bakar LNG pada trip yang ditentukan. Pada perhitungan berat akan dimodelkan sebagai berikut :

Gambar 4. 12 Model Perhitungan Berat *Diesel Engine* KM. Gunung Dempo

Pada pemodelan perhitungan berat system total pada *Diesel Engine* konvensional dapat dimodelkan pada Gambar 4.12 . Pada Gambar 4.12 dapat dijelaskan bahwa pada

Engine guide atau *Engine book guide* pada *Engine* MAK 6 M 43 C yang digunakan oleh kapal KM. Gunung Dempo memiliki komponen berat yaitu Berat bahan bakar, Berat *Engine* MAK, Berat *CO system*, *Silincer* MAK, *CO Component System*, *Heater*, *Charger Air*, *Charger Air Cooler*, *Cleaning Filter*, *Temperature Controle*, *Connecting Parts* dan *Transmission*. Pada perhitungan berat untuk berat *system total* dari *Engine* MAK 6 M 43 C yaitu 185,115 Ton.



Gambar 4. 13 Model Perhitungan Berat *Dual Fuel Diesel Engine* KM. Gunung Dempo

Pada pemodelan perhitungan berat *system total* pada *Dual Fuel Diesel Engine* konvensional dapat dimodelkan pada Gambar 4.13. Pada Gambar 4.13 dapat dijelaskan bahwa pada *Engine guide* atau *Engine book guide* pada *Engine* MAN 51 – 60 DF yang akan digunakan oleh kapal KM. Gunung Dempo memiliki komponen berat yaitu berat bahan bakar, berat *Engine* MAN, *Air Direction*, *Dosing Unit*, *Compressor Casing*, *Silincer* MAN, *SCR Control Cabinet* dan sistem lainnya. Pada perhitungan berat untuk berat *system total* dari *Engine* MAN 51 – 60 DF yang akan digunakan pada KM Gunung Dempo yaitu 262,963 Ton. Pada berat bahan bakar sudah dimasukan berat dari kebutuhan Tangki LNG yang akan digunakan pada kapal KM. Gunung Dempo. Pada berat bahan bakar dan Tangki LNG MAN DF memiliki berat yaitu 153,173 Ton yang dimana pada perencanaan Tangki LNG yang dibutuhkan yaitu pada studi kasus *Retrofit* kapal KM. Gunung Dempo membutuhkan 5 Tangki LNG dengan tipe Tangki ISO LNG 40 *Feet*. Dengan menggunakan 5 Tangki ISO LNG 40 *Feet* maka dapat menampung 140 m³ LNG untuk kebutuhan bahan bakar yang akan digunakan oleh KM. Gunung Dempo dengan waktu maksimal 72 Jam tanpa berhenti dengan load 85% pada *Engine* MAN 51 – 60 DF. Untuk perhitungan Tangki pada *Engine* load 85% diketahui penggunaan daya yaitu 5.355 KW dan dengan diketahui *Specific Fuel Gas Consumption* pada 85% yaitu 7.106 kJ maka bisa dihitung dengan perhitungan awal pada *Fuel Gas Consumption* sebagai berikut yaitu :

$$\begin{aligned}
 FC_{\text{Gas}} &= \text{BHP} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \\
 &= 5.355 \text{ kW} \times 7.106 \text{ kJ/KWH} \times 72 \text{ H} \\
 &= 2.739.789 \times 10^6 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Diubah Menjadi mmbtu ($1 \text{ mmbtu} = 9,47086 \times 10^{10} \text{ Joule}$)

Maka Didapatkan,

$$\begin{aligned} FC_{\text{Gas}} &= 2.739.789 \times 10^6 \text{ Joule} \times 9,47086 \times 10^{-10} \text{ mmbtu/Joule} \\ &= 2.594,816 \text{ mmbtu} \end{aligned}$$

Konversi menjadi Volume ($1 \text{ m}^3 \text{ LNG} = 21,2 \text{ mmbtu}$), Maka Didapatkan,

$$\begin{aligned} V_{\text{Gas}} &= 2.594,816 \text{ mmbtu} : 21,2 \text{ mmbtu/m}^3 \\ &= 122,397 \text{ m}^3 \text{ (Ditambah 15\%)} \\ &= 140,756 \end{aligned}$$

Kapasitas Tangki ISO LNG 40 Feet yaitu $33,4 \text{ m}^3$, Maka didapatkan kebutuhan Tangki,

$$\begin{aligned} \text{Tangki LNG} &= V_{\text{gas}} : 33,4 \text{ m}^3/\text{Tangki LNG} \\ &= 122,397 \text{ m}^3 : 33,4 \text{ m}^3/\text{Tangki LNG} \\ &= 4,21 \text{ (Karena lebih dari 4 maka dilakukan pembulatan keatas)} \\ &= 5 \text{ Tangki ISO LNG 40 Feet} \end{aligned}$$



Gambar 4. 14 Tangki ISO LNG 40 Feet

(Sumber : *Marine LNG Fuel Tank Container Marine Service Gmbh*, Hamburg 2014)

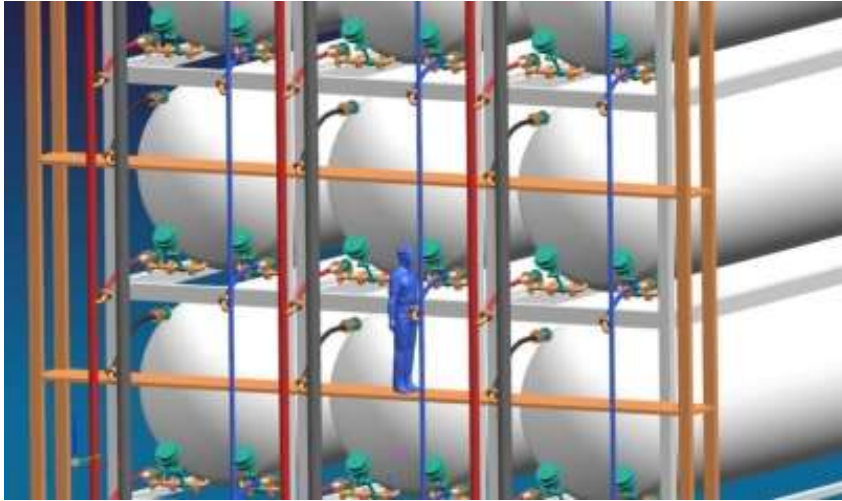
Pada perhitungan perencanaan Tangki dapat diketahui bahwa kapal KM. Gunung Dempo akan menggunakan Tangki LNG dengan spesifikasi lengkap sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &: P \times L \times T &= 12,192 \times 2,438 \times 2,591 \text{ (meter)} \\ \text{Berat} &: \text{Berat Kosong} &= 13.270 \text{ (Kg)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Payload} &= 15.000 \text{ (Kg)}/33,4 \text{ m}^3 \text{ LNG}@450 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Berat Maximum} &= 30.500 \text{ (Kg)} \end{aligned}$$

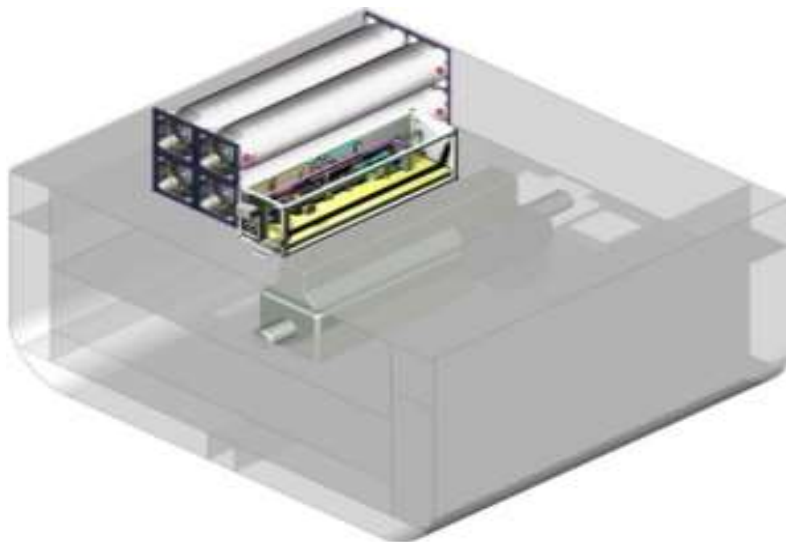
Dengan memperhatikan dimensi dari spesifikasi Tangki LNG yang akan digunakan maka pada perencanaan peletakan Tangki LNG akan di letakan pada tempat kontainer yang ada pada KM. Gunung Dempo. Pada KM. Gunung Dempo memiliki spesifikasi kontainer dengan tipe container 20 Feet. Dimana pada spesifikasi tersebut dapat diketahui bahwa kontainer pada KM. Gunung Dempo lebih kecil 2 kali dari pada perencanaan penggunaan Tangki iso LNG. Maka bisa didapatkan bahwa untuk meletakan Tangki LNG kapal KM. Gunung Dempo mengurangi 10 kontainer yang dibawa untuk memberikan ruang muat bagi penambahan Tangki LNG sebagai Tangki bahan bakar pada *Dual Fuel Diesel Engine*. Pada Gambar 4. 15 dan Gambar 4. 16 memberikan

gambaran mengenai rencana peletakan Tangki LNG yang akan dijadikan sebagai Tangki bahan bakar *Dual Fuel Diesel Engine*. Peletakan Tangki akan ditata mengikuti peletakan kontainer yang sudah ada pada KM. Gunung Dempo.



Gambar 4. 15 Peletakan Pada Ruang Muat kontainer

(Sumber : *Marine LNG Fuel Tank Container Marine Service Gmbh, Hamburg 2014*)



Gambar 4. 16 Perencanaan Peletakan Tangki LNG

(Sumber : *Marine LNG Fuel Tank Container Marine Service Gmbh, Hamburg 2014*)

Sehingga dengan adanya penambahan Tangki LNG maka akan menambah biaya pembelian Tangki LNG baru dan juga akan menambah kerugian dari pengurangan angkutan kontainer yang akan dikurangi. Tangki LNG untuk tipe 40 *Feet* memiliki harga

pembelian sebesar \$ 70.000 USD/ Tangki LNG. Maka jumlah biaya yang akan dikeluarkan untuk membeli 5 Tangki LNG sebesar \$ 350.000 USD atau bisa dikonversi dalam rupiah sebesar Rp 4.654.300.000 (1 USD = Rp 13.298). Selain itu, dengan perhitungan dan pemodelan selisih berat antara sysem *Diesel Engine* konvensional dengan *Dual Fuel Diesel Engine* akan didapatkan hasil sebagai berikut :

Selisih Berat = Berat system *Diesel Engine* – Berat system *Dual Fuel*
 = 185,115 Ton – 262,963 Ton
 = - 77,848 Ton

Untuk memenuhi selisih berat yang dibutuhkan yaitu sejumlah 77,848 Ton akan dilakukan pengurangan jumlah kontainer. Pada kontainer PT. Pelni dengan tipe ukuran 20 *Feet* memiliki berat 20 ton maka dapat dilakan perhitungan sebagai berikut :

Kontainer yang Dikurangi (akibat selisih berat),

Pengurangan Kontainer = 77,848 Ton : 20 Ton/Kontainer
 = 4 Kontainer

Dengan adanya penambahan Tangki LNG sejumlah 5 Tangki ISO LNG 40 *Feet* maka,

Pengurangan Kontainer = 5 Tangki LNG 40 *Feet* x 2 (40 *Feet* : 20 *Feet* ukuran kontainer)
 = 10 Kontainer

Maka total pengurangan Tangki pada kapal KM. Gunung Dempo yaitu :

= Pengurangan kontainer selisih berat + Pengurangan kontainer penambahan Tangki LNG
 = 4 Kontainer + 10 Kontainer
 = 14 kontainer (Ukuran 20 *Feet* PT. PELNI)

Jadi jumlah kerugian dari pengurangan kontainer setiap tahun dengan memperhatikan data dari keuntungan pengangkutan kontainer pada rute Jakarta – Makassar dengan waktu 3 hari yaitu Rp 12.000.000,00 per kontainer maka bisa didapatkan kerugian setiap *voyage* yaitu :

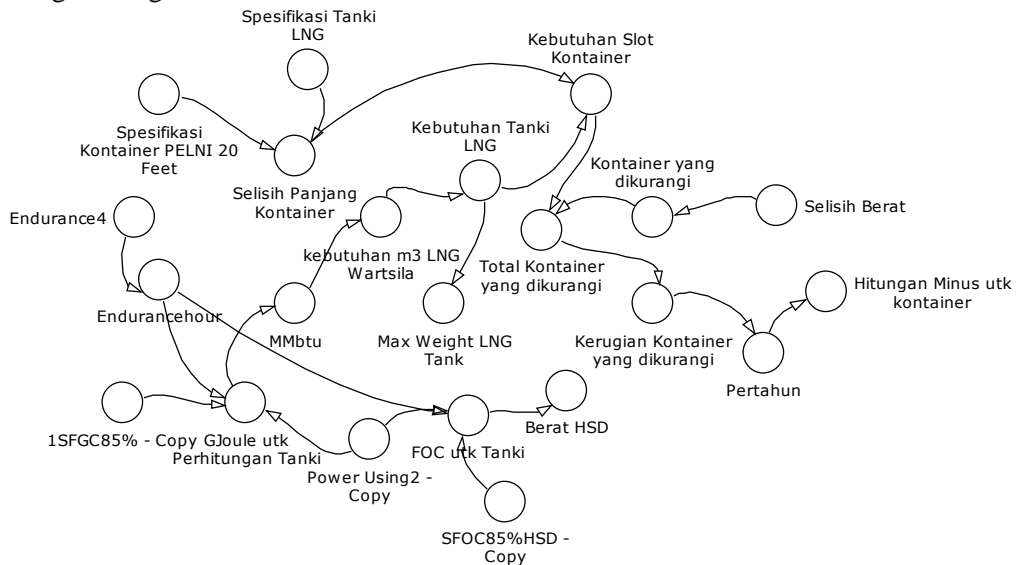
Kerugian = 14 Kontainer x Rp 12.000.000/Kontainer
 = Rp 168.000.000,00

Kerugian untuk setiap tahun dengan pertahun ada 24 kali *voyage* maka,

Kerugian = Rp 168.000.000 x 24 *Voyage*
 = Rp 4.032.000.000,00

Jadi dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada kapal KM. Gunung Dempo jika menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dari segi selisih berat dan perhitungan kontainer serta Tangki LNG akan merugi Rp 4.032.000.000 per tahun. Setelah mengetahui perhitungan untuk melakukan pengujian kelayakan maka perlu dilakukan pemodelan untuk bisa dilakukan berbagai skenario dari banyak harga yang

bervariasi. Sehingga bisa didapatkan pemodelan untuk selisih berat dan perhitungan Tangki sebagai berikut :



Gambar 4. 17 Model Perhitungan Kebutuhan Tangki LNG

IV.6.4. Perhitungan dan Pemodelan Perawatan (*Maintenance Cost*)

Perhitungan biaya perawatan pada *Diesel Engine* akan didapatkan dari data PT. Pelni pada biaya pemeliharaan yaitu sebesar Rp 13.347.000.000 pada setiap tahun. Untuk dibandingkan dengan perhitungan pada penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine* karena belum adanya kapal yang pernah menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* pada kapal penumpang maka penggunaan biaya perawatan pada perencanaan *Retrofit* menggunakan variasi scenario harga pada 2 asumsi skenario yaitu skenario bahwa *Diesel Engine* konvensional lebih murah 20% dibandingkan dengan *Dual Fuel Diesel Engine* dan skenario bahwa *Dual Fuel Diesel Engine* lebih murah 20% dibandingkan dengan *Diesel Engine* konvensional. Perhitungan 2 Skenario dapat dijelaskan sebagai berikut :

Skenario 1 (*Dual Fuel < 20% Diesel Engine*) :

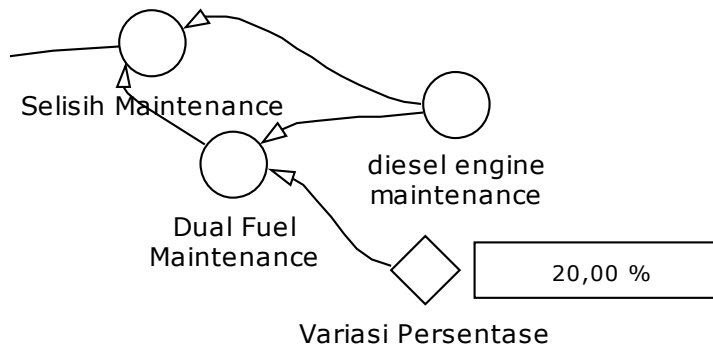
$$\begin{aligned} \text{Selisih Harga} &= \text{Diesel Engine Maintenance Cost} - (\text{Diesel Engine Maintenance Cost} + \\ &\quad (\text{Diesel Engine Maintenance Cost} \times (-20\%))) \\ &= \text{Rp } 13.347.000.000 - (\text{Rp } 13.347.000.000 + (\text{Rp } 13.347.000.000 \times (-20\%))) \\ &= \text{Rp } 2.669.400.000,00 \end{aligned}$$

Skenario 2 (*Dual Fuel > 20% Diesel Engine*) :

$$\begin{aligned} \text{Selisih Harga} &= \text{Diesel Engine Maintenance Cost} - (\text{Diesel Engine Maintenance Cost} + \\ &\quad (\text{Diesel Engine Maintenance Cost} \times (-20\%))) \\ &= \text{Rp } 13.347.000.000 - (\text{Rp } 13.347.000.000 + (\text{Rp } 13.347.000.000 \times 20\%)) \\ &= (- \text{Rp } 2.669.400.000,00) \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada kapal KM. Gunung Dempo jika menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dari segi biaya perawatan dan apabila dilakukan dengan skenario (*Dual Fuel < 20% Diesel Engine*) akan mengalami

penambahan keuntungan sebesar Rp 2.669.400.000,00 per tahun dan apabila dilakukan dengan menggunakan skenario (*Dual Fuel* >20% *Diesel Engine*) akan mengalami kerugian sebesar (-Rp 2.669.400.000,00) per tahun. Setelah mengetahui perhitungan untuk melakukan pengujian kelayakan maka perlu dilakukan pemodelan untuk bisa dilakukan berbagai skenario dari banyak harga yang bervariasi. Sehingga bisa didapatkan pemodelan untuk biaya perawatan sebagai berikut :



Gambar 4. 18 Pemodelan Biaya Perawatan

IV.6.5. Perhitungan dan Pemodelan Biaya *Overhaul*

Kapal KM. Gunung Dempo pada perjalanan operasional kapal menurut data pada PT. PELNI bahwa kapal tersebut setiap 4 tahun sekali mengalami *Overhaul* untuk mendapatkan performa *Engine* yang selalu terjaga. Sehingga pada perencanaan *Retrofit* kapal KM. Gunung Dempo akan dilakukan sama sesuai dengan aturan operasional kapal yaitu 4 tahun sekali dengan biaya *Overhaul* disamakan dengan riwayat biaya *Overhaul* 4 tahun seperti riwayat biaya sebelumnya. Pada kapal KM. Gunung Dempo untuk biaya *Overhaul Engine* menghabiskan biaya sebesar Rp 1.174.154.894,00 untuk penggunaan *Diesel Engine* konvensional. Pada penggunaan *Engine Dual Fuel* karena belum ada penggunaan *Dual Fuel* pada kapal penumpang maka akan diasumsikan 20% lebih besar dibandingkan dengan *Diesel Engine* konvensional dengan dasar bahwa sistem pada *Dual Fuel Diesel Engine* lebih kompleks dan detail serta memerlukan penanganan yang baik. Perhitungan pada *Overhaul* dapat dijelaskan sebagai berikut :

Biaya *Overhaul Diesel Engine* = Rp 1.174.154.894

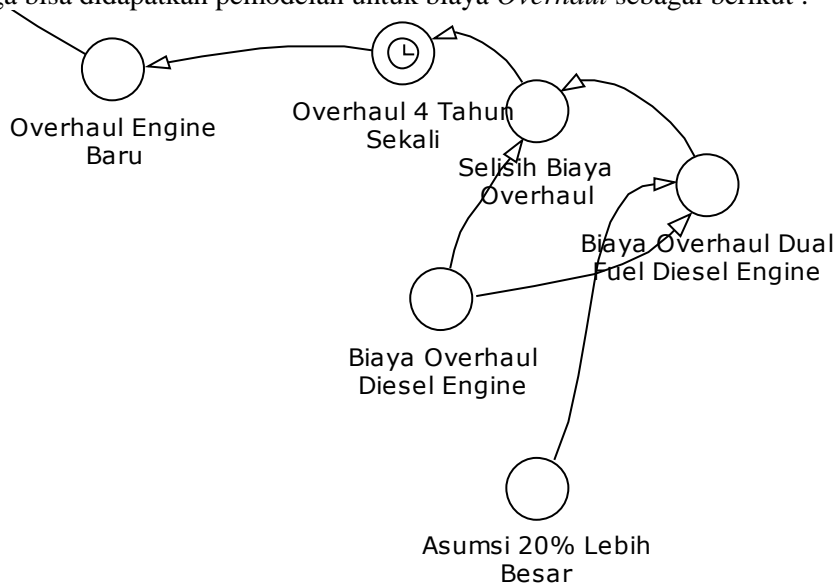
$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Overhaul Dual Fuel Diesel Engine} &= \text{Biaya Overhaul Diesel Engine} + (\text{Biaya Overhaul Diesel Engine} \times 20\%) \\
 &= \text{Rp } 1.174.154.894 + (\text{Rp } 1.174.154.894 \times 20\%) \\
 &= \text{Rp } 1.408.985.872
 \end{aligned}$$

Maka dapat diketahui selisih biaya *Overhaul Engine* yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih Overhaul} &= \text{Biaya Overhaul Diesel Engine} - \text{Biaya Overhaul Dual Fuel Diesel Engine} \\
 &= \text{Rp } 1.174.154.894 - \text{Rp } 1.408.985.872 \\
 &= (- \text{Rp } 234.830.978,00)
 \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa pada kapal KM. Gunung Dempo jika menggunakan *Dual Fuel Diesel Engine* dari segi biaya *Overhaul Engine*

dengan menggunakan *Engine Dual Fuel* maka akan mengalami kerugian sebesar (- Rp 234.830.978,00) pada setiap 4 tahun sekali sesuai dengan aturan operasional pada PT. PELNI dan pada pemodelan dinamika sistem biaya tersebut akan masuk pada setiap 4 tahun sekali dengan perencanaan penggunaan *Dual Fuel Diesel Engine*. Setelah mengetahui perhitungan untuk melakukan pengujian kelayakan maka perlu dilakukan pemodelan untuk bisa dilakukan berbagai skenario dari banyak harga yang bervariasi. Sehingga bisa didapatkan pemodelan untuk biaya *Overhaul* sebagai berikut :



Gambar 4. 19 Model Biaya *Overhaul Engine*

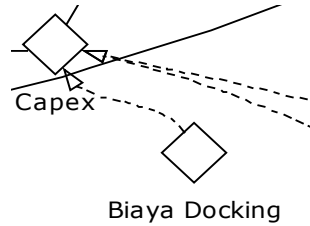
IV.7 Perhitungan dan Pemodelan Pada Unsur - unsur Investasi

CAPEX (*Capital Expenditure*) dalam hal ini berupa biaya investasi awal yang dikeluarkan pada satu waktu dalam sekali hanya diawal sebuah perencanaan untuk *Retrofit Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*. Dalam analisa kelayakan pada *Retrofit* kapal PT. PELNI terdapat unsur – unsur *Capital Expenditure* yaitu berupa:

- a. Biaya *Docking* Kapal Untuk *Retrofit*
- b. Biaya Pembelian *Engine Dual Fuel*
- c. Biaya Pembelian Tangki LNG

IV.7.1. Perhitungan dan Pemodelan Pada Biaya *Docking* Kapal Untuk *Retrofit*

Perhitungan pada biaya *docking* mengacu pada data *docking* kapal dari PT. PELNI yang tercantum pada setiap tahun. Untuk biaya *docking* pada kapal KM. Gunung Dempo sebesar Rp 1.825.950.000,00. Maka pada perencanaan *Retrofit Engine* kapal KM. Gunung Dempo untuk *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* dapat dimodelkan dengan model sebagai berikut :

Gambar 4. 20 Model Biaya *Docking* Kapal

IV.7.2. Perhitungan dan Pemodelan Pada Biaya Pembelian *Engine*

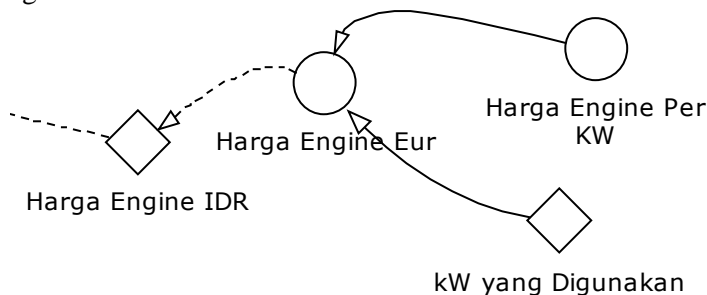
Untuk perhitungan pada unsur biaya pembelian *Engine Dual Fuel* maka perlu diperhatikan jumlah daya maksimum yang dibutuhkan pada kapal yang akan di *Retrofit*. Biaya harga untuk pembelian *Engine Dual Fuel* berdasarkan daya dalam Kilowatt (KW) dan harga biaya *Engine* berdasarkan dari data harga *Engine* maker. Pada salah satu contoh untuk kapal KM. Gunung Dempo dengan pemakaian *Engine* yang sebelumnya memiliki daya sebesar 6.000 Kilowatt (KW). Maka karena dalam pemilihan *Dual Fuel Engine* menggunakan 6 L MAN B&W 51 – 60 dengan daya terdekat yaitu 6.300 Killowatt. Harga *Engine Dual Fuel* pada data *Engine* maker yaitu € 655 *Euro* per kilowatt. Perhitungan kebutuhan biaya untuk pembelian *Engine* dapat dijelaskan melalui perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pembelian Engine} &= \text{Jumlah Daya} \times \text{Harga Engine Per Daya digunakan} \\ &= 6.300 \text{ KW} \times € 655 \text{ Euro/ Killowatt} \\ &= € 4.126.500 \text{ Euro} \end{aligned}$$

Apabila dikonversi dalam satuan rupiah (Kurs 1 *Euro* = Rp 14.608), maka biaya pembelian *Engine* yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pembelian Engine} &= € 4.126.500 \text{ Euro} \times \text{Rp } 14.608/\text{Euro} \\ &= \text{Rp } 58.051.602.000 \end{aligned}$$

Jadi pada *Capital Expenditure* (CAPEX) untuk pembelian *Dual Fuel Diesel Engine* sebesar Rp 58.051.602.000 yang akan dibayarkan sekali pada awal *Retrofit Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*. Untuk model biaya pembelian *Engine* dapat dijelaskan sebagai berikut :

Gambar 4. 21 Model Pembelian *Engine Dual Fuel*

IV.7.3. Perhitungan dan Pemodelan Pada Biaya Pembelian Tangki LNG

Pembelian Tangki LNG memperhitungkan unsur kebutuhan jumlah volume LNG yang akan dibutuhkan. Sehingga perlu dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar LNG yang akan digunakan pada kapal yang akan di *Retrofit*. Pada salah satu studi kasus contoh pada kapal KM. Gunung Dempo memiliki kebutuhan Tangki LNG yang

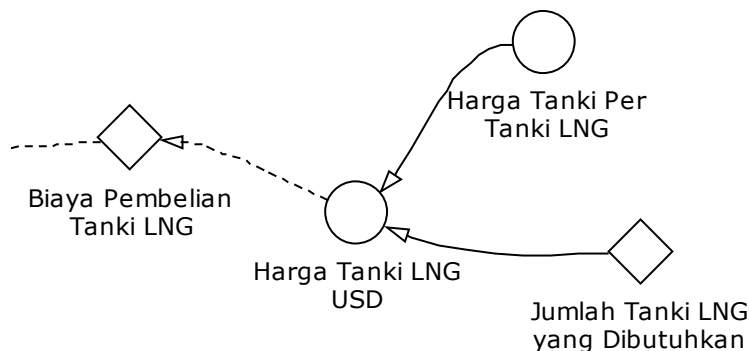
berjumlah 5 Tangki ISO LNG sesuai dengan perhitungan pada kebutuhan Tangki LNG pada perhitungan sub bab sebelumnya. Dengan data dari maker penjualan Tangki LNG bahwa untuk satu buah Tangki LNG seharga \$ 70.000 USD. Maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tangki LNG} &= \text{Tangki yang Dibutuhkan} \times \text{Harga Tangki per Unit} \\ &= 5 \text{ Tangki LNG} \times \$ 70.000 \text{ USD/ Tangki LNG} \\ &= \$ 350.000 \text{ USD} \end{aligned}$$

Apabila dikonversi dalam satuan rupiah (Kurs 1 USD = Rp 13.298), maka biaya pembelian Tangki LNG yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tangki LNG} &= \$ 350.000 \text{ USD} \times \text{Rp } 13.298/\text{USD} \\ &= \text{Rp } 4.654.300.000,00 \end{aligned}$$

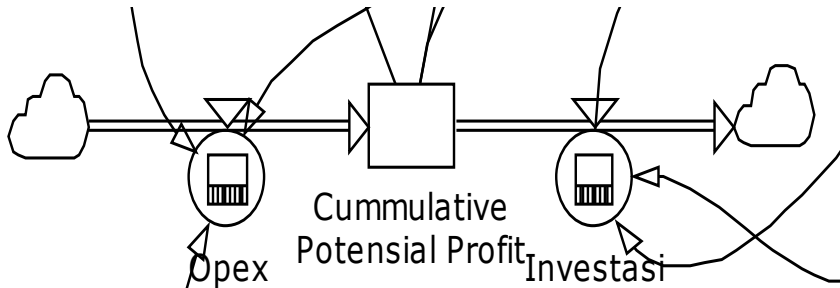
Jadi pada *Capital Expenditure* (CAPEX) untuk pembelian Tangki LNG untuk *Dual Fuel Diesel Engine* sebesar Rp 4.654.300.000,00 yang akan dibayarkan sekali pada awal *Retrofit Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*. Untuk model biaya pembelian Tangki LNG dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 4. 22 Model Biaya Pembelian Tangki LNG

IV.8 Hasil Analisa Kelayakan *Cummulative Potensial Profit*

Analisa pemodelan dan perhitungan dari unsur *Operational Expenditure* (OPEX) dan *Capital Expenditure* (CAPEX) atau investasi akan mempengaruhi jumlah *Cummulative Potensial Profit* dimana *Cummulative Potensial Profit* merupakan ukuran dari penentuan kelayakan pada umur kapal yang berupa jumlah total profit yang dikurangi dari jumlah *Capital Expenditure* (CAPEX) ditambah secara berkala oleh unsur *Operational Expenditure* (OPEX). Hasil analisa kelayakan juga memperhatikan dari jumlah *Public Service Obligation* (PSO) yaitu merupakan subsidi tambahan dari pemerintah untuk mengurangi biaya bahan bakar yang ditanggung. Pada kapal KM. Gunung Dempo pada pemodelan *Cummulative Potensial Profit* dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 4. 23 Model *Cummulative Potensial Profit*

Dari pemodelan *Cummulative Potensial Profit*, OPEX dan investasi akan diketahui untuk perhitungan dari setiap kapal ketika akan dilakukan *Retrofit* kapal dari *Engine* konvensional menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*. *Cummulative Potensial Profit* merupakan jumlah keuangan anggaran pada perusahaan yang dimiliki. *Cummulative Potensial Profit* dipengaruhi oleh *Operational Expenditure* dan *Investasi*. Semakin besar OPEX yang mengalami penambahan maka akan menambah *Cummulative Potensial Profit* serta keuntungan suatu perusahaan. Selain itu, semakin besar investasi yang dikeluarkan maka *Cummulative Potensial Profit* atau uang yang dimiliki akan semakin berkurang dan kelayakan bagi kapal untuk di *Retrofit* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* akan mengalami defisit pada waktu yang lama. Pada analisa hasil kelayakan pada analisa ini akan dilakukan dengan menggunakan 44 skenario perubahan harga dengan harga yang divariasikan yaitu untuk harga bahan bakar minyak (BBM) dengan variasi harga bahan bakar minyak yaitu pada harga per liter Rp 7.000; Rp 9.000; dan Rp 11.000. Variasi harga yang dilakukan berdasarkan perubahan konsumsi harga bahan bakar pada data PT. PELNI antara Rp 7.000 sampai Rp 10.000. Untuk variasi harga pada konsumsi bahan bakar LNG akan divariasikan dengan harga per mmbtu yaitu \$ 9 USD ; \$ 11 USD dan \$ 13 USD. Variasi harga untuk bahan bakar LNG didasarkan pada riwayat fluktuasi harga berdasarkan harga LNG dunia dari *bunker index* yang berkisar antara \$ 9 USD/mmbtu sampai \$ 13 USD/mmbtu. Kemudian untuk variasi harga ditambahkan pada variasi harga untuk biaya *maintenance Dual Fuel Diesel Engine* karena untuk data biaya *maintenance Dual Fuel* belum pernah ada yang menggunakan *Dual Fuel* pada kapal penumpang di Indonesia. Variasi harga untuk biaya *maintenance* divariasikan dengan variasi harga yaitu *Dual Fuel* 20% < *Diesel Engine* dan *Dual Fuel* 20% > *Diesel Engine*.

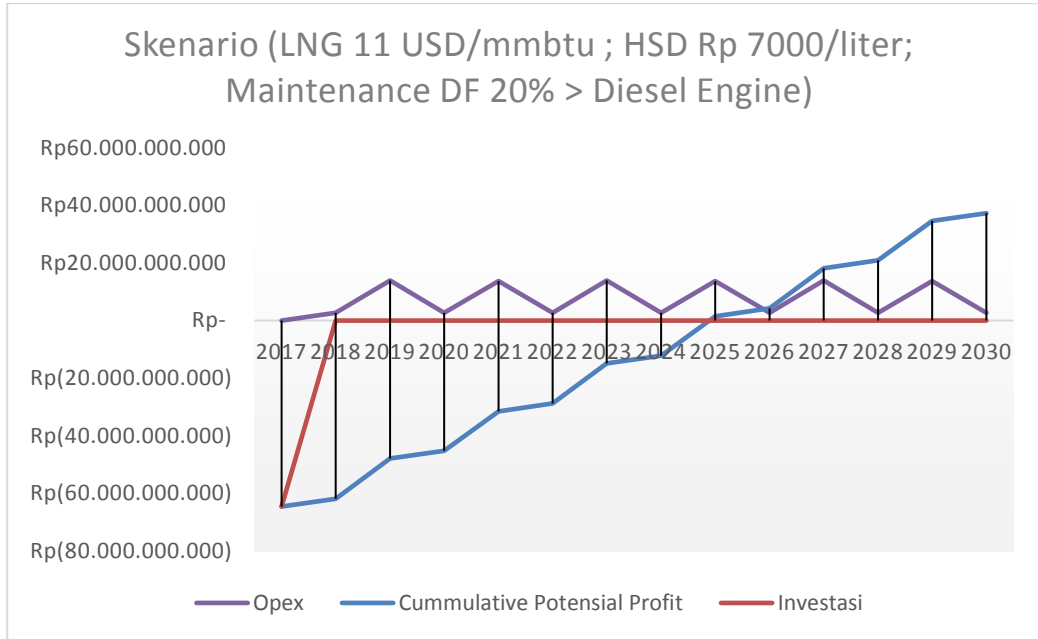
Pada studi kasus kapal KM Gunung Dempo, KM. Labobar dan KM. Dobonsolo akan dijabarkan 44 skenario yang akan dijabarkan pada bagian lampiran analisa kelayakan dengan variasi harga bahan bakar minyak, bahan bakar LNG dan variasi biaya *maintenance* dengan penambahan skenario untuk PSO (Public Service Obligation) dimana pada analisa untuk PSO diasumsikan 50% subsidi untuk bahan bakar minyak dan bahan bakar LNG. Asumsi 50% dilakukan karena pada pihak perusahaan PT. PELNI pada PSO merupakan hal *confidential* dan melihat bahwa perubahan harga akan berpengaruh untuk 6 bulan PSO dan 6 bulan tidak PSO didasarkan pada kumulatif jumlah peminatan penumpang kapal PT. PELNI pada hari – hari besar dan libur dimana jumlah peminat penumpang kapal akan mengalami peningkatan. Pada analisa kelayakan berikut akan diberikan 3 contoh hasil penjabaran dari hasil *Cummulative Potensial Profit* dengan grafik penentuan kelayakan dimana grafik tersebut akan memberikan kapan kapal PT. PELNI tersebut dikatakan layak untuk *Retrofit* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*.

Variasi Harga LNG = \$ 11 USD/mmbtu
 Variasi Harga HSD = Rp 7.000/liter
 Variasi Harga *Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine*

Tabel 4. 14 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Gunung Dempo pada Variasi 1

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp2.713.027.979	-Rp61.818.824.021	Rp-
2019	Rp13.918.584.734	-Rp47.900.239.287	Rp-
2020	Rp2.713.027.979	-Rp45.187.211.308	Rp-
2021	Rp13.683.753.755	-Rp31.503.457.554	Rp-
2022	Rp2.713.027.979	-Rp28.790.429.575	Rp-
2023	Rp13.918.584.734	-Rp14.871.844.841	Rp-
2024	Rp2.713.027.979	-Rp12.158.816.862	Rp-
2025	Rp13.683.753.755	Rp1.524.936.893	Rp-
2026	Rp2.713.027.979	Rp4.237.964.872	Rp-
2027	Rp13.918.584.734	Rp18.156.549.605	Rp-
2028	Rp2.713.027.979	Rp20.869.577.584	Rp-
2029	Rp13.683.753.755	Rp34.553.331.339	Rp-
2030	Rp2.713.027.979	Rp37.266.359.318	Rp-

Pada Tabel 4.14. tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa kapal KM. Gunung dempo yang memiliki umur kapal 9 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* akan mengalami defisit anggaran selama 8 tahun dan pada umur 17 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 1 Milyar yang berikutnya akan mengalami keuntungan di tahun berikutnya karena efisiensi menggunakan bahan bakar gas.



Gambar 4. 24 Grafik Skenario Kelayakan KM. Gunung Dempo Variasi Harga LNG 11 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta *Maintenance DF20%>Diesel Engine*

Pada Gambar 4. 24. Skenario Kelayakan KM. Gunung Dempo dapat tergambar bahwa kapal KM. Gunung Dempo akan mengalami kondisi layak pada tahun 2025 dan karena berdasarkan peraturan PT. PELNI umur kapal penumpang maksimal yang diijinkan untuk beroperasi yaitu umur 30 tahun jadi pada kapal KM. Gunung Dempo masih memiliki waktu operasional sejumlah 13 tahun.

Pada contoh studi kasus berikutnya yaitu pada kapal KM. Labobar yang memiliki umur kapal 14 tahun akan dijelaskan pada table dan grafik kelayakan berdasarkan *Cummulative Potential Profit*.

Variasi Harga LNG = \$ 13 USD/mmbtu

Variasi Harga HSD = Rp 7.000/liter

Variasi Harga *Maintenance Dual Fuel 20%>Diesel Engine*

Tabel 4. 15 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Labobar pada Variasi 2

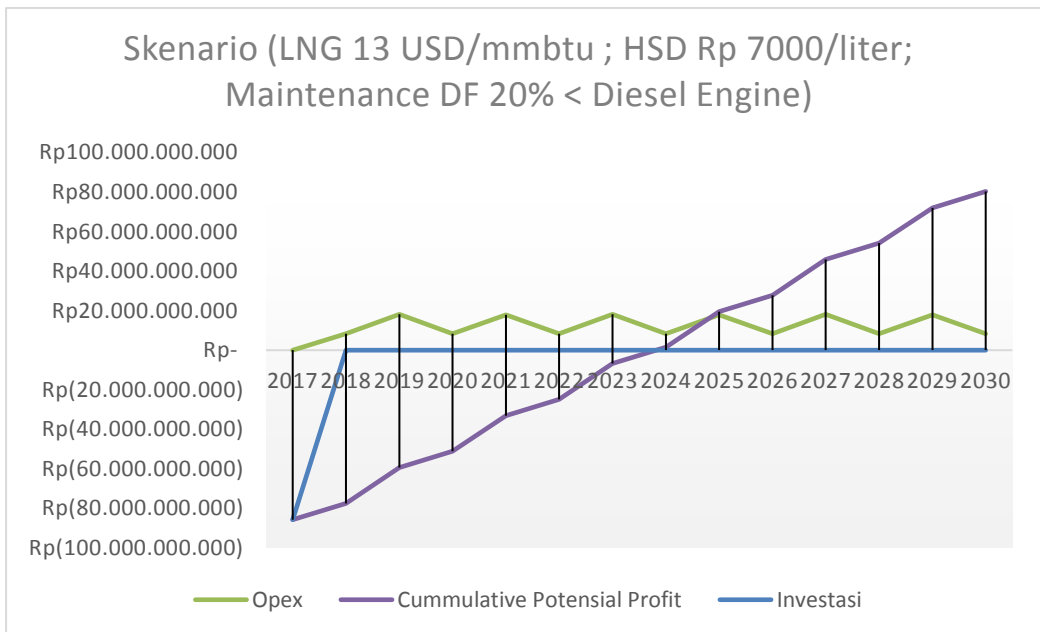
Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp8.269.414.385	-Rp77.464.436.615	Rp-
2019	Rp18.150.810.509	-Rp59.313.626.106	Rp-
2020	Rp8.269.414.385	-Rp51.044.211.721	Rp-
2021	Rp17.895.672.629	-Rp33.148.539.092	Rp-
2022	Rp8.269.414.385	-Rp24.879.124.707	Rp-
2023	Rp18.150.810.509	-Rp6.728.314.198	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 4.15

2024	Rp8.269.414.385	Rp1.541.100.187	Rp-
2025	Rp17.895.672.629	Rp19.436.772.816	Rp-
2026	Rp8.269.414.385	Rp27.706.187.201	Rp-
2027	Rp18.150.810.509	Rp45.856.997.710	Rp-
2028	Rp8.269.414.385	Rp54.126.412.095	Rp-
2029	Rp17.895.672.629	Rp72.022.084.724	Rp-
2030	Rp8.269.414.385	Rp80.291.499.109	Rp-

Pada Tabel 4.15. tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa kapal KM. Labobar yang memiliki umur kapal 14 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* akan mengalami defisit anggaran selama 7 tahun dan pada umur 21 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 1 Milyar yang berikutnya akan mengalami keuntungan di tahun berikutnya karena efisiensi menggunakan bahan bakar gas.



Gambar 4. 25 Grafik Skenario Kelayakan KM. Labobar Variasi Harga LNG 13 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta *Maintenance DF20% < Diesel Engine*

Pada Gambar 4. 25. Skenario Studi Kelayakan KM. Labobar dapat tergambar bahwa kapal KM. Labobar akan mengalami kondisi layak pada tahun 2024 dan karena berdasarkan peraturan PT. PELNI umur kapal penumpang maksimal yang diijinkan untuk beroperasi yaitu umur 30 tahun jadi pada kapal KM. Gunung Dempo masih memiliki waktu operasional sejumlah 9 tahun.

Pada contoh studi kasus berikutnya yaitu pada kapal KM. Dobonsolo yang memiliki umur kapal 24 tahun akan dijelaskan pada table dan grafik kelayakan berdasarkan *Cummulative Potensial Profit*.

Variasi Harga LNG = \$ 9 USD/mmbtu

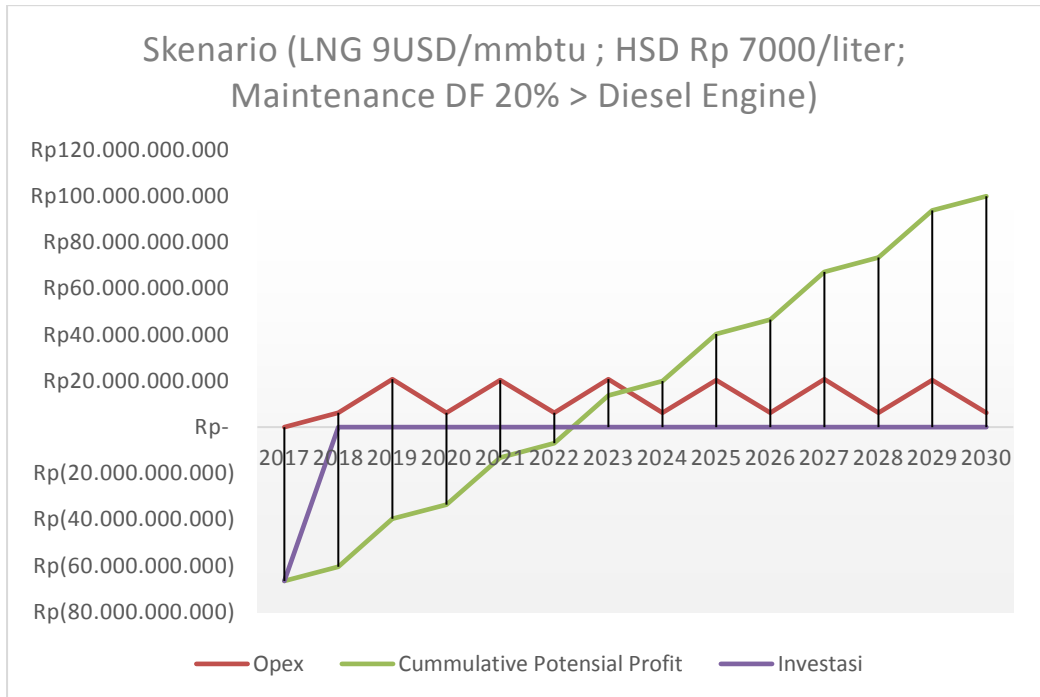
Variasi Harga HSD = Rp7.000/liter

Variasi Harga *Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine*

Tabel 4. 16 Hasil Kelayakan Untuk Kapal KM. Dobonsolo pada Variasi 3

Time	<i>Opex</i>	<i>Cummulative Potensial Profit</i>	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp6.151.436.203	-Rp60.384.890.797	Rp-
2019	Rp20.717.621.498	-Rp39.667.269.299	Rp-
2020	Rp6.151.436.203	-Rp33.515.833.096	Rp-
2021	Rp20.397.333.971	-Rp13.118.499.125	Rp-
2022	Rp6.151.436.203	-Rp6.967.062.921	Rp-
2023	Rp20.717.621.498	Rp13.750.558.577	Rp-
2024	Rp6.151.436.203	Rp19.901.994.780	Rp-
2025	Rp20.397.333.971	Rp40.299.328.751	Rp-
2026	Rp6.151.436.203	Rp46.450.764.954	Rp-
2027	Rp20.717.621.498	Rp67.168.386.452	Rp-
2028	Rp6.151.436.203	Rp73.319.822.655	Rp-
2029	Rp20.397.333.971	Rp93.717.156.626	Rp-
2030	Rp6.151.436.203	Rp99.868.592.830	Rp-

Pada Tabel 4.16 tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa kapal KM. Dobonsolo yang memiliki umur kapal 24 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* konvensional menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* akan mengalami defisit anggaran selama 7 tahun dan pada umur 30 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 13 Milyar yang berikutnya akan mengalami kerugian karena sudah habis masa operasional yang sudah 30 tahun.



Gambar 4. 26 Grafik Skenario Kelayakan KM. Dobonsolo Variasi Harga LNG 9 USD dan HSD Rp 7.000/liter serta *Maintenance DF20% > Diesel Engine*

Pada Gambar 4.26. Skenario Kelayakan KM. Dobonsolo dapat menggambarkan bahwa kapal KM. Dobonsolo akan mengalami kondisi layak pada tahun 2023 dan karena berdasarkan peraturan PT. PELNI umur kapal penumpang maksimal yang diijinkan untuk beroperasi yaitu umur 30 tahun jadi pada kapal KM. Dobonsolo masih memiliki waktu operasional sejumlah 4 tahun.

IV.9 Hasil Analisa *Net Present Value*

Net Present Value (NPV) NPV adalah sebuah metode penilaian atas sebuah investasi yang akan dilakukan dengan menitik beratkan pada nilai masa sekarang (*Present Value*) yaitu pengeluaran akan dibandingkan dengan nilai masa sekarang (*Present Value*) pendapatan/penerimaan. NPV menunjukkan manfaat bersih yang diterima dari suatu usaha periode tertentu pada tingkat *discount rate* tertentu. Seringkali istilah *discount rate* ini juga disebut dengan *Minimum Attractive Rate of Return* (MARR). (Ben-Horin, 2016). Berdasarkan pada rumus formula (1,1) maka bisa didapatkan hasil pada salah satu contoh skenario yaitu pada perhitungan kapal KM. Gunung Dempo pada skenario harga HSD Rp 9.000,00 dan LNG \$ 13 USD/mmbtu serta pada kondisi variasi *maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine* dengan *diskonto rate* dari PT. PELNI yaitu 10% maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$NPV = \frac{\text{Cummulative Potensial Profit}}{(1 + i)^{\text{waktu Kelayakan}}}$$

(pada PT. PELNI menerapkan diskonto rate antara 10% sampai 20%)

Perhitungan $i = 10\%$

$$NPV1 = \frac{Rp\ 9.035.366.283}{(1 + 10\%)^5}$$

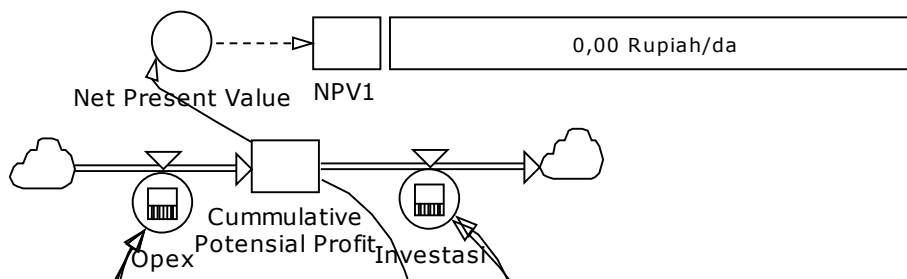
$NPV1 = Rp\ 9.035.366.283,00$ (pada $i = 10\%$)

Perhitungan pada $i = 20\%$

$$NPV2 = \frac{Rp\ 9.035.366.283}{(1 + 20\%)^5}$$

$NPV2 = Rp\ 5.610.251.587,00$

Maka bisa dapat diketahui bahwa KM Gunung Dempo Dengan skenario harga HSD Rp 9.000,00/liter dan LNG \$ 13 USD/mmbtu dengan kondisi harga *maintenance Dual Fuel Diesel Engine* $20\% < Diesel Engine$ bisa didapatkan NPV yaitu Rp 125.295.561,00. Jika pada hasil NPV lebih dari nol maka pada analisa kelayakan secara NPV dapat disimpulkan layak pada 5 tahun berikutnya. Tetapi jika pada 5 tahun berikutnya umur kapal sudah habis maka tidak dapat dikatakan layak pada kapal tersebut. Untuk hasil NPV pada skenario lain dan kapal selanjutnya dapat dilihat pada bagian lampiran. Untuk pemodelan dari NPV pada *system dynamics* dapat dilihat pada Gambar 4.27 dengan memperhatikan *variable* penghubung lainnya yaitu pada *variable Opex* dan Investasi serta *variable Cummulative Potensial Profit*.



Gambar 4. 27 Pemodelan Net Present Value

IV.10 Hasil Analisa *Internal Rate Ratio*

IRR digunakan untuk menghitung tingkat suku bunga pada nilai NPV sama dengan 0. IRR berguna untuk mengetahui tingkat bunga beberapa investasi tetap memberikan keuntungan. Pada analisa kelayakan ini akan dicontohkan hasil analisa pada salah satu skenario perhitungan pada skenario KM Gunung Dempo dengan variasi harga LNG yaitu \$ 13 USD/mmbtu dan harga HSD yaitu Rp 9.000,00/ Liter dengan variasi harga *maintenance Dual Fuel* $20\% < Diesel Engine$.

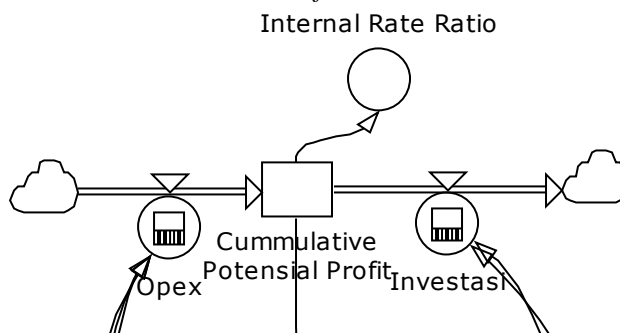
IRR berada diantara 10 % (i1) sampai 20% (i2) maka,

$$IRR = 10 + \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} x (i2 - i1)$$

$$IRR = 10 + \frac{Rp\ 9.035.366.283}{Rp\ 9.035.366.283 - Rp\ 5.610.251.587} x (20 - 10)$$

$$IRR = 26\%$$

Maka bisa dapat diketahui bahwa KM Gunung Dempo Dengan skenario harga HSD Rp 9.000,00/liter dan LNG \$ 13 USD/mmbtu dengan kondisi harga *maintenance Dual Fuel Diesel Engine* 20% < *Diesel Engine* bisa didapatkan IRR yaitu 26%. Untuk hasil IRR pada skenario lain dan kapal selanjutnya dapat dilihat pada bagian lampiran. Untuk pemodelan dari IRR pada *system dynamics* dapat dilihat pada Gambar 4.28 dengan memperhatikan *variable* penghubung lainnya yaitu pada *variable Opex* dan Investasi serta *variable Cummulative Potential Profit*.



Gambar 4. 28 Pemodelan *Internal Rate Ratio*

IV.11 Hasil Analisa Variasi Harga dengan Sensitivitas Harga

Analisa variasi harga dengan sensitivitas harga berpengaruh pada perubahan harga yang terjadi pada masa kedepan. Harga minyak bumi yang sangat fluktuatif serta harga LNG yang berubah setiap tahun mengakibatkan kelayakan suatu perencanaan *Retrofit* pada sistem *Dual Fuel* dapat terpengaruh. Semakin jauh selisih harga bahan bakar minyak dengan LNG maka akan semakin terlihat nilai kelayakan pada perencanaan konversi. Pada tabel variasi harga menampilkan 54 variasi skenario harga dari 3 kapal yang dianalisa dengan mempertimbangkan harga bahan bakar minyak, LNG dan variasi biaya *maintenance*. Kapal dinyatakan tidak layak apabila dalam perhitungan analisa pada *Cummulative Potential Profit* masih bernilai negatif pada umur 30 tahun atau setelah 30 tahun. Kapal dinyatakan layak apabila dalam perhitungan analisa pada *Cummulative Potential Profit* sudah bernilai positif sebelum umur 30 tahun pada kapal yang telah dianalisa. Selain itu, pada kapal yang dinyatakan layak untuk dilakukan *Retrofit* maka akan terlihat sisa masa operasional pada kapal tersebut dalam melakukan kegiatan operasional perusahaan.

Tabel 4. 17 Hasil Skenario Harga KM. DOBONSOLO

KM. DOBONSOLO (Tahun Pembuatan 1993)											
Skenario	Variasi Harga						Variasi <i>Maintenance</i>			Kelayakan	Sisa Massa Operasional (Tahun)
	HSD/Liter			LNG/mmbtu			<i>Dual Fuel</i>	<i>Diesel Engine</i>	IRR		
	Rp7.000	Rp9.000	Rp11.000	\$9	\$11	\$13	>20%	>20%			
1	v			v				v	26%	Layak	2
2		v		v				v	40%	Layak	4
3			v	v				v	40%	Layak	4
4	v				v			v	20%	Tidak Layak	Tidak Layak
5		v			v			v	31%	Layak	3
6			v		v			v	40%	Layak	4
7	v					v		v	13%	Tidak Layak	Tidak Layak
8		v				v		v	22%	Layak	1
9			v			v		v	31%	Layak	3
10	v			v			v		20%	Tidak Layak	Tidak Layak
11		v		v			v		31%	Layak	3
12			v	v			v		40%	Layak	4
13	v				v		v		26%	Layak	2
14		v			v		v		26%	Layak	2
15			v		v		v		40%	Layak	4
16	v					v	v		14%	Tidak Layak	Tidak Layak
17		v				v	v		23%	Layak	1
18			v			v	v		32%	Layak	3

Tabel 4. 18 Hasil Skenario Harga KM. LABOBAR

KM. LABOBAR (Tahun Pembuatan 2003)											
Skenario	Variasi Harga						Variasi <i>Maintenance</i>			Kelayakan	Sisa Massa Operasional (Tahun)
	HSD/Liter			LNG/mmbtu			<i>Dual Fuel</i>	<i>Diesel Engine</i>	IRR		
	Rp7.000	Rp9.000	Rp11.000	\$9	\$11	\$13	>20%	>20%			
1	v			v				v	26%	Layak	12
2		v		v				v	40%	Layak	14
3			v	v				v	40%	Layak	14
4	v				v			v	23%	Layak	11
5		v			v			v	32%	Layak	13
6			v		v			v	40%	Layak	14
7	v					v		v	19%	Layak	9
8		v				v		v	26%	Layak	12
9			v			v		v	40%	Layak	14
10	v			v			v		23%	Layak	11
11		v		v			v		32%	Layak	13
12			v	v			v		40%	Layak	14
13	v				v		v		17%	Layak	8
14		v			v		v		26%	Layak	12
15			v		v		v		40%	Layak	14
16	v					v	v		14%	Tidak Layak	Tidak Layak
17		v				v	v		26%	Layak	12
18			v			v	v		40%	Layak	14

Tabel 4. 19 Hasil Skenario Harga KM. GUNUNG DEMPO

KM. GUNUNG DEMPO (Tahun Pembuatan 2008)											
Skenario	Variasi Harga						Variasi Maintenance		IRR	Kelayakan	Sisa Massa Operasional (Tahun)
	HSD/Liter			LNG/mmbtu			Dual Fuel	Diesel Engine			
	Rp7.000	Rp9.000	Rp11.000	\$9	\$11	\$13	>20%	>20%			
1	v			v				v	26%	Layak	17
2		v		v				v	32%	Layak	18
3			v	v				v	40%	Layak	19
4	v				v			v	21%	Layak	15
5		v			v			v	26%	Layak	17
6			v		v			v	40%	Layak	19
7	v					v		v	14%	Tidak Layak	Tidak Layak
8		v				v		v	26%	Layak	17
9			v			v		v	32%	Layak	18
10	v			v			v		21%	Layak	15
11		v		v			v		26%	Layak	17
12			v	v			v		40%	Layak	19
13	v				v		v		17%	Layak	13
14		v			v		v		32%	Layak	18
15			v		v		v		32%	Layak	18
16	v					v	v		14%	Tidak Layak	Tidak Layak
17		v				v	v		21%	Layak	15
18			v			v	v		32%	Layak	18

Berdasarkan hasil skenario mengenai sensitivitas ekonomi pada analisa kelayakan pada ketiga kapal dengan studi kasus penggantian *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* maka bisa dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada kapal KM. Dobonsolo akan tidak layak jika pada penggunaan HSD dengan sensitivitas pada harga HSD dibawah Rp 7.000,00/Liter. Selain itu, harga pada bahan bakar LNG akan sensitive pada harga diatas \$ 15 USD/mmbtu. Untuk variasi harga *maintenance* tidak berpengaruh pada hasil analisa karena memiliki selisih yang sedikit.
2. Pada kapal KM. Labobar akan tidak layak jika pada penggunaan HSD dengan sensitivitas pada harga HSD dibawah Rp 5.000,00/Liter. Selain itu, harga pada bahan bakar LNG akan sensitive pada harga diatas \$ 15 USD/mmbtu. Untuk variasi harga *maintenance* tidak berpengaruh pada hasil analisa karena memiliki selisih yang sedikit.
3. Pada kapal KM. Gunung Dempo akan tidak layak jika pada penggunaan HSD dengan sensitivitas harga pada harga HSD dibawah Rp 5.000,00/Liter. Selain itu, harga pada bahan bakar LNG akan sensitive pada harga diatas \$ 15 USD/mmbtu. Untuk variasi harga *maintenance* tidak berpengaruh pada hasil analisa karena memiliki selisih yang sedikit.

IV.12 Hasil Analisa Berdasarkan Prediksi Harga

Analisa perhitungan kelayakan menggunakan prediksi harga tahun 2017 hingga tahun 2030. Prediksi harga didasarkan pada riwayat harga kementerian ESDM dan Perusahaan Gas Negara serta riwayat pembelian harga HSD pada perusahaan PT. PELNI. Untuk harga *maintenance* pada perencanaan *Retrofit Dual Fuel Diesel Engine* akan dilakukan variasi harga 20% lebih murah *maintenance Dual Fuel* dan 20% lebih murah *maintenance Diesel Engine* dengan proyeksi harga 7 tahun pergantian. Data prediksi Harga bahan bakar HSD dan LNG serta *maintenance* yang diprediksi sebagai berikut :

Tabel 4. 20 Tabel Asumsi Prediksi Harga Analisa Kelayakan

Tahun	LNG	HSD	<i>Maintenance</i>
2017	-	-	-
2018	\$9	Rp5.000	DF<20%
2019	\$9	Rp7.000	DF<20%
2020	\$8	Rp5.000	DF<20%
2021	\$9	Rp8.000	DF<20%
2022	\$15	Rp5.000	DF<20%
2023	\$8	Rp7.000	DF<20%
2024	\$12	Rp6.000	DF<20%
2025	\$10	Rp5.000	DF>20%
2026	\$11	Rp7.000	DF>20%

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel 4.20

2027	\$11	Rp5.000	DF>20%
2028	\$13	Rp8.000	DF>20%
2029	\$12	Rp5.000	DF>20%
2030	\$11	Rp7.000	DF>20%

Hasil analisa pada perhitungan analisa kelayakan pada kapal KM. Gunung Dempo bisa didapatkan dengan analisa sebagai berikut :

Variasi Harga LNG = Disesuaikan Tabel 4. 20

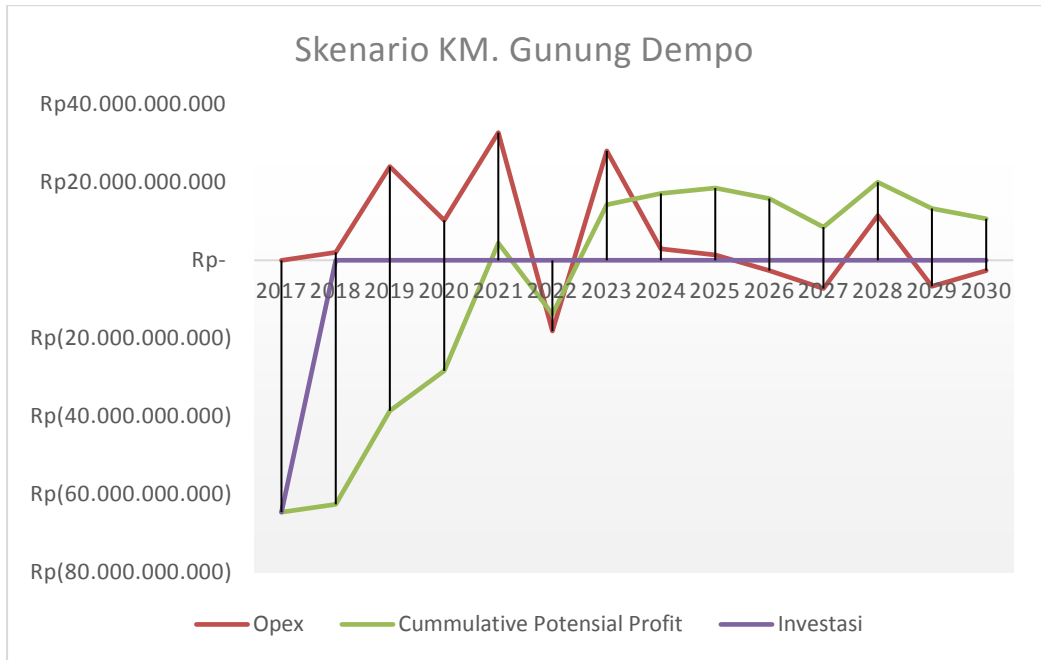
Variasi Harga HSD = Disesuaikan Tabel 4. 20

Variasi Harga *Maintenance* Disesuaikan Tabel 4. 20

Tabel 4. 21 Hasil Analisa KM. Gunung Dempo Berdasarkan Prediksi Harga

Time	Opex	<i>Cummulative Potensial Profit</i>	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp2.010.981.955	-Rp62.520.870.045	Rp-
2019	Rp23.961.015.727	-Rp38.559.854.318	Rp-
2020	Rp10.227.440.195	-Rp28.332.414.123	Rp-
2021	Rp32.693.888.097	Rp4.361.473.974	Rp-
2022	-Rp18.127.632.587	-Rp13.766.158.613	Rp-
2023	Rp27.997.296.720	Rp14.231.138.107	Rp-
2024	Rp2.884.469.397	Rp17.115.607.504	Rp-
2025	Rp1.362.237.482	Rp18.477.844.986	Rp-
2026	-Rp2.674.043.511	Rp15.803.801.475	Rp-
2027	-Rp7.263.533.854	Rp8.540.267.621	Rp-
2028	Rp11.444.795.102	Rp19.985.062.723	Rp-
2029	-Rp6.710.324.505	Rp13.274.738.218	Rp-
2030	-Rp2.674.043.511	Rp10.600.694.707	Rp-

Pada Tabel 4. 21. tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa, kapal KM. Gunung Dempo yang memiliki umur kapal 9 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*, dengan dilakukan analisa kelayakan berdasarkan harga prediksi, maka akan mengalami defisit anggaran selama 4 tahun dan pada umur 15 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 14 Milyar yang berikutnya akan mengalami keuntungan di tahun berikutnya karena efisiensi menggunakan bahan bakar gas. Pada analisa kelayakan dengan menggunakan prediksi harga pada bahan bakar dan *maintenance* akan didapatkan sebagai berikut :



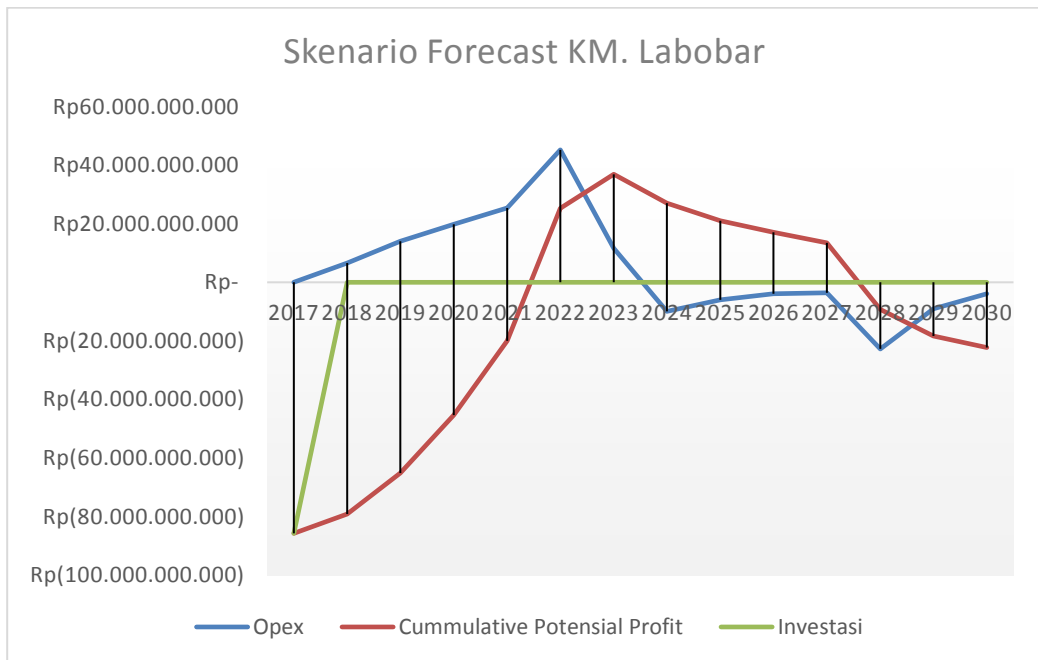
Gambar 4. 29 Grafik Skenario KM. Gunung Dempo Analisa Berdasarkan Prediksi Harga

Hasil analisa pada perhitungan analisa kelayakan pada kapal KM. Labobar bisa didapatkan dengan analisa sebagai berikut :

Tabel 4. 22 Hasil Analisa KM. Labobar Berdasarkan Prediksi Harga

Time	Opex	<i>Cummulative Potential Profit</i>	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp6.543.833.644	-Rp79.190.017.356	Rp-
2019	Rp14.051.850.980	-Rp65.138.166.376	Rp-
2020	Rp19.792.183.903	-Rp45.345.982.473	Rp-
2021	Rp25.381.506.449	-Rp19.964.476.024	Rp-
2022	Rp45.232.980.000	Rp25.268.503.976	Rp-
2023	Rp11.636.366.518	Rp36.904.870.494	Rp-
2024	-Rp9.867.417.562	Rp27.037.452.932	Rp-
2025	-Rp6.031.800.253	Rp21.005.652.679	Rp-
2026	-Rp3.940.216.816	Rp17.065.435.863	Rp-
2027	-Rp3.616.317.791	Rp13.449.118.072	Rp-
2028	-Rp22.766.950.485	-Rp9.317.832.413	Rp-
2029	-Rp9.032.751.689	-Rp18.350.584.102	Rp-
2030	-Rp3.940.216.816	-Rp22.290.800.918	Rp-

Pada Tabel 4. 22. tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa, kapal KM. Labobar yang memiliki umur kapal 14 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*, dengan dilakukan analisa kelayakan berdasarkan harga prediksi, maka akan mengalami defisit anggaran selama 5 tahun dan pada umur 19 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 25 Milyar yang berikutnya akan mengalami keuntungan di tahun berikutnya karena efisiensi menggunakan bahan bakar gas. Tetapi, pada tahun 2028 mengalami defisit kembali dikarenakan adanya fluktuasi harga. Pada analisa kelayakan dengan menggunakan prediksi harga pada bahan bakar dan *maintenance* akan didapatkan sebagai berikut :



Gambar 4. 30 Grafik Skenario KM. Labobar Analisa Berdasarkan Prediksi Harga

Hasil analisa pada perhitungan analisa kelayakan pada kapal KM. Dobonsolo bisa didapatkan dengan analisa sebagai berikut :

Tabel 4. 23 Hasil Analisa KM. Dobonsolo Berdasarkan Prediksi Harga

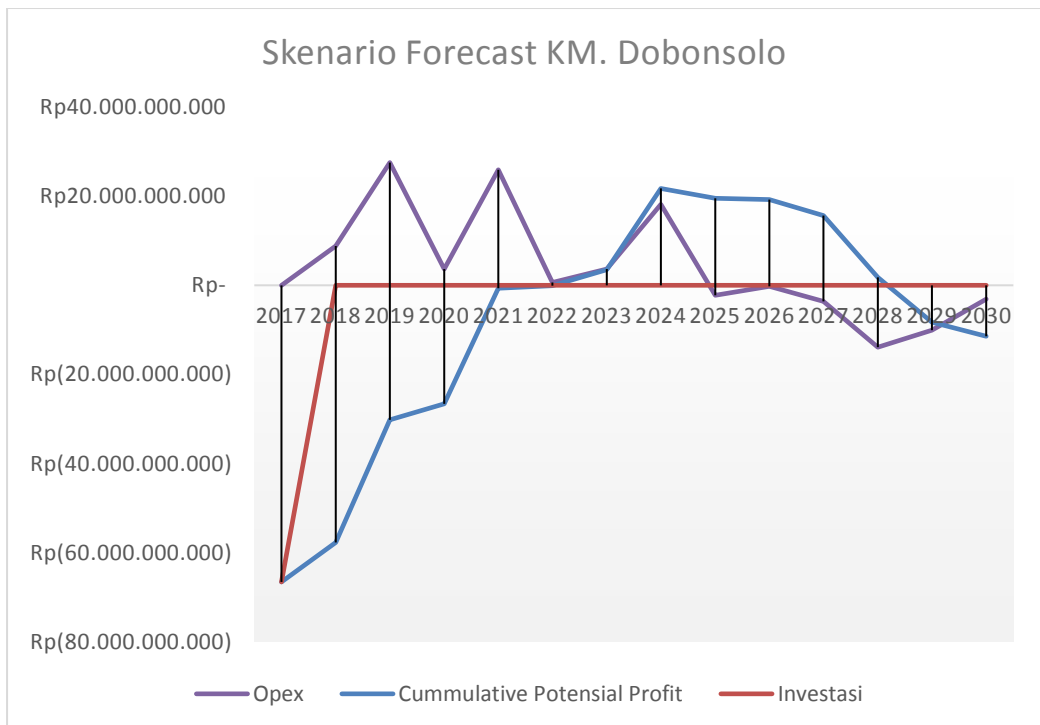
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp8.826.408.802	-Rp57.709.918.198	Rp-
2019	Rp27.529.449.917	-Rp30.180.468.281	Rp-
2020	Rp3.611.744.065	-Rp26.568.724.216	Rp-
2021	Rp25.880.970.475	-Rp687.753.741	Rp-
2022	Rp611.744.065	-Rp76.009.676	Rp-
2023	Rp3.611.744.065	Rp3.535.734.389	Rp-

Tabel dilanjutkan pada bagian belakang

Lanjutan Tabel 4.23

2024	Rp18.177.929.360	Rp21.713.663.749	Rp-
2025	-Rp2.228.655.934	Rp19.485.007.815	Rp-
2026	-Rp232.453.634	Rp19.252.554.181	Rp-
2027	-Rp3.616.317.791	Rp15.636.236.390	Rp-
2028	-Rp13.886.789.435	Rp1.749.446.955	Rp-
2029	-Rp10.043.563.267	-Rp8.294.116.312	Rp-
2030	-Rp3.123.434.558	-Rp11.417.550.870	Rp-

Pada Tabel 4. 23. tersebut berdasarkan pada proyeksi bahan bakar dapat diketahui bahwa, kapal KM. Dobonsolo yang memiliki umur kapal 24 tahun setelah di *Retrofit* dari *Diesel Engine* menjadi *Dual Fuel Diesel Engine*, dengan dilakukan analisa kelayakan berdasarkan harga prediksi, maka akan mengalami defisit anggaran selama 6 tahun dan pada umur 30 tahun akan mengalami keuntungan kembali sebesar 3 Milyar yang berikutnya akan mengalami keuntungan di tahun berikutnya karena efisiensi menggunakan bahan bakar gas. Tetapi, pada penggunaan *Dual Fuel* dengan umur kapal yang melebihi ketentuan PT. PELNI yaitu 30 tahun maka pada analisa ini didapatkan kesimpulan bahwa analisa tidak layak. Pada analisa kelayakan dengan menggunakan prediksi harga pada bahan bakar dan *maintenance* akan didapatkan sebagai berikut :



Gambar 4. 31 Grafik Skenario KM. Dobonsolo Analisa Berdasarkan Prediksi Harga

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Pada penelitian studi kelayakan pada penentuan umur kapal penumpang dapat diketahui bahwa *variable – variable* penentu yaitu berdasarkan *variable* mengenai *variable* OPEX (*Operational Expenditure*) dan CAPEX (*Capital Expenditure*). Pada OPEX dan CAPEX akan mempengaruhi *Cummulative Potensial Profit* yang menentukan kelayakan pada kapal. Variabel *Operational Expenditure* terdiri dari variabel Bahan Bakar, variabel Pelumas, variabel biaya *maintenance*, variabel *Overhaul* dan variabel selisih berat. Sedangkan pada Variabel *Capital Expenditure* terdiri dari variabel biaya *docking*, variabel biaya Tangki LNG dan variabel biaya pembelian *Engine Dual Fuel* berdasarkan daya yang digunakan. Pengaruh biaya yang sangat berpengaruh adalah pada perbedaan biaya bahan bakar LNG dan biaya bahan bakar minyak. Pada biaya bahan bakar sangat berpengaruh dalam perubahan penentuan kelayakan.
2. Pemodelan pada penentuan umur kapal penumpang sudah tergambar melalui *Causal Loop Diagram* yang terdiri atas *Cumulative Potensial Profit* yang dipengaruhi oleh Investasi awal dan aliran biaya OPEX. *Cumulative Potensial Profit* merupakan gambaran besar pemodelan yang akan dilakukan lebih detail melalui gambar model pada setiap variabel yang ada. Pemodelan dengan menjabarkan variabel – variabel yang lebih banyak dapat menghasilkan kondisi yang lebih akurat dengan kondisi waktu yang tepat.
3. Analisa kelayakan pada penentuan umur kapal penumpang dapat dilihat melalui 44 Skenario grafik dan analisa sensitivitas. Pada kapal KM. Gunung Dempo, KM. Labobar dan KM. Dobonsolo memiliki sensitivitas pada harga HSD dibawah Rp 7.000/Liter. Apabila harga HSD dibawah sensitivitas maka hasil analisa akan didapatkan ketidaklayakan. Selain itu, harga pada bahan bakar LNG akan sensitive pada harga diatas \$ 15 USD/mmmtu. Untuk variasi harga *maintenance* tidak berpengaruh signifikan pada hasil analisa karena memiliki selisih yang sedikit.

5.2 SARAN

1. Pada analisa penentuan umur kapal memerlukan variabel yang sangat kompleks agar seluruh kondisi dan keadaan yang terjadi akan bisa lebih detail dan lebih dapat diketahui hasil yang lengkap.
2. Untuk melakukan *Retrofit Engine* harus melihat variabel harga bahan bakar. Semakin murah harga bahan bakar minyak maka *Engine* yang akan di *Retrofit* menjadi *Dual Fuel* akan tidak layak.
3. Pada penelitian ini masih belum memperhatikan detail deisgn dari perencanaan konversi menjadi *Dual Fuel* dan dengan melakukan perhitungan sistem secara keseluruhan pada perencanaan konversi.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- ABS. (2014, November 3). *American Bureau of Shipping. 2014. Bunkering of Liquefied*. Retrieved from Bunkering of Liquefied Natural Gas-fueled Marine Vessel in North America:
http://www.lngbunkering.org/lng/sites/default/files/2014,%20ABS,%20Bunkering%20of%20Liquefied%20Natural%20Gasfueled%20Marine%20Vessels%20in%20North%20America_0.pdf
- American Bureau Of Shipping. (2010). *Floating Offshore Liquefied Gas Terminals*. Houston,USA: ABS (American Bureau Of Shipping).
- Artana, K. B., & Soegiono. (2006). *Transportasi LNG Indonesia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Bouloiz, H., Garbolino, E., Tkiouat, M., & Guarnieri, F. (2013). A system dynamics model of behavioral analysis of safety conditions in a chemical storage unit Safety . *Science - Dirrect* , 32-40.
- Boulougouris, E. C. (2015). *Lecture Notes on LNG Fueled Vessels Design Training*. Glasgow, Scotland: University of Strathclyde.
- British Petroleum. (2015, Juni). *BP Statistical Review Of World Energy*. Retrieved Februari 1, 2017, from British Petroleum:
<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>
- Catterpillar. (2011, November 29). *Dual Fuel Diesel Engine | From MaK M 43 C to M 46 DF*. Retrieved from Youtube Catterpillar:
https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-_L8&t=142s
- Catterpillar. (2017, Juli 17). *Dual Fuel Engine From MAK M 43 C to M 46 DF*. Retrieved from Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=6oj3_fO-_L8&t=142s
- Chryssakis, C. B. (2015). The Fuel Trilemma : Next Generation of Marine Fuels. In C. B. Chryssakis, *The Fuel Trilemma: Next Generation of Marine Fuels*. Oslo, Norway: DNV GL.
- Cooke, D., & Rohleder, T. (2006). Learning from incidents: from normal accidents to high reliability System Dynamics. *Science - Dirrect Elsevier*, 213-239.

- Diesel, R. (1895). *United State of America Patent No. US542846 A*.
- Einang, P. (2013). Gas Fuelled Ships-Norwegian Experience. *Helios FP7 Conference*. Copenhagen, Denmark.: MAN Diesel & Turbo.
- Energy, U. S. (2017, Juli Senin). *Henry Hub Natural Gas Spot Price* . Retrieved from EIA Energy Information Administration:
<https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhdM.htm>
- Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge,USA: MIT Press.
- Gas, D. M. (2015). *Laporan Statistik Minyak dan Gas Indonesia tahun 2015*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Herdzik, J. (2011). LNG As a Marine Fuel – Possibilities And Problems. *Journal of Kones Powertrain and Transport*, Vol. 18, No. 2.
- Indonesia Investment. (2016, July 4). *Van der Schaar Investments B.V*. Retrieved from Gas Alam: <http://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/gas-alam/item184?>
- Karyanto. (2017, 07 17). *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*. Retrieved from Kementerian Kelautan dan Perikanan BPPP Tegal: <http://www.bppp-tegal.com/web/index.php/artikel/161-sistim-bahan-bakar-motor-diesel>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016, Desember 31). Cadangan Gas Bumi Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi.
- Manurung, E. G. (2016). *Studi Teknis dan Ekonomis Penggunaan Gas Engine (LNG) Pada Kapal Tug Boat Untuk Operasional di Pelabuhan Khusus LNG Carrier*. Surabaya: ITS.
- Marais, K., Saleh, J., & Leveson, N. (2006). Archetypes For Organizational Safety. *Science - Dirrect Elsevier*.
- Marine Traffic. (2017, Juli 2). *MV. Gunung Dempo, MV.Labobar, MV. Dobonsolo*. Retrieved from Marine Traffic:
<http://www.marinetraffic.com/en/photos/of/ships/shipid:703109/#forward>
- Mohktab. (2014). Towards Green Marine Technology and Transport. In C. R. Belchior, & C. H. Marques, *LNG Carrier Machinery System* (p. 583). Rio De Janeiro, Brazil: Taylor Francis Group.

- Moizer, J. (1999). *System dynamics modelling of occupational safety: a case study approach*. Stirling: University Of Stirling.
- Muzhoffar, D. A. (2016). *Technical Comparison of BOG (Boil off Gas) Management Between Dual Fuel Diesel Engine and Steam Turbine in LNG Carrier to Optimize Steaming On Forced Boil Off*. Surabaya: ITS.
- Parkinson, T. (2014). *Gas Pricing In Southeast Asia*. Hongkong: The Lantau Group (Strategy and Economic Consulting).
- PT. Pelayaran Nasional Indonesia. (2016, Februari Minggu). *PELNI dan PGN Kerjasama Pemanfaatan Gas Bumi Untuk Kapal Laut*. Retrieved from Berita dan Informasi: <https://www.pelni.co.id/news/show/3330>
- PT. Pelayaran Nasional Indonesia. (2017, Februari Minggu). *Situs Utama PT. PELNI*. Retrieved from Home Base PT. PELNI: <https://www.pelni.co.id/>
- Soeharto, I. (2001). *Manajemen Proyek (dari konseptual sampai operasional) jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: Mac-Graw Hill.
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economics 3rd Edition*. London and New York: Routledge Taylor and Francis Group.
- Takaishi, T. (2008). *Approach to High Efficiency*. Nagasaki, Japan: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
- Tang, V., & Vijay, S. (2001). System Dynamics origin development and future prospects of a method. *Research Seminar in Engineering System*. Cambridge: MIT Press.
- Wahyuni, P. K. (2016). *Studi Perbandingan Ekonomi Penggunaan Boil Off Gas pada LNG Carrier dengan Dual Fuel Diesel Engine (DFDE) dan Steam Turbine*. Surabaya: ITS.
- Yi, L., Shu, G. Z., Lian, H., Hua, Y. H., & Hang, S. (2016). System dynamics modeling of the safety evolution of blended-wing-body subscale demonstrator flight testing. *Science Direct Elsevier Safety Science*, 219-230.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN

SKENARIO HARGA PADA VARIASI NILAI HARGA BAHAN BAKAR MINYAK DAN LNG SERTA VARIASI SELISIH BIAYA MAINTENANCE

Kapal KM. Dobonsolo

Skenario 1

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

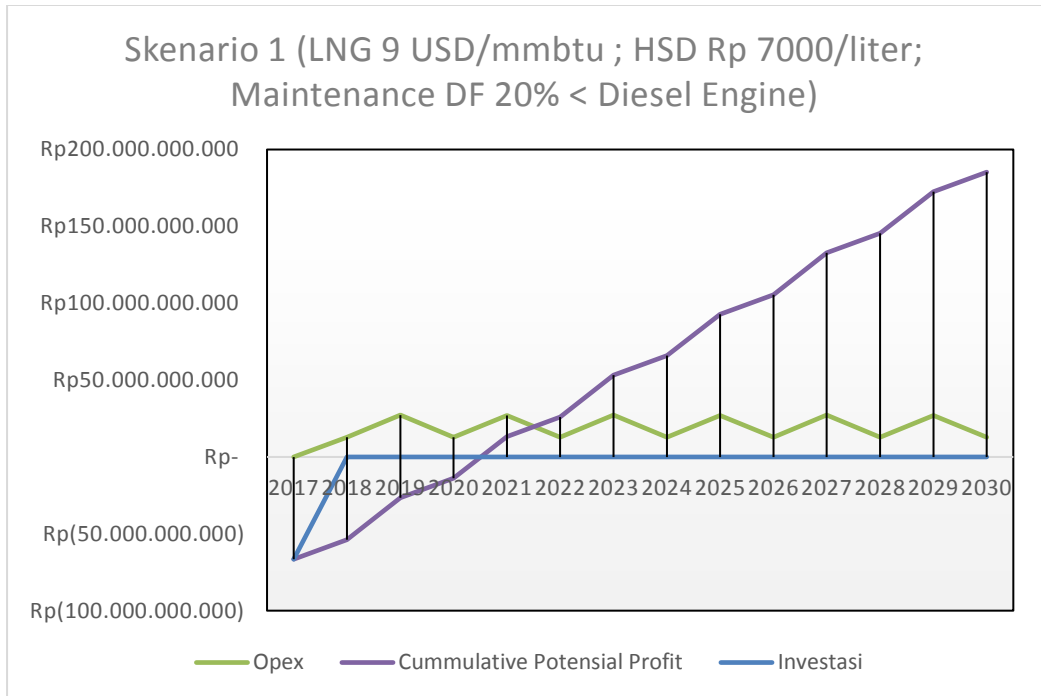
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 1 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 1

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp12.721.886.203	-Rp53.814.440.797	Rp-
2019	Rp27.288.071.498	-Rp26.526.369.299	Rp-
2020	Rp12.721.886.203	-Rp13.804.483.096	Rp-
2021	Rp26.967.783.971	Rp13.163.300.875	Rp-
2022	Rp12.721.886.203	Rp25.885.187.079	Rp-
2023	Rp27.288.071.498	Rp53.173.258.577	Rp-
2024	Rp12.721.886.203	Rp65.895.144.780	Rp-
2025	Rp26.967.783.971	Rp92.862.928.751	Rp-
2026	Rp12.721.886.203	Rp105.584.814.954	Rp-
2027	Rp27.288.071.498	Rp132.872.886.452	Rp-
2028	Rp12.721.886.203	Rp145.594.772.655	Rp-
2029	Rp26.967.783.971	Rp172.562.556.626	Rp-
2030	Rp12.721.886.203	Rp185.284.442.830	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	28 Tahun
Sisa Massa Operasional	2 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 1 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 1

Skenario 2

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 2 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 2

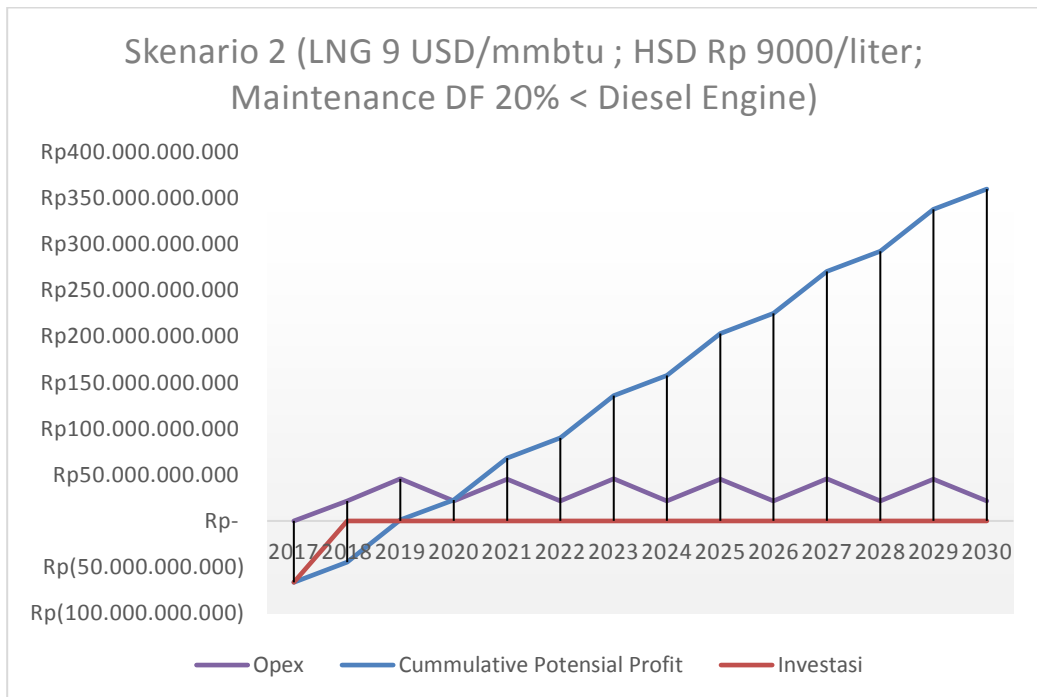
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp21.832.028.341	-Rp44.704.298.659	Rp-
2019	Rp45.749.734.193	Rp1.045.435.535	Rp-
2020	Rp21.832.028.341	Rp22.877.463.876	Rp-
2021	Rp45.429.446.666	Rp68.306.910.542	Rp-
2022	Rp21.832.028.341	Rp90.138.938.883	Rp-
2023	Rp45.749.734.193	Rp135.888.673.077	Rp-
2024	Rp21.832.028.341	Rp157.720.701.418	Rp-
2025	Rp45.429.446.666	Rp203.150.148.084	Rp-
2026	Rp21.832.028.341	Rp224.982.176.425	Rp-
2027	Rp45.749.734.193	Rp270.731.910.619	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A.2

2028	Rp21.832.028.341	Rp292.563.938.960	Rp-
2029	Rp45.429.446.666	Rp337.993.385.626	Rp-
2030	Rp21.832.028.341	Rp359.825.413.967	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2019
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	26 Tahun
Sisa Massa Operasional	4 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 2 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 2

Skenario 3

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

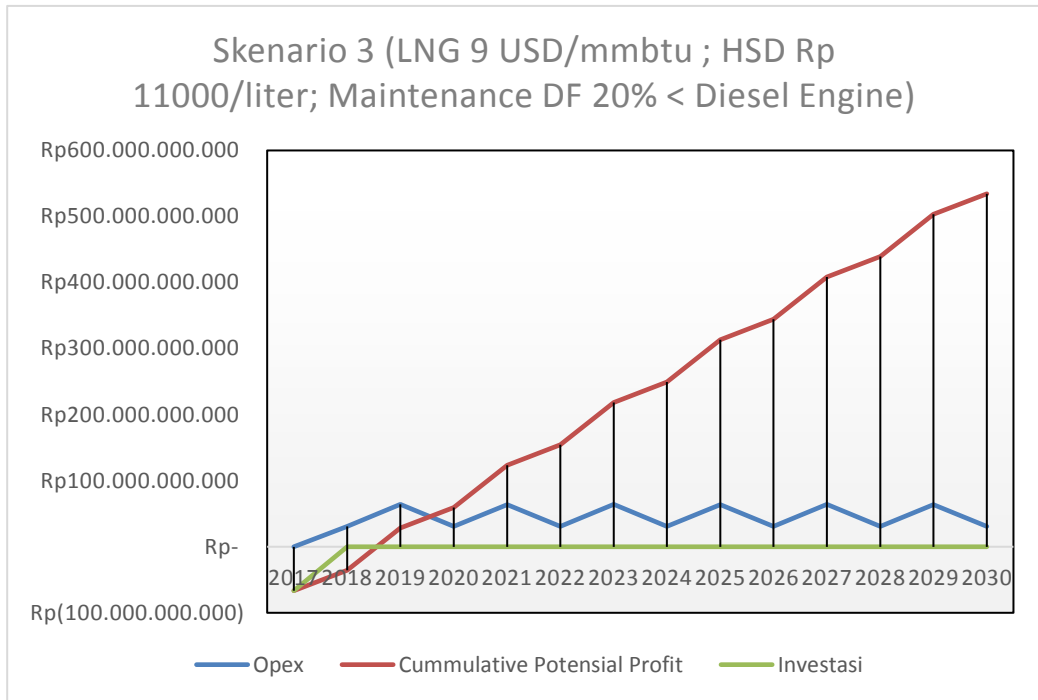
Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 3 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 3

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp30.942.170.479	-Rp35.594.156.521	Rp-
2019	Rp64.211.396.889	Rp28.617.240.368	Rp-
2020	Rp30.942.170.479	Rp59.559.410.847	Rp-
2021	Rp63.891.109.362	Rp123.450.520.209	Rp-
2022	Rp30.942.170.479	Rp154.392.690.689	Rp-
2023	Rp64.211.396.889	Rp218.604.087.578	Rp-
2024	Rp30.942.170.479	Rp249.546.258.057	Rp-
2025	Rp63.891.109.362	Rp313.437.367.419	Rp-
2026	Rp30.942.170.479	Rp344.379.537.898	Rp-
2027	Rp64.211.396.889	Rp408.590.934.787	Rp-
2028	Rp30.942.170.479	Rp439.533.105.266	Rp-
2029	Rp63.891.109.362	Rp503.424.214.628	Rp-
2030	Rp30.942.170.479	Rp534.366.385.107	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 26 Tahun
 Sisa Massa Operasional 4 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 3 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 3

Skenario 4

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 4 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 4

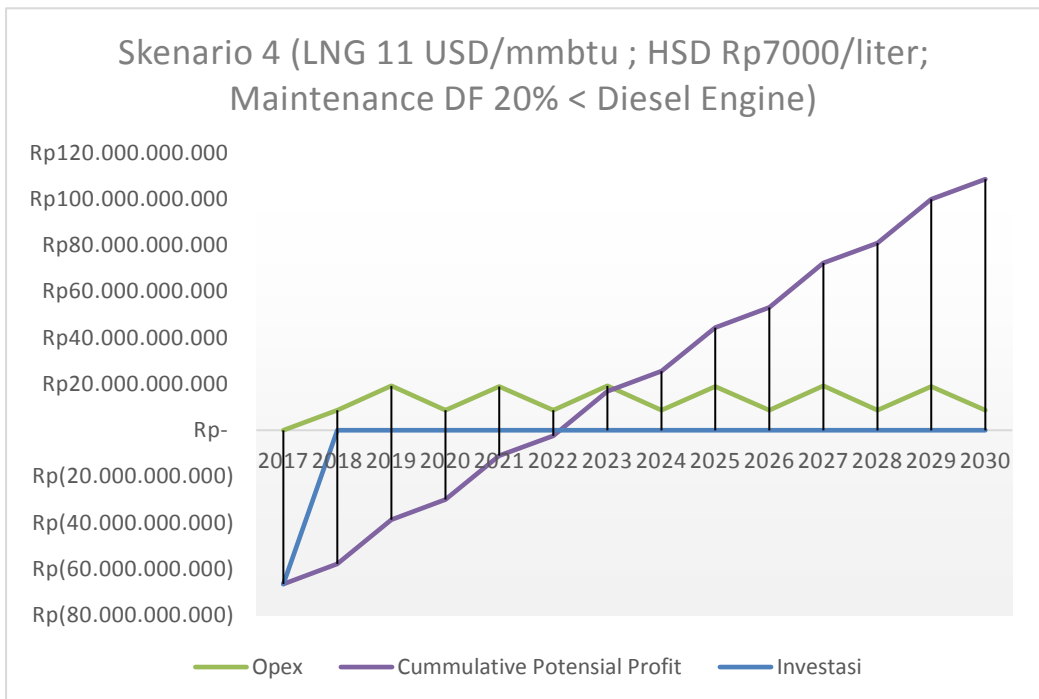
Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp8.685.411.391	-Rp57.850.915.609	Rp-
2019	Rp19.215.121.873	-Rp38.635.793.736	Rp-
2020	Rp8.685.411.391	-Rp29.950.382.346	Rp-
2021	Rp18.894.834.346	-Rp11.055.548.000	Rp-
2022	Rp8.685.411.391	-Rp2.370.136.609	Rp-
2023	Rp19.215.121.873	Rp16.844.985.264	Rp-
2024	Rp8.685.411.391	Rp25.530.396.655	Rp-
2025	Rp18.894.834.346	Rp44.425.231.000	Rp-
2026	Rp8.685.411.391	Rp53.110.642.391	Rp-
2027	Rp19.215.121.873	Rp72.325.764.264	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A.4

2028	Rp8.685.411.391	Rp81.011.175.655	Rp-
2029	Rp18.894.834.346	Rp99.906.010.001	Rp-
2030	Rp8.685.411.391	Rp108.591.421.391	Rp-

Tahun Pembuatan	1993	
Tahun Perhitungan Kelayakan	2023	
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun	
Umur Berdasarkan Perhitungan	30 Tahun	
Sisa Massa Operasional	Tidak Layak	Tahun
Kesimpulan Kelayakan		
Tidak Layak		



Gambar A. 4 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 4

Skenario 5

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

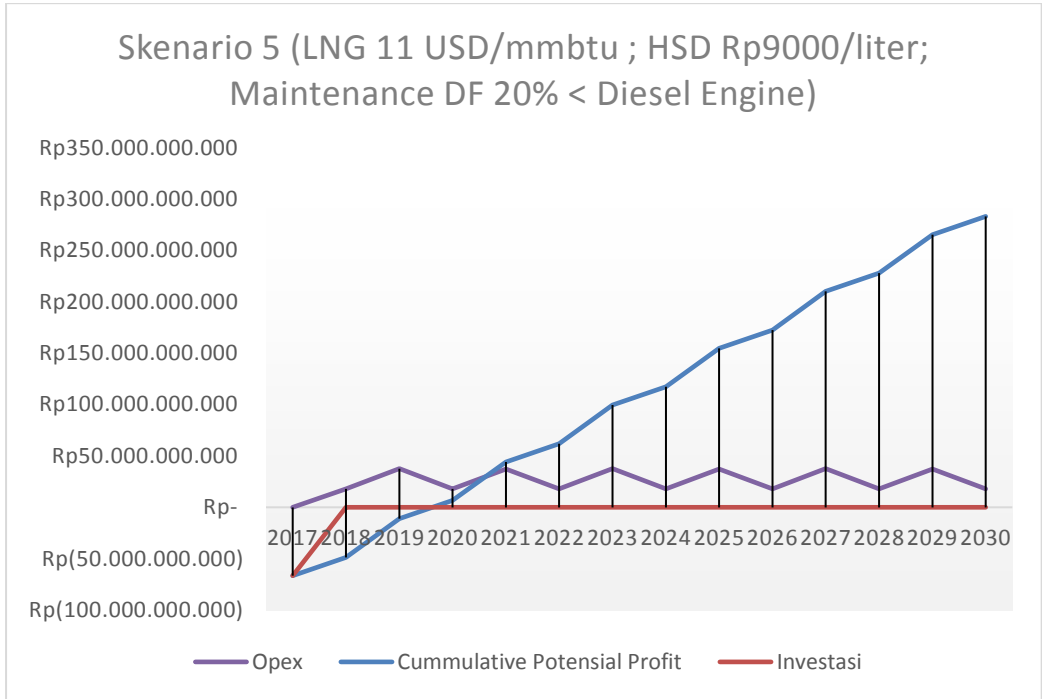
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 5 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 5

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp17.795.553.529	-Rp48.740.773.471	Rp-
2019	Rp37.676.784.568	-Rp11.063.988.903	Rp-
2020	Rp17.795.553.529	Rp6.731.564.626	Rp-
2021	Rp37.356.497.041	Rp44.088.061.667	Rp-
2022	Rp17.795.553.529	Rp61.883.615.196	Rp-
2023	Rp37.676.784.568	Rp99.560.399.764	Rp-
2024	Rp17.795.553.529	Rp117.355.953.293	Rp-
2025	Rp37.356.497.041	Rp154.712.450.334	Rp-
2026	Rp17.795.553.529	Rp172.508.003.863	Rp-
2027	Rp37.676.784.568	Rp210.184.788.431	Rp-
2028	Rp17.795.553.529	Rp227.980.341.960	Rp-
2029	Rp37.356.497.041	Rp265.336.839.001	Rp-
2030	Rp17.795.553.529	Rp283.132.392.530	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan
 Perhitungan 27 Tahun
 Sisa Massa Operasional 3 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 5 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 5

Skenario 6

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

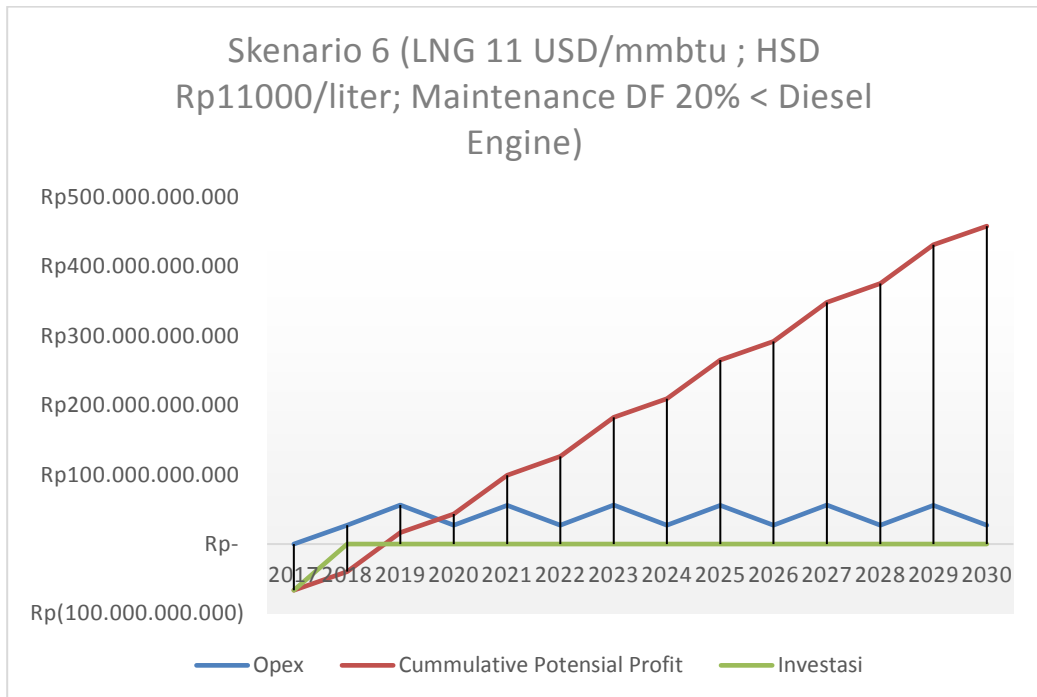
Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 6 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 6

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp26.905.695.667	-Rp39.630.631.333	Rp-
2019	Rp56.138.447.264	Rp16.507.815.931	Rp-
2020	Rp26.905.695.667	Rp43.413.511.597	Rp-
2021	Rp55.818.159.737	Rp99.231.671.334	Rp-
2022	Rp26.905.695.667	Rp126.137.367.000	Rp-
2023	Rp56.138.447.264	Rp182.275.814.264	Rp-
2024	Rp26.905.695.667	Rp209.181.509.931	Rp-
2025	Rp55.818.159.737	Rp264.999.669.668	Rp-
2026	Rp26.905.695.667	Rp291.905.365.334	Rp-
2027	Rp56.138.447.264	Rp348.043.812.598	Rp-
2028	Rp26.905.695.667	Rp374.949.508.265	Rp-
2029	Rp55.818.159.737	Rp430.767.668.002	Rp-
2030	Rp26.905.695.667	Rp457.673.363.668	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2019
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	26 Tahun
Sisa Massa Operasional	4 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 6 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 6

Skenario 7

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 7 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 7

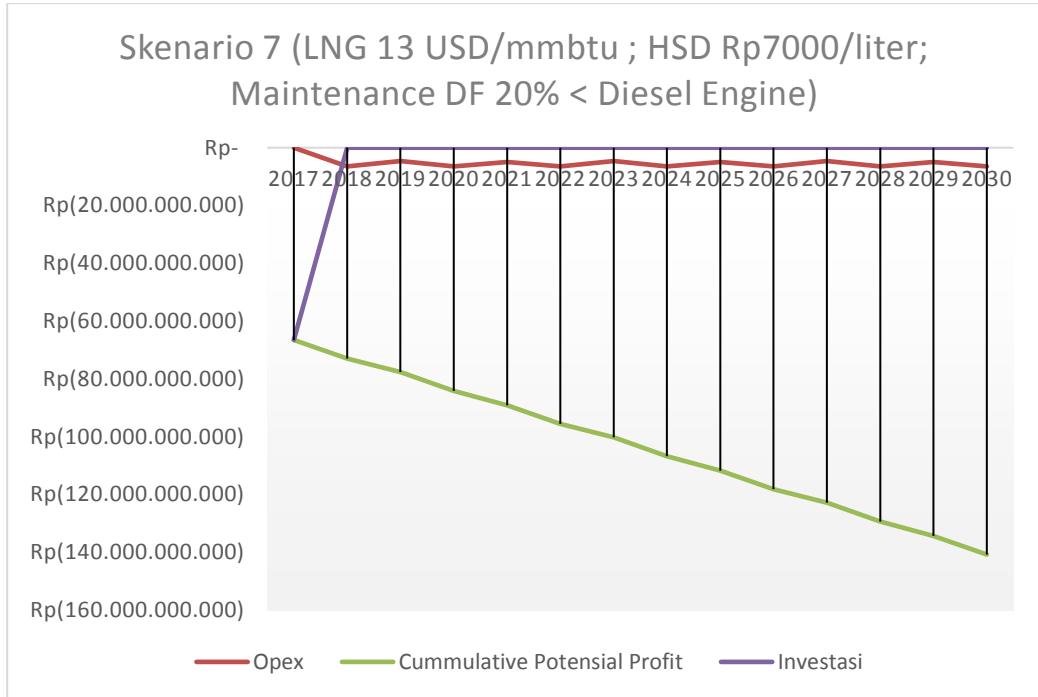
Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	-Rp6.476.584.490	-Rp73.012.911.490	Rp-
2019	-Rp4.659.109.099	-Rp77.672.020.589	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A.7

2020	-Rp6.476.584.490	-Rp84.148.605.079	Rp-
2021	-Rp4.979.396.627	-Rp89.128.001.706	Rp-
2022	-Rp6.476.584.490	-Rp95.604.586.196	Rp-
2023	-Rp4.659.109.099	-Rp100.263.695.295	Rp-
2024	-Rp6.476.584.490	-Rp106.740.279.785	Rp-
2025	-Rp4.979.396.627	-Rp111.719.676.412	Rp-
2026	-Rp6.476.584.490	-Rp118.196.260.902	Rp-
2027	-Rp4.659.109.099	-Rp122.855.370.001	Rp-
2028	-Rp6.476.584.490	-Rp129.331.954.491	Rp-
2029	-Rp4.979.396.627	-Rp134.311.351.118	Rp-
2030	-Rp6.476.584.490	-Rp140.787.935.608	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2100
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan
 Perhitungan 107 Tahun
 Sisa Massa Operasional Tidak
 Layak Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Tidak Layak



Gambar A. 7 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 7

Skenario 8

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

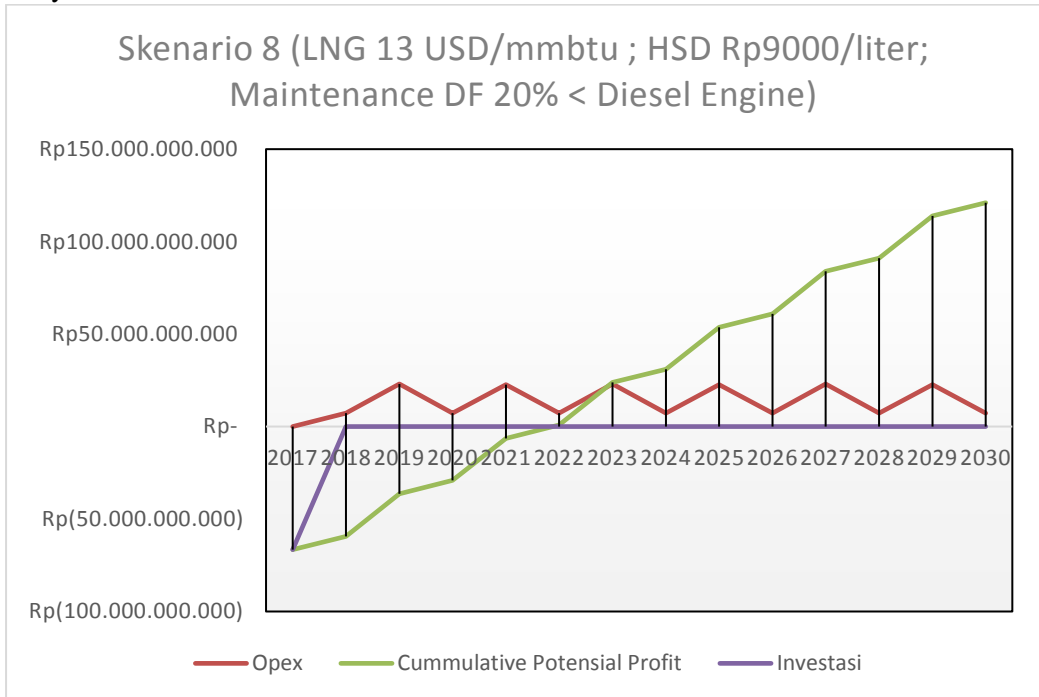
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 8 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 8

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp7.188.628.716	-Rp59.347.698.284	Rp-
2019	Rp23.033.384.943	-Rp36.314.313.341	Rp-
2020	Rp7.188.628.716	-Rp29.125.684.625	Rp-
2021	Rp22.713.097.416	-Rp6.412.587.209	Rp-
2022	Rp7.188.628.716	Rp776.041.507	Rp-
2023	Rp23.033.384.943	Rp23.809.426.450	Rp-
2024	Rp7.188.628.716	Rp30.998.055.166	Rp-
2025	Rp22.713.097.416	Rp53.711.152.582	Rp-
2026	Rp7.188.628.716	Rp60.899.781.298	Rp-
2027	Rp23.033.384.943	Rp83.933.166.241	Rp-
2028	Rp7.188.628.716	Rp91.121.794.957	Rp-
2029	Rp22.713.097.416	Rp113.834.892.373	Rp-
2030	Rp7.188.628.716	Rp121.023.521.089	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2022
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 29 Tahun
 Sisa Massa Operasional 1 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 8 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 8

Skenario 9

Harga LNG = 13 USD/mmbtu
 Harga HSD = Rp11.000/Liter
 Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 9 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 9

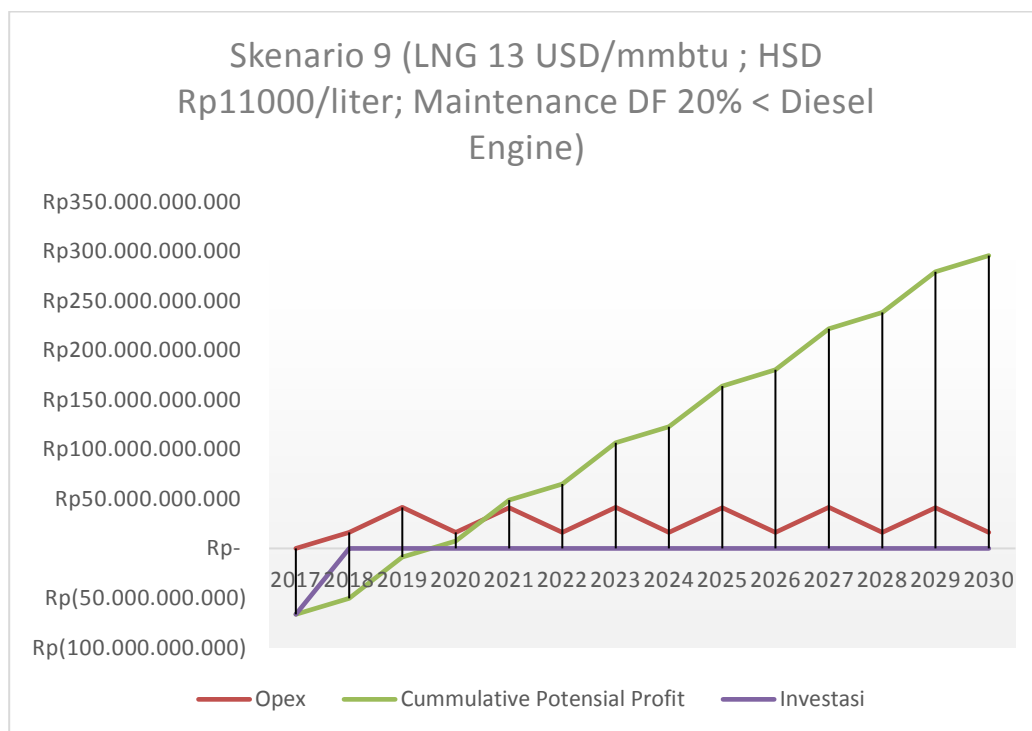
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp16.298.770.854	-Rp50.237.556.146	Rp-
2019	Rp41.495.047.639	-Rp8.742.508.507	Rp-
2020	Rp16.298.770.854	Rp7.556.262.347	Rp-
2021	Rp41.174.760.111	Rp48.731.022.458	Rp-
2022	Rp16.298.770.854	Rp65.029.793.312	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A.9

2023	Rp41.495.047.639	Rp106.524.840.951	Rp-
2024	Rp16.298.770.854	Rp122.823.611.805	Rp-
2025	Rp41.174.760.111	Rp163.998.371.916	Rp-
2026	Rp16.298.770.854	Rp180.297.142.770	Rp-
2027	Rp41.495.047.639	Rp221.792.190.409	Rp-
2028	Rp16.298.770.854	Rp238.090.961.263	Rp-
2029	Rp41.174.760.111	Rp279.265.721.374	Rp-
2030	Rp16.298.770.854	Rp295.564.492.228	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 27 Tahun
Sisa Massa Operasional 3 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 9 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 9

Skenario 10

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

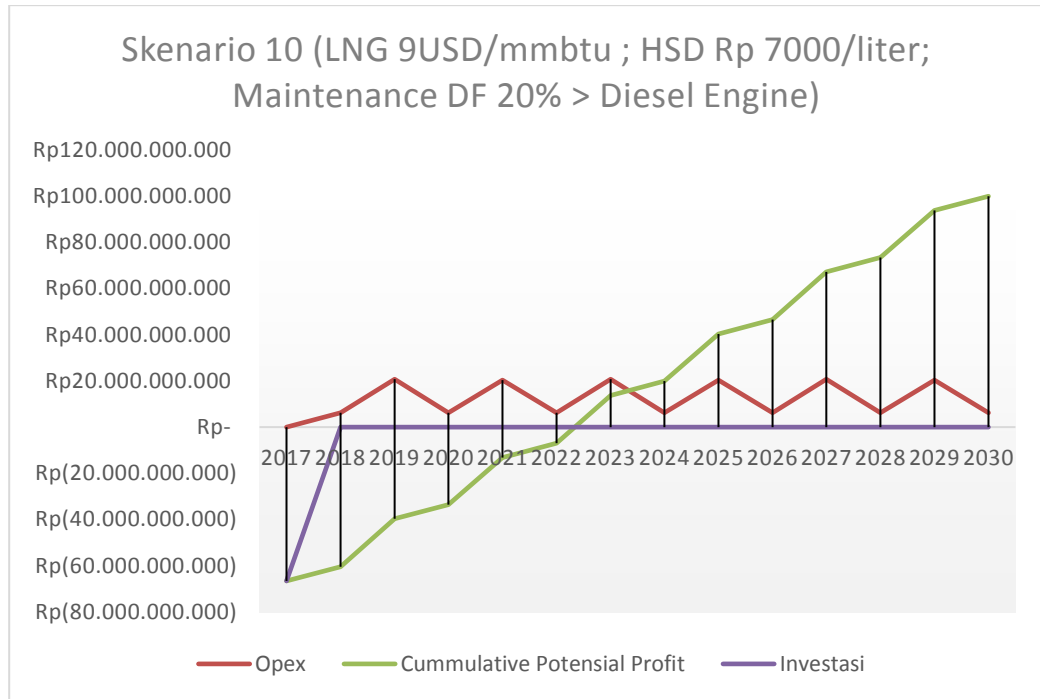
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 10 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 10

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp6.151.436.203	-Rp60.384.890.797	Rp-
2019	Rp20.717.621.498	-Rp39.667.269.299	Rp-
2020	Rp6.151.436.203	-Rp33.515.833.096	Rp-
2021	Rp20.397.333.971	-Rp13.118.499.125	Rp-
2022	Rp6.151.436.203	-Rp6.967.062.921	Rp-
2023	Rp20.717.621.498	Rp13.750.558.577	Rp-
2024	Rp6.151.436.203	Rp19.901.994.780	Rp-
2025	Rp20.397.333.971	Rp40.299.328.751	Rp-
2026	Rp6.151.436.203	Rp46.450.764.954	Rp-
2027	Rp20.717.621.498	Rp67.168.386.452	Rp-
2028	Rp6.151.436.203	Rp73.319.822.655	Rp-
2029	Rp20.397.333.971	Rp93.717.156.626	Rp-
2030	Rp6.151.436.203	Rp99.868.592.830	Rp-

Tahun Pembuatan	1993	
Tahun Perhitungan Kelayakan	2023	
Batas Umur Kelayakan PELNI	30	Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	30	Tahun
Sisa Massa Operasional	Tidak Layak	Tahun
Kesimpulan Kelayakan		
Tidak Layak		



Gambar A. 10 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 10

Skenario 11

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

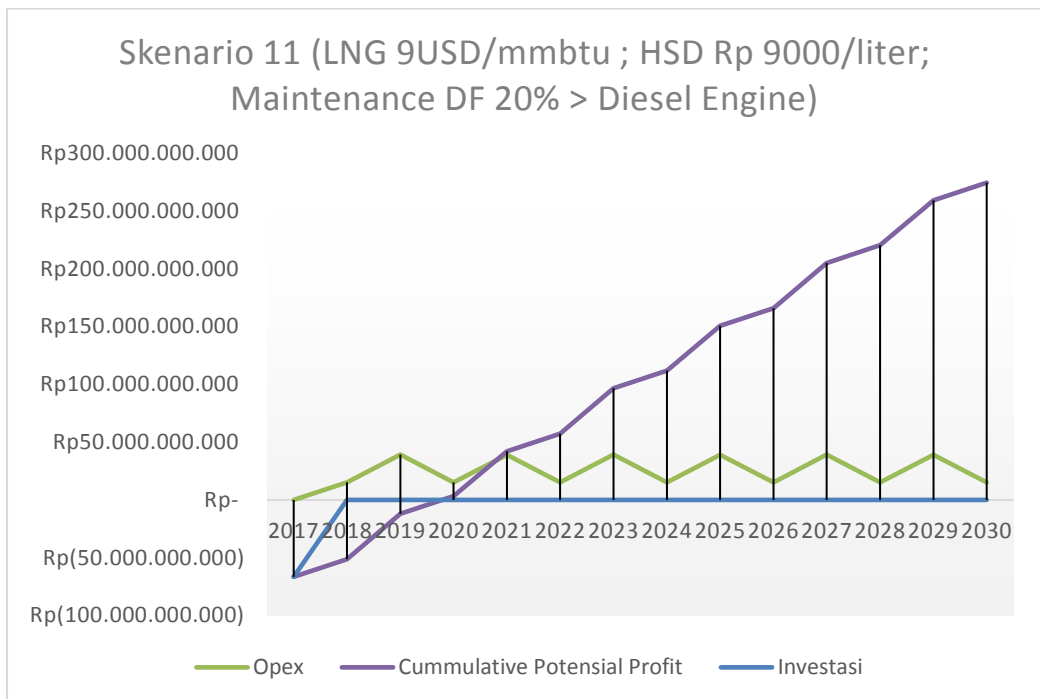
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 11 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 11

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp15.261.578.341	-Rp51.274.748.659	Rp-
2019	Rp39.179.284.193	-Rp12.095.464.465	Rp-
2020	Rp15.261.578.341	Rp3.166.113.876	Rp-
2021	Rp38.858.996.666	Rp42.025.110.542	Rp-
2022	Rp15.261.578.341	Rp57.286.688.883	Rp-
2023	Rp39.179.284.193	Rp96.465.973.077	Rp-
2024	Rp15.261.578.341	Rp111.727.551.418	Rp-
2025	Rp38.858.996.666	Rp150.586.548.084	Rp-
2026	Rp15.261.578.341	Rp165.848.126.425	Rp-
2027	Rp39.179.284.193	Rp205.027.410.619	Rp-
2028	Rp15.261.578.341	Rp220.288.988.960	Rp-
2029	Rp38.858.996.666	Rp259.147.985.626	Rp-
2030	Rp15.261.578.341	Rp274.409.563.967	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2020
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	27 Tahun
Sisa Massa Operasional	3 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 11 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 11

Skenario 12

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 12 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 12

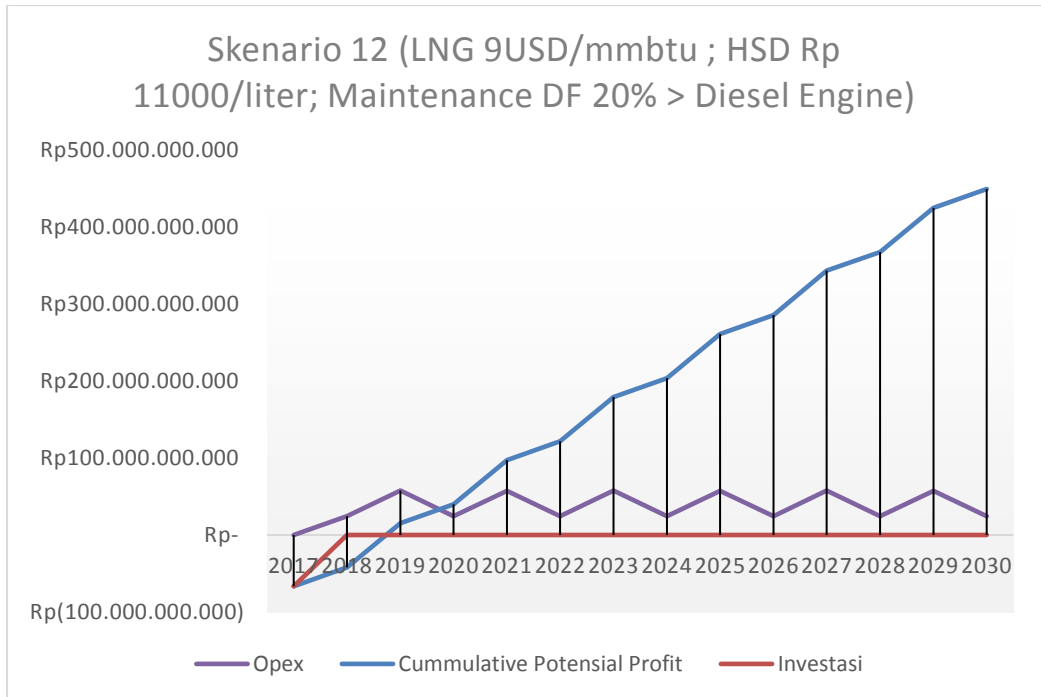
Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp24.371.720.479	-Rp42.164.606.521	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A.12

2019	Rp57.640.946.889	Rp15.476.340.368	Rp-
2020	Rp24.371.720.479	Rp39.848.060.847	Rp-
2021	Rp57.320.659.362	Rp97.168.720.209	Rp-
2022	Rp24.371.720.479	Rp121.540.440.688	Rp-
2023	Rp57.640.946.889	Rp179.181.387.577	Rp-
2024	Rp24.371.720.479	Rp203.553.108.056	Rp-
2025	Rp57.320.659.362	Rp260.873.767.418	Rp-
2026	Rp24.371.720.479	Rp285.245.487.897	Rp-
2027	Rp57.640.946.889	Rp342.886.434.786	Rp-
2028	Rp24.371.720.479	Rp367.258.155.265	Rp-
2029	Rp57.320.659.362	Rp424.578.814.627	Rp-
2030	Rp24.371.720.479	Rp448.950.535.106	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 26 Tahun
Sisa Massa Operasional 4 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 12 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 12

Skenario 13

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

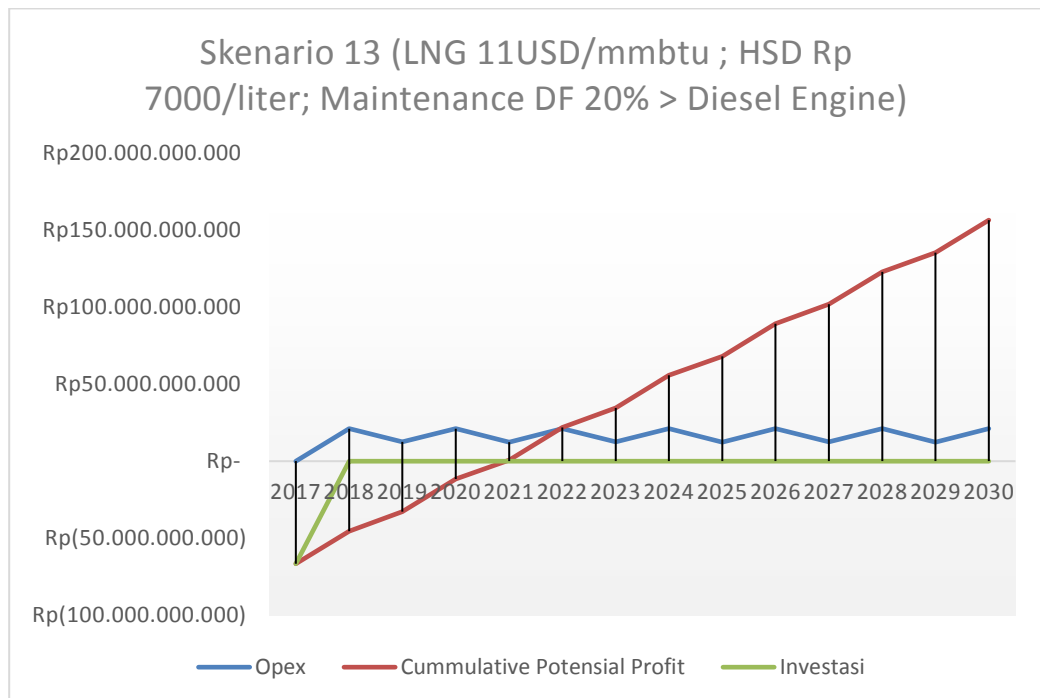
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 13 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 13

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp21.149.619.391	-Rp45.386.707.609	Rp-
2019	Rp12.644.671.873	-Rp32.742.035.736	Rp-
2020	Rp21.149.619.391	-Rp11.592.416.346	Rp-
2021	Rp12.324.384.346	Rp731.968.000	Rp-
2022	Rp21.149.619.391	Rp21.881.587.391	Rp-
2023	Rp12.644.671.873	Rp34.526.259.264	Rp-
2024	Rp21.149.619.391	Rp55.675.878.655	Rp-
2025	Rp12.324.384.346	Rp68.000.263.001	Rp-
2026	Rp21.149.619.391	Rp89.149.882.391	Rp-
2027	Rp12.644.671.873	Rp101.794.554.264	Rp-
2028	Rp21.149.619.391	Rp122.944.173.655	Rp-
2029	Rp12.324.384.346	Rp135.268.558.001	Rp-
2030	Rp21.149.619.391	Rp156.418.177.392	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	28 Tahun
Sisa Massa Operasional	2 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 13 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 13

Skenario 14

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 14 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 14

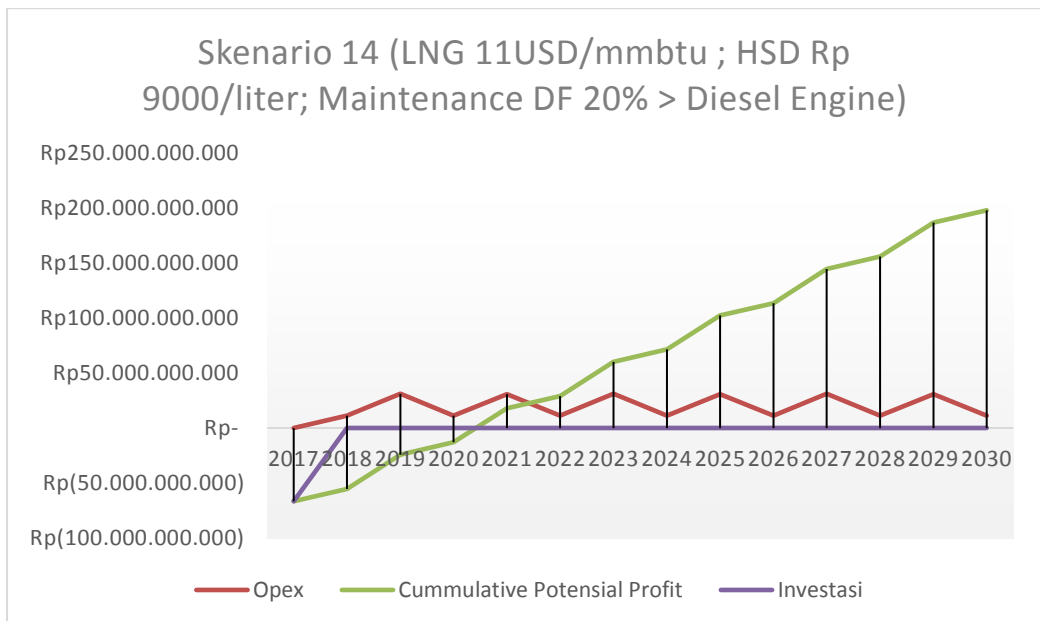
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp11.225.103.529	-Rp55.311.223.471	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 14

2019	Rp31.106.334.568	-Rp24.204.888.903	Rp-
2020	Rp11.225.103.529	-Rp12.979.785.375	Rp-
2021	Rp30.786.047.041	Rp17.806.261.666	Rp-
2022	Rp11.225.103.529	Rp29.031.365.195	Rp-
2023	Rp31.106.334.568	Rp60.137.699.763	Rp-
2024	Rp11.225.103.529	Rp71.362.803.292	Rp-
2025	Rp30.786.047.041	Rp102.148.850.333	Rp-
2026	Rp11.225.103.529	Rp113.373.953.861	Rp-
2027	Rp31.106.334.568	Rp144.480.288.429	Rp-
2028	Rp11.225.103.529	Rp155.705.391.958	Rp-
2029	Rp30.786.047.041	Rp186.491.438.999	Rp-
2030	Rp11.225.103.529	Rp197.716.542.528	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
Tahun Perhitungan Kelayakan 2021
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 28 Tahun
Sisa Massa Operasional 2 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 14 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 14

Skenario 15

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

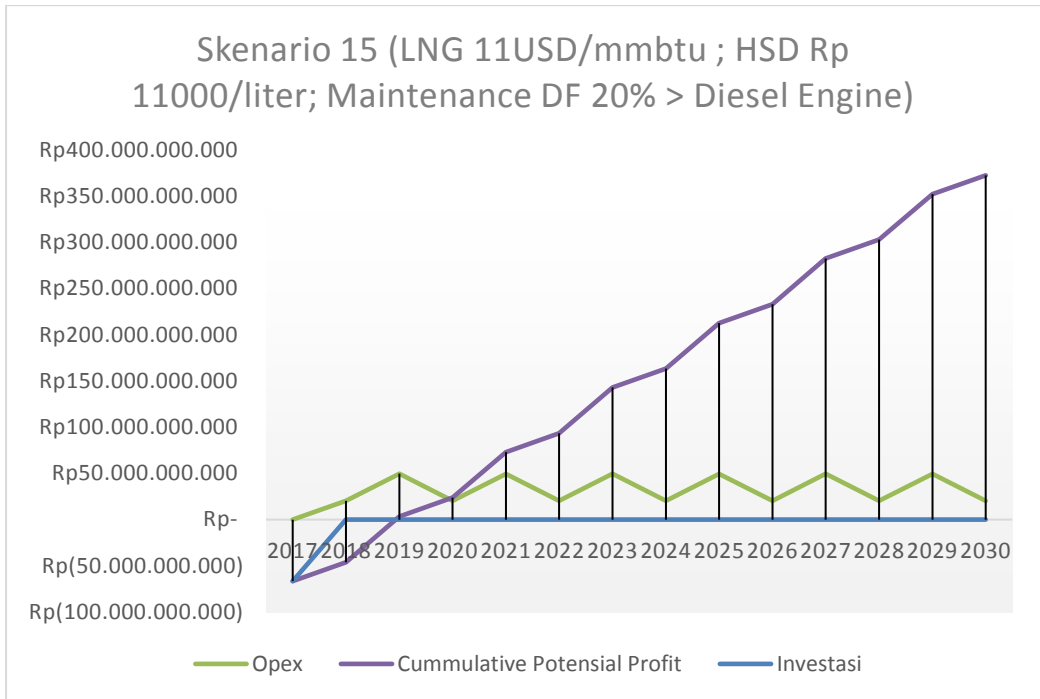
Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 15 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 15

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp20.335.245.667	-Rp46.201.081.333	Rp-
2019	Rp49.567.997.264	Rp3.366.915.931	Rp-
2020	Rp20.335.245.667	Rp23.702.161.597	Rp-
2021	Rp49.247.709.737	Rp72.949.871.334	Rp-
2022	Rp20.335.245.667	Rp93.285.117.001	Rp-
2023	Rp49.567.997.264	Rp142.853.114.265	Rp-
2024	Rp20.335.245.667	Rp163.188.359.931	Rp-
2025	Rp49.247.709.737	Rp212.436.069.668	Rp-
2026	Rp20.335.245.667	Rp232.771.315.335	Rp-
2027	Rp49.567.997.264	Rp282.339.312.599	Rp-
2028	Rp20.335.245.667	Rp302.674.558.265	Rp-
2029	Rp49.247.709.737	Rp351.922.268.002	Rp-
2030	Rp20.335.245.667	Rp372.257.513.669	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 26 Tahun
Sisa Massa Operasional 4 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 15 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 15

Skenario 16

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

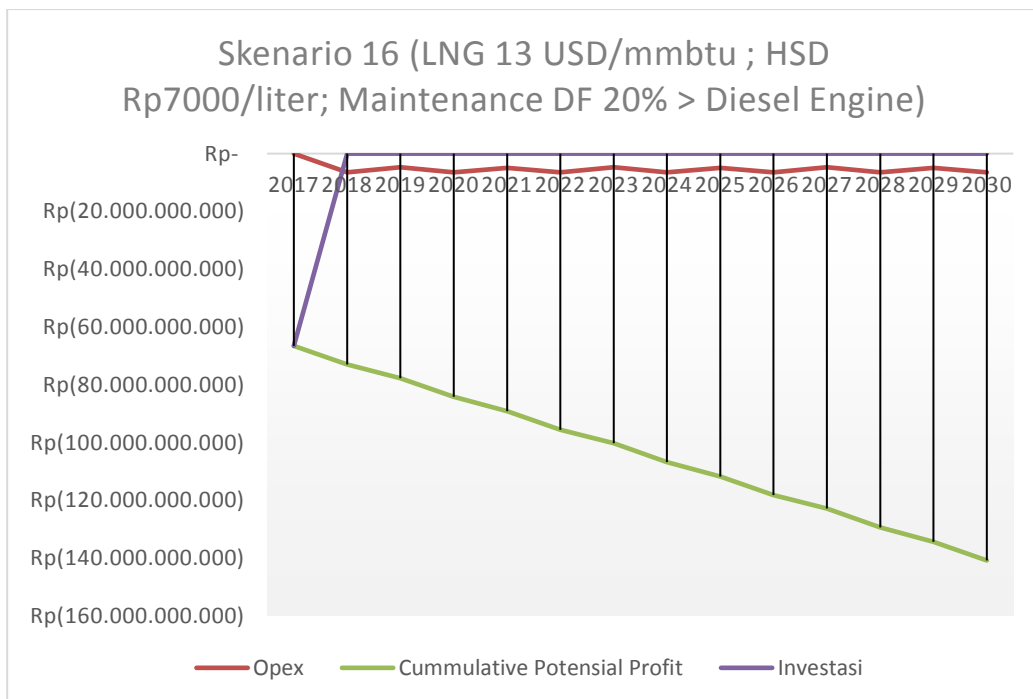
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 16 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 16

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	-Rp6.476.584.490	-Rp73.012.911.490	Rp-
2019	-Rp4.659.109.099	-Rp77.672.020.589	Rp-
2020	-Rp6.476.584.490	-Rp84.148.605.079	Rp-
2021	-Rp4.979.396.626	-Rp89.128.001.705	Rp-
2022	-Rp6.476.584.490	-Rp95.604.586.195	Rp-
2023	-Rp4.659.109.099	-Rp100.263.695.294	Rp-
2024	-Rp6.476.584.490	-Rp106.740.279.784	Rp-
2025	-Rp4.979.396.626	-Rp111.719.676.410	Rp-
2026	-Rp6.476.584.490	-Rp118.196.260.900	Rp-
2027	-Rp4.659.109.099	-Rp122.855.369.999	Rp-
2028	-Rp6.476.584.490	-Rp129.331.954.489	Rp-
2029	-Rp4.979.396.626	-Rp134.311.351.115	Rp-
2030	-Rp6.476.584.490	-Rp140.787.935.605	Rp-

Tahun Pembuatan	1993	
Tahun Perhitungan Kelayakan	2100	
Batas Umur Kelayakan PELNI	30	Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	107	Tahun
Sisa Massa Operasional	Tidak Layak	Tahun
Kesimpulan Kelayakan		
Tidak Layak		



Gambar A. 16 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 16

Skenario 17

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 17 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 17

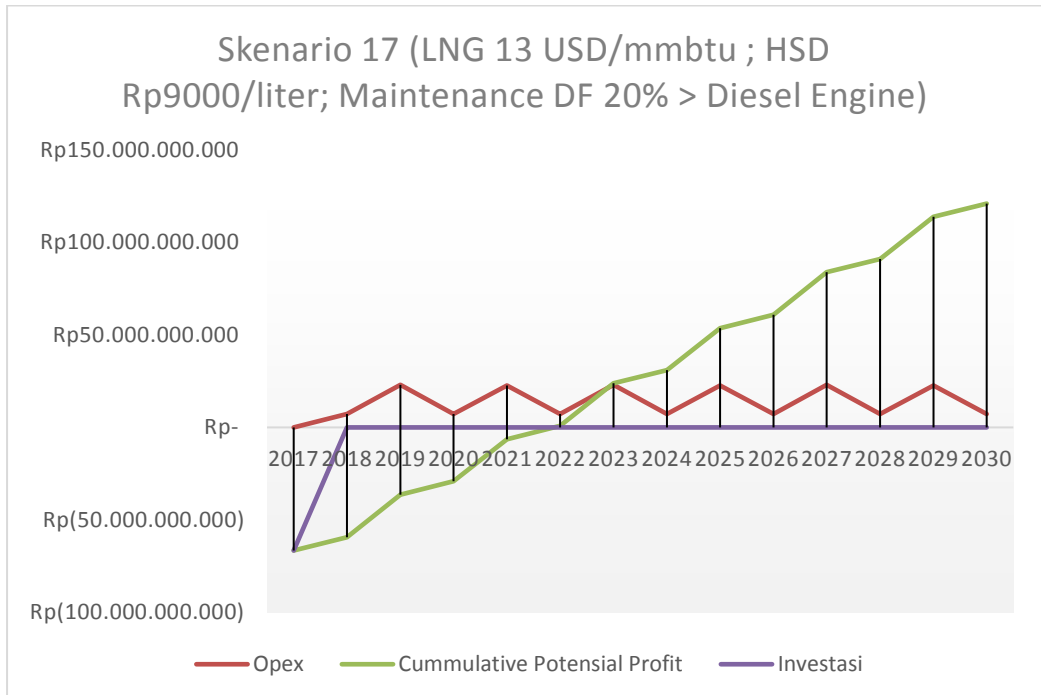
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp7.188.628.716	-Rp59.347.698.284	Rp-
2019	Rp23.033.384.943	-Rp36.314.313.341	Rp-
2020	Rp7.188.628.716	-Rp29.125.684.625	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 17

2021	Rp22.713.097.416	-Rp6.412.587.209	Rp-
2022	Rp7.188.628.716	Rp776.041.507	Rp-
2023	Rp23.033.384.943	Rp23.809.426.450	Rp-
2024	Rp7.188.628.716	Rp30.998.055.166	Rp-
2025	Rp22.713.097.416	Rp53.711.152.582	Rp-
2026	Rp7.188.628.716	Rp60.899.781.298	Rp-
2027	Rp23.033.384.943	Rp83.933.166.241	Rp-
2028	Rp7.188.628.716	Rp91.121.794.957	Rp-
2029	Rp22.713.097.416	Rp113.834.892.373	Rp-
2030	Rp7.188.628.716	Rp121.023.521.089	Rp-

Tahun Pembuatan 1993
Tahun Perhitungan Kelayakan 2022
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 29 Tahun
Sisa Massa Operasional 1 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 17

Skenario 18

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

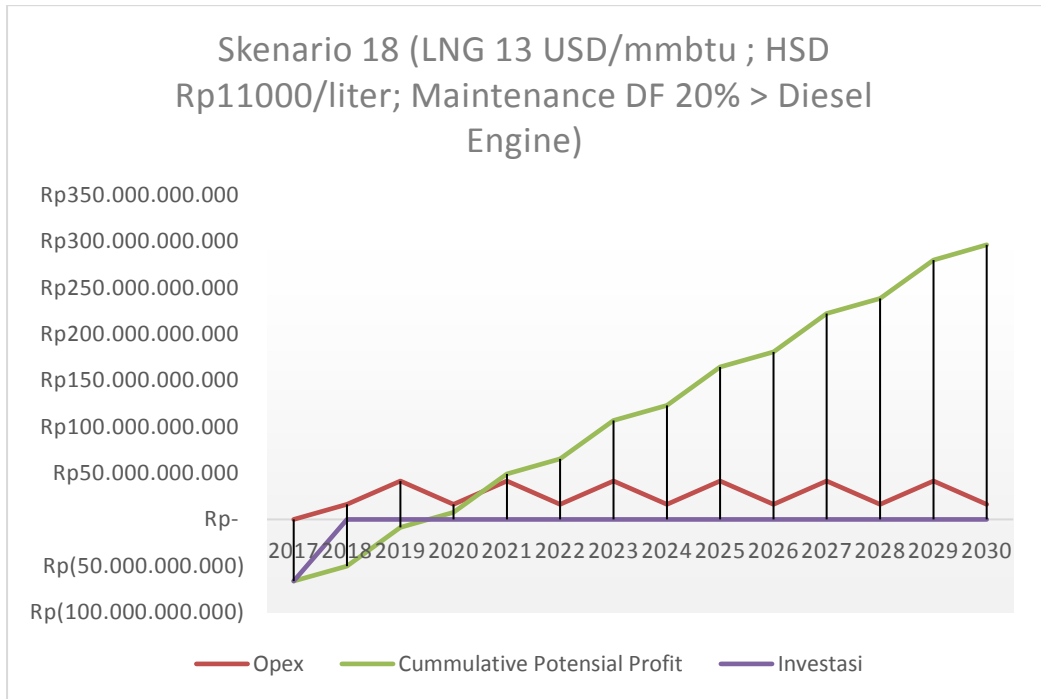
Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 18 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 18

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp66.536.327.000	-Rp66.536.327.000
2018	Rp16.298.770.854	-Rp50.237.556.146	Rp-
2019	Rp41.495.047.638	-Rp8.742.508.508	Rp-
2020	Rp16.298.770.854	Rp7.556.262.346	Rp-
2021	Rp41.495.047.638	Rp49.051.309.984	Rp-
2022	Rp16.298.770.854	Rp65.350.080.838	Rp-
2023	Rp41.495.047.638	Rp106.845.128.476	Rp-
2024	Rp16.298.770.854	Rp123.143.899.330	Rp-
2025	Rp41.495.047.638	Rp164.638.946.968	Rp-
2026	Rp16.298.770.854	Rp180.937.717.822	Rp-
2027	Rp41.495.047.638	Rp222.432.765.460	Rp-
2028	Rp16.298.770.854	Rp238.731.536.314	Rp-
2029	Rp41.495.047.638	Rp280.226.583.952	Rp-
2030	Rp16.298.770.854	Rp296.525.354.806	Rp-

Tahun Pembuatan	1993
Tahun Perhitungan Kelayakan	2020
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	27 Tahun
Sisa Massa Operasional	3 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 17 Skenario KM. Dobonsolo Variasi Harga 18

Kapal KM. LABOBAR (UMUR KAPAL 14 TAHUN)

Skenario 1

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

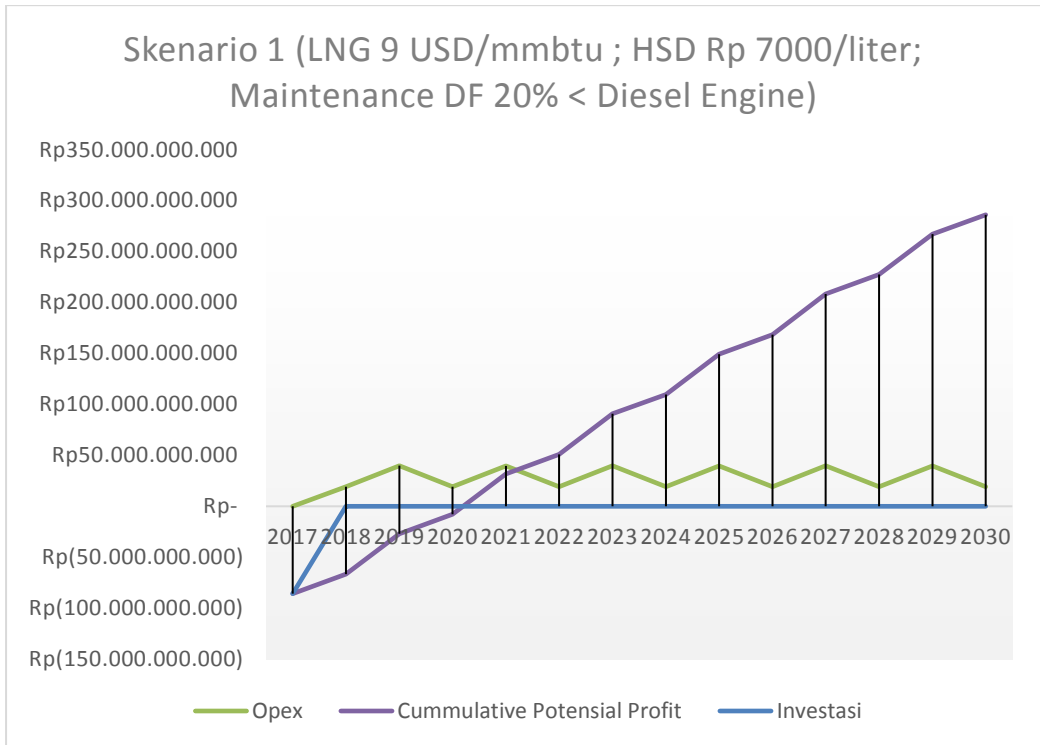
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 19 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 1

Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp19.102.282.181	-Rp66.631.568.819	Rp-
2019	Rp39.816.546.102	-Rp26.815.022.716	Rp-
2020	Rp19.102.282.181	-Rp7.712.740.535	Rp-
2021	Rp39.561.408.222	Rp31.848.667.687	Rp-
2022	Rp19.102.282.181	Rp50.950.949.869	Rp-
2023	Rp39.816.546.102	Rp90.767.495.971	Rp-
2024	Rp19.102.282.181	Rp109.869.778.152	Rp-
2025	Rp39.561.408.222	Rp149.431.186.375	Rp-
2026	Rp19.102.282.181	Rp168.533.468.556	Rp-
2027	Rp39.816.546.102	Rp208.350.014.659	Rp-
2028	Rp19.102.282.181	Rp227.452.296.840	Rp-
2029	Rp39.561.408.222	Rp267.013.705.062	Rp-
2030	Rp19.102.282.181	Rp286.115.987.244	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2021
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 18 Tahun
 Sisa Massa Operasional 12 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 18 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 1

Skenario 2

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

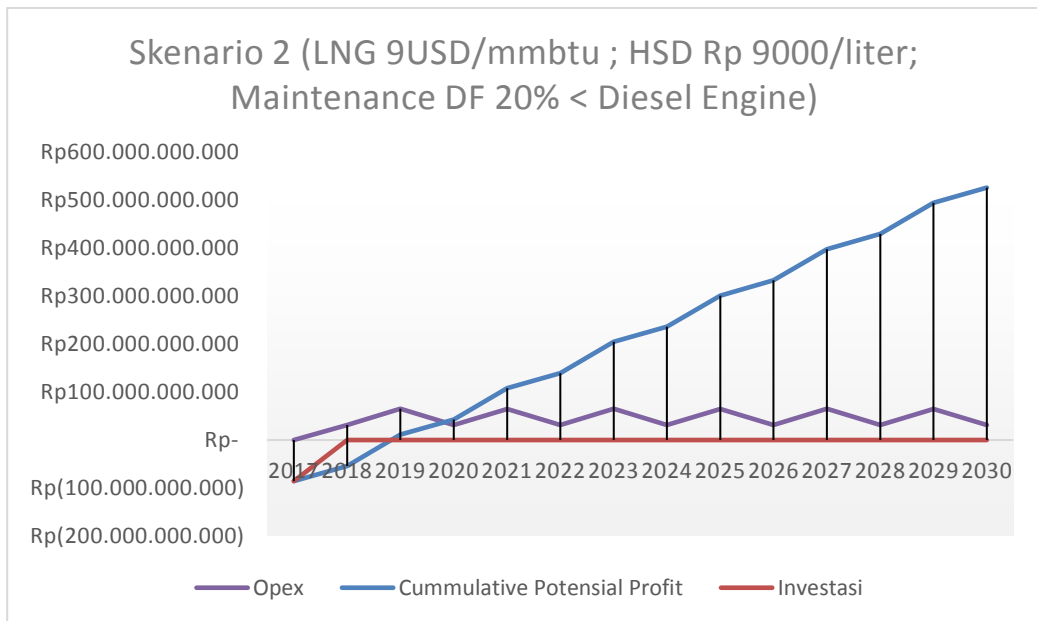
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 20 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 2

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp31.660.730.718	-Rp54.073.120.282	Rp-
2019	Rp65.257.342.200	Rp11.184.221.918	Rp-
2020	Rp31.660.730.718	Rp42.844.952.636	Rp-
2021	Rp65.002.204.320	Rp107.847.156.956	Rp-
2022	Rp31.660.730.718	Rp139.507.887.674	Rp-
2023	Rp65.257.342.200	Rp204.765.229.874	Rp-
2024	Rp31.660.730.718	Rp236.425.960.591	Rp-
2025	Rp65.002.204.320	Rp301.428.164.911	Rp-
2026	Rp31.660.730.718	Rp333.088.895.629	Rp-
2027	Rp65.257.342.200	Rp398.346.237.829	Rp-
2028	Rp31.660.730.718	Rp430.006.968.547	Rp-
2029	Rp65.002.204.320	Rp495.009.172.867	Rp-
2030	Rp31.660.730.718	Rp526.669.903.585	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2019
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	16 Tahun
Sisa Massa Operasional	14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 19 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 2

Skenario 3

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 21 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 3

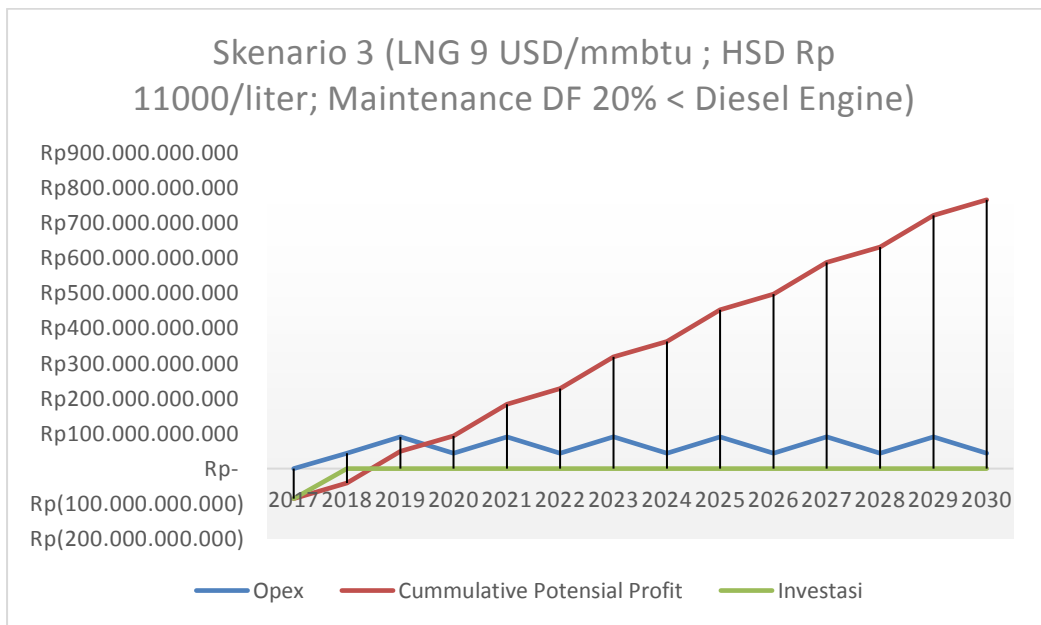
Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp44.219.179.254	-Rp41.514.671.746	Rp-
2019	Rp90.698.138.298	Rp49.183.466.552	Rp-
2020	Rp44.219.179.254	Rp93.402.645.806	Rp-
2021	Rp90.443.000.417	Rp183.845.646.223	Rp-
2022	Rp44.219.179.254	Rp228.064.825.478	Rp-
2023	Rp90.698.138.298	Rp318.762.963.775	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 21

2024	Rp44.219.179.254	Rp362.982.143.030	Rp-
2025	Rp90.443.000.417	Rp453.425.143.447	Rp-
2026	Rp44.219.179.254	Rp497.644.322.701	Rp-
2027	Rp90.698.138.298	Rp588.342.460.999	Rp-
2028	Rp44.219.179.254	Rp632.561.640.253	Rp-
2029	Rp90.443.000.417	Rp723.004.640.670	Rp-
2030	Rp44.219.179.254	Rp767.223.819.925	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2019
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	16 Tahun
Sisa Massa Operasional	14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 20 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 3

Skenario 4

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

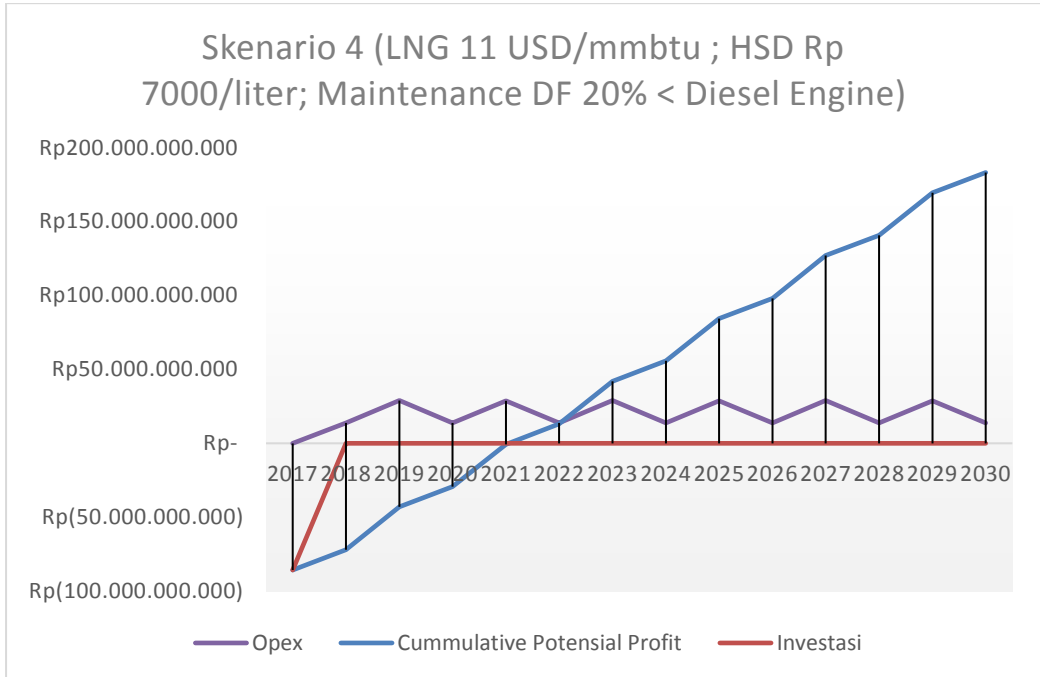
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 22 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 4

Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp13.685.848.283	-Rp72.048.002.717	Rp-
2019	Rp28.983.678.306	-Rp43.064.324.411	Rp-
2020	Rp13.685.848.283	-Rp29.378.476.128	Rp-
2021	Rp28.728.540.426	-Rp649.935.702	Rp-
2022	Rp13.685.848.283	Rp13.035.912.581	Rp-
2023	Rp28.983.678.306	Rp42.019.590.887	Rp-
2024	Rp13.685.848.283	Rp55.705.439.170	Rp-
2025	Rp28.728.540.426	Rp84.433.979.595	Rp-
2026	Rp13.685.848.283	Rp98.119.827.878	Rp-
2027	Rp28.983.678.306	Rp127.103.506.184	Rp-
2028	Rp13.685.848.283	Rp140.789.354.467	Rp-
2029	Rp28.728.540.426	Rp169.517.894.893	Rp-
2030	Rp13.685.848.283	Rp183.203.743.176	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2022
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 19 Tahun
 Sisa Massa Operasional 11 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 21 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 4

Skenario 5

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

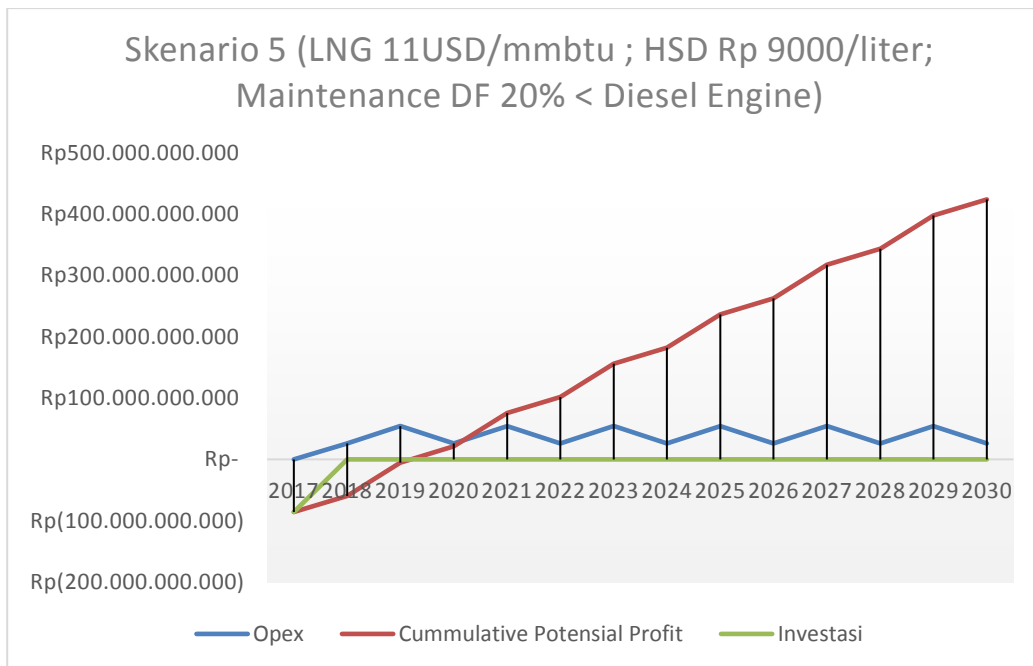
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 23 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 5

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp26.244.296.820	-Rp59.489.554.180	Rp-
2019	Rp54.424.474.403	-Rp5.065.079.777	Rp-
2020	Rp26.244.296.820	Rp21.179.217.043	Rp-
2021	Rp54.169.336.523	Rp75.348.553.566	Rp-
2022	Rp26.244.296.820	Rp101.592.850.386	Rp-
2023	Rp54.424.474.403	Rp156.017.324.789	Rp-
2024	Rp26.244.296.820	Rp182.261.621.609	Rp-
2025	Rp54.169.336.523	Rp236.430.958.132	Rp-
2026	Rp26.244.296.820	Rp262.675.254.952	Rp-
2027	Rp54.424.474.403	Rp317.099.729.355	Rp-
2028	Rp26.244.296.820	Rp343.344.026.175	Rp-
2029	Rp54.169.336.523	Rp397.513.362.698	Rp-
2030	Rp26.244.296.820	Rp423.757.659.518	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 17 Tahun
 Sisa Massa Operasional 13 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 22 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 5

Skenario 6

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 24 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 6

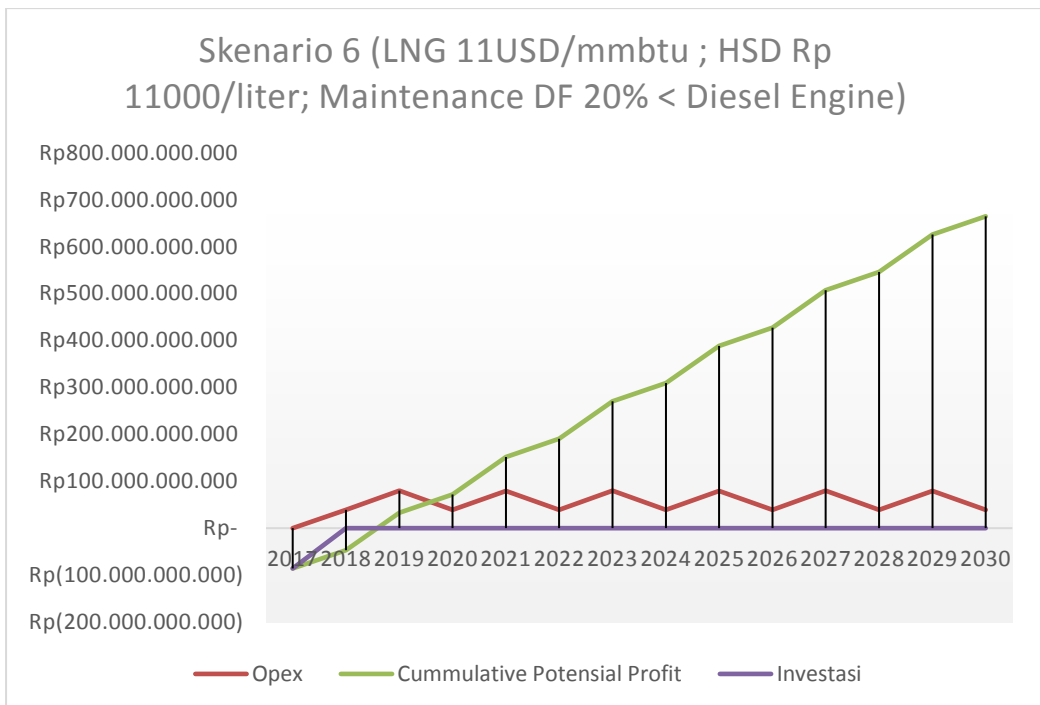
Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp38.802.745.356	-Rp46.931.105.644	Rp-
2019	Rp79.865.270.501	Rp32.934.164.857	Rp-
2020	Rp38.802.745.356	Rp71.736.910.213	Rp-
2021	Rp79.610.132.621	Rp151.347.042.834	Rp-
2022	Rp38.802.745.356	Rp190.149.788.190	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 24

2023	Rp79.865.270.501	Rp270.015.058.691	Rp-
2024	Rp38.802.745.356	Rp308.817.804.048	Rp-
2025	Rp79.610.132.621	Rp388.427.936.669	Rp-
2026	Rp38.802.745.356	Rp427.230.682.025	Rp-
2027	Rp79.865.270.501	Rp507.095.952.526	Rp-
2028	Rp38.802.745.356	Rp545.898.697.882	Rp-
2029	Rp79.610.132.621	Rp625.508.830.503	Rp-
2030	Rp38.802.745.356	Rp664.311.575.859	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2019
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	16 Tahun
Sisa Massa Operasional	14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 23 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 6

Skenario 7

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

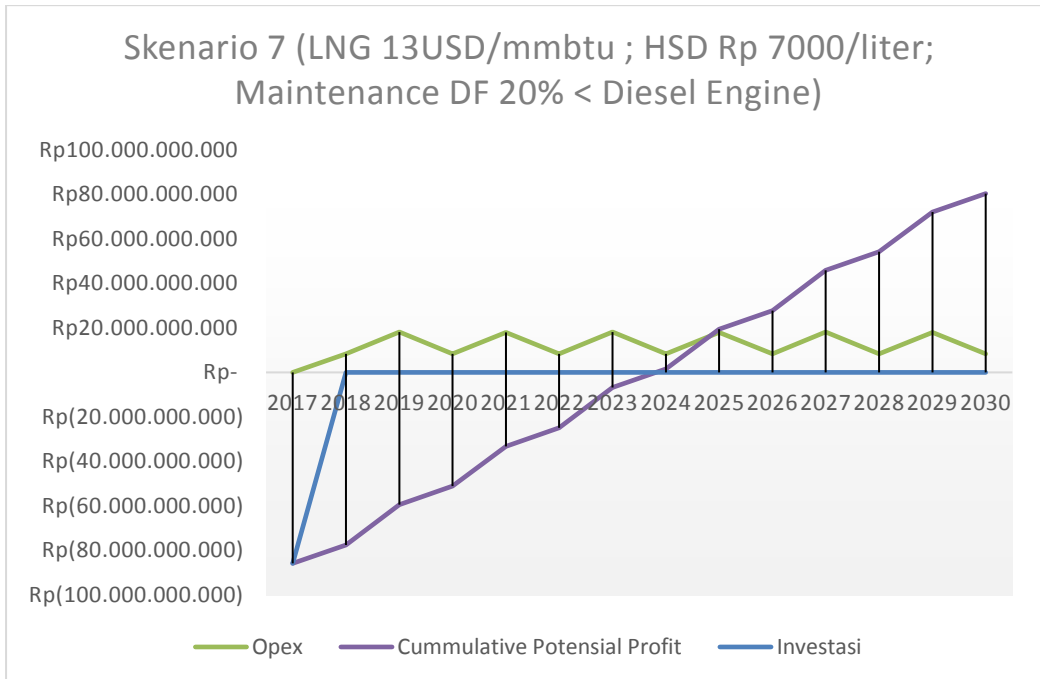
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 25 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 7

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp8.269.414.385	-Rp77.464.436.615	Rp-
2019	Rp18.150.810.509	-Rp59.313.626.106	Rp-
2020	Rp8.269.414.385	-Rp51.044.211.721	Rp-
2021	Rp17.895.672.629	-Rp33.148.539.092	Rp-
2022	Rp8.269.414.385	-Rp24.879.124.707	Rp-
2023	Rp18.150.810.509	-Rp6.728.314.198	Rp-
2024	Rp8.269.414.385	Rp1.541.100.187	Rp-
2025	Rp17.895.672.629	Rp19.436.772.816	Rp-
2026	Rp8.269.414.385	Rp27.706.187.201	Rp-
2027	Rp18.150.810.509	Rp45.856.997.710	Rp-
2028	Rp8.269.414.385	Rp54.126.412.095	Rp-
2029	Rp17.895.672.629	Rp72.022.084.724	Rp-
2030	Rp8.269.414.385	Rp80.291.499.109	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2024
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	21 Tahun
Sisa Massa Operasional	9 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	Layak



Gambar A. 24 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 7

Skenario 8

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

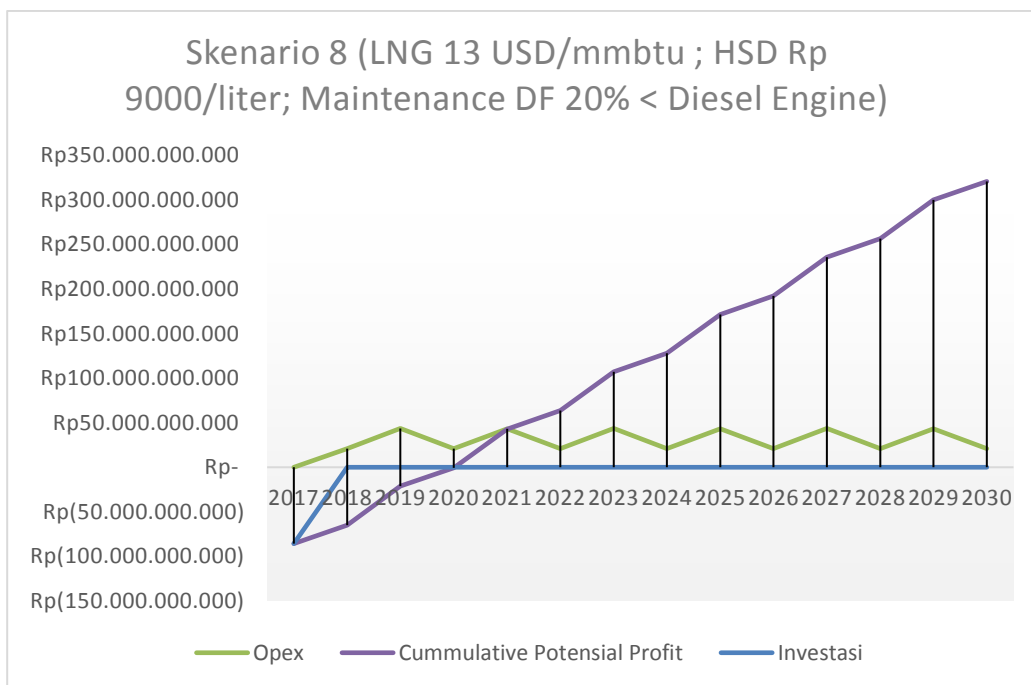
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 26 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 8

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp20.827.862.921	-Rp64.905.988.079	Rp-
2019	Rp43.591.606.606	-Rp21.314.381.473	Rp-
2020	Rp20.827.862.921	-Rp486.518.552	Rp-
2021	Rp43.336.468.726	Rp42.849.950.174	Rp-
2022	Rp20.827.862.921	Rp63.677.813.095	Rp-
2023	Rp43.591.606.606	Rp107.269.419.701	Rp-
2024	Rp20.827.862.921	Rp128.097.282.622	Rp-
2025	Rp43.336.468.726	Rp171.433.751.348	Rp-
2026	Rp20.827.862.921	Rp192.261.614.269	Rp-
2027	Rp43.591.606.606	Rp235.853.220.875	Rp-
2028	Rp20.827.862.921	Rp256.681.083.796	Rp-
2029	Rp43.336.468.726	Rp300.017.552.522	Rp-
2030	Rp20.827.862.921	Rp320.845.415.443	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2021
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 18 Tahun
 Sisa Massa Operasional 12 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 25 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 8

Skenario 9

Harga LNG = 13 USD/mmbtu
 Harga HSD = Rp 11.000/Liter
 Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 27 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 9

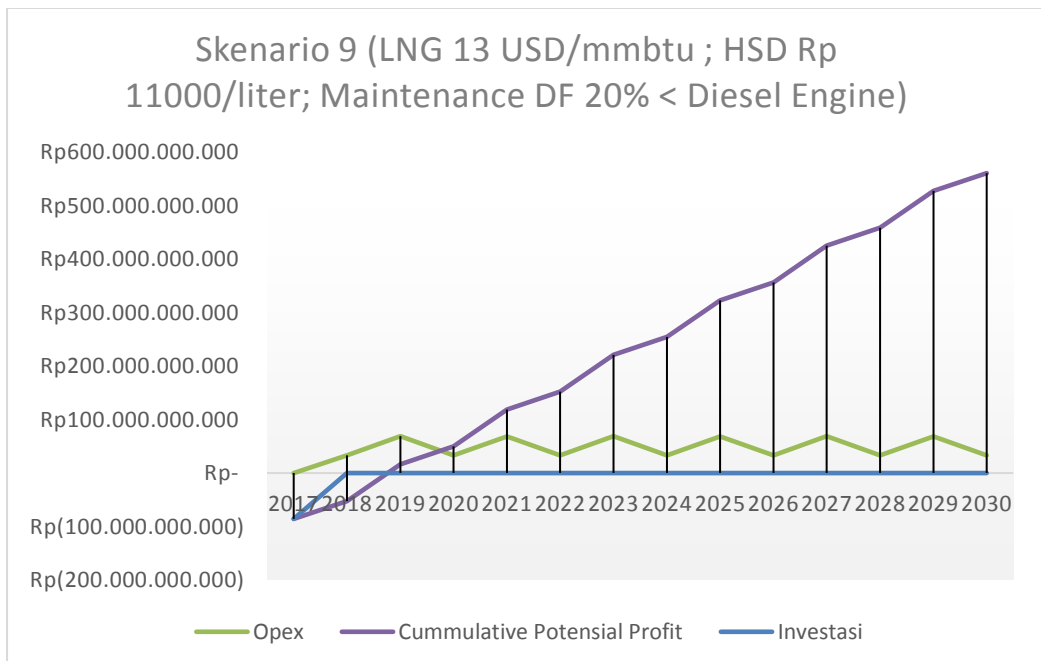
Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp33.386.311.458	-Rp52.347.539.542	Rp-
2019	Rp69.032.402.704	Rp16.684.863.162	Rp-
2020	Rp33.386.311.458	Rp50.071.174.620	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 27

2021	Rp68.777.264.824	Rp118.848.439.444	Rp-
2022	Rp33.386.311.458	Rp152.234.750.902	Rp-
2023	Rp69.032.402.704	Rp221.267.153.606	Rp-
2024	Rp33.386.311.458	Rp254.653.465.064	Rp-
2025	Rp68.777.264.824	Rp323.430.729.888	Rp-
2026	Rp33.386.311.458	Rp356.817.041.346	Rp-
2027	Rp69.032.402.704	Rp425.849.444.050	Rp-
2028	Rp33.386.311.458	Rp459.235.755.508	Rp-
2029	Rp68.777.264.824	Rp528.013.020.332	Rp-
2030	Rp33.386.311.458	Rp561.399.331.790	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 16 Tahun
 Sisa Massa Operasional 14 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 26 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 9

Skenario 10

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

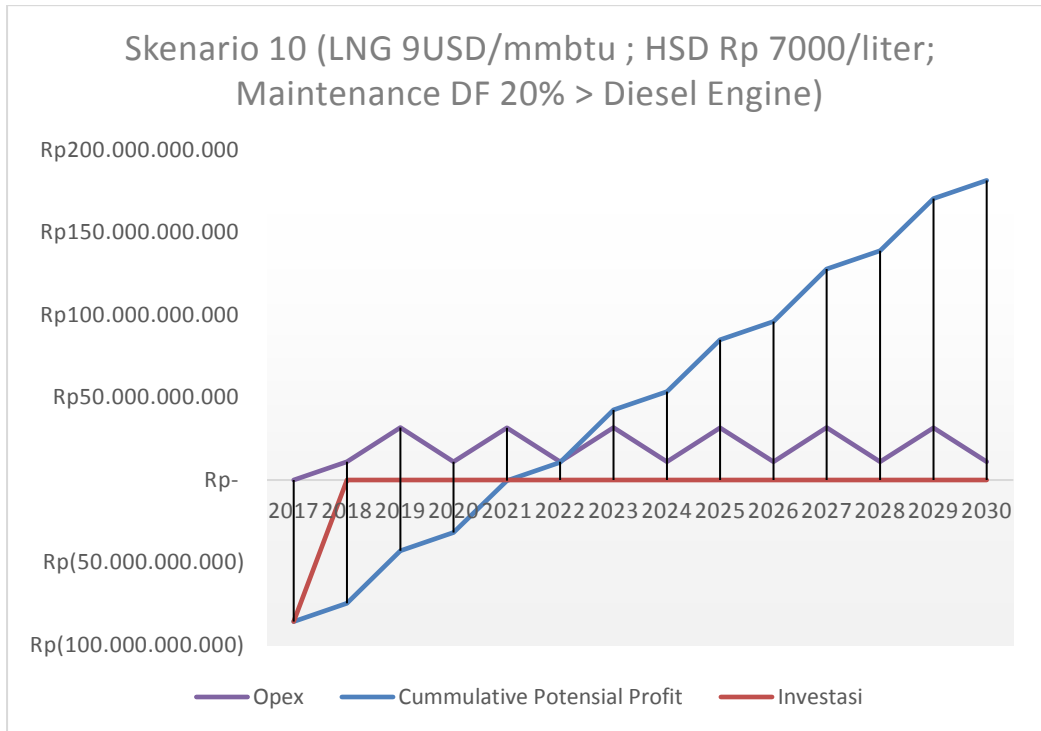
Harga HSD = Rp7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 28 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 10

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp11.048.182.181	-Rp74.685.668.819	Rp-
2019	Rp31.762.446.102	-Rp42.923.222.716	Rp-
2020	Rp11.048.182.181	-Rp31.875.040.535	Rp-
2021	Rp31.507.308.222	-Rp367.732.313	Rp-
2022	Rp11.048.182.181	Rp10.680.449.869	Rp-
2023	Rp31.762.446.102	Rp42.442.895.971	Rp-
2024	Rp11.048.182.181	Rp53.491.078.152	Rp-
2025	Rp31.507.308.222	Rp84.998.386.375	Rp-
2026	Rp11.048.182.181	Rp96.046.568.556	Rp-
2027	Rp31.762.446.102	Rp127.809.014.659	Rp-
2028	Rp11.048.182.181	Rp138.857.196.840	Rp-
2029	Rp31.507.308.222	Rp170.364.505.062	Rp-
2030	Rp11.048.182.181	Rp181.412.687.244	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2022
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	19 Tahun
Sisa Massa Operasional	11 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 27 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 10

Skenario 11

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

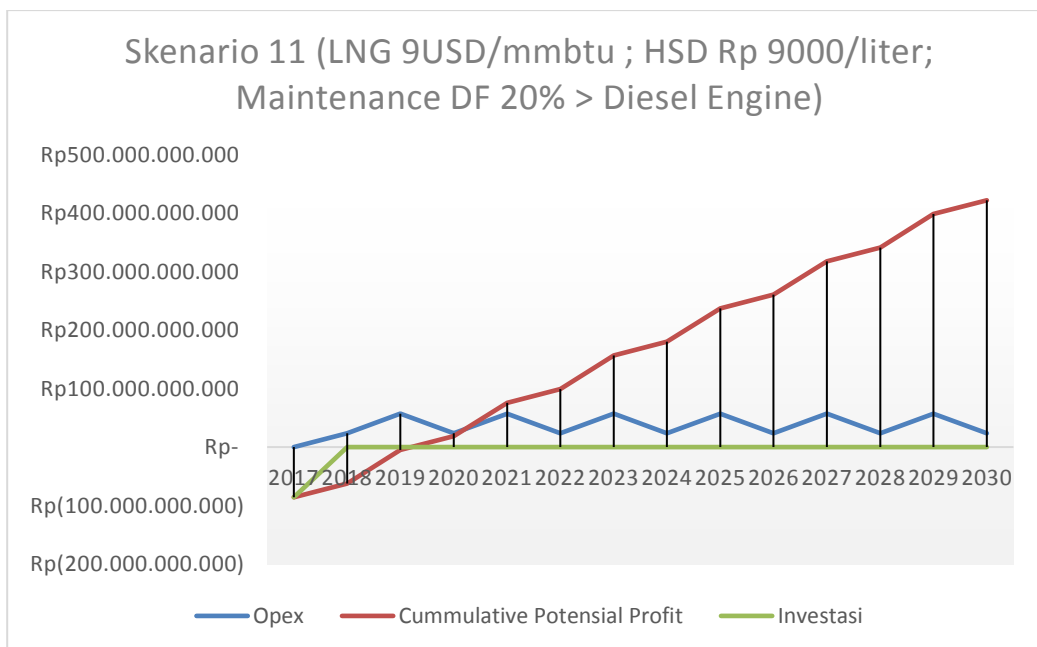
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 29 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 11

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp23.606.630.718	-Rp62.127.220.282	Rp-
2019	Rp57.203.242.200	-Rp4.923.978.082	Rp-
2020	Rp23.606.630.718	Rp18.682.652.636	Rp-
2021	Rp56.948.104.320	Rp75.630.756.956	Rp-
2022	Rp23.606.630.718	Rp99.237.387.674	Rp-
2023	Rp57.203.242.200	Rp156.440.629.874	Rp-
2024	Rp23.606.630.718	Rp180.047.260.591	Rp-
2025	Rp56.948.104.320	Rp236.995.364.911	Rp-
2026	Rp23.606.630.718	Rp260.601.995.629	Rp-
2027	Rp57.203.242.200	Rp317.805.237.829	Rp-
2028	Rp23.606.630.718	Rp341.411.868.547	Rp-
2029	Rp56.948.104.320	Rp398.359.972.867	Rp-
2030	Rp23.606.630.718	Rp421.966.603.585	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2020
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	17 Tahun
Sisa Massa Operasional	13 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 28 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 11

Skenario 12

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 30 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 12

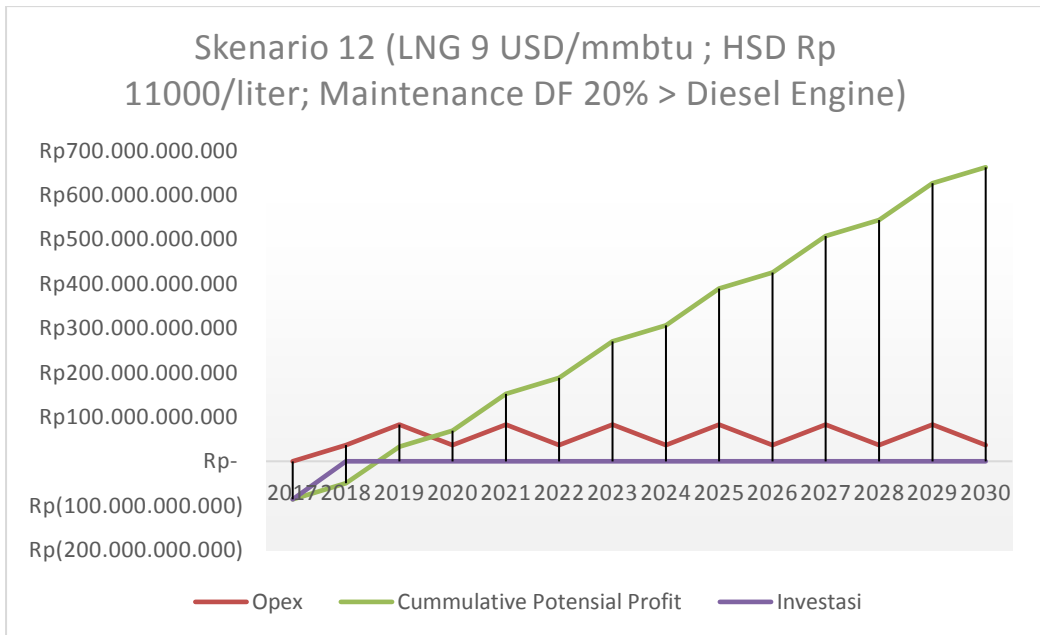
Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp36.165.079.254	-Rp49.568.771.746	Rp-
2019	Rp82.644.038.298	Rp33.075.266.552	Rp-
2020	Rp36.165.079.254	Rp69.240.345.806	Rp-
2021	Rp82.388.900.418	Rp151.629.246.224	Rp-
2022	Rp36.165.079.254	Rp187.794.325.478	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 30

2023	Rp82.644.038.298	Rp270.438.363.776	Rp-
2024	Rp36.165.079.254	Rp306.603.443.030	Rp-
2025	Rp82.388.900.418	Rp388.992.343.448	Rp-
2026	Rp36.165.079.254	Rp425.157.422.702	Rp-
2027	Rp82.644.038.298	Rp507.801.461.000	Rp-
2028	Rp36.165.079.254	Rp543.966.540.254	Rp-
2029	Rp82.388.900.418	Rp626.355.440.672	Rp-
2030	Rp36.165.079.254	Rp662.520.519.926	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 16 Tahun
Sisa Massa Operasional 14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan
Layak



Gambar A. 29 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 12

Skenario 13

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

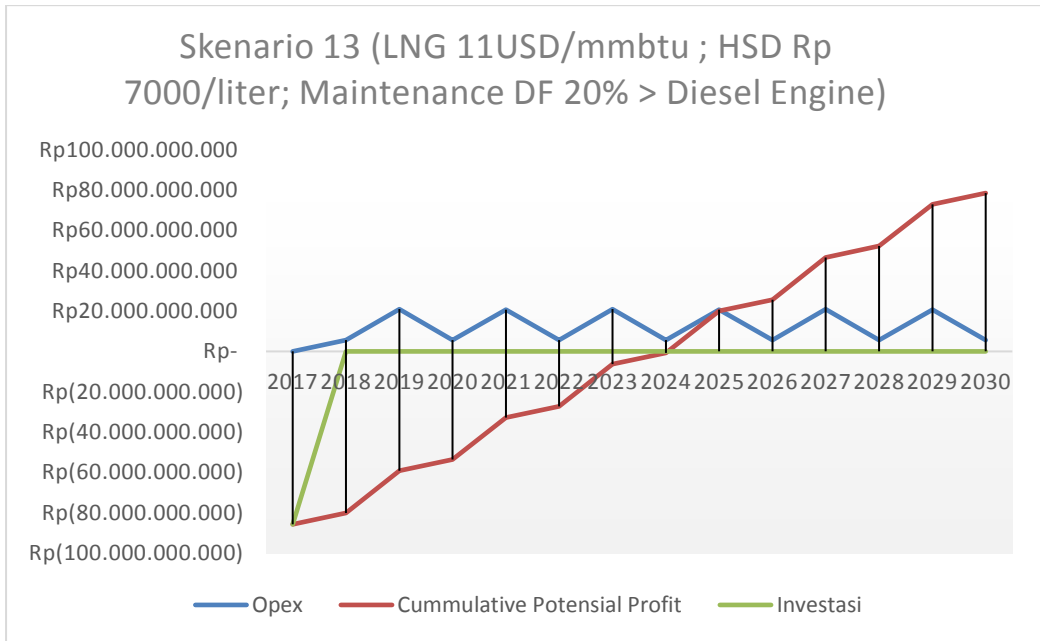
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 31 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 13

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp5.631.748.283	-Rp80.102.102.717	Rp-
2019	Rp20.929.578.306	-Rp59.172.524.411	Rp-
2020	Rp5.631.748.283	-Rp53.540.776.128	Rp-
2021	Rp20.674.440.426	-Rp32.866.335.702	Rp-
2022	Rp5.631.748.283	-Rp27.234.587.419	Rp-
2023	Rp20.929.578.306	-Rp6.305.009.113	Rp-
2024	Rp5.631.748.283	-Rp673.260.830	Rp-
2025	Rp20.674.440.426	Rp20.001.179.596	Rp-
2026	Rp5.631.748.283	Rp25.632.927.879	Rp-
2027	Rp20.929.578.306	Rp46.562.506.184	Rp-
2028	Rp5.631.748.283	Rp52.194.254.467	Rp-
2029	Rp20.674.440.426	Rp72.868.694.893	Rp-
2030	Rp5.631.748.283	Rp78.500.443.176	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2025
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 22 Tahun
 Sisa Massa Operasional 8 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 30 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 13

Skenario 14

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

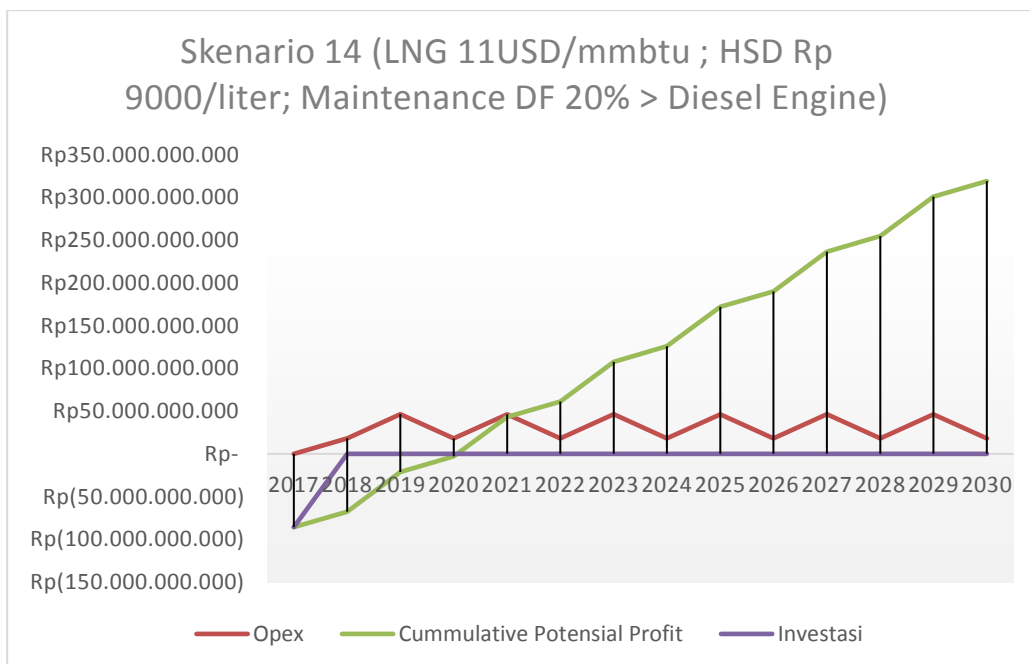
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 32 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 14

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp18.190.196.820	-Rp67.543.654.180	Rp-
2019	Rp46.370.374.403	-Rp21.173.279.777	Rp-
2020	Rp18.190.196.820	-Rp2.983.082.957	Rp-
2021	Rp46.115.236.523	Rp43.132.153.566	Rp-
2022	Rp18.190.196.820	Rp61.322.350.386	Rp-
2023	Rp46.370.374.403	Rp107.692.724.789	Rp-
2024	Rp18.190.196.820	Rp125.882.921.609	Rp-
2025	Rp46.115.236.523	Rp171.998.158.132	Rp-
2026	Rp18.190.196.820	Rp190.188.354.952	Rp-
2027	Rp46.370.374.403	Rp236.558.729.355	Rp-
2028	Rp18.190.196.820	Rp254.748.926.175	Rp-
2029	Rp46.115.236.523	Rp300.864.162.698	Rp-
2030	Rp18.190.196.820	Rp319.054.359.518	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	18 Tahun
Sisa Massa Operasional	12 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 31 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 14

Skenario 15

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 33 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 15

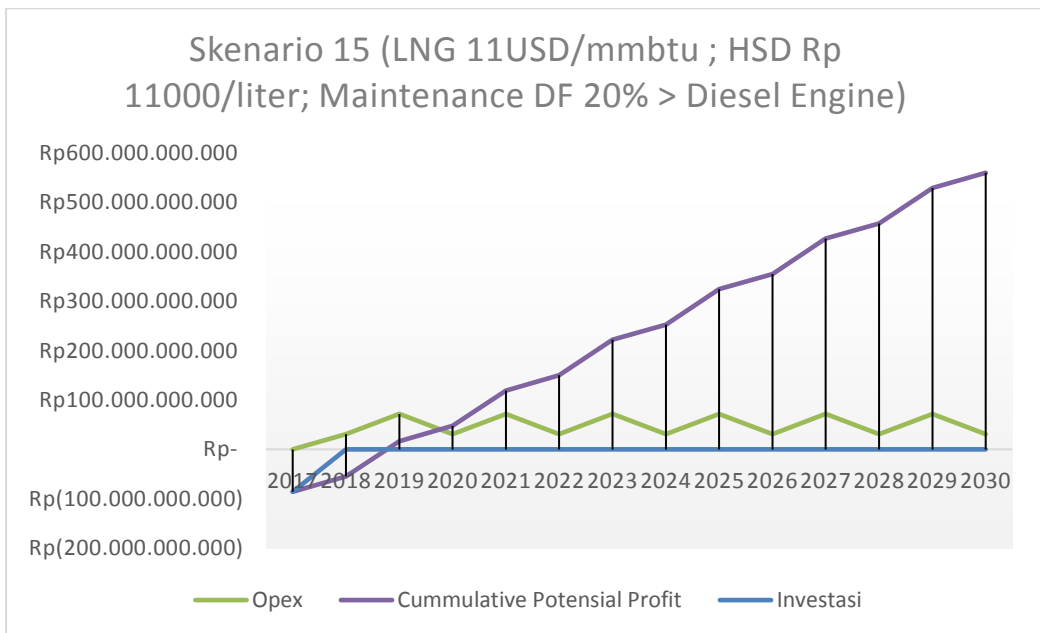
Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp30.748.645.356	-Rp54.985.205.644	Rp-
2019	Rp71.811.170.501	Rp16.825.964.857	Rp-
2020	Rp30.748.645.356	Rp47.574.610.213	Rp-
2021	Rp71.556.032.621	Rp119.130.642.834	Rp-
2022	Rp30.748.645.356	Rp149.879.288.190	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 33

2023	Rp71.811.170.501	Rp221.690.458.691	Rp-
2024	Rp30.748.645.356	Rp252.439.104.048	Rp-
2025	Rp71.556.032.621	Rp323.995.136.669	Rp-
2026	Rp30.748.645.356	Rp354.743.782.025	Rp-
2027	Rp71.811.170.501	Rp426.554.952.526	Rp-
2028	Rp30.748.645.356	Rp457.303.597.882	Rp-
2029	Rp71.556.032.621	Rp528.859.630.503	Rp-
2030	Rp30.748.645.356	Rp559.608.275.859	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 16 Tahun
Sisa Massa Operasional 14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 32 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 15

Skenario 16

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

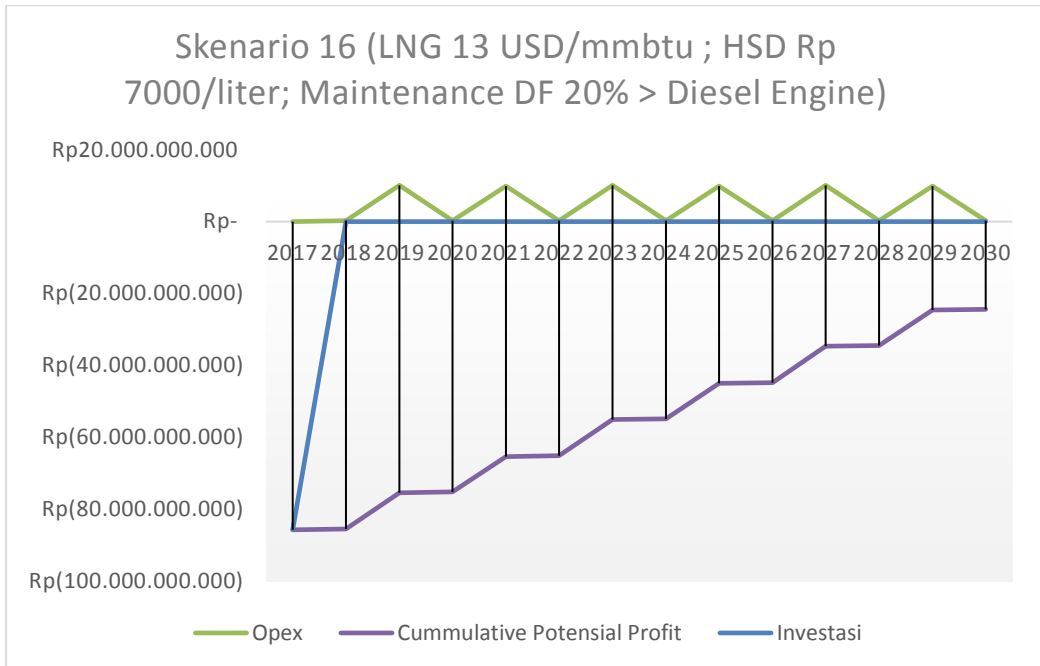
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 34 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 16

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp215.314.385	-Rp85.518.536.615	Rp-
2019	Rp10.096.710.509	-Rp75.421.826.106	Rp-
2020	Rp215.314.385	-Rp75.206.511.721	Rp-
2021	Rp9.841.572.629	-Rp65.364.939.092	Rp-
2022	Rp215.314.385	-Rp65.149.624.707	Rp-
2023	Rp10.096.710.509	-Rp55.052.914.197	Rp-
2024	Rp215.314.385	-Rp54.837.599.812	Rp-
2025	Rp9.841.572.629	-Rp44.996.027.183	Rp-
2026	Rp215.314.385	-Rp44.780.712.798	Rp-
2027	Rp10.096.710.509	-Rp34.684.002.289	Rp-
2028	Rp215.314.385	-Rp34.468.687.904	Rp-
2029	Rp9.841.572.629	-Rp24.627.115.275	Rp-
2030	Rp215.314.385	-Rp24.411.800.890	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2100
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 97 Tahun
 Sisa Massa Operasional Tidak Layak Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Tidak Layak



Gambar A. 33 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 16

Skenario 17

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

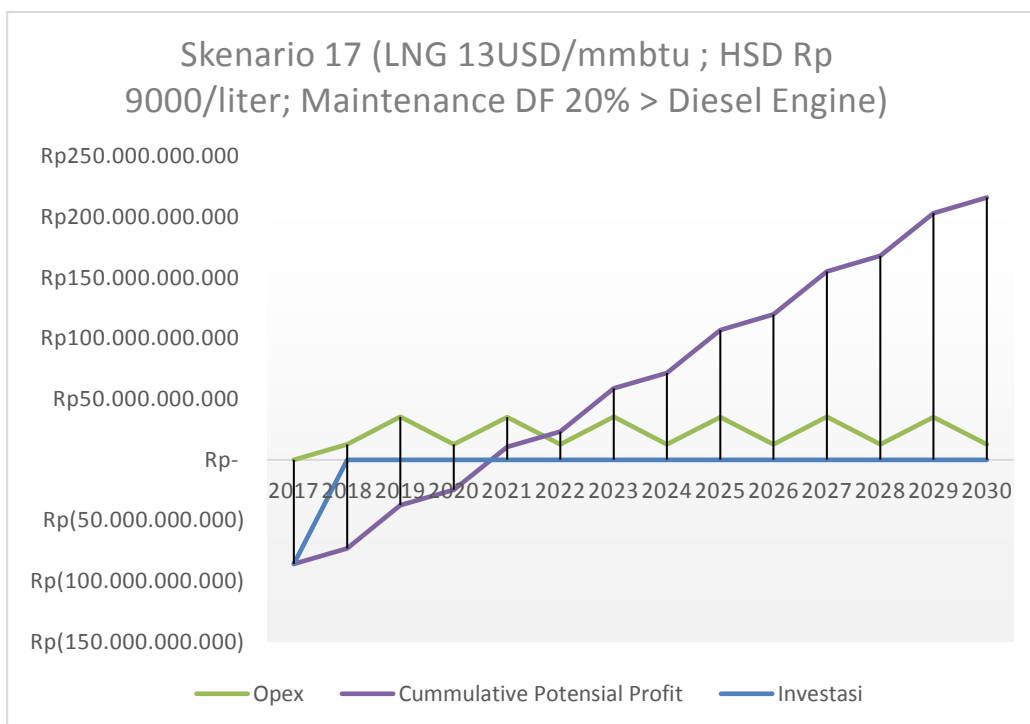
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 35 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 17

Time	Opex	Cummulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp12.773.762.921	-Rp72.960.088.079	Rp-
2019	Rp35.537.506.607	-Rp37.422.581.472	Rp-
2020	Rp12.773.762.921	-Rp24.648.818.551	Rp-
2021	Rp35.282.368.726	Rp10.633.550.175	Rp-
2022	Rp12.773.762.921	Rp23.407.313.096	Rp-
2023	Rp35.537.506.607	Rp58.944.819.703	Rp-
2024	Rp12.773.762.921	Rp71.718.582.624	Rp-
2025	Rp35.282.368.726	Rp107.000.951.350	Rp-
2026	Rp12.773.762.921	Rp119.774.714.271	Rp-
2027	Rp35.537.506.607	Rp155.312.220.878	Rp-
2028	Rp12.773.762.921	Rp168.085.983.799	Rp-
2029	Rp35.282.368.726	Rp203.368.352.525	Rp-
2030	Rp12.773.762.921	Rp216.142.115.446	Rp-

Tahun Pembuatan	2003
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	18 Tahun
Sisa Massa Operasional	12 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 34 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 17

Skenario 18

Harga LNG = 13USD/mmbtu

Harga HSD = Rp11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20%>Diesel Engine

Tabel A. 36 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 18

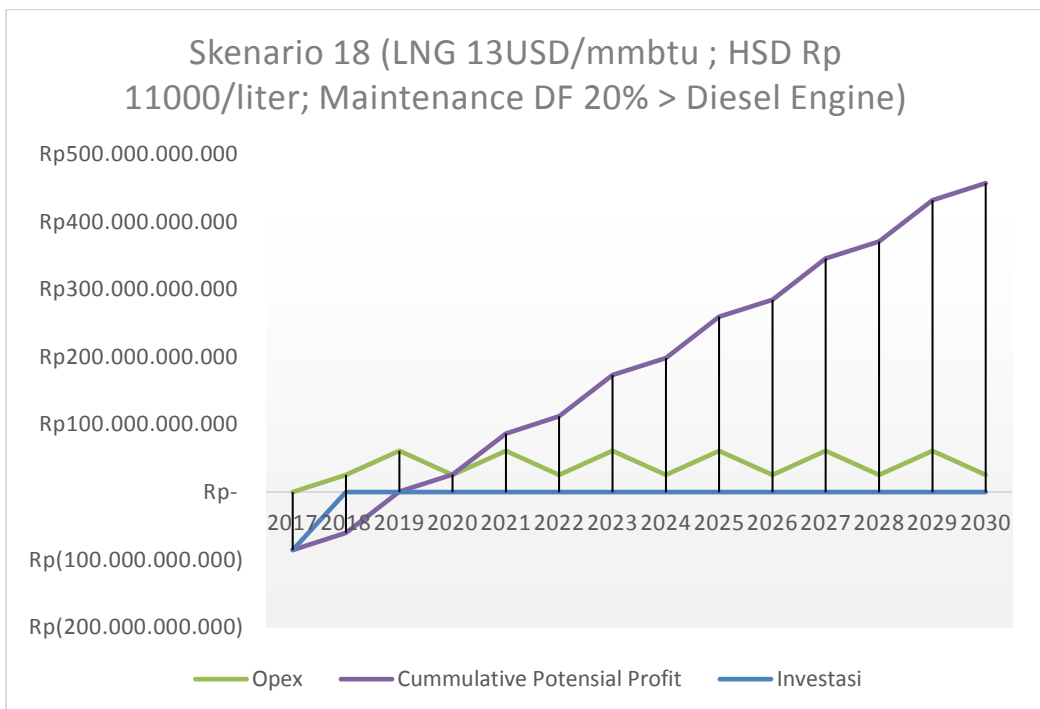
Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp85.733.851.000	-Rp85.733.851.000
2018	Rp25.332.211.458	-Rp60.401.639.542	Rp-
2019	Rp60.978.302.704	Rp576.663.162	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 36

2020	Rp25.332.211.458	Rp25.908.874.620	Rp-
2021	Rp60.723.164.824	Rp86.632.039.444	Rp-
2022	Rp25.332.211.458	Rp111.964.250.902	Rp-
2023	Rp60.978.302.704	Rp172.942.553.606	Rp-
2024	Rp25.332.211.458	Rp198.274.765.064	Rp-
2025	Rp60.723.164.824	Rp258.997.929.888	Rp-
2026	Rp25.332.211.458	Rp284.330.141.346	Rp-
2027	Rp60.978.302.704	Rp345.308.444.050	Rp-
2028	Rp25.332.211.458	Rp370.640.655.508	Rp-
2029	Rp60.723.164.824	Rp431.363.820.332	Rp-
2030	Rp25.332.211.458	Rp456.696.031.790	Rp-

Tahun Pembuatan 2003
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 16 Tahun
Sisa Massa Operasional 14 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 35 Skenario KM. Labobar Variasi Harga 18

Kapal KM. GUNUNG DEMPO (UMUR KAPAL 9 TAHUN)

Skenario 1

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

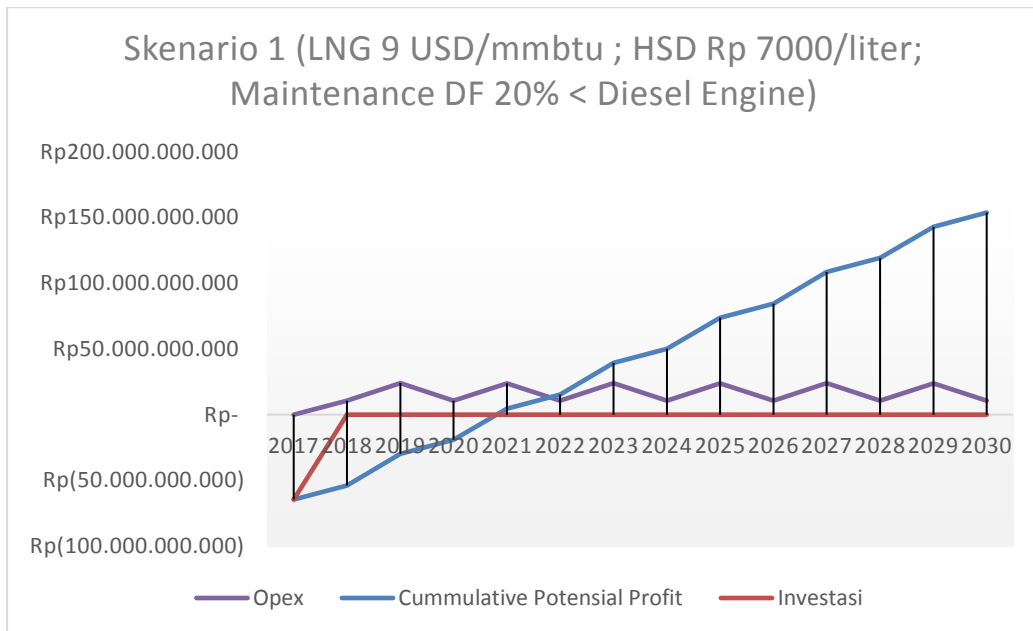
Harga HSD = Rp7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 37 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 1

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp10.737.318.476	-Rp53.794.533.524	Rp-
2019	Rp23.961.015.727	-Rp29.833.517.797	Rp-
2020	Rp10.737.318.476	-Rp19.096.199.322	Rp-
2021	Rp23.726.184.748	Rp4.629.985.427	Rp-
2022	Rp10.737.318.476	Rp15.367.303.902	Rp-
2023	Rp23.961.015.727	Rp39.328.319.629	Rp-
2024	Rp10.737.318.476	Rp50.065.638.105	Rp-
2025	Rp23.726.184.748	Rp73.791.822.853	Rp-
2026	Rp10.737.318.476	Rp84.529.141.329	Rp-
2027	Rp23.961.015.727	Rp108.490.157.056	Rp-
2028	Rp10.737.318.476	Rp119.227.475.531	Rp-
2029	Rp23.726.184.748	Rp142.953.660.280	Rp-
2030	Rp10.737.318.476	Rp153.690.978.755	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2021
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 13 Tahun
 Sisa Massa Operasional 17 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 36 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 1

Skenario 2

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

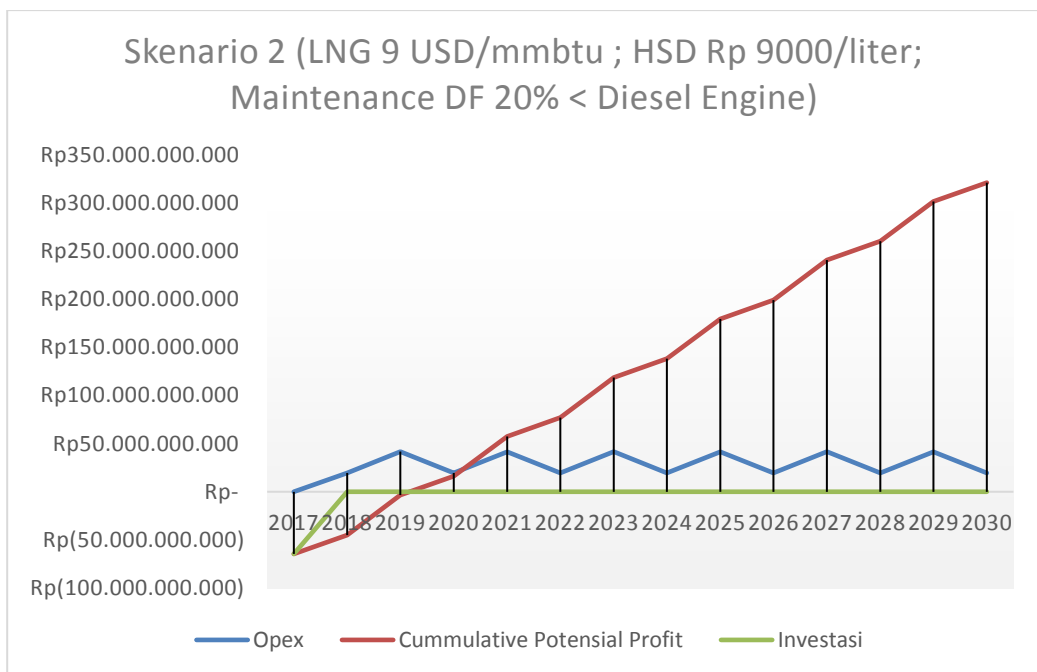
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 38 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 2

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp19.463.655.000	-Rp45.068.197.000	Rp-
2019	Rp41.655.055.596	-Rp3.413.141.404	Rp-
2020	Rp19.463.655.000	Rp16.050.513.596	Rp-
2021	Rp41.420.224.618	Rp57.470.738.213	Rp-
2022	Rp19.463.655.000	Rp76.934.393.213	Rp-
2023	Rp41.655.055.596	Rp118.589.448.809	Rp-
2024	Rp19.463.655.000	Rp138.053.103.809	Rp-
2025	Rp41.420.224.618	Rp179.473.328.426	Rp-
2026	Rp19.463.655.000	Rp198.936.983.426	Rp-
2027	Rp41.655.055.596	Rp240.592.039.022	Rp-
2028	Rp19.463.655.000	Rp260.055.694.022	Rp-
2029	Rp41.420.224.618	Rp301.475.918.640	Rp-
2030	Rp19.463.655.000	Rp320.939.573.639	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2020
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	12 Tahun
Sisa Massa Operasional	18 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 37 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 2

Skenario 3

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 39 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 3

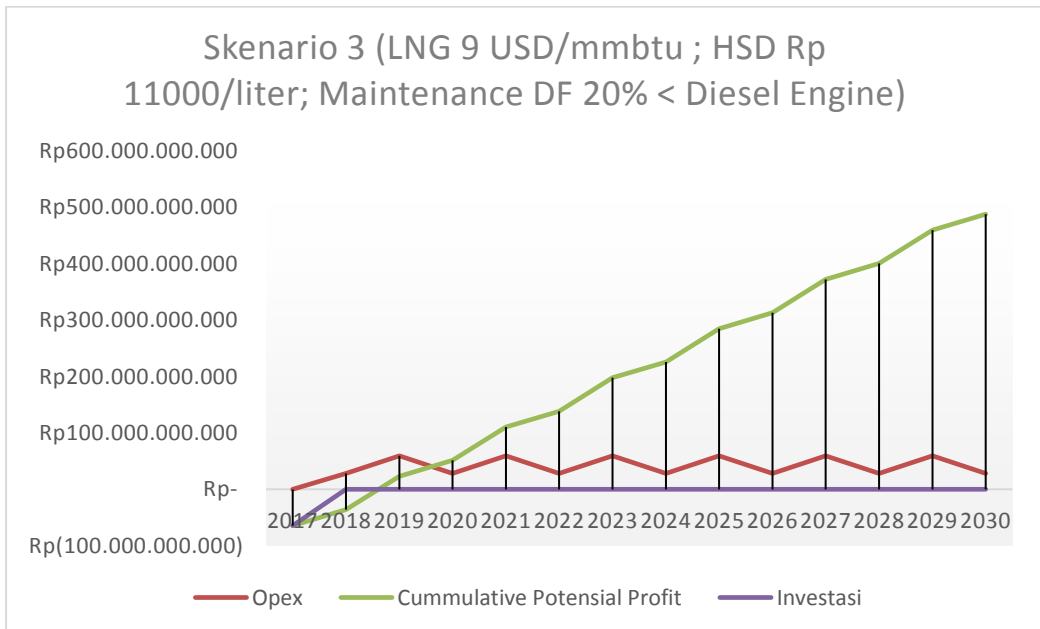
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp28.189.991.516	-Rp36.341.860.484	Rp-
2019	Rp59.349.095.466	Rp23.007.234.981	Rp-
2020	Rp28.189.991.516	Rp51.197.226.497	Rp-
2021	Rp59.114.264.487	Rp110.311.490.984	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 39

2022	Rp28.189.991.516	Rp138.501.482.499	Rp-
2023	Rp59.349.095.466	Rp197.850.577.965	Rp-
2024	Rp28.189.991.516	Rp226.040.569.481	Rp-
2025	Rp59.114.264.487	Rp285.154.833.968	Rp-
2026	Rp28.189.991.516	Rp313.344.825.483	Rp-
2027	Rp59.349.095.466	Rp372.693.920.949	Rp-
2028	Rp28.189.991.516	Rp400.883.912.464	Rp-
2029	Rp59.114.264.487	Rp459.998.176.951	Rp-
2030	Rp28.189.991.516	Rp488.188.168.467	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 11 Tahun
Sisa Massa Operasional 19 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 38 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 3

Skenario 4

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

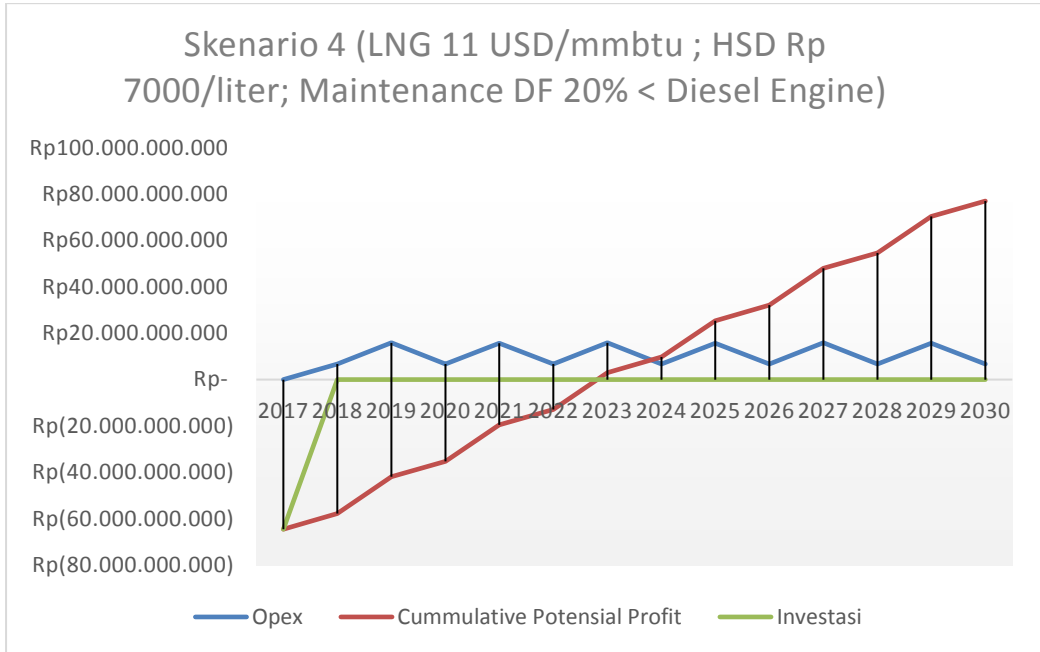
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 40 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 4

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp6.701.037.482	-Rp57.830.814.518	Rp-
2019	Rp15.888.453.740	-Rp41.942.360.778	Rp-
2020	Rp6.701.037.482	-Rp35.241.323.296	Rp-
2021	Rp15.653.622.761	-Rp19.587.700.535	Rp-
2022	Rp6.701.037.482	-Rp12.886.663.053	Rp-
2023	Rp15.888.453.740	Rp3.001.790.688	Rp-
2024	Rp6.701.037.482	Rp9.702.828.170	Rp-
2025	Rp15.653.622.761	Rp25.356.450.931	Rp-
2026	Rp6.701.037.482	Rp32.057.488.413	Rp-
2027	Rp15.888.453.740	Rp47.945.942.153	Rp-
2028	Rp6.701.037.482	Rp54.646.979.635	Rp-
2029	Rp15.653.622.761	Rp70.300.602.396	Rp-
2030	Rp6.701.037.482	Rp77.001.639.878	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2023
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 15 Tahun
 Sisa Massa Operasional 15 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 39 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 4

Skenario 5

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

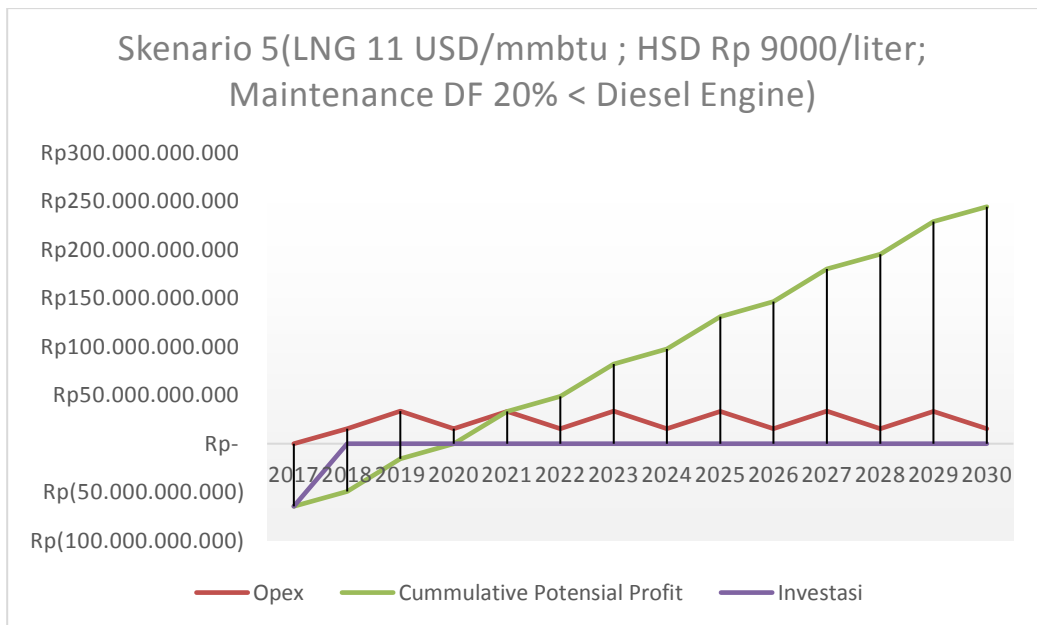
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 41 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 5

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp15.427.374.002	-Rp49.104.477.998	Rp-
2019	Rp33.582.493.609	-Rp15.521.984.389	Rp-
2020	Rp15.427.374.002	-Rp94.610.387	Rp-
2021	Rp33.347.662.631	Rp33.253.052.244	Rp-
2022	Rp15.427.374.002	Rp48.680.426.246	Rp-
2023	Rp33.582.493.609	Rp82.262.919.855	Rp-
2024	Rp15.427.374.002	Rp97.690.293.857	Rp-
2025	Rp33.347.662.631	Rp131.037.956.488	Rp-
2026	Rp15.427.374.002	Rp146.465.330.490	Rp-
2027	Rp33.582.493.609	Rp180.047.824.099	Rp-
2028	Rp15.427.374.002	Rp195.475.198.101	Rp-
2029	Rp33.347.662.631	Rp228.822.860.732	Rp-
2030	Rp15.427.374.002	Rp244.250.234.734	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	13 Tahun
Sisa Massa Operasional	17 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 40 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 5

Skenario 6

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 42 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 6

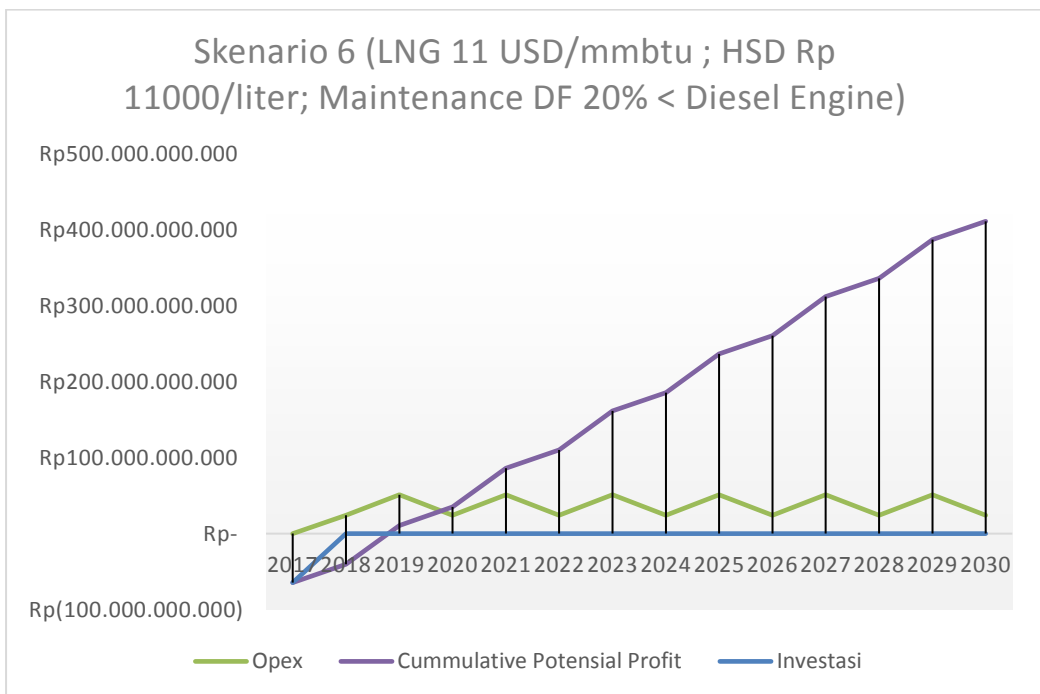
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp24.153.710.522	-Rp40.378.141.478	Rp-
2019	Rp51.276.533.479	Rp10.898.392.001	Rp-
2020	Rp24.153.710.522	Rp35.052.102.523	Rp-
2021	Rp51.041.702.500	Rp86.093.805.023	Rp-
2022	Rp24.153.710.522	Rp110.247.515.545	Rp-
2023	Rp51.276.533.479	Rp161.524.049.023	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 42

2024	Rp24.153.710.522	Rp185.677.759.545	Rp-
2025	Rp51.041.702.500	Rp236.719.462.045	Rp-
2026	Rp24.153.710.522	Rp260.873.172.567	Rp-
2027	Rp51.276.533.479	Rp312.149.706.046	Rp-
2028	Rp24.153.710.522	Rp336.303.416.568	Rp-
2029	Rp51.041.702.500	Rp387.345.119.068	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 11 Tahun
 Sisa Massa Operasional 19 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 41 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 6

Skenario 7

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

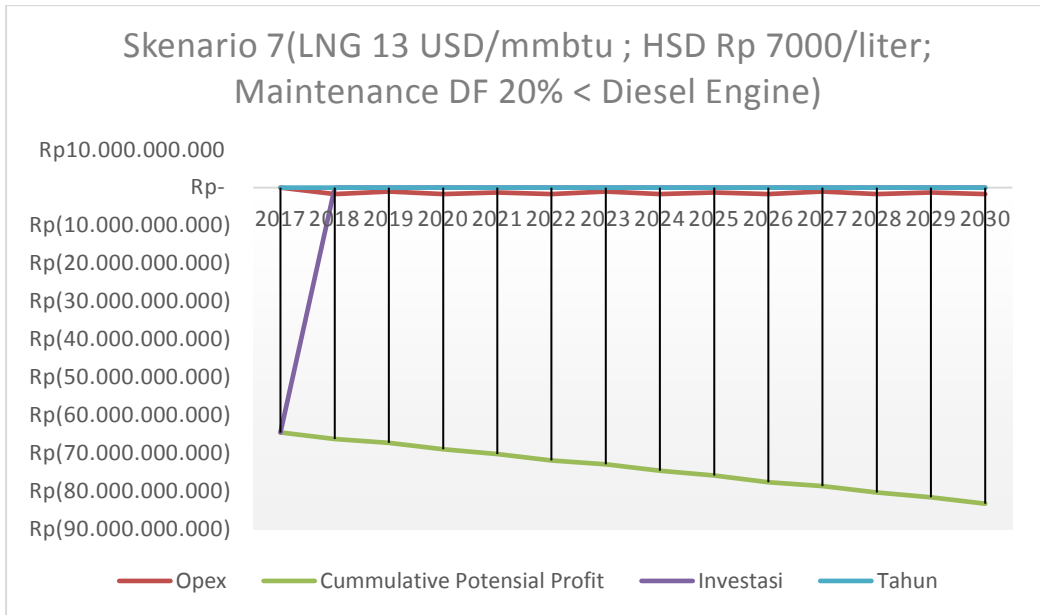
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 43 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 7

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	-Rp1.698.411.772	-Rp66.230.263.772	Rp-
2019	-Rp1.031.128.181	-Rp67.261.391.953	Rp-
2020	-Rp1.698.411.772	-Rp68.959.803.724	Rp-
2021	-Rp1.265.959.160	-Rp70.225.762.884	Rp-
2022	-Rp1.698.411.772	-Rp71.924.174.656	Rp-
2023	-Rp1.031.128.181	-Rp72.955.302.837	Rp-
2024	-Rp1.698.411.772	-Rp74.653.714.609	Rp-
2025	-Rp1.265.959.160	-Rp75.919.673.769	Rp-
2026	-Rp1.698.411.772	-Rp77.618.085.540	Rp-
2027	-Rp1.031.128.181	-Rp78.649.213.721	Rp-
2028	-Rp1.698.411.772	-Rp80.347.625.493	Rp-
2029	-Rp1.265.959.160	-Rp81.613.584.653	Rp-
2030	-Rp1.698.411.772	-Rp83.311.996.425	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2100
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 92 Tahun
 Sisa Massa Operasional Tidak Layak Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Tidak Layak



Gambar A. 42 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 7

Skenario 8

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

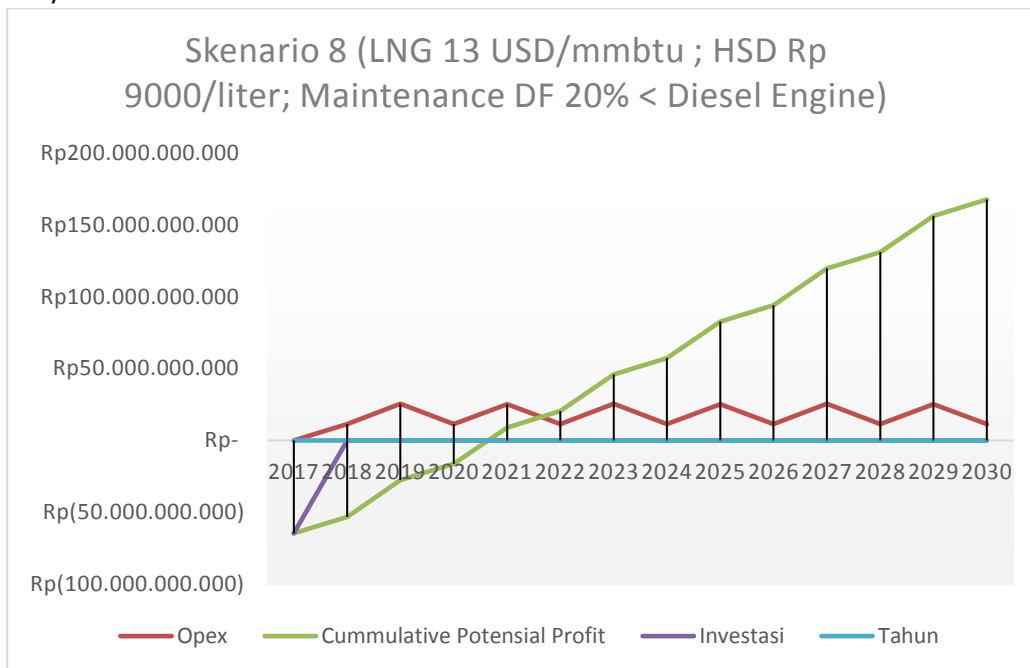
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 44 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 8

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp11.391.093.008	-Rp53.140.758.992	Rp-
2019	Rp25.509.931.622	-Rp27.630.827.369	Rp-
2020	Rp11.391.093.008	-Rp16.239.734.361	Rp-
2021	Rp25.275.100.644	Rp9.035.366.283	Rp-
2022	Rp11.391.093.008	Rp20.426.459.291	Rp-
2023	Rp25.509.931.622	Rp45.936.390.914	Rp-
2024	Rp11.391.093.008	Rp57.327.483.922	Rp-
2025	Rp25.275.100.644	Rp82.602.584.566	Rp-
2026	Rp11.391.093.008	Rp93.993.677.574	Rp-
2027	Rp25.509.931.622	Rp119.503.609.197	Rp-
2028	Rp11.391.093.008	Rp130.894.702.205	Rp-
2029	Rp25.275.100.644	Rp156.169.802.849	Rp-
2030	Rp11.391.093.008	Rp167.560.895.857	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	13 Tahun
Sisa Massa Operasional	17 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 43 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 8

Skenario 9

Harga LNG = 13USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% < Diesel Engine

Tabel A. 45 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 9

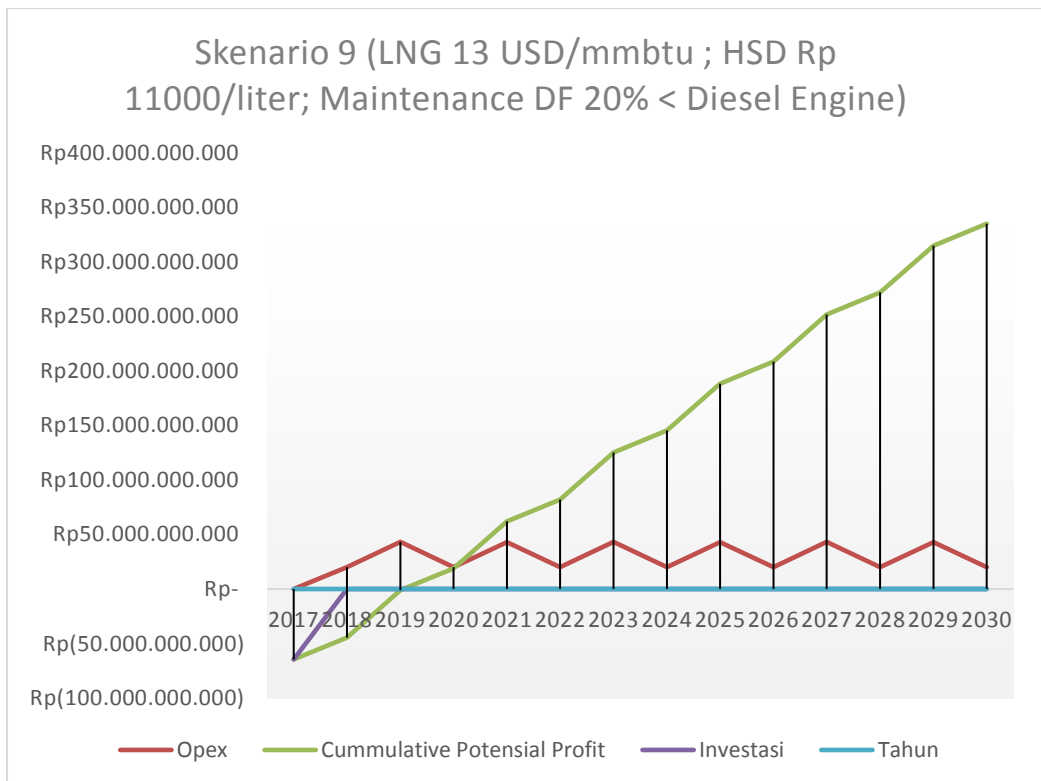
Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp20.117.429.529	-Rp44.414.422.471	Rp-
2019	Rp43.203.971.492	-Rp1.210.450.980	Rp-
2020	Rp20.117.429.529	Rp18.906.978.549	Rp-
2021	Rp42.969.140.513	Rp61.876.119.061	Rp-
2022	Rp20.117.429.529	Rp81.993.548.590	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 45

2023	Rp43.203.971.492	Rp125.197.520.082	Rp-
2024	Rp20.117.429.529	Rp145.314.949.610	Rp-
2025	Rp42.969.140.513	Rp188.284.090.123	Rp-
2026	Rp20.117.429.529	Rp208.401.519.651	Rp-
2027	Rp43.203.971.492	Rp251.605.491.143	Rp-
2028	Rp20.117.429.529	Rp271.722.920.672	Rp-
2029	Rp42.969.140.513	Rp314.692.061.184	Rp-
2030	Rp20.117.429.529	Rp334.809.490.713	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 12 Tahun
Sisa Massa Operasional 18 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 44 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 9

Skenario 10

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

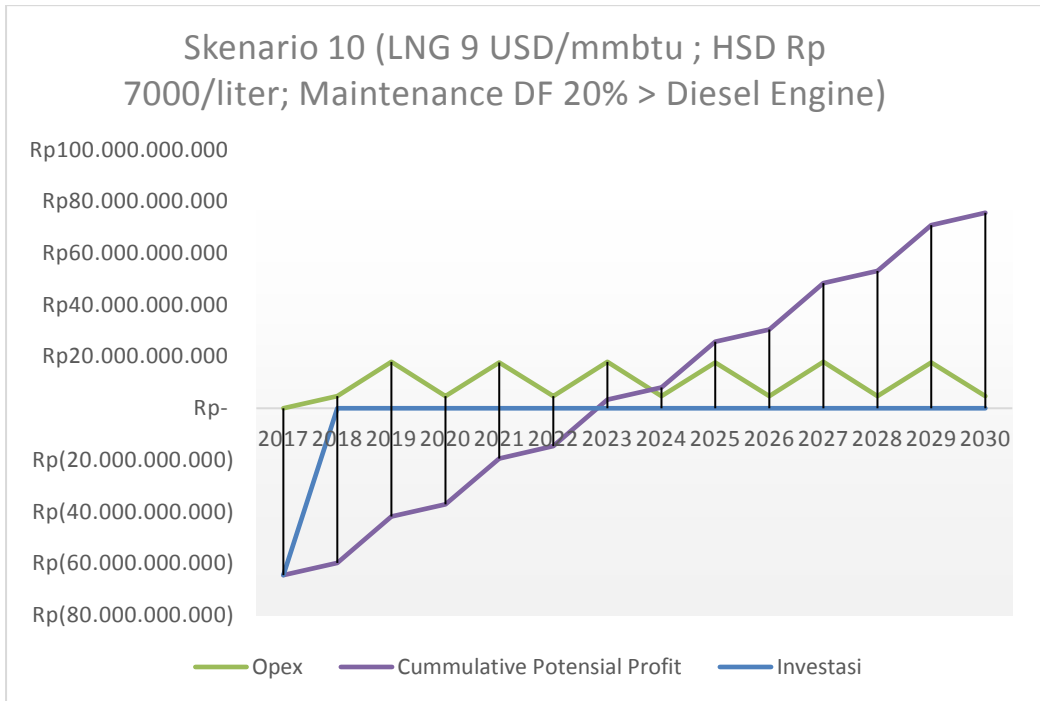
Harga HSD = Rp7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 46 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 10

Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp4.731.168.476	-Rp59.800.683.524	Rp-
2019	Rp17.954.865.727	-Rp41.845.817.797	Rp-
2020	Rp4.731.168.476	-Rp37.114.649.322	Rp-
2021	Rp17.720.034.748	-Rp19.394.614.573	Rp-
2022	Rp4.731.168.476	-Rp14.663.446.098	Rp-
2023	Rp17.954.865.727	Rp3.291.419.629	Rp-
2024	Rp4.731.168.476	Rp8.022.588.105	Rp-
2025	Rp17.720.034.748	Rp25.742.622.853	Rp-
2026	Rp4.731.168.476	Rp30.473.791.329	Rp-
2027	Rp17.954.865.727	Rp48.428.657.056	Rp-
2028	Rp4.731.168.476	Rp53.159.825.531	Rp-
2029	Rp17.720.034.748	Rp70.879.860.280	Rp-
2030	Rp4.731.168.476	Rp75.611.028.755	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2023
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	15 Tahun
Sisa Massa Operasional	15 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 45 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 10

Skenario 11

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

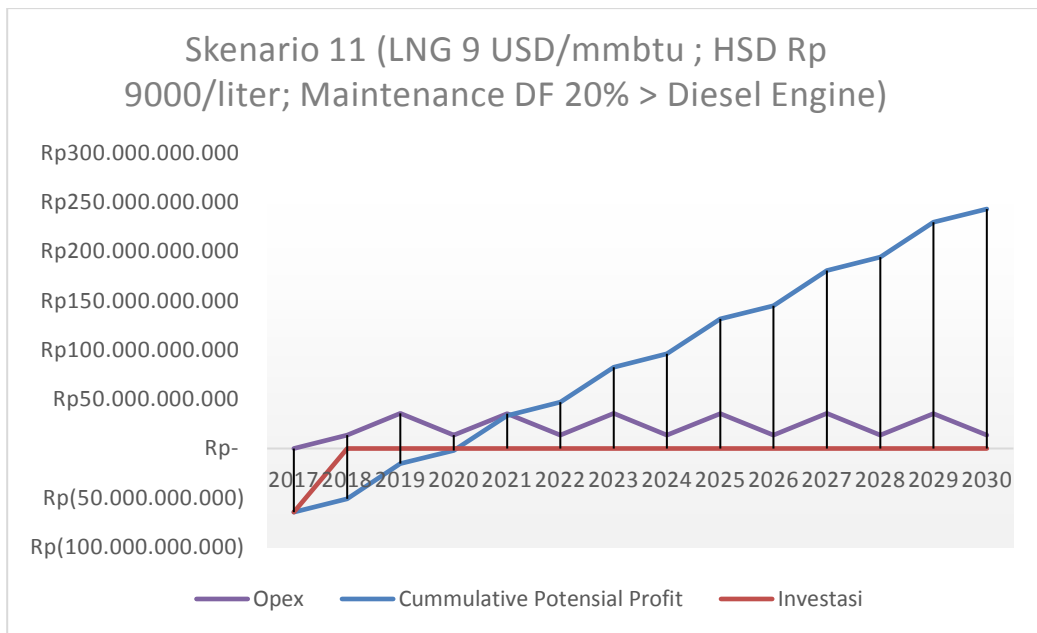
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 47 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 11

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp13.457.504.996	-Rp51.074.347.004	Rp-
2019	Rp35.648.905.596	-Rp15.425.441.408	Rp-
2020	Rp13.457.504.996	-Rp1.967.936.412	Rp-
2021	Rp35.414.074.618	Rp33.446.138.205	Rp-
2022	Rp13.457.504.996	Rp46.903.643.201	Rp-
2023	Rp35.648.905.596	Rp82.552.548.797	Rp-
2024	Rp13.457.504.996	Rp96.010.053.793	Rp-
2025	Rp35.414.074.618	Rp131.424.128.410	Rp-
2026	Rp13.457.504.996	Rp144.881.633.406	Rp-
2027	Rp35.648.905.596	Rp180.530.539.002	Rp-
2028	Rp13.457.504.996	Rp193.988.043.998	Rp-
2029	Rp35.414.074.618	Rp229.402.118.616	Rp-
2030	Rp13.457.504.996	Rp242.859.623.611	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2021
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	13 Tahun
Sisa Massa Operasional	17 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 46 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 11

Skenario 12

Harga LNG = 9 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 48 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 12

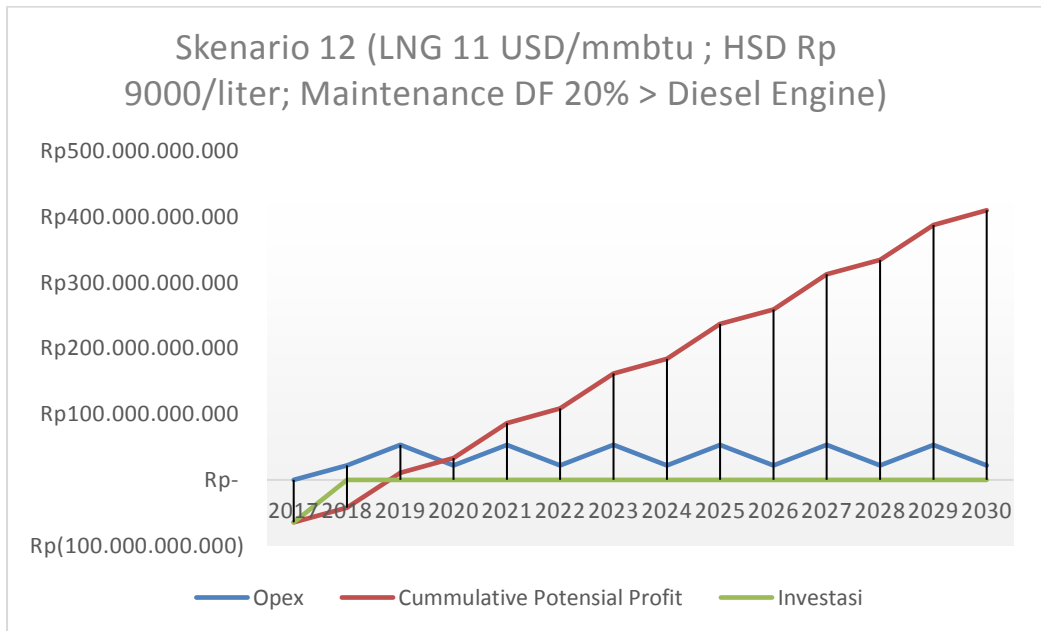
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp22.183.841.516	-Rp42.348.010.484	Rp-
2019	Rp53.342.945.466	Rp10.994.934.981	Rp-
2020	Rp22.183.841.516	Rp33.178.776.497	Rp-
2021	Rp53.108.114.487	Rp86.286.890.984	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan A. 48

2022	Rp22.183.841.516	Rp108.470.732.499	Rp-
2023	Rp53.342.945.466	Rp161.813.677.965	Rp-
2024	Rp22.183.841.516	Rp183.997.519.481	Rp-
2025	Rp53.108.114.487	Rp237.105.633.968	Rp-
2026	Rp22.183.841.516	Rp259.289.475.483	Rp-
2027	Rp53.342.945.466	Rp312.632.420.949	Rp-
2028	Rp22.183.841.516	Rp334.816.262.464	Rp-
2029	Rp53.108.114.487	Rp387.924.376.951	Rp-
2030	Rp22.183.841.516	Rp410.108.218.467	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2019
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 11 Tahun
 Sisa Massa Operasional 19 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 47 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 12

Skenario 13

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

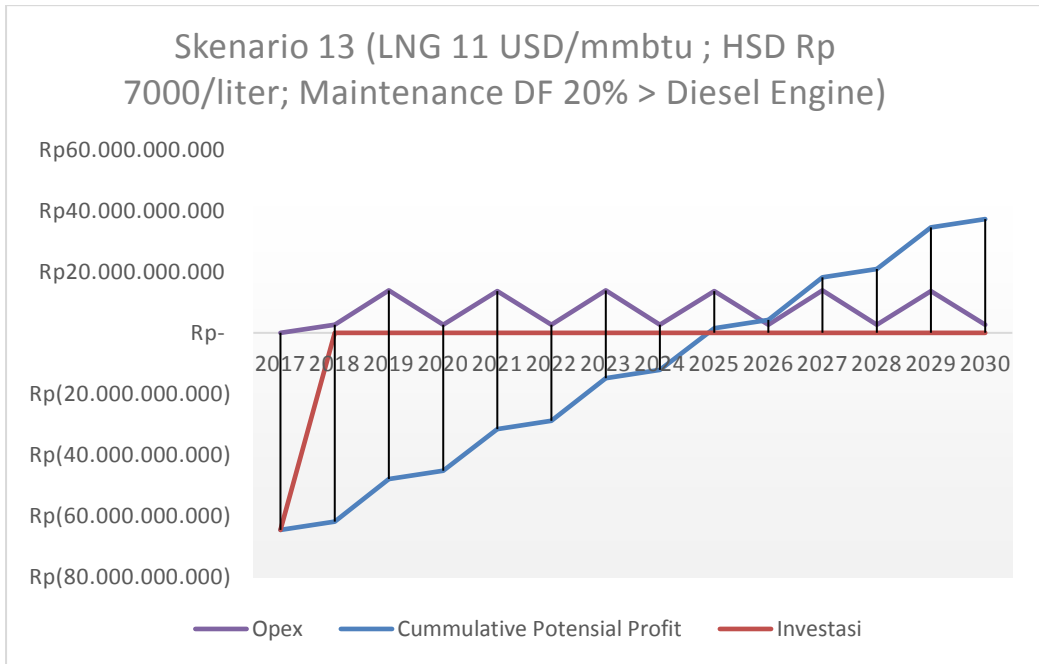
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 49 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 13

Time	Opex	Cumulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp2.713.027.979	-Rp61.818.824.021	Rp-
2019	Rp13.918.584.734	-Rp47.900.239.287	Rp-
2020	Rp2.713.027.979	-Rp45.187.211.308	Rp-
2021	Rp13.683.753.755	-Rp31.503.457.554	Rp-
2022	Rp2.713.027.979	-Rp28.790.429.575	Rp-
2023	Rp13.918.584.734	-Rp14.871.844.841	Rp-
2024	Rp2.713.027.979	-Rp12.158.816.862	Rp-
2025	Rp13.683.753.755	Rp1.524.936.893	Rp-
2026	Rp2.713.027.979	Rp4.237.964.872	Rp-
2027	Rp13.918.584.734	Rp18.156.549.605	Rp-
2028	Rp2.713.027.979	Rp20.869.577.584	Rp-
2029	Rp13.683.753.755	Rp34.553.331.339	Rp-
2030	Rp2.713.027.979	Rp37.266.359.318	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
 Tahun Perhitungan Kelayakan 2025
 Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
 Umur Berdasarkan Perhitungan 17 Tahun
 Sisa Massa Operasional 13 Tahun
 Kesimpulan Kelayakan
 Layak



Gambar A. 48 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 13

Skenario 14

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

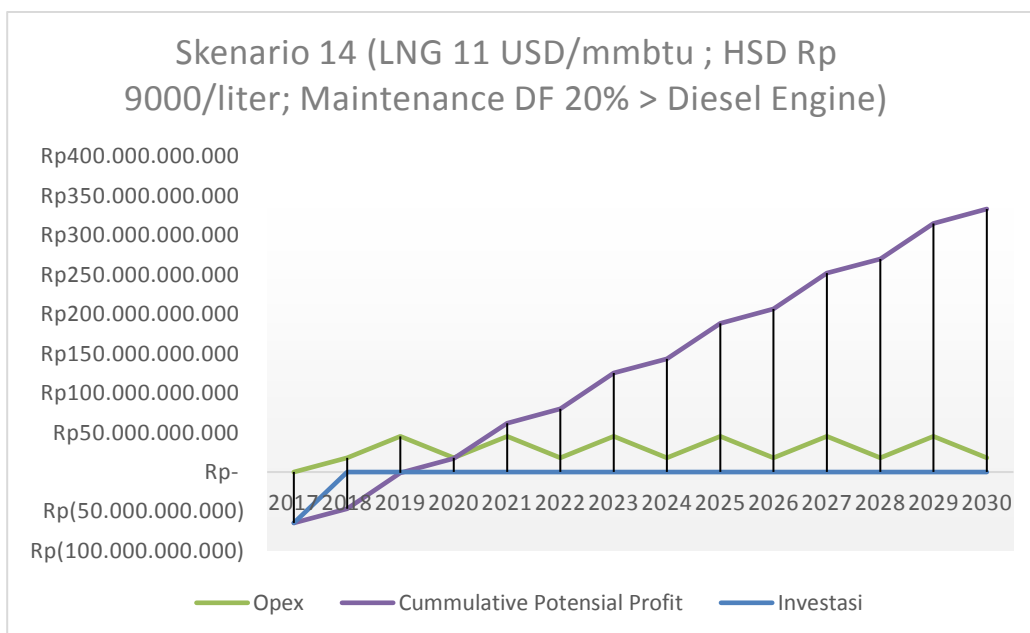
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 50 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 14

Time	Opex	Cumulative Potential Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp18.147.560.522	-Rp46.384.291.478	Rp-
2019	Rp45.270.383.479	-Rp1.113.907.999	Rp-
2020	Rp18.147.560.522	Rp17.033.652.523	Rp-
2021	Rp45.035.552.500	Rp62.069.205.023	Rp-
2022	Rp18.147.560.522	Rp80.216.765.545	Rp-
2023	Rp45.270.383.479	Rp125.487.149.023	Rp-
2024	Rp18.147.560.522	Rp143.634.709.545	Rp-
2025	Rp45.035.552.500	Rp188.670.262.045	Rp-
2026	Rp18.147.560.522	Rp206.817.822.567	Rp-
2027	Rp45.270.383.479	Rp252.088.206.046	Rp-
2028	Rp18.147.560.522	Rp270.235.766.568	Rp-
2029	Rp45.035.552.500	Rp315.271.319.068	Rp-
2030	Rp18.147.560.522	Rp333.418.879.590	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2020
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	12 Tahun
Sisa Massa Operasional	18 Tahun
Kesimpulan Kelayakan	
Layak	



Gambar A. 49 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 14

Skenario 15

Harga LNG = 11 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 51 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 15

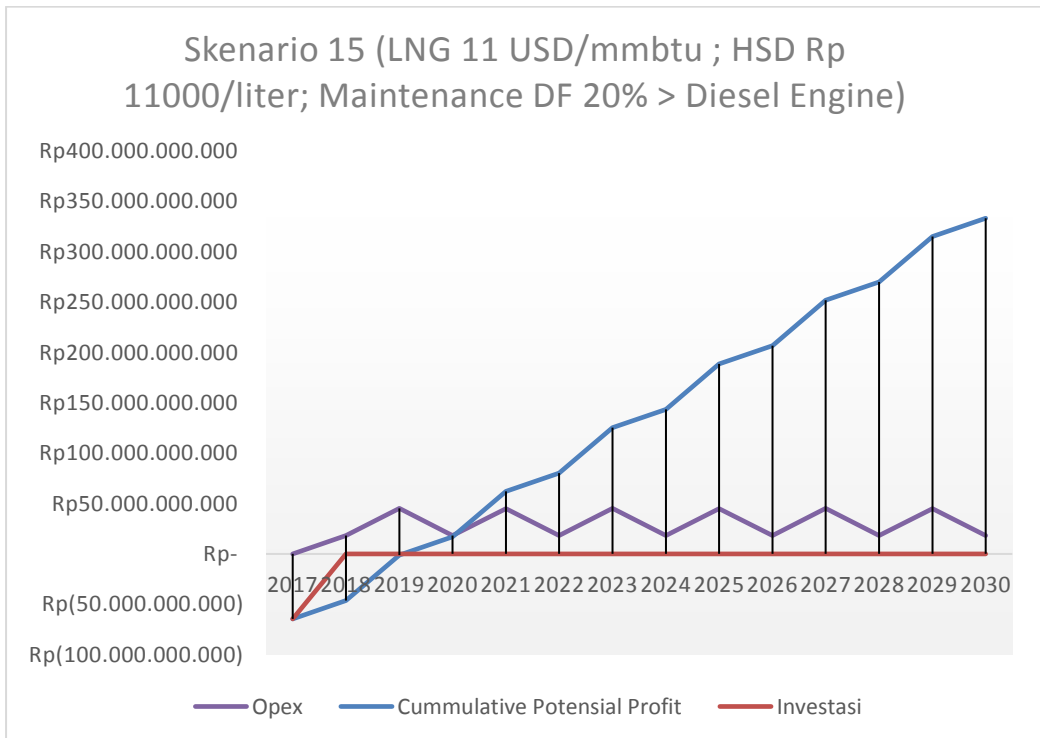
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp18.147.560.522	-Rp46.384.291.478	Rp-
2019	Rp45.270.383.479	-Rp1.113.907.999	Rp-
2020	Rp18.147.560.522	Rp17.033.652.523	Rp-
2021	Rp45.035.552.500	Rp62.069.205.023	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan Tabel A. 51

2022	Rp18.147.560.522	Rp80.216.765.545	Rp-
2023	Rp45.270.383.479	Rp125.487.149.023	Rp-
2024	Rp18.147.560.522	Rp143.634.709.545	Rp-
2025	Rp45.035.552.500	Rp188.670.262.045	Rp-
2026	Rp18.147.560.522	Rp206.817.822.567	Rp-
2027	Rp45.270.383.479	Rp252.088.206.046	Rp-
2028	Rp18.147.560.522	Rp270.235.766.568	Rp-
2029	Rp45.035.552.500	Rp315.271.319.068	Rp-
2030	Rp18.147.560.522	Rp333.418.879.590	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 12 Tahun
Sisa Massa Operasional 18 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 50 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 15

Skenario 16

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

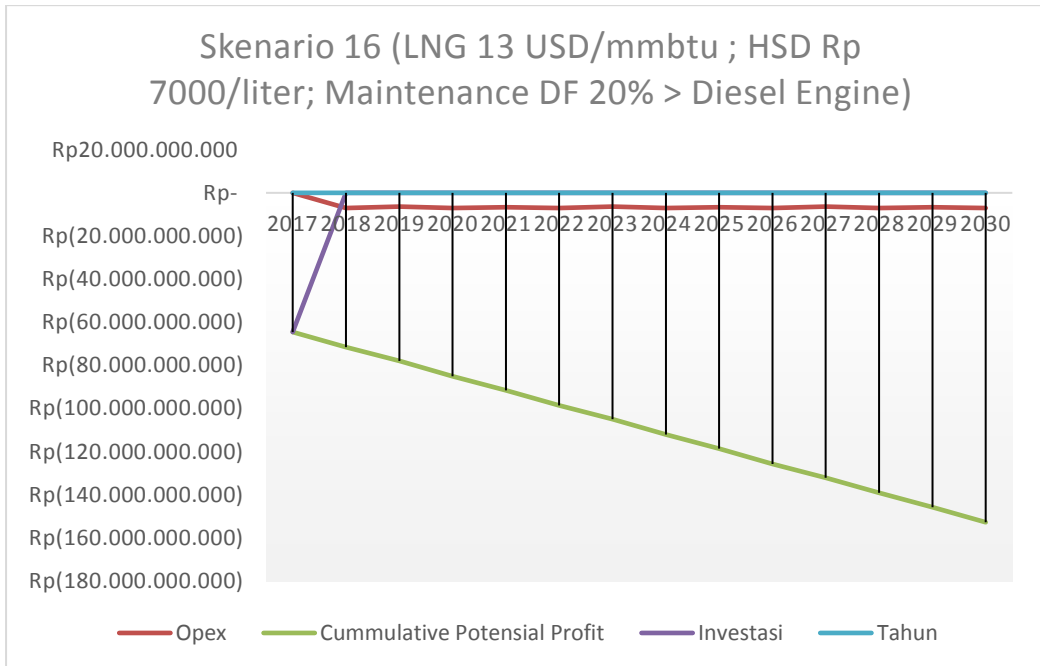
Harga HSD = Rp 7.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 52 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 16

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	-Rp7.037.211.772	-Rp71.569.063.772	Rp-
2019	-Rp6.369.928.182	-Rp77.938.991.953	Rp-
2020	-Rp7.037.211.772	-Rp84.976.203.725	Rp-
2021	-Rp6.604.759.160	-Rp91.580.962.885	Rp-
2022	-Rp7.037.211.772	-Rp98.618.174.657	Rp-
2023	-Rp6.369.928.182	-Rp104.988.102.838	Rp-
2024	-Rp7.037.211.772	-Rp112.025.314.610	Rp-
2025	-Rp6.604.759.160	-Rp118.630.073.770	Rp-
2026	-Rp7.037.211.772	-Rp125.667.285.542	Rp-
2027	-Rp6.369.928.182	-Rp132.037.213.723	Rp-
2028	-Rp7.037.211.772	-Rp139.074.425.495	Rp-
2029	-Rp6.604.759.160	-Rp145.679.184.655	Rp-
2030	-Rp7.037.211.772	-Rp152.716.396.427	Rp-

Tahun Pembuatan	2008	
Tahun Perhitungan Kelayakan	2100	
Batas Umur Kelayakan PELNI	30	Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	92	Tahun
Sisa Massa Operasional	Tidak Layak	Tahun
Kesimpulan Kelayakan		
Tidak Layak		



Gambar A. 51 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 16

Skenario 17

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

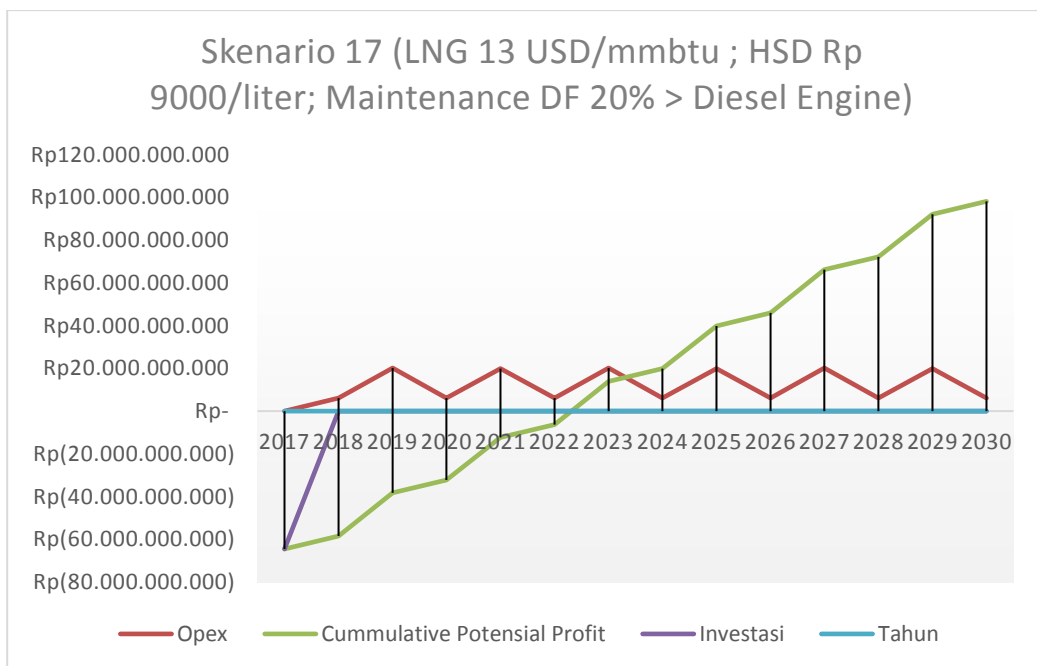
Harga HSD = Rp 9.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 53 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 17

Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp6.052.293.008	-Rp58.479.558.992	Rp-
2019	Rp20.171.131.622	-Rp38.308.427.369	Rp-
2020	Rp6.052.293.008	-Rp32.256.134.361	Rp-
2021	Rp19.936.300.644	-Rp12.319.833.717	Rp-
2022	Rp6.052.293.008	-Rp6.267.540.709	Rp-
2023	Rp20.171.131.622	Rp13.903.590.914	Rp-
2024	Rp6.052.293.008	Rp19.955.883.922	Rp-
2025	Rp19.936.300.644	Rp39.892.184.566	Rp-
2026	Rp6.052.293.008	Rp45.944.477.574	Rp-
2027	Rp20.171.131.622	Rp66.115.609.197	Rp-
2028	Rp6.052.293.008	Rp72.167.902.205	Rp-
2029	Rp19.936.300.644	Rp92.104.202.849	Rp-
2030	Rp6.052.293.008	Rp98.156.495.857	Rp-

Tahun Pembuatan	2008
Tahun Perhitungan Kelayakan	2023
Batas Umur Kelayakan PELNI	30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan	15 Tahun
Sisa Massa Operasional	15 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak	



Gambar A. 52 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 17

Skenario 18

Harga LNG = 13 USD/mmbtu

Harga HSD = Rp 11.000/Liter

Variasi Harga Maintenance Dual Fuel 20% > Diesel Engine

Tabel A. 54 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 18

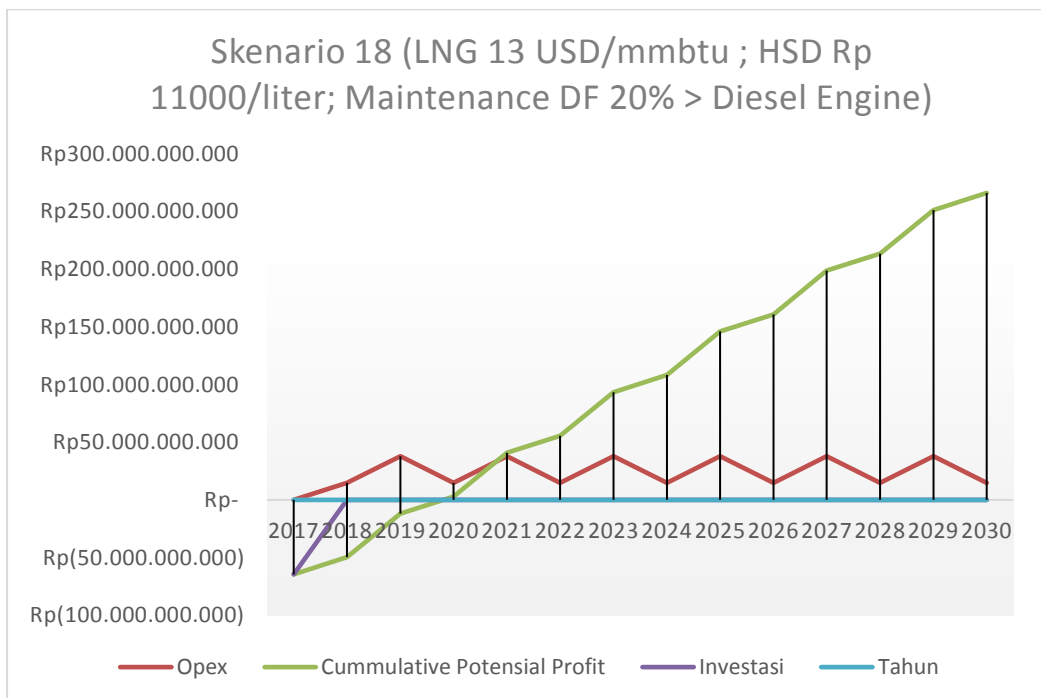
Time	Opex	Cummulative Potensial Profit	Investasi
2017	Rp-	-Rp64.531.852.000	-Rp64.531.852.000
2018	Rp14.778.629.529	-Rp49.753.222.471	Rp-
2019	Rp37.865.171.492	-Rp11.888.050.980	Rp-
2020	Rp14.778.629.529	Rp2.890.578.549	Rp-
2021	Rp37.865.171.492	Rp40.755.750.040	Rp-
2022	Rp14.778.629.529	Rp55.534.379.569	Rp-

Tabel dilanjutkan pada halaman selanjutnya

Lanjutan A. 54

2023	Rp37.865.171.492	Rp93.399.551.060	Rp-
2024	Rp14.778.629.529	Rp108.178.180.589	Rp-
2025	Rp37.865.171.492	Rp146.043.352.081	Rp-
2026	Rp14.778.629.529	Rp160.821.981.609	Rp-
2027	Rp37.865.171.492	Rp198.687.153.101	Rp-
2028	Rp14.778.629.529	Rp213.465.782.629	Rp-
2029	Rp37.865.171.492	Rp251.330.954.121	Rp-
2030	Rp14.778.629.529	Rp266.109.583.649	Rp-

Tahun Pembuatan 2008
Tahun Perhitungan Kelayakan 2020
Batas Umur Kelayakan PELNI 30 Tahun
Umur Berdasarkan Perhitungan 12 Tahun
Sisa Massa Operasional 18 Tahun
Kesimpulan Kelayakan Layak



Gambar A. 53 Skenario KM. Gunung Dempo Variasi Harga 18

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Pekalongan tanggal 1 Mei 1995. Penulis menempuh Pendidikan di TK Kutilang 1 Panjang Wetan Pekalongan dan melanjutkan ke jenjang selanjutnya di SD Negeri Panjang Wetan 02 Pekalongan. Setelah menempuh Pendidikan tingkat dasar, penulis melanjutkan Pendidikan tingkat pertama di SMP Negeri 1 Pekalongan dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Pekalongan. Mulai dari SMA penulis aktif berorganisasi di beberapa bidang termasuk diantaranya yaitu menjadi Ketua bidang keimanan dan ketaqwaan OSIS SMA Negeri 3 Pekalongan, Komandan Pleton Dewan Ambalan Pramuka, Koordinator Sholat Jumat Takmir Masjid Nurul Ilmi dan Ketua unit kegiatan olahraga Karate tingkat SMA. Penulis memiliki prestasi pada bidang olahraga Karate dengan sebagai Juara 1 Pekan Olahraga Karate tingkat kota Pekalongan. Pada tahun 2013, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan tinggi Strata – 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Semasa Pendidikan tinggi, penulis mendapatkan bantuan beasiswa BIDIKMISI dari Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Selain itu, penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa yang diantaranya yaitu menjadi Sekretaris Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMASISKAL FTK – ITS, Asisten Direktur bidang Administrasi Umum Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Dr. Angka ITS, anggota UKM Karate ITS, Staff bidang event UKM Cinta Rebana ITS, Staff Perekonomian Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS dan Ketua BEM Fakultas Teknologi Kelautan ITS serta kegiatan – kegiatan kemahasiswaan lainnya. Penulis mengambil bidang minat *Reliability, Availability, Management, and Safety* (RAMS) sebagai bahan skripsi dan sebagai member aktif Laboratorium RAMS.