



TUGAS AKHIR - MS 141501

**ANALISIS PERENCANAAN TRANSPORTASI PASOKAN
BAHAN BAKAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN
GAS (PLTMG): STUDI KASUS KEPULAUAN BANGKA
BELITUNG**

SHEILA NURLINDHA
NRP. 0441 1440 000 033

Dosen Pembimbing:
Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.
Irwan Tri Yuniyanto, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR - MS 141501

**ANALISIS PERENCANAAN TRANSPORTASI PASOKAN
BAHAN BAKAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN
GAS (PLTMG): STUDI KASUS KEPULAUAN BANGKA
BELITUNG**

SHEILA NURLINDHA
NRP. 0441144 000 0033

Dosen Pembimbing
Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.
Irwan Tri Yuniyanto, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - MS 141501

**TRANSPORTATION PLANNING OF FUEL SUPPLY FOR
GAS ENGINE POWER PLANT: CASE STUDY OF BANGKA
BELITUNG ISLANDS.**

SHEILA NURLINDHA
NRP. 0441144 000 0033

Supervisors
Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.
Irwan Tri Yuniyanto, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERENCANAAN TRANSPORTASI PASOKAN BAHAN BAKAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS (PLTMG): STUDI KASUS KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

SHEILA NURLINDHA
NRP. 0441144 000 0033

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



30/07/2018



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

Irwan Tri Yudianto, S.T., M.T.

NIP. 199001042015041002

NIP. 1987060520150410002

SURABAYA, JULI 2018

LEMBAR REVISI

ANALISIS PERENCANAAN TRANSPORTASI PASOKAN BAHAN BAKAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS (PLTMG): STUDI KASUS KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal 17 Juli 2018

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SHEILA NURLINDHA

NRP. 0441144 000 0033

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

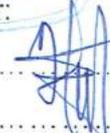
1. Ir. Murdjito, M.Sc. Eng.

2. Firmanto Hadi, S.T., M.T


3. Christino Boyke S. P., S.T., MT


4. Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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


2. Irwan Tri Yudiantro, S.T., M.T.


SURABAYA, JULI 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia yang diberikan tugas akhir penulis yang berjudul “**Analisis Perencanaan Transportasi Pasokan Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (Pltmg): Studi Kasus Kepulauan Bangka Belitung**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta (ayah dan ibu), terimakasih atas dukungan dan do’a yang selalu mengalir tiada henti.
2. Bapak Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T dan Bapak Irwan Tri Yuniyanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, bimbingan, dan arahan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T. selaku dosen wali yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mendukung penulis selama menempuh Program Sarjana di Departemen Teknik Transportasi Laut ITS.
4. Seluruh dosen pengajar di Departemen Teknik Transportasi Laut ITS yang telah memberikan ilmu selama proses perkuliahan.
5. Seluruh keluarga besar baik keluarga di Surabaya dan keluarga di Blitar yang telah memberikan semangat dan doa bagi penulis selama masa perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember ITS Surabaya.
6. Pihak terminal LNG di Benoa Bali yang telah membantu penulis mendapatkan data untuk penelitian Tugas Akhir ini.
7. Ana Ariyanto yang sudah mendukung, membantu dan menemani penulis selama melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman ”Danforth” yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
9. LNG Squad yang telah membantu dalam kegiatan survey dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Kakak dan adik tingkat yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

11. Semua pihak yang telah membantu didalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Serta tidak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam laporan ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

ANALISIS PERENCANAAN TRANSPORTASI PASOKAN BAHAN BAKAR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS (PLTMG): STUDI KASUS KEPULAUAN BANGKA BELITUNG

Nama Mahasiswa : Sheila Nurlindha
NRP : 04411440000033
Jurusan / Fakultas : Teknik Transportasi Laut/Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.
2. Irwan Tri Yuniyanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung memiliki 2 lokasi PLTMG (Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas) di Bangka dengan kapasitas 2 x 25 MW dan 1x 25 MW di Belitung yang dioperasikan dengan dua bahan bakar, yaitu HSD dan LNG. Tren Kenaikan HSD sebesar 9% selama tiga tahun yang menyebabkan operasi PLTMG yang masih menggunakan 100% HSD ini kurang optimal. Untuk itu, dalam penelitian ini dilakukan perhitungan menggunakan metode optimasi untuk menghitung pola operasi *port to port* dan *multiport* yang menimbulkan unit biaya total yang minimum dari pengadaan bahan bakar PLTMG. Transportasi pasokan bahan bakar PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung yang menghasilkan biaya minimum adalah dengan pola *port to port*. Untuk tujuan Bangka, rasio bahan bakarnya 20% HSD yang didapat dari kilang di Plaju, Palembang diangkut dengan SPOB berkapasitas 1.120 ton, frekuensi 15 kali dalam setahun dan 80% LNG yang berasal dari Kilang LNG Bontang diangkut dengan LNG *Carrier* berkapasitas 4.000 m³, frekuensi 31 kali dalam setahun dengan unit biaya total 9,34 juta rupiah per ton. Untuk tujuan Belitung rasio bahan bakarnya adalah 100% HSD yang berasal dari kilang di Plaju, Palembang diangkut dengan SPOB berkapasitas 2.800 ton, frekuensi 15 kali dalam setahun dengan unit biaya total sebesar 10,07 juta rupiah per ton.

Kata kunci: PLTMG, HSD, LNG, Rasio Bahan Bakar, LNG Carrier, Tanker, SPOB.

TRANSPORTATION PLANNING OF FUEL SUPPLY FOR GAS ENGINE POWER PLANT: CASE STUDY OF BANGKA BELITUNG ISLANDS

Author : Sheila Nurlindha
ID No. : 04411440000033
Dept / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Hasan Iqbal Nur, S.T., M.T.
2. Irwan Tri Yuniato, S.T., M.T.

ABSTRACT

Bangka Belitung Islands Province has 2 locations of PLTMG (Gas Engine Power Plant) in Bangka with 2 x 25 MW and 1x 25 MW capacity in Belitung operated with two fuels, HSD and LNG. Tren of 9% HSD increase over three years causing PLTMG operation that still uses 100% HSD is not optimal. Therefore in this study, the calculation using the optimization method to calculate the pattern of port to port and multiport operations to obtain the minimum total unit cost of fuel procurement for PLTMG. Transportation of PLTMG fuel supply in Bangka Belitung Islands which produces minimum cost is using port to port pattern. For Bangka, the fuel ratio of 20% HSD obtained from the refinery in Plaju, Palembang then transported with a SPOB with a capacity of 1,120 tonnes with frequency of 15 times a year and 80% of LNG from Bontang LNG Plant, transported by LNG Carrier with 4,000 m³ capacity with 31 times frequency a year resulting in a total unit cost of 9.34 million rupiah per ton. For Belitung, the fuel ratio is 100% HSD from the refinery in Plaju, Palembang and then transported with SPOB 2,800 tonnes of capacity 15 times frequency a year, resulting in a total unit cost of 10.07 million rupiah per ton.

Keywords: *PLTMG, HSD, LNG, Fuel Ratio, LNG Carrier, Tanker, SPOB.*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| LEMBAR REVISI | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Manfaat | 3 |
| 1.5. Batasan Masalah | 3 |
| 1.6. Hipotesis Awal | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. PLTMG | 5 |
| 2.2. Gas Alam Cair (LNG) | 6 |
| 2.3. Rantai Pasok LNG (<i>LNG Supply Chain</i>) | 7 |
| 2.4. Kapal Mini LNG | 8 |
| 2.5. HSD (High Speed Diesel) | 9 |
| 2.6. Rantai Pasok HSD | 10 |
| 2.7. Biaya Transportasi Laut | 12 |
| 2.8. Emisi | 19 |
| 2.9. Optimasi | 20 |
| 2.10. Regresi | 22 |
| 2.11. Penelitian Terdahulu | 23 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 25 |
| 3.1. Diagram Alir Penelitian | 25 |
| 3.2. Tahap Pengerjaan | 26 |
| 3.3. Model Matematis | 28 |

| | |
|---|----|
| BAB 4. ANALISIS KONDISI SAAT INI | 31 |
| 4.1. Kepulauan Bangka Belitung | 31 |
| 4.2. Sistem Kelistrikan Kepulauan Bangka Belitung | 36 |
| 4.3. Identifikasi Lokasi Permintaan | 38 |
| 4.4. Identifikasi Lokasi Pemasok..... | 44 |
| 4.5. Biaya Penanganan Gas | 46 |
| 4.6. Kapal LNG | 47 |
| 4.7. Konversi Gas | 48 |
| BAB 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... | 51 |
| 5.1. Penyusunan Model..... | 51 |
| 5.2. Asumsi | 61 |
| 5.3. Perhitungan Pola Operasi Saat ini | 62 |
| 5.4. Perhitungan Biaya Transportasi Laut | 65 |
| 5.5. Biaya Pengadaan | 86 |
| 5.6. Biaya Penyimpanan | 87 |
| 5.7. Biaya Regasifikasi | 87 |
| 5.8. Total Biaya | 88 |
| 5.9. Perhitungan Biaya Emisi | 89 |
| 5.10. Perencanaan Fasilitas Pelabuhan | 89 |
| 5.11. Analisis Sensitifitas Kenaikan Harga LNG | 93 |
| BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN | 95 |
| 6.1. Kesimpulan..... | 95 |
| 6.2. Saran | 96 |
| DAFTAR PUSTAKA | 97 |
| LAMPIRAN | 99 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1-1 Grafik Kenaikan Harga Bahan Bakar | 2 |
| Gambar 2-1 Skema Bahan Bakar PLTMG | 5 |
| Gambar 2-2 Lokasi Penghasil LNG di Indonesia | 6 |
| Gambar 2-3 Rantai Pasok LNG | 7 |
| Gambar 2-4 Alat Penyaluran Gas | 8 |
| Gambar 2-5 Kapal LNG Pioner Knutsen | 9 |
| Gambar 2-6 Lokasi Penghasil HSD di Indonesia | 10 |
| Gambar 2-7 Kegiatan Bongkar Muat di Pelabuhan | 18 |
| Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian | 25 |
| Gambar 4-1 Peta Provinsi Bangka Belitung | 31 |
| Gambar 4-2 Pantai Tanjung Kelayang | 35 |
| Gambar 4-3 Pantai Tanjung Berikat | 35 |
| Gambar 4-4 Peta Lokasi Permintaan..... | 38 |
| Gambar 4-5 PLTMG Air Anyir, Bangka | 39 |
| Gambar 4-6 Pelabuhan Khusus PLTU | 40 |
| Gambar 4-7 PLTMG Suge, Belitung | 42 |
| Gambar 4-8 Pelabuhan Tanjung Batu | 43 |
| Gambar 4-9 Peta Lokasi Pemasok Bahan Bakar..... | 44 |
| Gambar 4-10 Alat Bongkar Muat LNG | 45 |
| Gambar 4-11 <i>Flexible Exhaust</i> | 46 |
| Gambar 4-12 Kapal Aquarius LNG | 47 |
| Gambar 4-13 Kapal Triputra..... | 48 |
| Gambar 5-1 Grafik <i>Charter Rate</i> Kapal HSD..... | 54 |
| Gambar 5-2 Grafik <i>Charter Rate</i> Kapal SPOB..... | 54 |
| Gambar 5-3 Grafik <i>Charter Rate</i> Kapal LNG | 55 |
| Gambar 5-4 Grafik Regresi Kapal HSD | 56 |
| Gambar 5-5 Grafik Regresi Kapal SPOB | 56 |
| Gambar 5-6 Grafik Regresi Kapal LNG | 56 |
| Gambar 5-7 Pola Port to Port Kombinasi Rute ke Bangka..... | 60 |
| Gambar 5-8 Pola <i>Port to Port</i> Kombinasi Rute ke Belitung | 60 |
| Gambar 5-9 Kombinasi Rute dengan pola <i>Multi Port</i> | 61 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5-10 Grafik Stok HSD di Bangka | 91 |
| Gambar 5-11 Grafik Stok HSD di Belitung | 92 |
| Gambar 5-12 Grafik Stok LNG di Bangka | 92 |
| Gambar 5-13 Grafik Analisis Kenaikan Harga LNG..... | 93 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2-1 Nilai FE..... | 19 |
| Tabel 2-2 Nilai Aktifitas | 20 |
| Tabel 4-1 Pembagian Wilayah Administrasi Kep. Bangka Belitung..... | 33 |
| Tabel 4-2 Kapasitas Pembangkit Listrik Wilayah Bangka | 36 |
| Tabel 4-3 Kapasitas Pembangkit di Wilayah Belitung | 37 |
| Tabel 4-4 Spesifikasi Pelabuhan Pangkal Balam..... | 40 |
| Tabel 4-5 Fasilitas Pelabuhan Tanjung Batu | 43 |
| Tabel 4-6 Jarak Lokasi Pemasok ke Pembangkit..... | 45 |
| Tabel 4-7 Jarak Lokasi Pemasok HSD ke Pembangkit..... | 46 |
| Tabel 4-8 Biaya Penanganan Gas | 47 |
| Tabel 4-9 Konversi Gas | 48 |
| Tabel 5-1 Kebutuhan Bahan Bakar PLTMG | 51 |
| Tabel 5-2 Alternatif Kapal HSD | 52 |
| Tabel 5-3 Alternatif Kapal LNG | 53 |
| Tabel 5-4 Tarif Sewa Kapal HSD | 57 |
| Tabel 5-5 Tarif Sewa Kapal LNG | 57 |
| Tabel 5-6 Tarif Jasa Kepelabuhanan..... | 58 |
| Tabel 5-7 Rincian Waktu di Pelabuhan untuk Kapal HSD..... | 58 |
| Tabel 5-8 Rincian Waktu di Pelabuhan | 59 |
| Tabel 5-9 Asumsi | 61 |
| Tabel 5-10 Spesifikasi kapal Pengangkut Saat ini | 62 |
| Tabel 5-11 Operasional Kapal Eksisting Bangka | 63 |
| Tabel 5-12 Biaya Transportasi Laut Eksisting Bangka | 63 |
| Tabel 5-13 Operasional Kapal Tujuan Belitung | 64 |
| Tabel 5-1417 Biaya Transportasi Laut Eksisting Belitung..... | 64 |
| Tabel 5-15 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 1 | 65 |
| Tabel 5-16 Operasional Kombinasi Bangka 1 | 66 |
| Tabel 5-17 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Bangka 1 | 67 |
| Tabel 5-18 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 2 | 67 |
| Tabel 5-19 Operasional Kombinasi Bangka 2 | 68 |
| Tabel 5-20 Biaya Transportasi Kombinasi Bangka 2 | 68 |

| | |
|--|----|
| Tabel 5-21 Permintaan Muatan Bangka 3 | 69 |
| Tabel 5-22 Operasional Kapal Kombinasi Bangka 3..... | 70 |
| Tabel 5-23 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Bangka 3 | 70 |
| Tabel 5-24 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 4 | 71 |
| Tabel 5-25 Operasional Kapal Kombinasi Bangka 4..... | 72 |
| Tabel 5-26 Biaya Trsnportasi Laut Kombinasi Bangka 4..... | 72 |
| Tabel 5-27 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 1 | 73 |
| Tabel 5-28 Operasional Kapal Kombinasi Beitung 1 | 74 |
| Tabel 5-29 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Belitung 1 | 74 |
| Tabel 5-30 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 2..... | 75 |
| Tabel 5-31 Operasional Kapal Kombinasi Belitung 2 | 75 |
| Tabel 5-32 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Belitung 2 | 76 |
| Tabel 5-33 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 3..... | 76 |
| Tabel 5-34 Kapal Kombinasi Belitung 3 | 77 |
| Tabel 5-35 Biaya Transportasi Laut Kapal HSD Kombinasi Belitung 3..... | 77 |
| Tabel 5-36 Kebutuhan Bahan Bakar Belitung 4 | 78 |
| Tabel 5-37 Operasional Kapal Kombinasi Belitung 4 | 78 |
| Tabel 5-38 Biaya Transportasi Laut Kapal HSD Kombinasi Belitung 4..... | 79 |
| Tabel 5-39 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 1 | 80 |
| Tabel 5-40 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 1..... | 80 |
| Tabel 5-41 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 1 | 81 |
| Tabel 5-42 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 2 | 81 |
| Tabel 5-43 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 2..... | 82 |
| Tabel 5-44 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 2..... | 82 |
| Tabel 5-45 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 3 | 83 |
| Tabel 5-46 Operasional kapal Kombinasi Multiport 3 | 83 |
| Tabel 5-47 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 3..... | 84 |
| Tabel 5-48 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 4 | 85 |
| Tabel 5-49 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 4..... | 85 |
| Tabel 5-50 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 4..... | 86 |
| Tabel 5-51 Biaya Pengadaan Bahan Bakar | 86 |
| Tabel 5-52 Biaya Penyimpanan Bahan Bakar | 87 |
| Tabel 5-53 Biaya Regasifikasi Bahan Bakar..... | 87 |

| | |
|--|----|
| Tabel 5-54 Total Biaya..... | 88 |
| Tabel 5-55 Kebutuhan Pipa HSD..... | 90 |
| Tabel 5-56 Kebutuhan Pipa LNG | 90 |
| Tabel 5-57 Pengadaan Pipa HSD dan LNG | 91 |
| Tabel 5-58 Analisis Kenaikan Harga LNG | 93 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah provinsi yang terdiri dari dua pulau utama yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung, serta pulau-pulau kecil lainnya. Pulau Belitung ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) pariwisata melalui Peraturan Pemerintah Nomor 6 tahun 2016, tepatnya di Tanjung Kelayang.

Kawasan Ekonomi Khusus sendiri adalah kawasan tertentu dimana diberlakukan ketentuan khusus di bidang kepabeanan, perpajakan, perijinan, keimigrasian dan ketenagakerjaan. Tujuan utama KEK adalah untuk membantu atau mendukung perekonomian lokal dengan menciptakan lapangan kerja, memperbaiki struktur industri, dan memperbaiki infrastruktur penunjang sehingga dapat menarik minat investor. Salah satu infrastruktur penunjang untuk dapat menarik investor adalah dengan memperbaiki jaringan distribusi listrik dan meningkatkan kapasitas listrik di kawasan Kepulauan Bangka Belitung.

Untuk menunjang peningkatan kapasitas listrik maka pemerintah melalui program Listrik 35.000 MW, membangun PLTMG (Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas) di Bangka dengan kapasitas 2 x 25 MW dan 1x 25 MW di Belitung sebagai cadangan daya. PLTMG merupakan pembangkit listrik yang dapat menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu HSD dan LNG. Namun sampai saat ini, PLTMG di Bangka dan Belitung masih menggunakan HSD sebagai bahan bakar dan belum menggunakan bahan bakar LNG. Hal ini disebabkan oleh belum tersedianya fasilitas penunjang bahan bakar gas dan juga alat transportasi untuk LNG, sehingga pengoperasian PLTMG ini menimbulkan biaya yang lebih mahal.

Selain itu HSD sebagai bahan bakar yang digunakan saat ini harganya cenderung mengalami kenaikan selama tiga tahun terakhir. Kenaikan harga HSD dalam kurun waktu tiga tahun terakhir mencapai rata-rata 9%. Sedangkan untuk bahan bakar gas alam atau LNG harganya juga mengalami kenaikan namun kenaikan rata-ratanya hanya 1%. Presentase penggunaan LNG yang lebih banyak diharapkan dapat mengurangi biaya produksi listrik, sehingga masyarakat di Bangka Belitung dapat menikmati listrik dengan harga murah.



Sumber: diolah dari Indexmundi.com

Gambar 1-1 Grafik Kenaikan Harga Bahan Bakar

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan studi mengenai perencanaan pola transportasi bahan bakar beserta rasio penggunaan bahan bakar untuk PLTMG. Dengan diadakannya studi ini diharapkan memberikan masukan atau rekomendasi untuk pengelola pembangkit listrik dalam hal ini adalah PLN untuk dapat menghasilkan biaya produksi listrik yang paling minimum, sehingga dapat menambah profit dan dapat menjual listrik dengan tarif lebih rendah.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi saat ini transportasi pasokan bahan bakar untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) di Kepulauan Bangka Belitung?
2. Bagaimana pola operasi pasokan bahan bakar PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung yang menghasilkan biaya yang minimum?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Menghitung kondisi saat ini dari transportasi pasokan bahan bakar untuk PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung.
2. Membuat perencanaan pola operasi pasokan bahan bakar PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung yang menghasilkan biaya yang minimum.

1.4. Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Memberikan masukan kepada perusahaan yang dalam hal ini adalah B'right PLN Batam sebagai pihak yang mengoperasikan PLTMG dalam merencanakan pola operasi moda pemasok bahan bakar untuk PLTMG di wilayah Kepulauan Bangka Belitung.
2. Mengetahui perbandingan penggunaan bahan bakar agar menghasilkan minimum biaya pengadaan.
3. Sebagai referensi studi transportasi pasokan bahan bakar khususnya LNG selanjutnya.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Alternatif tipe alat angkut yang digunakan untuk mengangkut gas alam dalam penelitian ini adalah LNG *Carrier*.
2. Alternatif tipe alat angkut yang digunakan untuk mengangkut HSD dalam penelitian ini adalah kapal tanker minyak dan *Self Propelled Oil Barge (SPOB)*.
3. Model pengiriman bahan bakar dimulai dari pelabuhan muat hingga ke penyimpanan bahan bakar di pelabuhan bongkar.
4. Fasilitas pendukung untuk gas diasumsikan telah tersedia di lokasi pelabuhan bongkar.
5. Fasilitas pelabuhan diasumsikan dapat melayani moda pengangkut bahan bakar terpilih.

1.6. Hipotesis Awal

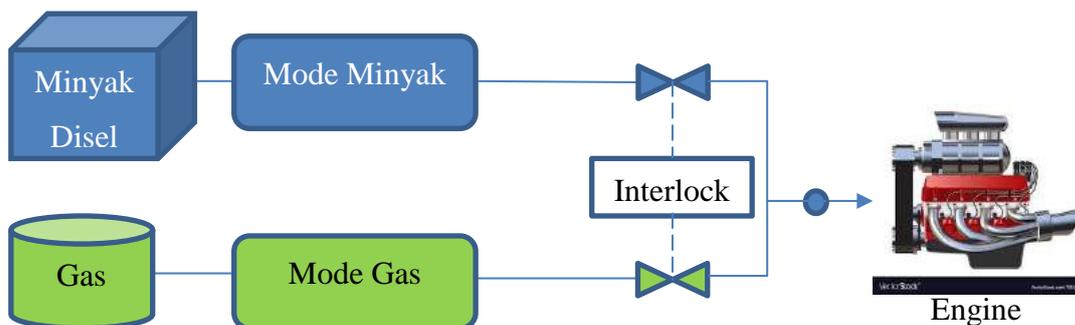
Dugaan awal dari penelitian ini adalah dengan rasio bahan bakar gas lebih banyak dari pada HSD maka akan menghasilkan listrik dengan biaya murah. Sehingga untuk pola operasinya diperlukan kapal LNG dengan kapasitas kecil atau mini LNG untuk mengangkut gas dan kapal tangker untuk mengangkut HSD.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PLTMG

PLTMG adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas yang prinsip kerjanya dengan mengompresikan udara dan pemanasan udara dengan penambahan bahan bakar gas panas yang digunakan untuk memutar turbin sebagai penggerak mula pemutar generator pembangkit (Lestari, 2012). Dalam operasinya PLTMG menggunakan dua bahan bakar (*dual fuel*) yaitu gas alam dan minyak diesel atau HSD (High Speed Diesel), oleh karena itu sistem bahan bakar PLTMG harus dapat mengakomodir kedua bahan bakar tersebut.

Bahan bakar minyak diesel biasanya digunakan untuk dua fungsi, yaitu untuk bahan bakar awalan (*pilot fuel*) dan bahan bakar utama. Bahan bakar awalan akan selalu menggunakan bahan bakar minyak diesel pada setiap upaya operasi mesin. Sedangkan bahan bakar utamanya dapat ditukar (*switch-over*) dari bahan bakar minyak diesel ke bahan bakar gas. Maka dari itu mesin PLTMG tidak dapat dioperasikan 100% menggunakan bahan bakar minyak diesel. Berikut adalah skema sederhana sistem bahan bakar pada PLTMG.



Gambar 2-1 Skema Bahan Bakar PLTMG

Penggunaan PLTMG memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pembangkit lain, adapun kelebihan penggunaan PLTMG antara lain:

- Dapat beroperasi menggunakan dua bahan bakar, yaitu gas dan HSD.
- Penggunaan gas yang lebih ekonomis akan menurunkan biaya operasional.
- Penggunaan gas lebih ramah lingkungan karena emisi gas yang rendah.

- d. Waktu *start-up* yang cepat sehingga dapat digunakan untuk pemasok daya pada saat beban puncak.
- e. Pembangunan PLTMG lebih cepat dibandingkan pembangkit lainya seperti PLTU.

2.2. Gas Alam Cair (LNG)

Gas alam adalah salah satu material tambang yang terdiri dari fosil-fosil fosil yang telah terpendam didalam tanah selama jutaan tahun. Namun dibanding dengan minyak dan batu bara, gas alam adalah salah satu energi yang paling bersih karena memiliki intensitas karbon yang rendah. Komponen utama gas alam adalah metana (80%), sisanya adalah etana (7%), propana (6%), dan butana (4%), isobotana, dan sisanya adalah pentana. Gas alam memiliki sifat tidak berbau, namun untuk mengetahui adanya kebocoran ditambahkan zat yang menimbulkan bau untuk mengetahui bila terjadi kebocoran gas.

Indonesia adalah salah satu negara penghasil gas alam di dunia. Menurut BP Statistical Review tahun 2015 Indonesia adalah negara penghasil gas alam di dunia yang menduduki peringkat ke 10. Adapun lokasi terbesar penghasil gas alam ada Bontang-Kalimantan Timur, tangguh-Papua dan Sulawesi Tengah. Sedangkan untuk fasilitas FRSU ada di Lampung yang dioperasikan oleh PGN LNG, FRSU Jawa Barat yang dioperasikan oleh Nusantara Regas, dan FRSU Benoa yang dioperasikan oleh Pelindo Enegrgi Logistik.



Sumber: Diolah dari data Dirjen Migas

Gambar 2-2 Lokasi Penghasil LNG di Indonesia

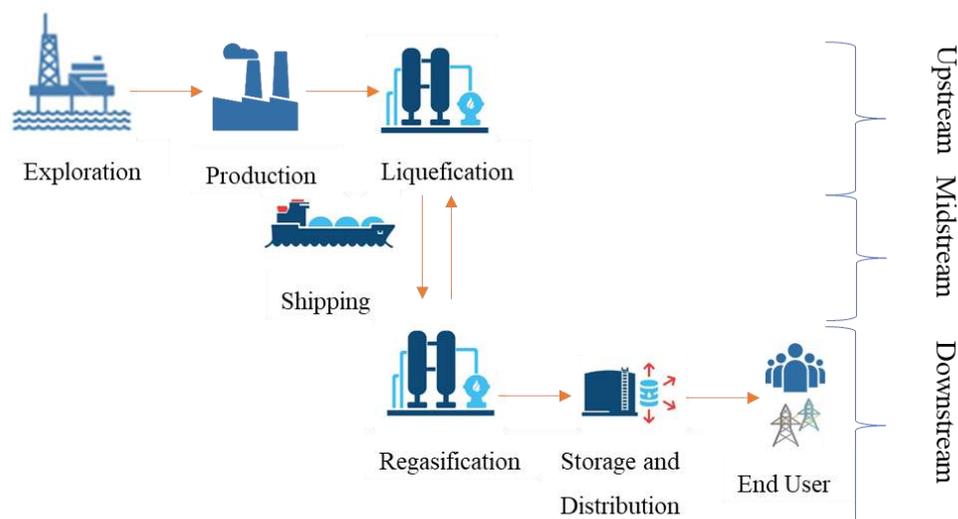
LNG (liquefied Natural Gas) atau Gas Alam Cair adalah gas alam yang telah diubah menjadi cairan. Hal ini dilakukan untuk menghemat ruang, karena 610 kaki kubik gas alam dapat diubah menjadi 1 kaki kubik LNG. Mengkonversi gas alam menjadi LNG membuat

kita lebih mudah untuk menyimpan dan lebih mudah untuk mengangkut disaat jaringan pipa tidak tersedia (Geost, 2016). LNG adalah sumber energi yang hasil pembakarannya lebih bersih dar karbon 30% dibanding bahan bakar minyak dan 50% lebih bersih dibanding batu bara (Vivoda, 2014).

Ada dua cara untuk mencairkan gas alam. Cara pertama untuk mencairkan gas alam adalah dengan mendinginkan gas melewati titik didihnya, yaitu pada sekitar suhu -162 derajat celcius. Pendinginan ini biasanya dilakukan dengan memasukan gas ke pendingin atau refrigerator. Proses pendinginan ini biasanya disertai dengan proses menghilangkan air, karbondioksida, hidrogen sulfida dan bahan/unsur pengotor lainnya. Perubahan wujud dari gas menjadi cair juga dapat dilakukan dengan meningkatkan tekanan gas metana. Pada suhu kamar, metana akan mulai menjadi cair pada tekanan 6.64 bar atau 92.78 psia.

2.3. Rantai Pasok LNG (*LNG Supply Chain*)

Rantai pasok LNG dimulai dari *upstream* atau hulu yaitu eksplorasi dan produksi LNG. Setelah melalui proses di *upstream* rantai pasok LNG kemudian bergerak menuju *midstream* yaitu *processing* dan pengiriman atau transportasi LNG. Dan akan kembali bergerak menuju *downstream* atau hilir dimana LNG akan di regasifikasi menjadi gas dan di distribusikan menuju konsumen.



Gambar 2-3 Rantai Pasok LNG

LNG adalah bisnis yang memerlukan modal yang cukup banyak untuk setiap tahapannya, dan bisnis semacam ini biasanya memakai perjanjian *front-end loaded* yang berarti pendapatan dari suatu proyek LNG tidak dapat diakumulasi sampai proyek tersebut selesai. Kebanyakan proyek LNG adalah proyek yang kontraknya berjangka waktu lama

(*long-term*) yaitu 20-25 tahun dengan garansi volume penjualan agar cukup untuk mengembalikan biaya investasi di awal proyek (M J Giranza, 2018).

Penyaluran gas memiliki dua cara, yakni dengan pipa dan dengan *carrier* baik kapal maupun moda lainnya. Penyaluran gas dengan pipa biasanya digunakan untuk penyaluran di darat dan di laut. Namun untuk laun yang dalam dan dengan jarak yang jauh, penyaluran gas dengan pipa akan menjadi mustahil. Hal tersebut dikarenakan fator teknis pembangunan pipa dan juga faktor ekonomi. Penyaluran gas dengan jarak yang jauh biasanya dengan menggunakan kapal LNG. Selain kapal LNG, gas juga dapat di angkut dengan kapal CNG (*Copressed Natugas Gas*) dengan menggunakan tangki khusus CNG.



Sumber: marinetraffic.com dan okezone.com

Gambar 2-4 Alat Penyaluran Gas

2.4. Kapal Mini LNG

Kapal mini LNG atau biasa disebut *Small Scale LNG Carrier* adalah kapal LNG konvensional yang memiliki ukuran kapasitas ruang muat kurang dari 40.000 m³ (Lloyd's Register Marine, 2015). Kapal mini LNG pertama yang dibangun adalah *Methane Princess* dan *Methane Progress* yang dibangun pada tahun 1964. Dan pembangunana kapal mini LNG ini terus bertambah seiring bertambahnya waktu. Dengan kisaran ukuran kapasitas

ruang muat 170 M³ sampai dengan 30.000 M³ kapal mini LNG memiliki kisaran panjang 49,6 m sampai dengan 207,9 m. Untuk sarat kapalnya sendiri berkisar antara 3,13 sampai dengan 10,32 m. Umumnya kapal mini LNG dengan kapasitas ruang muat 10.000 M³ memiliki dua ruang muat. Sedangkan untuk kapal dengan kapasitas 10.000 M³ sampai dengan 20.000 M³ memiliki ruang muat sejumlah 3 unit. Sedangkan sisanya biasanya memiliki 4 ruang muat. Kapal mini LNG memiliki kisaran kecepatan antar 13 sampai dengan 18,5 knots.



Sumber: knutsenoas.com

Gambar 2-5 Kapal LNG Pioner Knutsen

Ciri khusus yang dimiliki kapal LNG sendiri yaitu harus memiliki sistem pendinginan di ruang muatnya untuk menjaga suhu muatan tetap berada di suhu -160 derajat celsius untuk menjaga muatan tetap cair. Selain itu muatan yang berupa gas alam akan tetap mengikuti sifat alaminya untuk kembali menjadi gas yang biasa disebut dengan *Boiled of Gas* (BOG). BOG ini dapat digunakan sebagai bahan bakar kapal mini LNG tersebut bila kapal tersebut menggunakan sistem bahan bakar ganda atau *dual fuel*. Selain itu, kapal LNG memiliki spesifikasi khusus untuk desain ruang muatnya. Terdapat 3 tipe ruang muat yaitu Ruang Muat Tipe A, Tipe B, dan Tipe C.

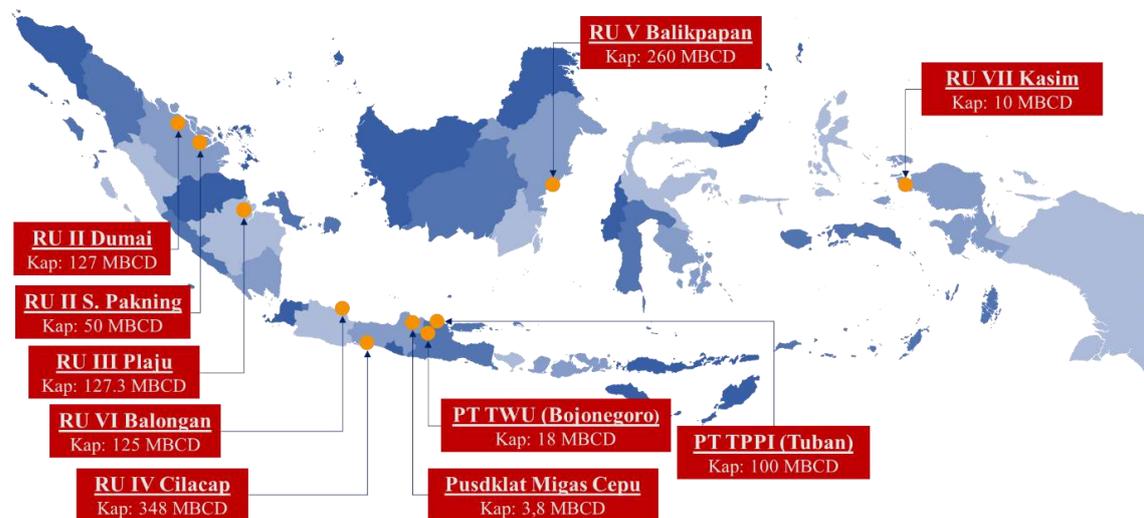
2.5. HSD (High Speed Diesel)

HSD atau minyak solar adalah bahan bakar minyak yang berasal dari pengolahan minyak mentah. Minyak mentah akan dipisahkan dalam fraksi-fraksi pada proses destilasi hingga dihasilkan minyak solar. Sifat umum pada solar yaitu tidak berwarna atau sediki

kekuning-kuningan, tidak mudah menguap pada temperatur normal, memiliki kandungan sulfur yang lebih tinggi jika dibanding dengan premium dan kerosene. Menurut Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi nomor 3675K tahun 2006 spesifikasi HSD memiliki angka cetane minimal 46, dengan titik nyala pada 40 derajat Celcius, korosi bilah tembaga kelas 1, dan berat jenis minimal 815 kg/m³. HSD pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel dengan putaran tinggi (lebih dari 1000 RPM).

HSD diproduksi di Indonesia pada kilang-kilang minyak yang di miliki oleh Pertamina. Lokasi kilang-kilang minyak tersebut tersebar di 10 wilayah di Indonesia, antara lain kilang Dumai di Riau, kilang Sungai Pakning di Riau, kilang Plaju di Palembang, kilang Balongan Indramayu, kilang Cilacap, kilang Cepu, kilang Balikpapan, dan kilang Kasim di Sorong. Selain itu ada juga kilang selain milik Pertamina yaitu kilang di Bojonegoro yang dimiliki PT Tri Wahana Universal dan Kilang di Tuban milik PT Trans-Pacific Petrochemical Indotama. Kapasitas kilang biasanya dihitung dengan satuan MBCD (Milion Barrels per Calendar Day). Dasar satuan MBCD adalah jumlah hari kalender selama setahun kilang beroperasi.

Lokasi Penghasil HSD di Indonesia



Gambar 2-6 Lokasi Penghasil HSD di Indonesia

2.6. Rantai Pasok HSD

Bahan bakar minyak yang telah diolah dan siap dipakai akan didistribusikan ke lokasi yang membutuhkan pasokan bahan bakar. Bahan Bakar minyak yang dihasilkan oleh perusahaan penambang akan ditampung pada kilang – kilang BBM milik perusahaan penambang terlebih dahulu. Selanjutnya, minyak disalurkan ke wilayah penyaluran antara

(intermediate) berupa depot-depot BBM diteruskan ke stasiun akhir yang biasa disebut Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) atau Agen Premium Minyak dan Solar (APMS). Untuk penyaluran dari pusat penampungan ke depot dan dari depot ke stasiun akhir, umumnya digunakan alat transportasi (berupa kapal laut kereta api, atau truk tangki) atau disalurkan secara langsung melalui pipa saluran dengan pemompaan. Adapun alat transportasi yang digunakan untuk mendistribusikan bahan bakar adalah sebagai berikut:

2.5.1 Transportasi Darat

Untuk mendistribusikan bahan bakar minyak di darat, digunakan alat transportasi sebagai berikut:

a. Truk Tangki

Mobil tangki minyak ini digunakan untuk distribusi jalur darat dari depo menuju ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) atau Agen Premium Minyak dan Solar (APMS), untuk distribusi menuju SPBU biasanya digunakan truk dengan kapasitas 8000 liter, sedangkan untuk APMS menggunakan truk yang lebih kecil. Selain itu juga digunakan untuk pengiriman kepada konsumen industri.

Mobil tangki juga digunakan untuk transportasi BBM dari Depo menuju stasiun kereta api untuk kemudian diangkut dengan menggunakan kereta api khusus pengangkut BBM. Juga dari stasiun tujuan pengiriman menuju ke konsumen.

b. Kereta Api

Angkutan BBM dengan menggunakan kereta api di Indonesia terutama dilakukan di pulau Sumatera dan di Pulau Jawa, BBM yang diangkut. Selain jenis premium dan solar, masih ada juga muatan kerosin (minyak tanah) dan avtur (bahan bakar untuk pesawat).

2.5.2 Transportasi Laut

a. Kapal Tanker

Pada pengiriman skala besar, BBM diangkut dengan menggunakan kapal Tanker terutama untuk pengangkutan antar pulau dan antar negara. Kapasitas kapal tanker pengangkut BBM memiliki beberapa jenis ukuran, mulai dari general purpose tanker dengan ukuran 10.000 MT – 25.000 MT dwt, handysize dengan ukuran 25.000 MT – 40.000 MT dwt dan medium range tanker dengan ukuran 40.000 MT – 55.000 MT dwt.

b. Kapal Tongkang

Distribusi BBM dengan skala yang lebih kecil biasanya digunakan kapal tongkang minyak yang ditarik oleh kapal tunda. Selain itu juga ada kapal *Self Propelled Oil Barge* (SPOB) yang merupakan tongkang yang memiliki penggerak sendiri sehingga tidak perlu kapal tunda.

2.7. Biaya Transportasi Laut

Biaya transportasi laut merupakan biaya yang timbul akibat pengoperasian kapal dan bangunan apung lainnya. Biaya transportasi laut juga sering kali disebut sebagai biaya pelayaran atau *shipping cost*. Pada industri pelayaran tidak terdapat standard klasifikasi biaya yang dapat diterima secara internasional, sehingga digunakan pendekatan untuk mengklasifikasikannya. Namun pada dasarnya biaya pelayaran dapat dibagi menjadi 2 (dua), yaitu komponen yang digunakan untuk pembiayaan (financing) dan pemeliharaan kapal serta biaya operasional kapal (Stopford, 2009). Menurut Martin Stopford berikut ini adalah 4 macam kategori biaya transportasi laut:

- a. Biaya Modal (*Capital Cost*)
- b. Biaya Operasional (*Operational Cost*)
- c. Biaya Pelayaran (*Voyage Cost*)
- d. Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)

Sehingga total biaya transportasi laut dapat dirumuskan seperti berikut:

$$TC = CC + OC + VC + CHC \quad (2.1)$$

Keterangan:

TC : Total Cost

CC : Capital Cost

OC : Operational Cost

VC : Voyage Cost

CHC : Cargo Handling Cost

Dalam beberapa kasus perencanaan transportasi, dapat juga menggunakan kapal sewa. Ada beberapa jenis perjanjian sewa kapal antara lain *bareboat charter*, *voyage charter*, dan *time charter*. Untuk kasus sewa kapal dengan cara *time charter*, biaya modal dan biaya operasional ditanggung oleh pemilik kapal. Sehingga total cost dihitung dengan rumus berikut:

$$TC = TCH + VC + CHC \quad (2.2)$$

Keterangan:

TC : Total Cost

TCH : *Time Charter Hire*

VC : *Voyage Cost*

CHC : *Cargo Handling Cost*

2.7.1. Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal dalam transportasi laut adalah biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan kapal maupun peralatan lainnya untuk mendukung kegiatan perpindahan muatan dari satu tempat ke tempat lain melalui jalur laut. Pengadaan kapal sendiri dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

a. Bangun Baru

Pengadaan kapal dilakukan dengan membangun kapal baru. Pertama-tama dilakukan pemesanan kepada pihak galangan, kemudian pihak galangan akan membuat kapal baru sesuai dengan permintaan pemesan. Pengadaan jenis ini membutuhkan waktu yang cukup lama. Karena untuk membangun sebuah kapal memerlukan waktu minimal hingga 12 bulan. Kelebihan pengadaan jenis ini adalah kapal akan dibangun sesuai dengan kebutuhan pemesan. Sehingga akan lebih efektif dan efisien dalam mengangkut muatan.

b. Kapal Bekas

Pengadaan jenis ini dilakukan dengan membeli kapal yang sudah pernah dipakai sebelumnya (kapal bekas) dari pihak lain. Kelebihan pengadaan kapal bekas adalah waktu pengadaan yang cepat dan biaya pembelian kapal bekas akan lebih murah dibandingkan membangun kapal baru. Namun jenis pengadaan ini memiliki kelemahan, antara lain umur ekonomis kapal yang sudah berkurang akan memerlukan perawatan yang lebih banyak. Selain itu, kapal bekas yang tersedia belum tentu memiliki spesifikasi seperti yang diinginkan pembeli, namun hanya mendekati.

c. Sewa Kapal

Sewa kapal atau yang biasa disebut dengan *charter* adalah tipe pengadaan kapal dengan cara melakukan perjanjian sewa kapal dengan pemilik kapal untuk menggunakan kapal tersebut dengan membayarkan sejumlah uang sewa. Uang sewa kapal ini akan tergantung pada perjanjian yang dibuat sebelumnya. Adapun

jenis-jenis sewa kapal menurut komposisi biaya yang ditanggung adalah sebagai berikut:

1. *Bareboat Charter*

Bareboat charter adalah perjanjian untuk menyewa kapal kosong. Arti dari kapal kosong adalah pemilik kapal hanya menyewakan kapal tanpa awak kapal dan bahan bakar. Sehingga penyewa kapal akan dibebani biaya operasional, biaya *voyage*, dan biaya bongkar muat. *Bareboat charter* ini tidak banyak dipakai karena akan merugikan pemilik kapal apabila penyewa tidak merawat kapal dengan baik.

2. *Time Charter*

Time charter adalah perjanjian untuk menyewa kapal berdasarkan waktu sewanya. *Pencarter* akan menyewa kapal beserta awak kapalnya. Sehingga *pencarter* hanya dibebani biaya *voyage* dan biaya bongkar muat saja. Untuk biaya operasional keseluruhan akan ditanggung oleh pemilik kapal.

3. *Voyage Charter*

Voyage charter adalah perjanjian sewa kapal beserta awak kapal dalam satu kali berlayar dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan muatan. Perjanjian sewa seperti ini hanya dilakukan dalam satu kali pelayaran, atau sesuai dengan perjanjian yang telah dibuat sebelumnya.

2.7.2. Biaya Operasional (*Operational Cost*)

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengoperasikan kapal, sehingga kapal dapat berjalan. Biaya operasi terdiri dari gaji awak kapal, perbekalan awak kapal, minyak pelumas, asuransi, dan administrasi kapal. berikut ini adalah persamaan untuk menghitung biaya operasional:

$$OC = M + ST + MN + I + AD \quad (2.3)$$

Keterangan:

OC : Operational Cost

M : Manning Cost

ST : Store Cost

MN : Maintenance

I : Insurance Cost

AD : Administration Cost

- Gaji Awak Kapal (*Manning Cost*)

Manning cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk gaji para awak kapal. Adapun komponen gaji yang dibayarkan kepada awak kapal adalah gaji pokok, tunjangan, asuransi, sosial, dan uang pensiun. Besar gaji yang didapat oleh masing-masing awak kapal tergantung oleh pangkat. Adapun pangkat pada sebuah kapal dibagi menjadi beberapa departemen antara lain *deck department* yang bertugas di anjungan kapal, *engine department* yang bertugas di ruang mesin, dan *catering department* yang bertugas menyiapkan makanan.

- Biaya Perbekalan (*Store Cost*)

Store cost adalah biaya yang timbul untuk memenuhi perbekalan atau persediaan. Perbekalan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu perbekalan untuk kapal dan perbekalan untuk awak kapal. perbekalan untuk kapal antara lain cat, tali, spare part dan minyak pelumas. Sedangkan untuk perbekalan awak kapal antara lain bahan makanan dan air tawar untuk minum dan mandi.

- Biaya Asuransi (*Insurance Cost*)

Biaya asuransi adalah biaya yang timbul sehubungan dengan pengalihan resiko pelayaran yang dilimpahkan kepada pihak asuransi. Komponen pembiayaan ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung pertanggunganan dan umur kapal. Hal ini menyangkut sampai sejauh mana resiko yang dibebankan melalui klaim pada perusahaan asuransi. Makin tinggi resiko yang dibebankan, makin tinggi pula premi asuransinya.

- Biaya Administrasi (*Administration Cost*)

Biaya administrasi adalah biaya yang timbul untuk mengurus urusan terkait dengan administrasi kapal. Contoh administrasi kapal adalah sertifikasi kapal dan penerbitan ijin berlayar.

- Biaya Perawatan Periodik (*Periodic Maintenance Cost*)

Biaya perawatan adalah biaya yang keluar untuk merawat kapal secara periodik. Perawatan kapal dilakukan untuk mempertahankan kondisi kapal sesuai standar kebijakan perusahaan maupun badan klasifikasi. Komponen biaya perawatan dibagi menjadi 3 kategori:

- Survei Klasifikasi

Setiap kapal harus melakukan survey klasifikasi yang memiliki 3 macam survei yakni *annual survey*, *intermediate survey*, dan *special survey*. Kapal harus menjalani

semua jenis survei secara reguler untuk mempertahankan kelas untuk tujuan asuransi. *Annual Survey* atau survei tahunan adalah survei yang dilakukan setiap satu tahun sekali dihitung dari tanggal diberlakukannya kelas kapal. Annual survey diberi tempo pada 3 bulan sesudah atau sebelum hari ulang tahun pemberlakuan kelas kapal. Adapun bagian kapal yang diperiksa pada *annual survey* ini adalah bagian instalasi mesin, lambung dan perlengkapannya. Untuk *intermediet survey* atau survei antara dilakukan dalam jangka waktu 2,5 tahun dihitung dari masa berlakunya kelas dan bersamaan dengan survey tahunan ke 2. Adapun bagian kapal yang harus di periksa pada *intermediet survey* adalah bagian lambung dan perlengkapan, instalasi mesin dan listrik dan juga uji coba pada generator darurat.

- Perawatan rutin

Meliputi perawatan mesin induk dan mesin bantu, cat, bangunan atas dan pendedokan untuk memelihara lambung dari marine growth yang mengurangi efisiensi operasi kapal. Biaya perawatan ini makin bertambah seiring umur kapal.

- Perbaikan

Adanya kerusakan bagian kapal yang harus segera diperbaiki. Sehingga dibutuhkan biaya untuk perbaikan.

2.7.3. Biaya Pelayaran (Voyage Cost)

Biaya pelayaran adalah biaya yang timbul akibat kegiatan pelayaran sebuah kapal. Biaya pelayaran akan muncul ketika kapal berlayar saja, namun ketika kapal tidak berlayar maka tidak akan muncul biaya pelayaran. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung biaya pelayaran:

$$VC = FC + PC \text{ [2.4]}$$

Keterangan:

VC : Voyage Cost

PC : Port Cost

FC : Fuel Cost

Adapun komponen-komponen yang mempengaruhi biaya pelayaran antara lain sebagai berikut:

- a. Biaya Bahan Bakar (*Fuel Cost*)

Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar dilaut dan dipelabuhan dan harga bahan bakar. Sedangkan konsumsi harian bahan bakar sendiri dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti ukuran, bentuk dan kondisi

lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan, cuaca (gelombang, arus laut, angin), jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, jenis dan kualitas bahan bakar.

b. Biaya Kepelabuhanan (*Port Cost*)

Berdasarkan peraturan menteri perhubungan nomor PM 72 tahun 2017 biaya kepelabuhanan adalah merupakan suatu pungutan atas setiap pelayanan yang diberikan oleh Penyelenggara Pelabuhan dan BUP kepada pengguna jasa kepelabuhanan. Tarif pelayanan jasa kepelabuhanan terdiri dari tarif pelayanan jasa kapal, pelayanan jasa barang, dan pelayanan jasa penumpang.

Tarif pelayanan jasa kapal terdiri dari beberapa komponen biaya, antara lain sebagai berikut:

1. Tarif pelayanan jasa labuh

Tarif pelayanan jasa labuh adalah tarif yang harus dibayarkan kapal saat berlabuh di kolam labuh pelabuhan saat kapal menunggu giliran untuk tambat di dermaga. Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan. Tarif jasa labuh didasarkan pada gross register ton dari kapal yang dihitung per 10 hari.

2. Tarif pelayanan jasa pemanduan

Tarif pelayanan jasa pemanduan adalah tarif yang harus dibayarkan untuk mendapatkan layanan pemanduan di alur pelabuhan untuk dapat tambat ke dermaga. Setiap kapal yang berlayar dalam perairan pelabuhan waktu masuk, keluar, atau pindah tambatan wajib mempergunakan pandu. Sesuai dengan tugasnya, jasa pemanduan ada dua jenis, yaitu pandu laut dan pandu bandar. Pertama adalah pandu laut adalah pemanduan di perairan antara batas luar perairan hingga batas pandu bandar. Kedua adalah pandu bandar adalah pandu yang bertugas memandu kapal dari batas perairan bandar.

3. Tarif pelayanan jasa penundaan

Tarif pelayanan jasa penundaan adalah tarif untuk melakukan layanan penundaan. Proses penundaan merupakan proses menarik dan mendorong kapal untuk membantu kapal yang akan bersandar di pelabuhan. Proses penundaan menggunakan kapal tunda yang telah disediakan oleh pihak pelabuhan.

4. Tarif pelayanan jasa tambat

Setiap kapal yang berlabuh di pelabuhan Indonesia dan tidak melakukan kegiatan, kecuali kapal perang dan kapal pemerintah Indonesia, akan dikenakan jasa tambat.

2.7.4. Biaya Bongkar Muat (*Cargo Handling Cost*)

Biaya penanganan muatan adalah biaya yang timbul akibat menggunakan jasa bongkar muat muatan. Kegiatan bongkar muat terdiri dari *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving/delivery*. *Stevedoring* adalah kegiatan membongkar barang dari kapal ke dermaga, atau sebaliknya memuat dari dermaga ke kapal. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung biaya bongkar muat:

$$CHC = \text{Tarif CHC} \times \text{Jumlah Muatan}$$

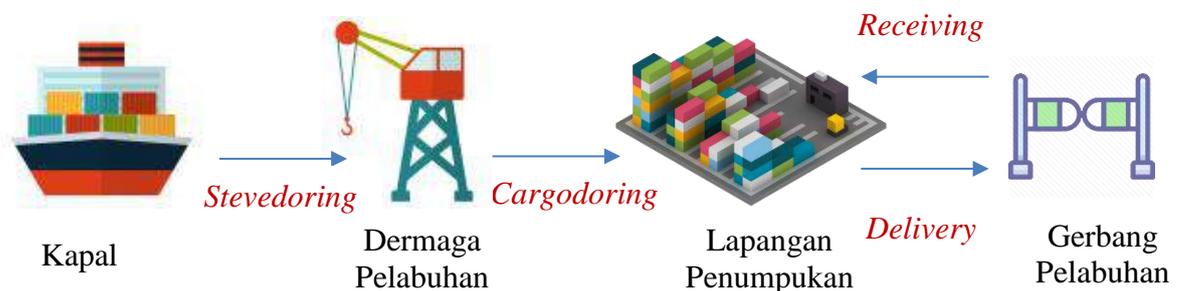
Keterangan:

CHC = Biaya Bongkar Muat (Rp)

Tarif CHC = tarif untuk Bongkar Muat Kapal (Rp/satuan berat)

Jumlah Muatan = Banyaknya Muatan Kapal (satuan berat)

Untuk mempercepat kegiatan *stevedoring* umumnya digunakan alat bantu yaitu crane kapal (*ship gear*), *mobile crane*, atau *Gantry Crane*. *Cargodoring* adalah kegiatan memindahkan barang dari dermaga ke gudang/ lapangan penumpukan masih dalam areal pelabuhan. *Receiving/delivery* adalah Kegiatan menerima barang dari luar ke dalam pelabuhan (*receiving*) atau sebaliknya (*Delivery*).



Gambar 2-7 Kegiatan Bongkar Muat di Pelabuhan

2.8. Emisi

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran mesin baik itu kendaraan berroda, perahu/kapal, mesin pabrik dan mesin pembangkit listrik. Biasanya emisi gas buang ini terjadi karena pembakaran yang tidak sempurna dari sistem pembuangan dan pembakaran mesin sertalepasnya partikel-partikel karena kurang tercukupinya oksigen dalam proses pembakaran tersebut. Adapun kandungan dari gas buang ini adalah timbal/timah hitam (Pb), suspended particulate matter (SPM), oksida nitrogen (NO_x), oksida sulfur (SO₂), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia.

CO₂ atau *Carbon Dioksida* adalah senyawa kimia anorganik yang berasal dari gas buang. Untuk menghitung emisi CO₂ yang digunakan terdapat faktor emisi tersendiri (Novan, 2016). Untuk menghitung banyaknya CO₂ yang dihasilkan selama penggunaan mesin digunakan rumus seperti berikut ini:

$$Emisi = FE \times Aktifitas$$

Keterangan:

Emisi = Gas buang (KgCO₂)

FE = Gr/Mj

Aktifitas = MJ/Kg

Faktor emisi adalah kandungan CO₂ yang ada dalam sebuah bahan bakar per satuan energi. Untuk menghitung emisi diperlukan nilai faktor emisi.

Tabel 2-1 Nilai FE

| Jenis Bahan Bakar | Nilai FE (Gr/Mj) |
|-------------------|------------------|
| Petrol | 68 |
| Natural Gas | 50,3 |
| LPG | 59,76 |
| Avtur | 65,78 |
| Diesel | 69 |
| MFO | 67 |
| Batu Bara | 88 (bitumen) |

Sumber: (Novan, 2016)

Aktifitas adalah energi panas yang dihasilkan per berat bahan bakar. Setiap bahan bakar akan memiliki nilai aktifitas yang berbeda-beda. Satuan nilai ini adalah MJ/Kg. Nilai aktifitas dapat dilihat pada tabel 2-2.

Tabel 2-2 Nilai Aktifitas

| Jenis Bahan Bakar | Nilai Aktifitas (Mj/Kg) |
|-------------------|-------------------------|
| Petrol | 46 |
| Natural Gas | 55 |
| LPG | 51 |
| Avtur | 47 |
| Diesel | 48 |
| Minyak Tanah | 47 |
| Bio Diesel | 40 |

Sumber: (Novan, 2016)

2.9. Optimasi

Optimisasi adalah cabang interdisipliner dari matematika terapan dan sains formal yang menggunakan metode seperti pemodelan matematika, statistik, dan algoritma untuk mencapai titik optimal atau titik yang mendekati solusi optimal untuk masalah yang kompleks (Sottinen, 2009). Masalah yang diselesaikan berkaitan dengan pengolahan sistem manajemen yang besar baik meyangkut manusia, mesin, bahan dan uang dalam industri, bisnis, pemerintahan dan pertahanan. Proses optimasi berkaitan dengan pengambilan keputusan secara ilmiah dan bagaimana membuat suatu model yang baik dalam merancang dan menjalankan sistem dengan alokasi sumber daya yang terbatas. Inti dari beberapa kesimpulan diatas adalah bagaimana proses pengambilan keputusan yang optimal dengan menggunakan alat analisis yang ada dan adanya keterbatasan sumber daya.

Penyelesaian dengan menggunakan optimasi memiliki beberapa metode, antara lain sebagai berikut:

- a. *Linear Programming*
- b. Analisis Dualitas dan Post Optimal (*Duality and Post-Optimal Analysis*)
- c. Metode Transportasi (*Transportation Method*)
- d. Metode Jaringan Kerja (*Network Method*)
- e. Metode Simpleks (*Simplex Method*)

Pada proses optimasi, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untu membuat proses optimasi berjalan dan menghasilkan hasil yang optimum. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses optimasi adalah ebagai berikut:

a. Variabel

Variabel merupakan nilai yang akan dicari dalam proses optimasi. Nilai ini akan berubah dari nilai awal menuju nilai yang dianggap paling optimum setelah proses optimasi dilakukan.

b. Parameter

Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Atau dapat juga suatu variabel yang diberi nilai. Data tersebut dapat diubah setelah satu kali proses untuk meyelidiki kemungkinan terdapat hasil yang lebih baik.

c. Batasan (*Constraint*)

Batasan atau *constraint* adalah nilai-nilai yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, peraturan-peraturan, atau syarat-syarat yang lain. Batasan ini digunakan untuk membatasi model agar mencapai hasil yang optimum.

d. Fungsi Objektif (*Objective Fuction*)

Fungsi objektif adalah hubungan dari krseluruhan atau bebrapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linear, nonlinear, atau gabungan dari keduanya dengan fungsi yang lain.

Secara umum dari suatu optimasi dapat dituliskan dengan fungsi atau persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Max/Min (Z)} &= X + Y \rightarrow \text{Fungsi Objektif} \\ \text{Subject to:} & \\ \left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &\leq a \\ x_2 &\leq b \end{aligned} \right\} & \text{ Batasan} \end{aligned}$$

dalam persamaan tersebut diatas, Z merupakan variable yang akan berubah sehingga akan bernilai mendekati optimum atau bahkan optimum. Nilai Z dapat di minimalkan maupun di maksimalkan, tergantung dengan konteks masalah yang diselesaikan. Fungsi $Z = X + Y$ merupakan fungsi objektif dari masalah yang sedang diciari nilai optimumnya. Untuk membuat optimasi agar sesuai tujuan, maka ditambahkan batasan. Dalam persamaan diatas $x_1 + x_2 \leq a$ dan $x_2 \leq b$ merupakan batasan dari masalah yang akan dioptimasi.

Saat ini, permasalahan optimasi memerlukan dukungan software dalam penyelesaiannya sehingga menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu perhitungan yang lebih cepat. Untuk menyelesaikan suatu permasalahan biasanya dilakukan dengan

mengubah masalah tersebut ke dalam model matematis terlebih dahulu untuk memudahkan penyelesaiannya. Keberhasilan penerapan teknik optimasi, paling tidak memerlukan tiga syarat, yaitu kemampuan membuat model, matematika dari permasalahan yang dihadapi, pengetahuan teknik optimasi, dan pengetahuan akan program komputer.

2.10. Regresi

Regresi adalah pengukuran hubungan dua variable atau lebih yang dinyatakan dalam bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan diperlukan pemisah yang tegas antara variable bebas yang sering disebut dengan symbol X dan variable tak bebas yang sering disimbolkan dengan 24 huruf Y. Didalam sebuah regresi harus ada komponen variable yang ditentukan dan variable yang menentukan yaitu suatu ketergantungan variable yang satu dengan variable yang lainnya atau sebaliknya. Kedua variable tersebut bisa memiliki hubungan sebab-akibat. Yaitu suatu hubungan yang saling berpengaruh. Sehingga dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variable tak bebas Y dengan variable bebas X atau dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi $Y=f(X)$. Sehingga persamaan regresi atau bentuk fungsi, sesuai dengan variable bebas X yang menyusunnya.

2.10.1. Regresi Linier

Regresi linier merupakan bentuk hubungan dimana variable bebas X maupun variable tergantung Y sebagai faktor yang berpangkat satu. Regresi linier ini dibedakan menjadi:

1. Regresi linier sederhana dengan bentuk fungsi : $Y = a + bX + e$,
2. Regresi linier berganda dengan fungsi : $Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_pX_p + e$,

Dari kedua fungsi diatas, masing-masing berbentuk garis lurus (linier sederhana) dan bidang linier (linier berganda).

2.10.2. Regresi Non-Linier

Regresi non linier adalah bentuk hubungan atau fungsi dimana variabel bebas X dan variabel tak bebas Y dapat fungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu variabel bebas X dan variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen = fungsi perpangkatan. Regresi non-linier dapat dibedakan menjadi:

- a. Regresi Polinomial

Regresi polinomial adalah regresi dengan sebuah variabel bebas sebagai faktor dengan

pangkat terurut. Bentuk-bentuk fungsinya adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX + cX^2 \text{ (fungsi kuadrat)}$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 \text{ (fungsi kubik)}$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 \text{ (fungsi kuartik)}$$

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + fX^5 \text{ (fungsi kuinik), dan seterusnya.}$$

b. Regresi Hiperbola

Pada regresi hiperbola, dimana variable bebas X atau variabel tak bebas Y, dapat berfungsi sebagai penyebut sehingga regresi ini disebut regresi dengan fungsi pecahan atau fungsi resiprok. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi seperti berikut:

$$1/Y = a + bX \text{ atau } Y = a + b/X$$

Selain itu ada bentuk campuran seperti :

$$1/Y = a + bX + cX^2$$

, dan masih banyak lagi bentuk-bentuk lainnya

Selain beberapa regresi diatas ada juga beberapa jenis regresi lain seperti Regresi fungsi perpangkatan, regresi eksponensial, regresi logaritmik, dan regresi fungsi geometri. Pada penelitian tugas akhir ini digunakan teori regresi linear untuk menghubungkan nilai ukuran utama kapal dan kapasitas kapal.

2.11. Penelitian Terdahulu

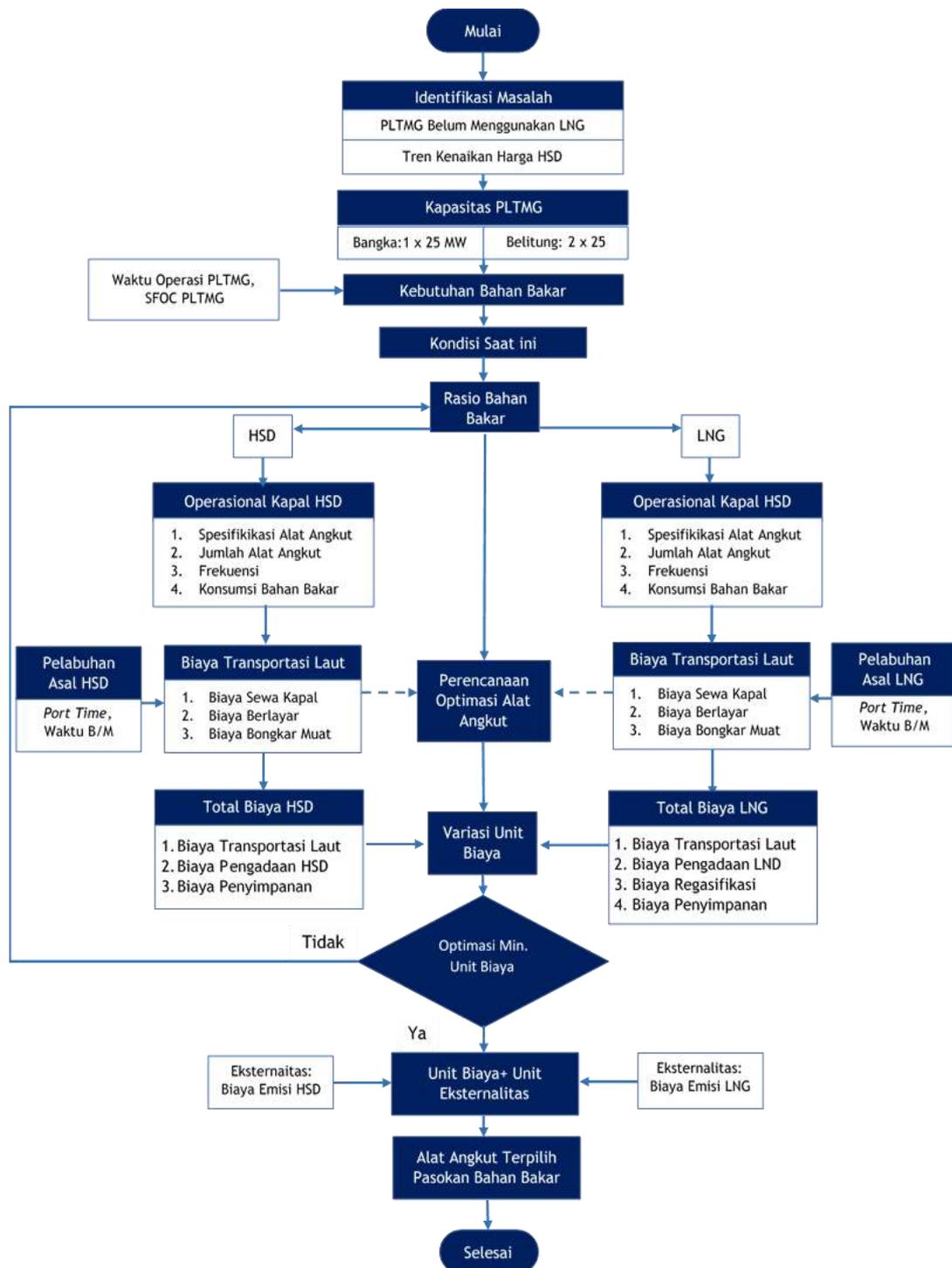
Penelitian terdahulu yang membahas tentang pengiriman LNG berjudul "A *Techno-Economic Study of Shipping LNG to Indonesia from US, Australia, and Qatar by LNG Carrier*" oleh M J Giranza, A F Pratama, dan G A Hutomo. Penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian yang mengatakan bahwa Indonesia akan mengalami kekurangan pasokan LNG setelah tahun 2019, sehingga pemerintah diharuskan melakukan impor LNG. Terdapat beberapa negara dengan penghasilan LNG yang besar antara lain adalah US, Australia dan Qatar. Dalam jurnal tersebut diatas, penulis memodelkan estimasi biaya pengiriman LNG berdasarkan voyage. Estimasi biaya pengiriman LNG dilakukan dengan mengkalkulasi berdasarkan sudut pandang pembeli, yang untuk mengirimkan LNG nya menggunakan kapal LNG yang disewa dari pemilik kapal. Dalam jurnal ini, pembeli LNG membeli LNG dengan perjanjian FOB (*Free on Board*) dan dengan kondisi kapal adalah kapal sewa dan bukan kapal milik sendiri. Biaya bahan bakar adalah biaya yang menentukan biaya pengiriman LNG ini. Sebagai pembeli LNG, penulis mencari *ship particular* yang berisikan data rincian lengkap kapal yang digunakan. Data yang

diperlukan untuk menghitung *shipping cost* atau biaya pengiriman ini adalah konsumsi bahan bakar maksimum pada kecepatan tertentu dan *bail off gas rate*. Data lain yang diperlukan adalah data *charter hire rate* atau harga sewa kapal dan biaya kepelabuhanan. Biaya kepelabuhanannya ini dihitung berdasarkan gross register tonner atau GRT dari kapal LNG yang dipakai. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah biaya per unit dari pengiriman LNG dalam U.S. dollar (USD) per MMBTU. Semua data harga yang dipakai dalam penelitian ini adalah data harga pada tahun 2017. Untuk menghitung semua biaya pengiriman akan dilakukan penjumlahan dari setiap biaya yang keluar dalam proses pengiriman LNG ini. Adapun biaya yang perlu dihitung antara lain biaya kepelabuhanan, biaya bahan bakar dan biaya sewa kapal. Dalam jurnal ini akan dilakukan 2 skenario. Skenario pertama adalah kapal pengangkut LNG menggunakan HFO secara keseluruhan untuk bahan bakar utamanya. Dan pada skenario kedua, bahan bakar kapal menggunakan BOG atau gas yang menguap selama proses pengiriman. Karena sifat alami LNG akan tetap menguap selama proses pengiriman dengan rata-rata 0.15% dari kapasitas kapal LNG per harinya. Namun untuk proses bongkar muat muatan, akan tetap menggunakan HFO sebagai bahan bakar utama kapal. Pelabuhan Celukan Bawang, Bali, Indonesia akan menjadi lokasi tujuan dari pengiriman LNG ini. Lokasi ini dipilih karena pelabuhan ini akan menjadi pelabuhan hub untuk wilayah Indonesia bagian tengah dan timur. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal LNG dengan kapasitas 125.00 m³. Setelah dilakukan perhitungan biaya kepelabuhanan, biaya bahan bakar dan biaya sewa maka didapatkan hasil penelitian. Hasil penelitian membuktikan penggunaan kapal dengan bahan bakar HFO dari Australia menghasilkan biaya paling rendah dibanding kedua negara lain yakni 0,43 USD/MMBTU. Adapun jarak yang ditempuh dari Australia kurang lebih 3.200 nautical meter (NM). Sedangkan untuk LNG yang berasal dari Qatar dan US menghasilkan *unit shipping cost* sebesar 1,03 dan 3,16 USD/MMBTU dengan jarak sekitar 7.762 NM dan 23.880 NM. Dari analisis ini, dapat diketahui bahwa *shipping cost* sangat sensitif terhadap jarak pelayaran. Penggunaan gas sebagai bahan bakar kapal juga layak digunakan karena kapal tidak memerlukan bahan bakar minyak untuk menyuplai BOG pada sistem pembakaran. BOG sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk berlakar dari negara asal ke Indonesia. *Cost-benefit* penggunaan bahan bakar BOG perlu untuk dikaji ulang untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih tepat.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Tahap Pengerjaan

Prosedur dalam pengerjaan tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir diatas, yaitu:

3.2.1. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Permasalahan yang timbul adalah permasalahan suplai bahan bakar PLTMG (Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas) di Kepulauan Bangka Belitung yang berupa gas dan HSD. Sampai saat ini PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung belum mendapat suplai gas untuk mengoperasikan PLTMG ini, sehingga PLTMG masih menggunakan bahan bakar minyak (HSD) sehingga belum dapat digunakan secara maksimal.

3.2.2. Tahap Identifikasi Kapasitas PLTMG

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kapasitas masing-masing PLTMG yang akan di pasok bahan bakar. Pada PLTMG Bangka sendiri kapasitas terpasangnta adalag2x25 MW. Sedangkan kapasitas terpasang PLTMG di Belitung adalah 1x 25 MW.

3.2.3. Tahap Identifikasi Kebutuhan Bahan Bakar

Setelah dilakukan identifikasi kapasitas masing-masing pembangkit listrik, maka tahap selanjutnya adalah melakukan identifikasi kebutuhan bahan bakar. Masing-masing pembangkit listrik dihitung kebutuhan bahan bakarnya. Pembangkit dengan kapasitas terpasang yang berbeda akan memiliki kebutuhan bahan bakar yang berbeda pula.

3.2.4. Tahap Analisis Kondisi Saat ini

Dalam tahap ini dilakukan analisis kondisi pengiriman bahan bakar yang saat ini sedang berjalan. Pada tahap ini akan dihitung sampai total biaya.

3.2.5. Tahap Rasio Bahan Bakar

Pada tahap ini kebutuhan bahan bakar akan dirasiokan antara bahan bakar gas dan minyak. Bahan bakar dirasiokan berdasarkan waktu pemakaian bahan bakar dalam sehari.

3.2.6. Tahap Penentuan Kebutuhan Masing-Masing Jenis Bahan Bakar

Pada tahap ini akan diketahui berapa jumlah muatan yang diperlukan oleh masing-masing pembangkit. Yang dipeangruhi oleh SFOC dan waktu operasi mesin pembangkit.

3.2.7. Tahap Perhitungan Operasional Kapal

Pada tahap ini dilakukan perhitungan operasional masing-masing alternatif alat angkut. Operasional sendiri terdiri dari perhitungan spesifikasi alat angkut, jumlah alat angkut, waktu berlayar, waktu di pelabuhan, dan frekuensi masing-masing alternatif kapal

3.2.8. Tahap Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya transportasi laut. Kemudian perhitungan operasional akan digunakan untuk menghitung komponen biaya transportasi laut seperti biaya sewa kapal atau *Time Charter Hire* (TCH), biaya berlayar, dan biaya bongkar muat

3.2.9. Tahap Perhitungan Total Biaya

Pada tahap ini akan dilakukan perhitunga total biaya. Adapun biaya yang akan di jumlahkan antara lain biaya transportasi laut, biaya penyimpanan, dan biaya pengadaan energi primer. Untuk LNG, akan ditambahkan biaya regasifikasi.

3.2.10. Perencanaan Optimasi Alat Angkut

Pada tahap ini dilakukan pensimulasian rasio bahan bakar untuk mendapatkan rasio bahan bakar yang menimbulkan total biaya yang minimum.

3.2.11. Variasi Unit Biaya

Pada tahap ini terdapat beberapa variasi total biaya yang dijadikan unit biaya dari sejumlah alternatif kapal. Dari variasi ini nantinya akan dipilih kombinasinya yang paling minimum.

3.2.12. Optimasi Minimal Unit Biaya

Pada tahap ini dilakukan proses optimasi variasi total unit biaya dari kombinasi alternatif kapal dengan bantuan solver. Bila belum ditemukan hasil yang minimum

maka proses harus kembali lagi ke tahap penentuan rasio bahan bakar. Apabila telah ditemukan hasil minimum maka dilanjutkan ke proses selanjutnya.

3.2.13. Perhitungan Unit Biaya dari Total Biaya dan Externalitas

Pada tahap ini, akan ditambahkan biaya eksternalitas berupa biaya emisi penggunaan masing-masing bahan bakar pada total biaya yang minimum. Kemudian biaya eksternalitas dijumlah dengan total biaya dan dibagi dengan total permintaan bahan bakar LNG dan bahan bakar HSD.

3.2.14. Tahap Penentuan Opsi Pengangkut Bahan Bakar

Pada tahap ini akan diketahui pengangkut bahan bakar terpilih yang menimbulkan total unit biaya paling minimum.

3.3. Model Matematis

Penentuan model matematis dari model pola operasi pasokan bahan bakar untuk PLTMG yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Fungsi Tujuan (*Objective Function*)

Fungsi Tujuan : Minimum Biaya Pengiriman

$$\text{Minimum } Z = \frac{\sum_{x=1}^n TC_x + \sum_{y=1}^n TC_y}{(D_{HSD} + D_{LNG})}$$

Keterangan:

Z = Biaya Pengiriman (Rp/Ton)

TC = Total Cost (Rp)

D = Permintaan (ton)

x = Kapal HSD

y = Kapal LNG

b. Variabel Keputusan (*Decision Variable*)

X = Alternatif kapal pengangkut HSD

Y = Alternatif kapal pengangkut LNG

P_H = Persentase penggunaan HSD pada PLTMG (%)

c. Batasan (*Constraint*) :

1. Batasan Demand (Kebutuhan):

- $P_H \times D \leq F_H R_H$
- $P_L \times D \leq F_L R_L$

Dimana:

P_H = Persentase Moda HSD

F_H = Frekuensi Moda HSD

R_H = Payload HSD

P_L = Persentase Moda LNG

F_L = Frekuensi Moda LNG

R_L = Payload LNG

2. Batasan Persentase:

- $P_L + P_H = 100\%$

3. Batasan Sarat

- $T_P \geq T_H$
- $T_P \geq T_L$

Dimana:

T_P = Sarat Pelabuhan Tujuan

T_H = Sarat Kapal HSD

T_L = Sarat Kapal LNG

4. Batasan Alternatif Moda

- $\sum_{x=1}^n \partial_x = 1$
- $\sum_{y=1}^n \partial_y = 1$

Dimana:

∂_x = Binner untuk x

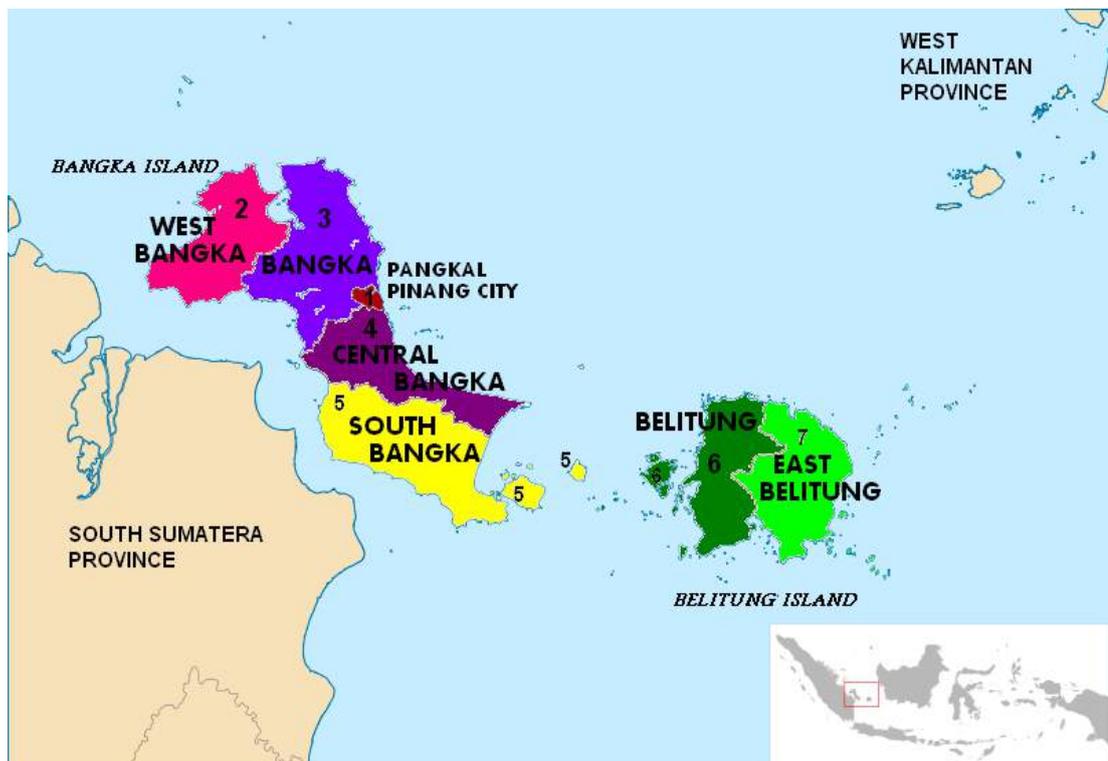
∂_y = Binner untuk y

$\partial = [1,0]$

BAB 4. ANALISIS KONDISI SAAT INI

4.1. Kepulauan Bangka Belitung

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terletak pada 104°50' sampai 109°30' Bujur Timur dan 0°50' sampai 4°10' Lintang Selatan. Provinsi ini di bagian baratnya berbatasan dengan Selat Malaka, bagian timur berbatasan dengan Selat Karimata, bagian utara berbatasan dengan Laut Natuna, dan bagian selatan berbatasan dengan Laut Jawa. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah provinsi yang terdiri dari banyak gugusan pulau. Kepulauan Bangka Belitung sendiri terdiri dari dua pulau utama, yakni Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Selain dua pulau utama tersebut juga terdapat kurang lebih 950 pulau-pulau kecil baik pulau yang berpenghuni maupun pulau yang tidak berpenghuni.



Sumber: archipelagofastfact

Gambar 4-1 Peta Provinsi Bangka Belitung

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah penduduk di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung sebanyak 1.430.865 jiwa dengan penduduk terbanyak di kabupaten Bangka yang jumlah penduduknya sebanyak 324.305 jiwa pada tahun 2017. Disusul dengan Kabupaten Bangka Barat dengan jumlah penduduk 204.778 jiwa, Kota

Pangkal Pinang 204.392 jiwa, Kabupaten Bangka Selatan 201.782 jiwa, Kabupaten Bangka Tengah 188.603 jiwa, Kabupaten Belitung 182.418 dan Kabupaten Belitung Timur dengan jumlah penduduk 124.587 jiwa. Adapun laju pertumbuhan penduduk di Provinsi Bangka Belitung adalah 2,08% pada tahun 2017. Penduduk di Bangka Belitung berasal dari banyak suku, seperti Suku Bugis, Suku Minangkabai, Suku Jawa, Suku Banjar dan ada pula orang Melayu-Cina, orang Johor, dan ada juga orang Cina asli yang berbaur dalam proses akulturasi. Kemudian jadilah satu generasi baru yaitu Orang Melayu Bangka Belitung

Pulau Belitung ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) pariwisata melalui Peraturan Pemerintah Nomor 6 tahun 2016, tepatnya di Tanjung Kelayang. Dan saat ini untuk wilayah Bangka sedang diajukan untuk menjadi KEK yaitu di daerah Sungai Liat dan Tanjung Gunung. Kawasan Ekonomi Khusus sendiri adalah kawasan tertentu dimana diberlakukan ketentuan khusus di bidang kepabeanan, perpajakan, perijinan, keimigrasian dan ketenagakerjaan. Maksud pengembangan KEK adalah untuk memberi peluang bagi peningkatan investasi melalui penyiapan kawasan yang memiliki keunggulan dan siap menampung kegiatan industri, ekspor-impor serta kegiatan ekonomi yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Tumpal Sihalo, 2013). Tujuan utama KEK adalah untuk membantu atau mendukung perekonomian lokal dengan menciptakan lapangan kerja, memperbaiki struktur industri, dan memperbaiki infrastruktur penunjang sehingga dapat menarik minat investor. Salah satu infrastruktur penunjang untuk dapat menarik investor adalah dengan memperbaiki jaringan distribusi listrik dan meningkatkan kapasitas listrik di kawasan Kepulauan Bangka Belitung.

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung ditetapkan sebagai provinsi ke-31 oleh Pemerintah Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang No. 27 Tahun 2000 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yang sebelumnya merupakan bagian dari Provinsi Sumatera Selatan. Ibukota provinsi ini adalah Pangkalpinang. Menurut wilayah administrasinya Provinsi Bangka Belitung terbagi dalam 6 kabupaten dan 1 kota dengan 47 kecamatan/distrik. Dalam wilayah administrasi pemerintah kabupaten/kota terbagi dalam wilayah kecamatan, kelurahan/desa dengan rincian per kabupaten sebagai berikut:

Tabel 4-1 Pembagian Wilayah Administrasi Kep. Bangka Belitung

| Kab/Kota | Luas Wilayah | Kecamatan | Kelurahan |
|----------------|--------------|-----------|-----------|
| Bangka | 2.950,88 | 8 | 77 |
| Bangka Barat | 2.820,61 | 6 | 63 |
| Bangka Tengah | 2.155,77 | 6 | 62 |
| Bangka Selatan | 3.607,06 | 8 | 53 |
| Belitung | 2.293,69 | 5 | 49 |
| Belitung Timur | 2.506,91 | 7 | 42 |
| Pangkal Pinang | 89,40 | 7 | 42 |

Sumber: Babelprov.go.id

4.1.1. Infrastruktur Umum Kepulauan Bangka Belitung

Infrastruktur penunjang kegiatan perekonomian di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung secara umum cukup memadai antara lain telah tersedianya pasar, telekomunikasi, sistem kelistrikan, transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara. Untuk fasilitas ekonomi berupa pasar dan pusat-pusat perbelanjaan.pertokoan. Pasar terbagi atas atas pasar besar dan pasar kecil (tradisional). Fasilitas telekominikasi memegang peran penting untuk mendorong percepatan arus informasi. Ada 3 profider seluler di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung yaitu telkomsel, excelcomindo, indosat.

Pada bidang transportasi darat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung telah memiliki jalan raya sepanjang 3.193,36 KM. Jalan tersebut terdiri dari 16,62% jalan negara, 16,26 jalan provinsi dan 67,12% jalan kabupaten. Transportasi darat adalah salah satu faktor penting dalam memperlancar kegiatan perekonomian. Selain transportasi darat, transportasi laut memegang peran penting untuk dapat terhubung dengan provinsi lain mengingat Profinsi Bangka Belitung adalah provinsi kepulauan. Transportasi air yang bergerak di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung antara lain perusahaan PELNI dan perusahaan swasta. Jalur pelayaran dari Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah : tujuan Jakarta, Palembang, Tanjung Pinang, Surabaya, dan Pontianak. Selain 8 pelabuhan tersebut diatas, Kepulauan Bangka Belitung juga memiliki pelabuhan khusus yang tidak dioperasikan untuk umum.

Transportasi udara merupakan sarana transportasi merupakan sarana alternatif di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung selain transportasi darat dan air. Di Kepulauan Bangka Belitung ada 2 pelabuhan udara yaitu Bandar Udara Depati Amir di Pulau Bangka dan HAS. Hanandjoeddin di Pulau Belitung. Maskapai penerbangan yang beroperasi di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung antara lain Sriwijaya Air, Batavia Air, Lion Air, Adam Air, Kartika Air dan Riau Air Lines.

4.1.2. Pertumbuhan Ekonomi

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan salah satu indikator penting untuk mengetahui kondisi perekonomian di suatu wilayah dalam suatu periode tertentu, biasanya satu tahun. Laju pertumbuhan ekonomi Provinsi Kepulauan Bangka Belitung tahun 2017 mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2016. Pada 2016 PDRB Atas Dasar Harga Konstan Kepulauan Bangka Belitung mencapai 47.850.821 juta rupiah, sedangkan untuk tahun 2017 PDRB Kepulauan Bangka Belitung mencapai 50.007.751 juta rupiah.

4.1.3. Pariwisata Bangka Belitung

Provinsi Bangka Belitung yang merupakan wilayah kepulauan memiliki potensi wisata alam yang sangat besar. Keindahan alam khususnya pantai, merupakan potensi wisata utama di Bangka Belitung. Pantai di Bangka Belitung memiliki ciri khas tersendiri yang menarik wisatawan, yakni pantai yang indah dengan batuan granit raksasa. Pemerintah dengan program Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) kepariwisataan turut memberikan perhatian untuk memajukan pariwisata kawasan Bangka Belitung. Dengan adanya KEK diharapkan banyak investor yang mau memasuki wilayah Bangka Belitung untuk mendirikan fasilitas pendukung pariwisata seperti hotel dan restoran. Saat ini pemerintah telah membuat KEK di wilayah Tanjung Kelayang Belitung. Dan selanjutnya sedang diajukan 2 KEK di Bangka, yakni KEK Tanjung Gunung dan KEK Sungai Liat.

Destinasi wisata utama di Bangka Belitung adalah wisata pantai. Pantai yang menjadi destinasi wisatawan antara lain Pantai Tanjung Tinggi yang terkenal karena menjadi lokasi syuting sebuah film. Pantai ini dikelilingi batuan granit raksasa. Selain itu juga ada Pantai Lengkuas, Pantai Tanjung Kelayang dan Pulau Parai Tenggara. Selain pantai, wisatawan juga dapat menyeberang ke pulau kecil yang indah. Pulau-

pulau yang sering didatangi wisatawan antara lain Pulau Tanjung Kelayang, Pulau Batu Berlayar, Pulau Kepayang dan Pulau Leebong.



Sumber: Piknikdong.com

Gambar 4-2 Pantai Tanjung Kelayang

Pulau Bangka juga memiliki destinasi wisata pantai. Adapun destinasi pantai tersebut antara lain Pantai Pasir Padi, Pantai Penyusuk, Pantai Tanjung Berikat dan Pantai Air Anyir. Selain wilayah pantai, juga ada wisata religi seperti Vihara Dewi Kwan Im, Goa Vihara Bukit Fathin dan Goa Maria.



Sumber: destinasiwisata.com

Gambar 4-3 Pantai Tanjung Berikat

4.2. Sistem Kelistrikan Kepulauan Bangka Belitung

Sistem kelistrikan di wilayah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung terdiri dari dua sistem yaitu sistem yang dimiliki oleh PT. PLN (persero) dan sistem yang dimiliki oleh pihak swasta yaitu PT. Timah, Tbk dan PT. Koba Tin. Sistem kelistrikan ini berasal dari beberapa jenis pembangkit listrik antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG).

4.2.1. Sistem Kelistrikan Bangka

Sistem kelistrikan Pulau Bangka memiliki daya mampu sebesar 167,8 MW. Daya mampu merupakan seluruh kapasitas pembangkit listrik yang terpasang di wilayah Pulau Bangka yang terdiri dari PLTA, PLTD, dan PLTMG. Sedangkan beban puncak atau beban yang diperlukan di wilayah Bangka pada jam-jam penggunaan listrik paling banyak adalah sebesar 133,5 MW. Sehingga sistem kelistrikan di Pulau Bangka sekarang mengalami surplus sebesar 34,3 MW.

Sistem kelistrikan Pulau Bangka sendiri ditopang oleh beberapa jenis pembangkit listrik seperti yang telah disebutkan diatas. Sistem kelistrikan untuk Bangka sendiri dipenuhi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Air Anyir dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Muntok, PLTD Merawang, PLTD Koba, dan PLTD Toboali, PLTD Pulau Nangka, PLTD Pulau Pongok dan PLTMG Air Anyir. Setiap pembangkit listrik memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Berikut ini adalah rincian kapasitas masing-masing pembangkit yang ada di wilayah Bangka.

Tabel 4-2 Kapasitas Pembangkit Listrik Wilayah Bangka

| No. | Pembangkit Listrik | Kapasitas |
|-----|--------------------|------------|
| 1 | PLTU Air Anyir | 2 x 30 MW |
| 2 | PLTD Muntok | 6 MW |
| 3 | PLTD Merawang | 2 x 1 MW |
| 4 | PLTD Koba | 4 x 1,3 MW |
| 5 | PLTD Taboali | 7 x 1 MW |
| 6 | PLTD Pulau Nangka | 3 x 0.1 MW |
| 7 | PLTD Pulau Pongok | 5 x 0.2 |
| 8 | PLTMG Air Anyir | 2 x 25 MW |

Sumber: Kajian Ekonomi dan Keuangan Provinsi Bangka Belitung

Dari tabel 4-2 dapat diketahui bahwa listrik yang dihasilkan oleh PLTDG sebesar 23,5 MW. Sedangkan listrik yang dihasilkan oleh PLTMG adalah 50 MW. PLTMG tersebut yang akan di teliti dan dijadikan studi kasus dalam penelitian ini. PLTA dengan kapasitas terpasang paling banyak yaitu 60 MW.

4.2.2. Sistem Kelistrikan Belitung

Sistem kelistrikan di Pulau Belitung memiliki daya mampu sebesar 74,4 MW yang dihasilkan oleh beberapa jenis pembangkit listrik. Sedangkan Beban puncak yang ada di Pulau Belitung adalah 38,6 MW. Sehingga cadangan daya yang dimiliki oleh sistem kelistrikan Belitung adalah 35,8 MW. Berikut ini adalah daftar pembangkit listrik yang ada di wilayah Belitung:

Tabel 4-3 Kapasitas Pembangkit di Wilayah Belitung

| No. | Pembangkit Listrik | Kapasitas |
|-----|------------------------|-------------|
| 1 | PLTU Suge | 2 x 16,5 MW |
| 2 | PLTMG Suge | 1 x 25 MW |
| 3 | PLTD Selat Nasik | 6 x 0,2 MW |
| 4 | PLTD Seliu | 3 x 0,1 MW |
| 5 | PLTD Pilang | 14 x 0.8 MW |
| 6 | PLTD Manggar | 3 x 1 MW |
| 7 | PLTD Pulau Bukit Limau | 4 x 0,1 MW |
| 8 | PLTD Sumedang | 3 x 0.1 MW |

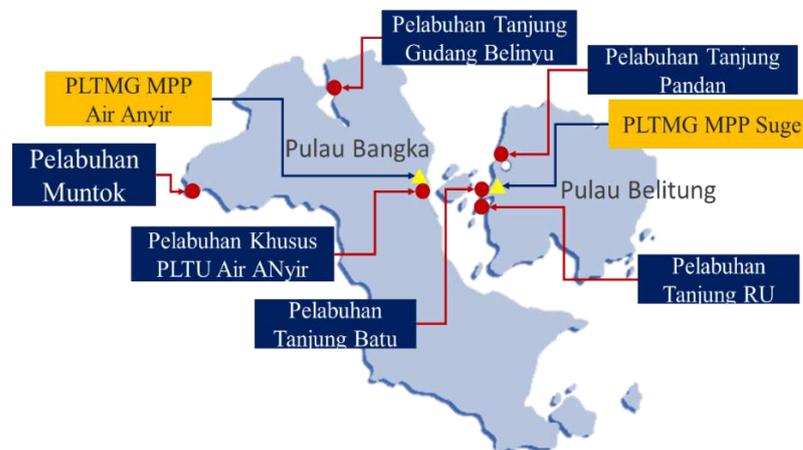
Sumber: Kajian Ekonomi dan Keuangan Provinsi Bangka Belitung

Dari tabel 4-3 dapat diketahui bahwa penghasil daya paling banyak adalah PLTA Suge dengan daya terpasang mencapai 33 MW. Sedangkan PLTMG sendiri menyumbangkan daya dengan kapasitas 25 MW yang dijadikan sebagai studi kasus dalam penelitian ini. Dan untuk PLTD memiliki daya terpasang dengan total 16,4 MW. Dikarenakan sistem di wilayah Belitung yang surplus, maka semua pembangkit tidak dioperasikan semua secara bersamaan. Untuk PLTMG Suge sendiri digunakan sebagai pembangkit cadangan ketika PLTA Suge keluar sistem atau sedang mengalami gangguan. Selain itu PLTMG Suge juga dioperasikan apabila PLTA Suge sedang melakukan pemeliharaan rutin dan apabila pada saat beban puncak PLTA Suge tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik. PLTMG di fungsikan sebagai cadangan karena pembangkit jenis ini memiliki waktu *start-up* yang cukup cepat.

Pengoperasian PLTMG di Belitung sebagai pembangkit cadangan masih menggunakan bahan bakar HSD seluruhnya yang diangkut dengan menggunakan kapal tanker. Kapal tanker minyak yang digunakan untuk mengangkut HSD ini memiliki kapasitas 1500 Kilo Liter. Namun menurut pihak PLN pengoperasian PLTMG dengan menggunakan HSD akan meningkatkan konsumsibahan bakar sehingga biaya operasionalnya mahal. Mesin PLTMG ini adalah pembangkit dengan sistem *dual fuel* atau mesin yang menggunakan bahan bakar HSD dan juga dapat dioperasikan dengan gas. Menurut penelitian, penggunaan gas pada PLTMG akan menurunkan biaya operasional karena harga gas yang lebih rendah dari pada harga HSD. Selain itu PLTMG yang menggunakan gas sebagai bahan bakar utama akan lebih rama lingkungan. Sehingga cocok untuk wilayah yang menjadi destinasi wisata seperti Belitung.

4.3. Identifikasi Lokasi Permintaan

Lokasi permintaan dalam penelitian ini sesuai dengan studi kasus, yaitu di Kepulauan Bangka Belitung. Lokasi permintaan berupa pembangkit listrik yang membutuhkan suplay bahan bakar. Dalam penelitian ini ada dua bahan yang akan di kirim, yaitu LNG dan HSD. Wilayah Bangka Belitung yang merupakan wilayah kepulauan membuat proses pengiriman ini membutuhkan pelabuhan sebagai tempat bersandarnya kapal yang akan mengangkut bahan bakar tersebut. Maka akan dilakukan pemilihan pelabuhan terdekat yang memungkinkan agar dapat dibangun pipa penyalur bahan bakar dari pelabuhan ke lokasi pembangkit. Lokasi pelabuhan yang dekat dengan pembangkit akan mengurangi biaya perpipaian untuk mengalirkan bahan bakar.



Gambar 4-4 Peta Lokasi Permintaan

Dari gambar diatas dapat diketahui lokasi PLTMG yang ada di Kepulauan Bangka Belitung beserta pelabuhan terdekat. Menurut peta diatas dapat diketahui pelabuhan terdekat dari PLTMG Air Anyir adalah Pelabuhan khusus PLTU Air Anyir. Sedangkan pelabuhan terdekat dari PLTMG Suge Belitung adalah Pelabuhan Tanjung Batu.

4.3.1. Bangka

a. PLTMG Air Anyir

PLTMG Air Anyir ini terletak di Merawang, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung dekat dengan PLTA Air Anyir. Pembangkit ini adalah pembangkit dengan sistem *dual fuel* atau pembangkit listrik yang bisa menggunakan dua bahan bakar. PLTMG Air Anyir memiliki kapasitas terpasang sebesar 2 x 25 Mega Watt (MW). Pembangkit yang secara komersialnya memasuki grid/jaringan pada awal tahun 2017 ini adalah pembangkit listrik yang diperasikan oleh PT PLN Batam atau yang lebih dikenal dengan B'right PLN Batam. PLTMG Air Anyer ini merupakan salah pembangkit yang mendukung program pemerintah yaitu 35.000 MW. Berikut ini adalah gambar PLTMG Air Anyir.



Sumber: Kompas.com

Gambar 4-5 PLTMG Air Anyir, Bangka

Pembangkit listrik *dual fuel* ini masih belum mendapatkan suplay gas, sehingga untuk pengoperasiannya sampai saat ini masih menggunakan bahan bakar berupa HSD. Pengoperasian PLTMG ini sebagai pembangkit cadangan untuk

menggantikan PLTA Air Anyir apabila sedang terjadi perbaikan ataupun gangguan. Sehingga pembangkit ini belum dioperasikan setiap hari karena kondisi sistem kelistrikan di Bangka masih dalam kondisi surplus.

b. Pelabuhan PLTU Air Anyir

Pelabuhan Bangka Baru adalah salah satu pelabuhan yang berada di Pulau Bangka yang merupakan pelabuhan utama yang terletak di Kota Pangkal Pinang, Bangka Belitung. Pelabuhan ini adalah pelabuhan khusus yang dimiliki oleh PLN Bangka. Pelabuhan ini digunakan untuk aktifitas bongkar muat batu bara untuk PLTU Air Anyir. Adapun fasilitas yang dimiliki oleh Pelabuhan Bangka Baru adalah sebagai berikut:

Tabel 4-4 Spesifikasi Pelabuhan Pangkal Balam

| No. | Jenis Fasilitas | Spesifikasi | Satuan |
|-----|---------------------|-------------|----------------|
| 1 | Panjang Dermaga | 89 | Meter |
| 2. | Kedalaman Pelabuhan | 6 | Meter |
| 3. | Lapangan Penumpukan | 1700 | M ² |

Sumber: googleearth

Pelabuhan ini terletak sedikit menjorok masuk kedalam alur. Sehingga pelabuhan ini terkendala pada kedalaman pelabuhan yang tidak dalam. Kedalaman pelabuhan di pelabuhan ini adalah 7 meter dibawah garis permukaan laut. Sehingga maksimal kapal yang dapat memasuki pelabuhan ini adalah kapal dengan sarat kapal kurang dari 5,9 meter.



Sumber: googlemaps.com

Gambar 4-6 Pelabuhan Khusus PLTU

Pelabuhan ini dipilih sebagai pelabuhan tujuan untuk pengangkutan bahan bakar ini karena lokasinya yang dekat dengan lokasi PLTMG Air Anyir. Jarak dari pelabuhan ke pembangkit listrik adalah 500 Meter bila ditarik garis lurus untuk pembangunan pipa gas dan pipa bahan bakar minyak. Lokasi PLTMG sendiri berada di belakang PLTU Air Anyir, sehingga lokasi PLTMG dengan pelabuhan ini tergolong dekat.

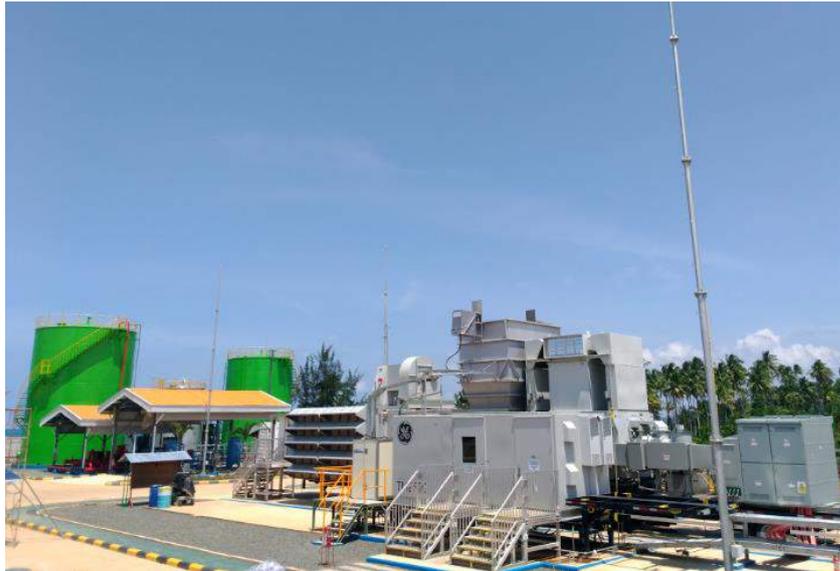
4.3.2. Belitung

a. PLTMG MPP Suge

PLTMG *Mobil Power Plant* (MPP) Suge ini terletak di Pegantungan, Badau, Kabupaten Belitung, Kepulauan Bangka Belitung dengan kapasitas terpasang 1 X 25 MW. PLTMG Suge ini merupakan pembangkit listrik cadangan untuk menggantikan PLTA saat PLTA Suge sedang keluar sistem. Maksud dari keluar sistem adalah sedang terjadi gangguan maupun sedang perawatan. Pembangkit listrik jenis ini digunakan sebagai cadangan karena memiliki waktu mulai yang singkat, sehingga sistem kelistrikan di Belitung akan tetap handal. Selain itu PLTMG juga dioperasikan saat beban pucak. Karena masih sering terjadi gangguan pada PLTA maka, PLTMG sering beroperasi namun hanya dalam jangka waktu pendek untuk menggantikan PLTA.

PLTMG Suge ini masih menggunakan HSD secara keseluruhan untuk operasionalnya. Pembangkit ini biasanya dioperasikan hingga 23 MW. Penggunaan HSD pada mesin PLTMG ini menimbulkan biaya yang lebih banyak dari pada pembangkit listrik lain. Sehingga PLTMG dijadikan sebagai pembangkit cadangan. Karena PLN sebagai operator mesin pembangkit ditargetkan untuk meningkatkan efisiensi, maka PLN mengatur pola operasi dengan biaya yang lebih murah.

PLN merencanakan penggunaan LNG untuk bahan bakar PLTMG yang berada di Kepulauan Bangka Belitung. LNG merupakan bahan bakar yang harganya lebih murah dibandingkan dengan harga HSD. Selain itu, penggunaan LNG sebagai bahan bakar akan membuat pengurangan emisi akibat pengoperasian mesin pembangkit. Hal tersebut dikarenakan, LNG merupakan sumber energi yang termasuk dalam kategori sumber energi yang ramah terhadap lingkungan. Sehingga emisi yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan dengan HSD.



Sumber: googlemaps.com

Gambar 4-7 PLTMG Suge, Belitung

Pasokan bahan bakar PLTMG Suge ini dilakukan oleh perusahaan minyak yaitu Shell dengan PT Kutilang Paksi Mas sebagai pengangkut HSD. HSD diangkut dengan kapal tangker minyak dengan kapasitas kurang lebih 1500 Kilo Liter. HSD ini juga digunakan untuk memasok bahan bakar PLTD disekitar wilayah Belitung.

b. Pelabuhan Tanjung Batu

Pelabuhan Tanjung Batu adalah salah satu pelabuhan yang berada di Badau, Kabupaten Belitung, Bangka Belitung. Saat ini, pelabuhanteah dilimpahkan pengelolaanya kepada Tanjung Batu Port PT Pelabuhan Tanjung Batu Belitong. PT Pelabuhan Tanjung Batu Belitong adalah Perusahaan BUMD yang ditugaskan sebagai operator pelabuhan. Pelabuhan ini barusaja diperbaiki akibat kerusakan dermaga karena kegiatan bongkar muat pasir dan material-material lain. Pelabuhan anjung Batu memiliki kedalaman yang lebih dalam dibanding Pelabuhan Tanjung Pandan yang dikelola oleh Pelindo 2. Hal ini dikarenakan Pelabuhan Tanjung Batu memiliki *jetty* yang membuat dermaganya menjorok kelaut.



Sumber: googlemaps.com

Gambar 4-8 Pelabuhan Tanjung Batu

Dermaga Pelabuhan Tanjung Batu yang menjorok ke laut membuat pelabuhan ini memiliki kedalaman pelabuhan yang cukup dalam, yaitu 8 Meter dibawah permukaan laut. Sehingga kapal besar dengan GT mencapai 10.000 Ton dapat bersandar di pelabuhan ini. Berikut ini adalah fasilitas yang ada dipelabuhan Tanjung Batu:

Tabel 4-5 Fasilitas Pelabuhan Tanjung Batu

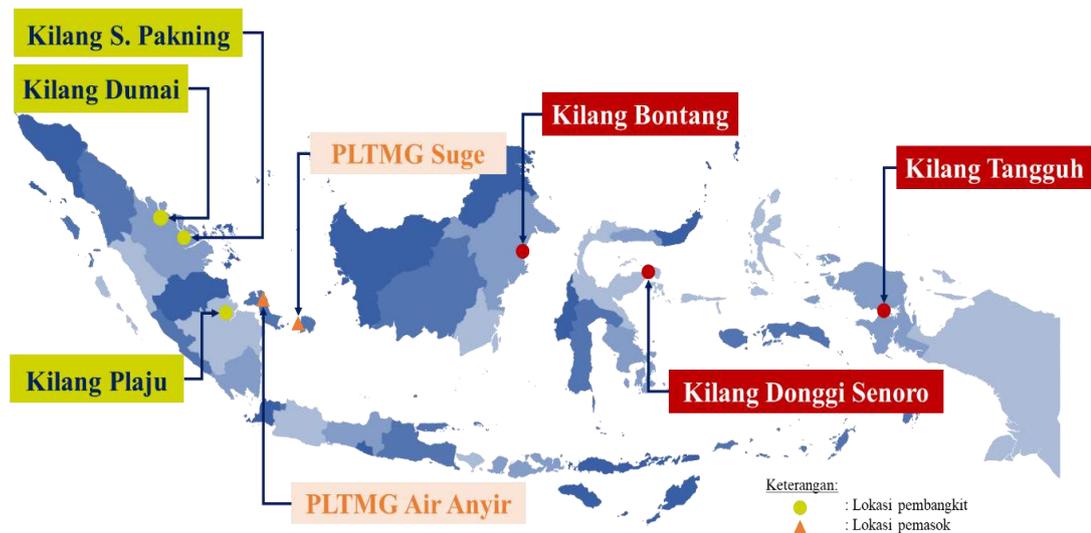
| No. | Jenis Fasilitas | Spesifikasi | Satuan |
|-----|---------------------|-------------|----------------|
| 1. | Panjang Dermaga | 100 | Meter |
| 2. | Kedalaman Pelabuhan | 8 | Meter |
| 3. | Lapangan Penumpukan | 4681 | M ² |
| 4. | Gudang | 200 | M ² |

Sumber: babelprov.go.id

Pelabuhan Tanjung Batu dipilih sebagai pelabuhan tujuan untuk pengiriman bahan bakar pada penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan lokasi Pelabuhan Tanjung Batu yang sangat dekat dengan lokasi PLTMG Suge. Jarak dari pelabuhan ke lokasi pembangkit kurang lebih 3 kilo meter. Jarak sepanjang 3 Kilo Meter dianggap ideal untuk mengalirkan bahan bakar baik gas maupun HSD menggunakan pipa.

4.4. Identifikasi Lokasi Pemasok

Identifikasi lokasi pemasok didasarkan oleh lokasi terdekat dengan lokasi pembangkit listrik. Lokasi pemasok yang lebih dekat diharapkan akan mengurangi biaya operasi pembangkit listrik. Sehingga operasionalnya akan lebih efisien dan menghasilkan biaya yang murah. Berikut ini adalah peta lokasi pemasok dan lokasi pembangkit.



Sumber: Dirjen Migas

Gambar 4-9 Peta Lokasi Pemasok Bahan Bakar

4.4.1. Pemasok HSD

Lokasi pemasok bahan bakar baik LNG maupun HSD berasal dari kilang pengolahan masing-masing bahan bakar. Indonesia sendiri memiliki 10 lokasi kilang minyak yang tersebar dari Pulau Sumatera hingga Pulau Papua dengan tingkat produksi yang berbeda-beda. Didaerah Sumatera sendiri terdapat 3 lokasi kilang minyak yang menghasilkan HSD, antara lain kilang Dumai dan Kilang Sei Pakning di Riau serta kilang Plaju di Palembang. Jumlah produksi minyak di kilang Dumai dan kilang Plaju masing-masing adalah 127 Milion Barrel per Calendar Days (MBCD). Sedangkan kilang Sei Pakning memiliki kapasitas produksi sebesar 50 MMBCD. Kilang Sei Pakning dan kilang Dumai termasuk dalam klasifikasi *Refinery Unit* (RU) II sehingga dua kilang ini dianggap sama.

Berdasarkan lokasi terdekat, maka akan dipilih dua lokasi pemasok bahan bakar. Pemasok HSD dipilih dari kilang Dumai dan kilang Plaju. Kemudian diketahui jarak antara lokasi masing-masing pemasok dengan lokasi pembangkit. Jarak dari

Plaju ke Bangka adalah 140 nauticam mile (nm) sedangkan jarak dari Dumai ke Belitung adalah 507 nm. Untuk jarak dari Plaju ke Belitung adalah 507 nm sedangkan jarak dumai ke Bangka adalah 429 nm. Berikut ini adalah tabel jarak antara lokasi pemasok dan lokasi pembangkit.

Tabel 4-6 Jarak Lokasi Pemasok ke Pembangkit

| Jarak (NM) | Bangka | Belitung |
|------------|--------|----------|
| Dumai | 429 | 507 |
| Plaju | 140 | 301 |

Sumber: *googlemaps.com*

4.4.2. Pemasok LNG

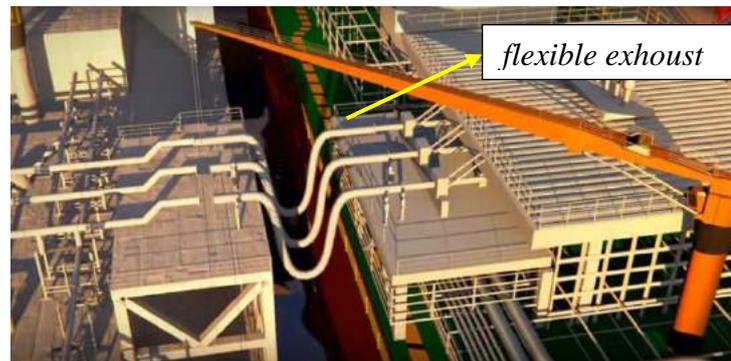
Lokasi kilang penghasil gas alam di Indonesia tidak sebanyak lokasi kilang minyak. Terdapat 3 lokasi kilang gas alam di Indonesia, yaitu kilang gas Badak LNG di Bontang, kilang gas Donggi Senoro LNG di Banggai Sulawesi Tengah, dan kilang gas Tangguh di Bintuni Papua. Lokasi kilang penghasil gas alam terbesar adalah kilang di Bontang dengan kapasitas produksi sebesar 21.64 Bilion Tonnes per Annum (MMTPA). Sedangkan kilang Tangguh menghasilkan 7,6 MMTPA dan kilang Donggi Senoro menghasilkan 2 MMTPA.



Gambar 4-10 Alat Bongkar Muat LNG

Untuk proses pemuatan bahan bakar, terdapat alat muat seperti pada gambar 4-10. Alat tersebut memiliki engsel dan lengan untuk dapat menyesuaikan ketinggian kapal yang akan dimuat LNG. Namun lengan tersebut memiliki batasan, sehingga untuk kapal dengan ukuran kecil tidak dapat dilayani oleh alat bongkar tersebut. Maka diperlukan *flexible exhaust* tambahan agar alat bongkar tersebut dapat melayani kapal

dengan ukuran dibaha 10.000 m³. Contoh *flexible exhoust* dapat dilihat pada ada gambar 4-11.



Gambar 4-11 *Flexible Exhaust*

Tabel 4-7 Jarak Lokasi Pemasok HSD ke Pembangkit

| Jarak (NM) | Bangka | Belitung |
|---------------|--------|----------|
| Bontang | 1013 | 908 |
| Donggi Senoro | 1394 | 1316 |

Sumber: *googlemaps.com*

Dengan mempertimbangkan jarak, maka dipilih dua lokasi pemasok LNG, yaitu dari kilang Bontang dan kilang Donggi Senoro. Lokasi kilang Bontang lebih dekat dibandingkan dengan lokasi kilang Donggi Senoro di Sulawesi. Adapun jarak Bontang ke Bangka adalah 1013 nm, sedangkan jarak kilang Bontang ke Belitung adalah 908 nm. Untuk jarak dari kilang Donggi Senoro ke pembangkit di Bangka adalah 1349 nm sedangkan jarak ke Belitung adalah 908 nm. Kilang tangguh tidak terpilih dikarenakan jaraknya dianggap terlalu jauh sehingga ditakutkan biaya pengapalannya akan menjadi mahal.

4.5. Biaya Penanganan Gas

LNG adalah gas alam yang telah didinginkan sehingga menjadi cair. Kemudian di lokasi tujuan LNG tersebut harus di kembalikan menjadi gas kembali dengan cara diregasifikasi. Proses regasifikasi ini memerlukan fasilitas pendukung khusus untuk gas. Penanganan ini akan menambah biaya untuk regasifikasi dan juga biaya penyimpanan. Selain itu juga ada biaya pipa untuk mengalirkan gas menuju lokasi pembangkit. Namun dalam penelitian ini hanya akan menghitung biaya regasifikasi dan biaya penyimpanan. Tarif regasifikasi untuk LNG adalah Rp 11.360 per MMBTU sedangkan untuk biaya penyimpanannya adalah Rp 8.520 per MMBTU.

Tabel 4-8 Biaya Penanganan Gas

| No. | Jenis Biaya | Biaya (Rp) |
|-----|--------------|------------|
| 1 | Regasifikasi | 11.360 |
| 2 | Penyimpanan | 8.520 |
| 3 | Perpipaan | 11.360 |

Sumber: Hasil survey

4.6. Kapal LNG

Kapal LNG adalah kapal yang dikhususkan untuk mengangkut LNG. Kapal jenis ini kebanyakan berukuran besar untuk mengangkut gas alam cair dari negara penghasil ke negara tujuan. Contohnya di Indonesia, terdapat beberapa kapal LNG yang melintasi perairan Indonesia untuk mengambil LNG dari kilang-kilang LNG. Terdapat 3 kilang LNG yang aktif di Indonesia, antara lain kilang LNG di Bontang, Kilang LNG Donggi Senoro di Sulawesi, dan kilang LNG Tangguh. Kapal tersebut kebanyakan adalah kapal milik asing. Salah satu contoh kapal pengangkut LNG tersebut adalah LNG Aquarius yang sering ditemui bersandar di dermaga milik Badak LNG di Bontang. Kapal ini sedang mengambil LNG untuk dibawa ke Jepang sebagai negara pembeli LNG.



Sumber: google.com

Gambar 4-12 Kapal Aquarius LNG

Kapal Aquarius LNG memiliki kapasitas ruang muat sebesar 126.000 m³. Selain kapal Aquarius LNG, juga terdapat kapal lain yang juga mengangkut LNG ke Jepang, yaitu kapal Vesta LNG dengan kapasitas 127.547 m³. Kapal LNG lainnya adalah kapal LNG Senshu Maru yang merupakan kapal berkapasitas 125.000 m³ yang memiliki ruang muat dengan teknologi *Mitsui Moss type*. Kapal dengan tipe ruang

muat semacam ini akan sulit untuk di *colling down* atau diturunkan temperatur ruang muatnya, namun dari segi perawatan ruang muat jenis ini akan lebih mudah. Kapal tersebut adalah kapal milik asing yang mengangkut LNG untuk dibawa ke negara yang membutuhkan LNG.

Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan gas alam di Indonesia yang merupakan negara kepulauan, dibutuhkan kapal dengan kapasitas yang lebih kecil atau sering disebut dengan kapal mini LNG. Kapal mini LNG adalah kapal LNG *Carrier* yang memiliki kapasitas kurang dari 40.000 m³. Namun kapal jenis mini LNG ini masih sulit ditemukan di Indonesia. Salah satu kapal mini LNG adalah kapal Triputra milik PT Humpus Intermoda Transportasi. Kapal ini memiliki kapasitas 22.500 m³. Saat ini kapal Triputra bertugas untuk mengangkut LNG dari Bontang menuju Benoa, Bali untuk memenuhi kebutuhan PLTMG dengan kapasitas 200 MW yang ada di Benoa. Kapal dengan panjang mencapai 151 meter ini memiliki kontrak untuk melakukan pengiriman gas ke Benoa selama 7 tahun mendatang sejak tahun 2016.



Sumber: marinetraffic.com

Gambar 4-13 Kapal Triputra

4.7. Konversi Gas

Tabel 4-9 Konversi Gas

| KONVERSI | | |
|------------------|---|----------------------|
| 1 mmscf | = | 1012,00 mmbtu |
| 1 mmscf | = | 0,000988 mmscf |
| 1 mmscf | = | 28317 m ³ |
| 1 m ³ | = | 0,0000353 mmscf |

| KONVERSI | | |
|----------------------|---|---------------------------|
| 1 ton | = | 0,049 mmscf |
| 1 mmscf | = | 20,54 ton |
| 1 ton | = | 52,00 mmbtu |
| 1 mmbtu | = | 0,02 ton |
| 1 m ³ | = | 21,10 mmbtu |
| 1 mmbtu | = | 0,05 m ³ |
| 1 m ³ LNG | = | 600,00 m ³ Gas |
| ρ LNG | = | 0,5 ton/m ³ |

Sumber: www.lngplant.com dan Soegiono dan Artana, 2016

Gas alam sebagai bahan bakar pembangkit listrik ini perlu dirubah bentuk menjadi cair untuk dapat di distribusikan dengan efektif. Seperti pengkonversian 1 meter kubil LNG setara dengan 600 meter kubik gas alam. Sehingga as alam akan dicairkan menjadi LNG agar saat mengangkut dapat memuat lebih banyak. Terdapat beberapa satuan gas alam, MMSCFD biasanya digunakan sebagai satuan aliran gas. Sedangkan MMBTU digunakan untuk satuan pembelian atau penyimpanan gas alam.

BAB 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Penyusunan Model

Untuk menyelesaikan penelitian ini, akan dilakukan perhitungan biaya distribusi HSD dan LNG untuk memasok pembangkit listrik dengan sistem bahan bakar ganda atau *dual fuel* dengan menggunakan beberapa kombinasi rute. Adapun tahap penyusunan model ini akan melewati tahap analisis permintaan bahan bakar, analisis biaya charter kapal, kepelabuhanan dan kombinasi rute.

5.1.1. Kebutuhan Bahan Bakar Bahan Bakar

Permintaan akan bahan bakar untuk pasokan PLTMG merupakan turunan dari kebutuhan masing-masing bahan bakar mesin. Kebutuhan bahan bakar mesin pembangkit tergantung dari konsumsi spesifik bahan bakar (SFOC) mesin dan juga jam operasi dari mesin tersebut. Kebutuhan bahan bakar dihitung dengan mengalikan SFOC dengan jam operasi mesin dan dikali juga dengan daya dari mesin pembangkit tersebut. Untuk mengetahui persentase penggunaan bahan bakar, waktu operasi mesin akan di persenkan untuk membuat perbandingan pemakaian bahan bakar HSD dan LNG. Seperti yang telah dijelaskan diatas waktu operasi mesin PLTMG adalah 355 hari selama 24 jam penuh. Nilai SFOC sendiri dalam perhitungan ini dianggap sama untuk semua mesin, yaitu dengan nilai SFOC sebesar 0,000189 ton/kwh untuk HSD dan 0.000166 ton/kwh untuk LNG. Kemudian akan didapatkan konsumsi bahan bakar dalam ton. Khusus untuk LNG nilai konsumsi per tahun tersebut akan di konversi terlebih dahulu ke MMBTU dan m³ karena LNG memiliki stauan dagang dalam satuan MMBTU dan di angkut di kapal dengan konversi muatan ke m³. Berikut ini adalah perhitungan permintaan bahan bakar berdasarkan persentase penggunaan bahan bakar.

Tabel 5-1 Kebutuhan Bahan Bakar PLTMG

| Daya (MW) | Persentase (%) | | Kebutuhan/tahun | |
|-----------|----------------|-----|-----------------|-------------|
| | HSD | LNG | HSD (Ton) | LNG (MMBTU) |
| 1x 25 | 100 | 0 | 40.257 | - |
| 1x 25 | 20 | 80 | 8.051,4 | 1.297.485 |
| 2x25 | 100 | 0 | 80.514 | - |
| 2x25 | 20 | 80 | 16.102,8 | 2.594.970 |

Dari tabel 5-1 dapat diketahui bahwa setiap persentase penggunaan bahan bakar menghasilkan kebutuhan bahan bakar yang berbeda. Untuk mesin dengan daya 1x25 MW membutuhkan 40.257 ton HSD untuk persentase 100% memakai bahan bakar HSD. Sedangkan untuk mesin dengan daya 2x25 MW membutuhkan 16.102,8 ton HSD pada persentase 100% menggunakan HSD. Sedangkan untuk mesin dengan daya 1x25 yang presentase bahan bakarnya 20% HSD dan 80% LNG membutuhkan 8.051,4 ton HSD dan 1.297.485 MMBTU gas alam.

5.1.2. Opsi Kapal

Dalam penelitian ini kapal yang digunakan untuk mengangkut bahan bakar baik HSD maupun LNG adalah kapal yang sudah tersedia. Kapal tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda namun masih termasuk dalam kapal mini LNG untuk pengangkut LNG. Sedangkan untuk kapal HSD dicari kapal dengan ukuran yang kecil untuk menyesuaikan dengan muatan yang tidak banyak.

Tabel 5-2 Alternatif Kapal HSD

| Nama Kapal | Satuan | Alternatif | | | | |
|----------------------------|---------|------------|--------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Type | | Tanker | Tanker | SPOB | SPOB | SPOB |
| LOA (Length Overall) | m | 100 | 89,99 | 87,26 | 87,26 | 50,67 |
| Draft | m | 5,5 | 5 | 3,91 | 3,7 | 4,19 |
| Payload | ton | 5.000 | 3.000 | 3.500 | 2.800 | 1.120 |
| GT (Gross Tonnage) | ton | 4.437 | 2.755 | 2.280 | 1.934 | 850 |
| DWT (Dead Weight) | ton | 5.655 | 3.560 | 2.946 | 2.499 | 1.400 |
| Daya ME (Main Engine) | Kw | 1.558 | 1.472 | 397 | 312 | 372 |
| Jumlah ME | Unit | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Daya AE (Auxiliary Engine) | Kw | 381,7 | 256 | 1178 | 1219 | 1219 |
| Jumlah AE | Unit | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Kecepatan | knot | 10 | 11 | 7 | 7 | 7 |
| Cargo Pump | ton/jam | 450 | 350 | 200 | 200 | 100 |

Dari tabel 5-2 diketahui bahwa kapal yang digunakan untuk mengangkut HSD adalah kapal jenis tanker minyak produk dan juga kapal *Self Propelled Barge* (SPOB). Masing-masing kapal memiliki ukuran dan kapasitas ruang muat yang berbeda-beda mulai dari ukuran panjang 61,6 Meter sampai dengan ukuran 100 meter. Ruang muat kapal yang digunakan juga bermacam-macam mulai dari 1.120 ton sampai dengan kapasitas 4437 ton. Untuk kedalaman kapal juga beragam sesuai dengan panjang

kapal. Adapaun kisaran sarat kapal yang digunakan adalah 4,36 meter sampai 5,5 meter.

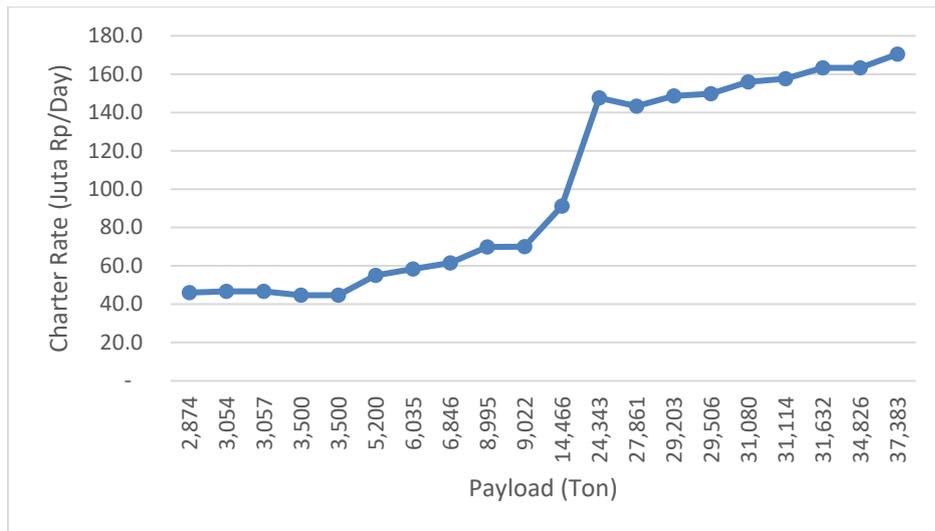
Tabel 5-3 Alternatif Kapal LNG

| Nama Kapal | Satuan | Alternatif | | | | |
|------------|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Tipe | | Tanker LNG |
| LOA | m | 119,8 | 117,8 | 99 | 86,25 | 69 |
| Draft | m | 7,60 | 5,90 | 4,30 | 4,10 | 3,50 |
| Payload | m ³ | 9.500 | 7.500 | 4.000 | 2.500 | 1.100 |
| GT | | 7.218 | 7.833 | 7.218 | 2.936 | 1.687 |
| DWT | ton | 9.127 | 9.000 | 4.800 | 1.781 | 817 |
| Daya ME | Kw | 4.900 | 5.000 | 1.400 | 1.912 | 640 |
| Jumlah ME | Unit | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Daya AE | Kw | 480 | 2500 | 480 | 880 | 769 |
| Jumlah AE | Unit | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| Kecepatan | knot | 12 | 11 | 11 | 13 | 14 |
| Cargo Pump | ton/jam | 850 | 750 | 480 | 450 | 370 |

Selanjutnya untuk kapal LNG yang digunakan dalam penelitian ini ada 5 unit kapal dengan jenis yang sama yaitu kapal LNG *Carrier*. Kapal yang digunakan dipilih dengan kapasitas yang kecil atau biasa disebut mini LNG. Adapun kisaran ukuran kapal LNG yang dipakai adalah kapal LNG yang memiliki ruang muat sebesar 1.100 M³ sampai dengan 9.500 M³. Dengan panjang mulai dari 69 meter sampai dengan 119,8 meter.

5.1.3. Analisis Biaya Charter Kapal

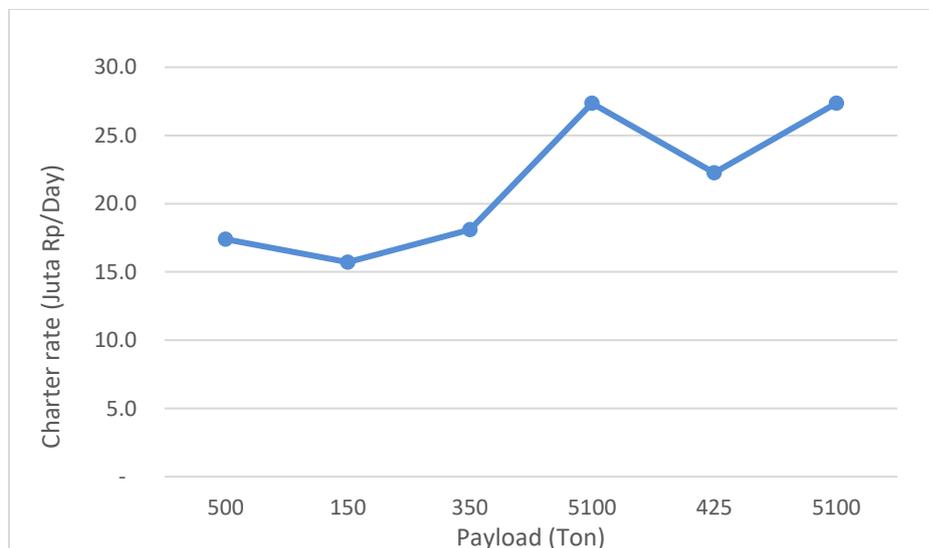
Dalam penelitian ini, untuk mengangkut bahan bakar memerlukan kapal sebagai alat angkut. Kapal yang digunakan merupakan kapal yang sudah terbangun saat ini dan tidak membangun kapal baru. Untuk itu, perhitungan biaya pengadaan kapal dihitung dengan *Time Charter Hire* (TCH) atau penyewaan kapal dalam rentan waktu yang telah ditentukan. Untuk mengetahui TCH kapal yang akan digunakan dalam perhitungan dan model, penulis mencari data harga *charter* kapal yang berasal dari nasarumber dan dari beberapa jurnal terkait. Kemudian didapatkan data-data *charter rate* kapal dengan berbagai ukuran seperti yang ada pada grafik di bawah ini.



Sumber: pengumpulan data

Gambar 5-1 Grafik Charter Rate Kapal HSD

Grafik 5-1 merupakan grafik TCH rate dari kapal HSD yang ada di Indonesia. TCH yang dihitung berdasarkan kapasitas ruang muatnya. Kapal yang digunakan sebagai referensi ini memiliki kapasitas ruang muat berkisar antara 3.500 ton yaitu kapal Dewi Sri sampai dengan 29.203 ton yaitu kapal Cendrawasih. Dengan TCH rate berkisar 44.659 rupiah per hari sampai dengan 148.598.722 rupiah.

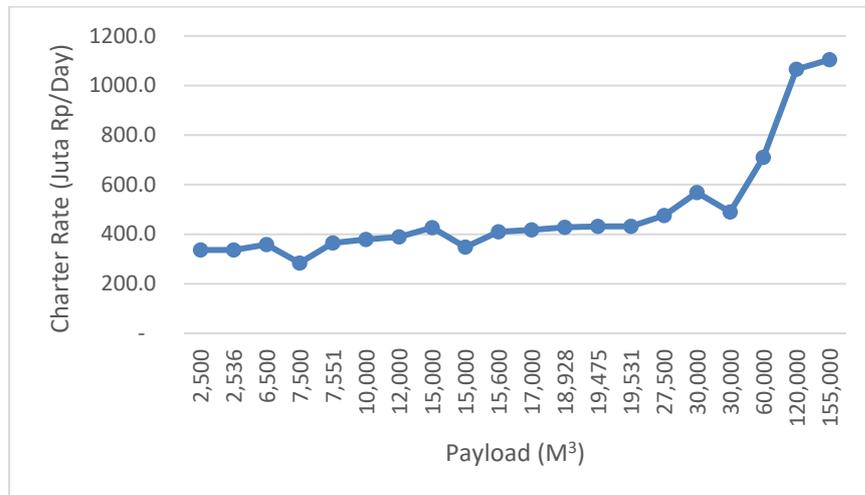


Sumber: pengumpulan data

Gambar 5-2 Grafik Charter Rate Kapal SPOB

Dari grafik diatas, diketahui charter rate untuk kapal SPOB. Charter rate kapal SPOB dengan payload 500 ton adalah 17,36 juta rupiah per hari. Sedangkan untuk kapal dengan payload 5.100 ton adalah 27,3 juta rupiah per hari. Biaya charter kapal

HSD dan kapal LNG memiliki perbedaan, dikarenakan kapal LNG memiliki nilai yang lebih mahal. Berikut ini adalah harga TCH dari kapal LNG.



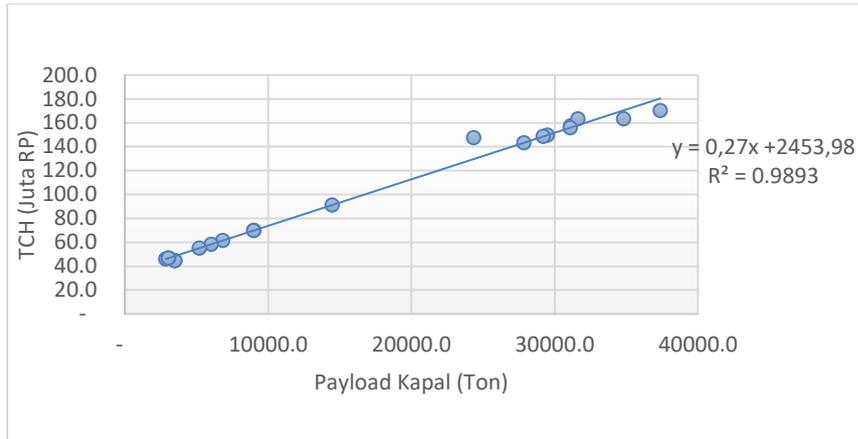
Sumber: pengumpulan data dan (Bittante, 2015)

Gambar 5-3 Grafik Charter Rate Kapal LNG

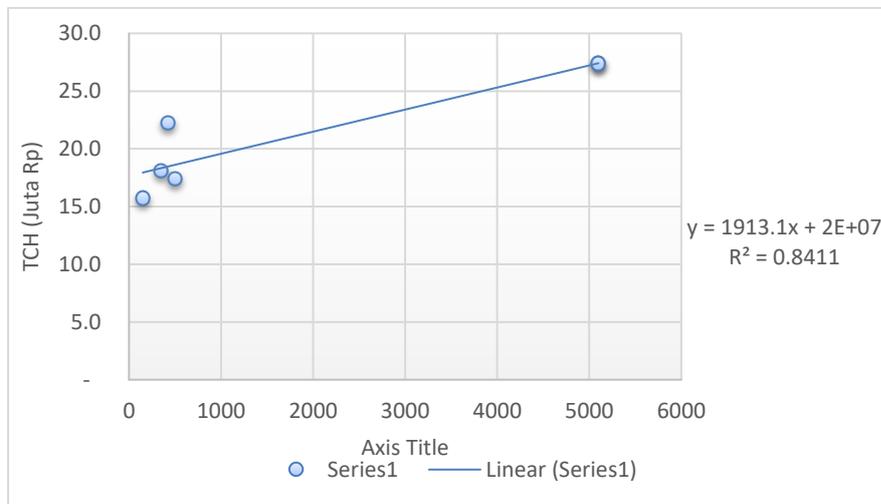
Kapal yang digunakan sebagai acuan untuk mencari TCH kapal LNG adalah kapal dengan payload 20.000 m³ sampai dengan 77.750 m³. Data tersebut didapat dari wawancara dengan pihak perusahaan pelayaran dan juga berasal dari jurnal dengan judul *Optimization of a samll-LNG Suplay Chain*. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kapal LNG memiliki TCH Rp 358.814.914 per hari untuk kapal dengan kapasitas ruang muat 6.500 m³. Namun untuk kapal HSD yang ada di tabel sebelumnya, untuk kapal dengan payload 6.000 ton TCH nya hanya Rp 58.354.794. Hal ini beararti bahwa kapal LNG memiliki tarif *charter rate* yang lebih besar dibanding TCH kapal HSD.

Setelah menemukan *charter rate* kapal, maka tahap selanjutnya adalah meregresi data tersebut untuk mendapatkan TCH kapal yang kita gunakan untuk mengangkut bahan bakar di penelitian ini. Dari regresi akan didapatkan persamaan $Y=0,27x + 2453,98$ untuk kapal HSD, persamaan untuk SPOB adalah $y = 1913.1x + 17.656.761$ dan untuk kapal LNG didapatkan persamaan $Y= 0,39x + 22712,91$.

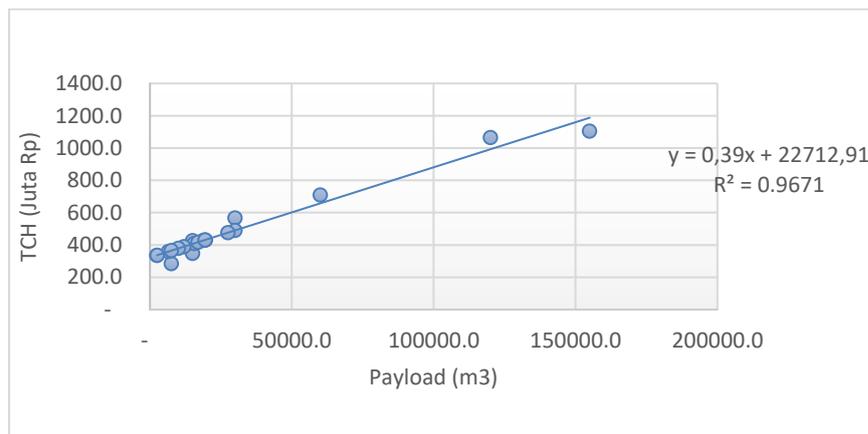
Persamaan regresi kapal tanker minyak memiliki R² sebesar 0,9. R² menandakan seberapa besar kemampuan variabel bebas yang dalam hal ini adalah *payload* dalam menjelaskan perubahan dari variabel terikatnya yaitu *time charter rate* kapal. Selanjutnya untuk persamaan regresi SPOB didapatkan R² sebesar 0,8 dan R² untuk kapal LNG *carrier* adalah 0,9.



Gambar 5-4 Grafik Regresi Kapal HSD



Gambar 5-5 Grafik Regresi Kapal SPOB



Gambar 5-6 Grafik Regresi Kapal LNG

Kemudian untuk mencari TCH kapal yang digunakan yaitu dengan memasukan payload kapal yang dipakai sebagai x. kemudian y adalah TCH kapal yang dicari. Kemudian setelah dimasukan dalam persamaan maka akan dihasilkan TCH

kapal yang digunakan. Berikut ini adalah tabel TCH Kapal yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 5-4 Tarif Sewa Kapal HSD

| Kode | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) | Payload |
|---------|----------------------------|--------------------------|---------|
| Kapal 1 | 3.768 | 53.509.620 | 4.791 |
| Kapal 2 | 3.270 | 46.434.711 | 2.975 |
| Kapal 3 | 2.561 | 24.352.605 | 3.500 |
| Kapal 4 | 2.417 | 23.013.436 | |
| Kapal 5 | 2.071 | 19.799.431 | 1.120 |

Tabel 5-5 Tarif Sewa Kapal LNG

| No | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) | Payload |
|---------|----------------------------|--------------------------|---------|
| Kapal 1 | 26.448 | 375.564.877 | 9.500 |
| Kapal 2 | 25.662 | 364.398.235 | 7.500 |
| Kapal 3 | 24.286 | 344.856.612 | 4.000 |
| Kapal 4 | 23.711 | 336.693.796 | 2.538 |
| Kapal 5 | 23.145 | 328.664.981 | 1.100 |

Dari hasil perhitungan dari persamaan hasil regresi, diketahui tarif sewa kapal. untuk tarif sewa kapal tanker, tarif sewanya 53,509 juta rupiah per hari. untuk kapal dengan kapasitas 4.791 ton. Sedangkan untuk SPOB dengan kapasitas 3.500 ton tarif sewanya adalah 24,352 juta rupiah per hari.

5.1.4. Kepelabuhanan

Biaya yang juga dihitung dalam penelitian ini adalah biaya kepelabuhanan. Untuk menghitung biaya kepelabuhanan maka perlu mengetahui tarif kepelabuhanan yang dikenakan kepada setiap kapal yang menggunakan fasilitas di pelabuhan tersebut. Tarif pelabuhan bersumber dari PP 11 tahun 2015 mengenai tarif jasa kepelabuhanan. Dalam penelitian ini diasumsikan biaya kepelabuhannya sama di setiap pelabuhan, baik pelabuhan asal maupun pelabuhan tujuan. Yang membedakan hanyalah biaya bongkar muat untuk HSD yang memiliki tarif Rp 600 per ton dan bongkar muat LNG dengan tarif Rp 1.000 per MMBTU. Berikut ini adalah tarif kepelabuhanan yang dipakai dalam penelitian ini:

Tabel 5-6 Tarif Jasa Kepelabuhanan

| Jenis Jasa | Satua | Tarif | Keterangan |
|---------------|-------------------|-----------|------------|
| Labuh | Rp/GT/call | 81 | |
| Tambat | Rp/GT/Etmal | 20 | |
| Pandu | Rp/Kapal/gerakan | 98.000,00 | |
| | Rp/GT/per gerakan | 27,00 | |
| Tunda: | | | |
| < 3500 | RP/Kapal/gerakan | 471.500 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10 | Variabel |
| < 8000 | Rp/kapal/gerakan | 740.000 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10 | Variabel |
| >= 14000 | Rp/kapal/gerakan | 1.156.000 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10 | Variabel |
| Tarif B/M HSD | Rp/Ton | 600 | |
| Tarif B/M LNG | Rp/MMBTU | 1.000 | |

Sumber: PP 11 Tahun 2015

Perhitungan biaya kepelabuhanan seperti pandu dikenakan per gerakan dan juga per berat tonase atau GT kapal. Maka dari itu penulis membuat asumsi waktu di pelabuhan untuk dapat menghitung biaya kepelabuhanan kapal, baik kapal HSD maupun kapal LNG. Berikut ini adalah asumsi waktu pelabuhan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 5-7 Rincian Waktu di Pelabuhan untuk Kapal HSD

| Jenis Waktu | Satuan | Waktu | | | | |
|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Kapal 1 | Kapal 2 | Kapal 3 | Kapal 4 | Kapal 5 |
| <i>Waiting Time</i> | jam | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| <i>Approaching Time</i> | jam | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| <i>Iddle Time</i> | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Juml. Gerakan | kali/call | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 |

Rincian waktu pelabuhan antara kapal HSD dan kapal LNG memiliki sedikit perbedaan. Perbedaannya terdapat pada adanya waktu *cooling down* atau waktu pendinginan tangki muatan kapal LNG agar suhu dan tekananya sama antar kapal

pengangkut dengan tempat penyimpananya. Waktu *cooling down* disini diasumsikan 2 jam.

Tabel 5-8 Rincian Waktu di Pelabuhan

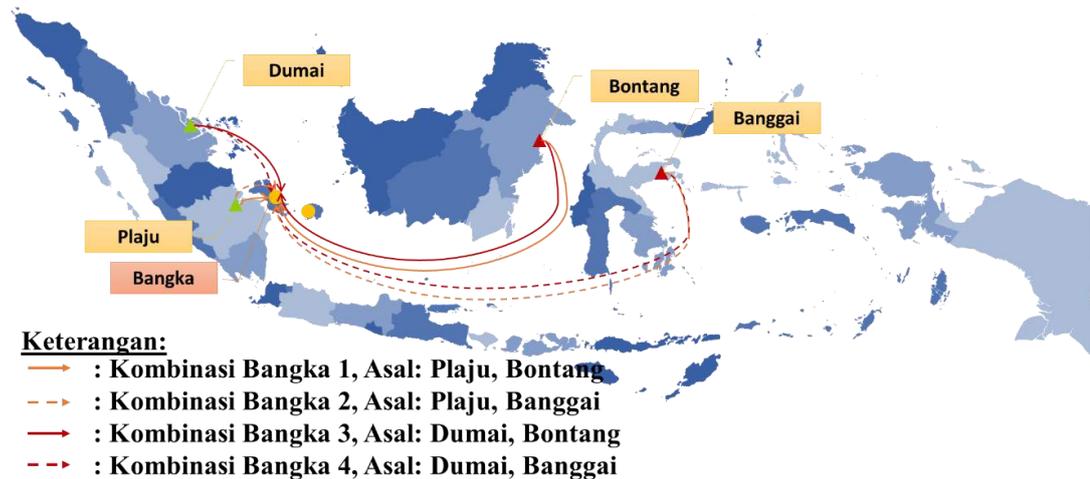
| Jenis Waktu | Satuan | Waktu | | | | |
|--------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Kapal 1 | Kapal 2 | Kapal 3 | Kapal 4 | Kapal 5 |
| <i>Waiting Time</i> | jam | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| <i>Approaching Time</i> | jam | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| <i>Idle Time</i> | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Cooling Down Time</i> | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Juml. Gerakan | kali/call | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

5.1.5. Kombinasi Asal Tujuan

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa dalam penelitian ini terdapat dua lokasi tujuan, yaitu Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Sedangkan untuk lokasi pemasok atau lokasi asal muatan terdapat 4 lokasi dengan rincian 2 lokasi asal HSD dan 2 lokasi asal LNG. Dua lokasi pemasok HSD adalah kilang Dumai di Riau dan Kilang Plaju di Palembang. Sedangkan pemasok LNG ada dari kilang Bontang dan Kilang Donggi Senoro diBanggai, Sulawesi Tengah.

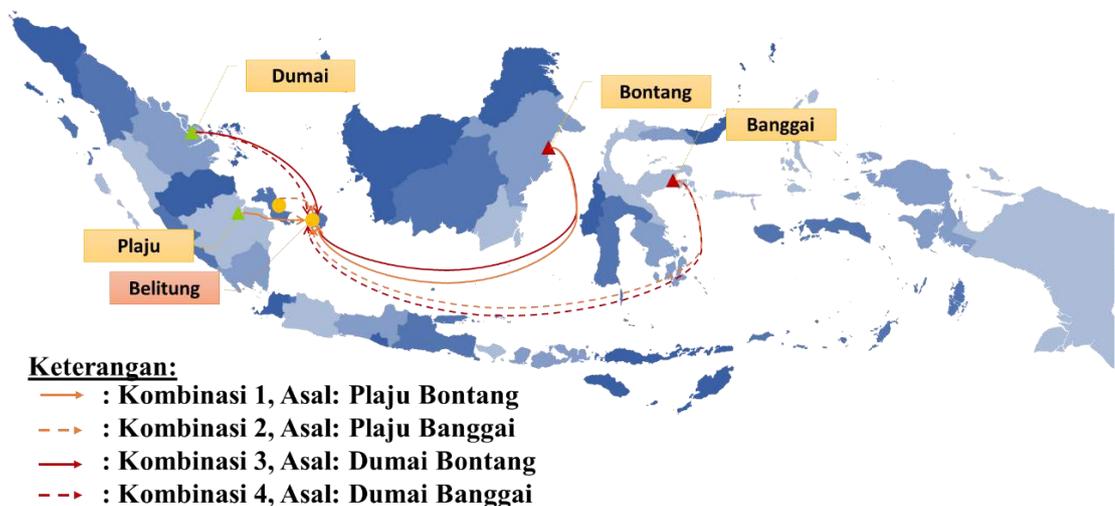
Dalam penelitian ini terdapat dua pola rute yang akan diterapkan, yaitu pola *port to port* dan *multi port*. Untuk pola *port to port* terdapat 4 kombinasi asal untuk satu tujuan. Sehingga untuk dua tujuan terdapat 8 kombinasi asal tujuan untuk pola operasi dengan *port to port*.

Terdapat 4 kombinasi asal tujuan untuk tujuan PLTMG Air Anyir di Bangka. Kombinasi pertama adalah asal HSD Plaju dan asal LNG Bontang. Kombinasi kedua adalah asal HSD Plaju dan asal LNG Banggai. Kombinasi ketiga dengan asal HSD Dumai dan asal LNG Bontang. Kombinasi tujuan Bangka terakhir adalah kombinasi ke keempat dengan asal HSD dari Dumai dan asal LNG dari Banggai.



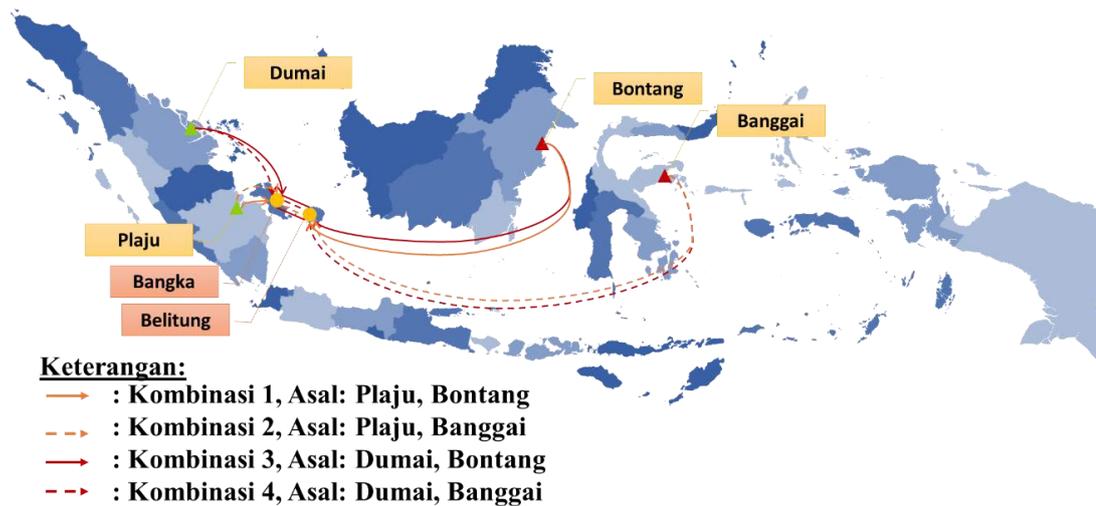
Gambar 5-7 Pola Port to Port Kombinasi Rute ke Bangka

Kombinasi *port to port* dengan tujuan Belitung yang pertama adalah dengan asal HSD Plaju dan asal LNG Bontang. Kombinasi Belitung ke dua adalah dengan asal HSD Plaju dan asal LNG dari Banggai. Kombinasi ketiga asal HSD dari Dumai dan asal LNG dari Bontang. Kombinasi keempat asal HSD masih dari kilang di Dumai sedangkan asal LNG dari kilang di Banggai, Sulawesi Tengah.



Gambar 5-8 Pola Port to Port Kombinasi Rute ke Belitung

Sedangkan untuk pola rute *multi port* akan terdapat 4 kombinasi asal juga. Sehingga untuk total kombinasi rute ini terdapat 12 kombinasi dengan asal dan tujuan yang berbeda.



Gambar 5-9 Kombinasi Rute dengan pola *Multi Port*

5.2. Asumsi

Asumsi merupakan dugaan yang digunakan sebagai dasar karena dianggap benar. Asumsi didapat dari literatur, wawancara maupun peramalan berdasarkan kondisi saat ini. Dalam pengerjaan tugas akhir ini digunakan beberapa asumsi untuk mendukung pengerjaan perhitungan dan model. Berikut ini adalah asumsi yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 5-9 Asumsi

| No. | Komponen | Nilai | Satuan | Sumber |
|-----|--------------------|---------|------------|-------------------|
| 1 | Nilai Tukar 1 US\$ | 14.200 | Rp | Googlefinance.com |
| 2 | Harga HFO | 7.742 | Rp/Liter | Indexmundi.com |
| 3 | Harga HSD | 8.366 | Rp/Liter | Indexmundi.com |
| 4 | Harga LNG | 127.469 | Rp/MMBTU | Indexmundi.com |
| 5. | Harga Emisi | 70 | Rp/Kg | (Novan, 2016) |
| 6 | Hari Kerja PLTMG | 355 | Hari/Tahun | |
| 7. | Inflasi | 4,5 | % | Bank Indonesia |

Adapun asumsi yang digunakan antara lain nilai tukar rupiah terhadap US\$ adalah sebesar Rp 14.000 yang nilainya didapat dari *googlefinance*. Asumsi yang lain adalah harga HFO sebesar Rp 6.742 Rp/liter untuk bahan bakar mesin utama kapal. Harga HSD sebesar Rp 7.220 Rp/liter sebagai bahan bakar mesin bantu kapal dan juga sebagai salah satu bahan bakar PLTMG. Harga LNG sendiri adalah Rp 127.466 Rp/MMBTU yang digunakan sebagai bahan bakar untuk PLTMG.

Selain asumsi diatas, dalam penelitian ini juga mengasumsikan beberapa hal lain. Biaya pelabuhan yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PP 11 tahun 2015 tentang tarif pelabuhan. Selain itu, dalam penelitian ini juga digunakan asumsi sewa kapal dengan perjanjian *time charter* berdasarkan kapasitas ruang muat (*payload*).

5.3. Perhitungan Pola Operasi Saat ini

Pada sub bab ini akan dihitung pola operasi pengiriman saat ini dari bahan bakar untuk memasok PLTMG. Saat ini bahan bakar yang digunakan untuk mengoperasikan PLTMG di Kepulauan Bangka Belitung adalah HSD saja. Namun, spesifikasi mesin PLTMG ini dapat dioperasikan dengan *dual fuel* atau dua bahan bakar yaitu HSD dan LNG. Untuk mengirim bahan bakar, saat ini digunakan kapal dengan spesifikasi berikut:

Tabel 5-10 Spesifikasi kapal Pengangkut Saat ini

| Jenis | Tanker | Satuan |
|---------------------|------------|----------|
| LOA | 78,5 | m |
| Draft | 4,5 | m |
| Payload | 1.880 | ton |
| GT | 1372 | |
| DWT | 2350 | ton |
| Konsumsi BBM | | |
| ME | 28.365,78 | Lt/Rtrip |
| AE | 901,38 | Lt/Rtrip |
| Kecepatan | 10 | knot |
| Cargo Pump | 200 | ton/jam |
| Charter Rate (TC/H) | 42.169.470 | Rp/hari |

Untuk pengiriman bahan bakar saat ini baik untuk di Bangka dan Belitung, digunakan kapal tanker dengan kapasitas 1.880 ton. Adapun panjang kapal adalah 78,5 meter. Kapal tersebut bekerja selama 330 hari dalam satu tahun.

5.3.1. Bangka

PLTMG di Bangka, memiliki kapasitas terpasang sebesar 2 x 25 MW. Bahan bakar PLTMG untuk wilayah bangka di pasok dari perusahaan minyak asing yang memiliki *refinery unit* di Pulau Bukom, Singapura. Jarak antara lokasi pemasok yaitu

Pulau Bukom, Singapura dengan Bangka adalah 397 *nautical miles*. Untuk dapat beroperasi, PLTMG tersebut membutuhkan 80.514 ton HSD per tahun. Kebutuhan bahan bakar dihitung dengan mengalikan jam operasi mesin selama satu tahun dengan tingkat konsumsi bahan bakar mesin, daya yang dihasilkan mesin pembangkit, dan unit mesin yang beroperasi.

Tabel 5-11 Operasional Kapal Eksisting Bangka

| Komponen | Satuan | Nilai |
|----------------------------------|--------------|------------|
| Port Time POL (Pelabuhan Asal) | hari | 0,90 |
| Port Time POD (Pelabuhan Tujuan) | hari | 0,90 |
| Seatime (Waktu Berlayar) | hari | 2,51 |
| Total Time/R.Trip | hari | 4,31 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 17 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 370.021,02 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 2.150,24 |
| TC/H | Juta Rp/Hari | 42 |

Kapal yang menempuh perjalanan sejauh 397 *nautical miles*, dengan waktu tempuh selama 2,50 hari. Untuk satu kali *round trip* membutuhkan 4,31 hari. Maka dibutuhkan 17 kali pengiriman dalam setahun.

Tabel 5-12 Biaya Transportasi Laut Eksisting Bangka

| Komponen Biaya | Satuan | Nilai |
|--------------------------------------|--------------------|---------------|
| TC/H | Juta Rp/thn | 13.916 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 8.914 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 247 |
| Total Biaya Transportasi Laut | Juta Rp/Thn | 23.077 |
| Unit Total Biaya | Juta Rp/Thn | 10,13 |

Sehingga dapat diketahui bahwa total biaya transportasi laut untuk pengiriman HSD dari Singapur ke Bangka adalah 23 milyar rupiah per tahun dengan unit total biaya sebesar 10,13 juta rupiah per ton.

5.3.2. Belitung

PLTMG di Belitung, memiliki kapasitas terpasang sebesar 1 x 25 MW. Bahan bakar PLTMG untuk wilayah bangka di pasok dari perusahaan minyak asing yang

memiliki *refinery unit* di Pulau Bukom, Singapura. Jarak antara lokasi pemaosk yaitu Pulau Bukom, Singapura dengan Bangka adalah 310.30 *nautical miles*. Untuk dapat beroperasi, PLTMG tersebut membutuhkan 40.257 ton HSD per tahun. Kebutuhan bahan bakar dihitung dengan mengalikan jam operasi mesin selama satu tahun dengan tingkat konsumsi bahan bakar mesin, daya yang dihasilkan mesin pembangkit, dan unit mesin yang beroperasi.

Tabel 5-13 Operasional Kapal Tujuan Belitung

| Komponen | Satuan | Nilai |
|----------------------------------|--------------|------------|
| Port Time POL (Pelabuhan Asal) | hari | 1,04 |
| Port Time POD (Pelabuhan Tujuan) | hari | 1,04 |
| Seatime (Waktu Berlayar) | hari | 3,80 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,88 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 22 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 624.047,05 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 19.830,30 |
| TC/H | Juta Rp/Hari | 42 |

Kapal yang menempuh perjalanan sejauh 310,30 *nautical miles*, dengan waktu tempuh selama 3,80 hari. Dengan waktu di pelabuhan asal dan tujuan masing-masing selama 1,04 hari. Sehingga untuk satu kali *round trip* membutuhkan 5,88 hari. Maka dibutuhkan 22 kali pengiriman untuk dapat memenuhi kebutuhan PLTMG tersebut dalam satu tahun. Dari operasional kapal, maka selanjutnya adalah menghitung biaya yang timbul akibat pengoperasian kapal atau bisa disebut dengan biaya transportasi.

Tabel 5-1417 Biaya Transportasi Laut Eksisiting Belitung

| Komponen Biaya | Satuan | Nilai |
|--------------------------------------|--------------------|---------------|
| TC/H | Juta Rp/thn | 13.915 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 5.197 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 126 |
| Total Biaya Transportasi Laut | Juta Rp/Thn | 19.239 |
| Unit Total Biaya | Juta Rp/Thn | 10,32 |

Sehingga total biaya transportasi laut untuk pengiriman HSD adalah 19,239 milyar rupiah per tahun dengan unit toal biaya 10,32 juta rupiah per ton yang terdiri

dari 3 komponen biaya. Komponene biaya tersebut antar lain biaya TC/H sebesar 13 milyar rupiah, biaya selama berlayar (*voyage*) sebesar 4 milyar dan

5.4. Perhitungan Biaya Transportasi Laut

Perhitungan transportasi laut juga disebut dengan *shipping cost* atau biaya pengapalan. Biaya transportasi laut adalah biaya yang timbul akibat proses pengiriman barang melewati jalur laut. Biaya yang timbul meliputi biaya charter kapal (TCH) dan biaya kepelabuhanan yang meliputi biaya penanganan muatan. Berikut ini adalah perhitungan biaya transportasi laut masing-masing kombinasi asal tujuan.

5.4.1. Pola *Port to Port* Tujuan Bangka

a) Kombinasi Bangka 1

Kombinasi ini merupakan kombinasi dari asal HSD dari Plaju dan asal LNG dari Bontang. Setelah dilakukan proses perhitungan dan model dijalankan, terpilih kapal 4 untuk mengangkut HSD dan kapal 3 untuk mengangkut LNG dengan persentase penggunaan bahan bakar antar HSD dan LNG adalah 20% dan 80%. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari kapal terpilih.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Kebutuhan Bahan Bakar} = SFOC \times N \times P \times T$$

Keterangan:

SFOC : Konsumsi bahan bakar (ton/kw jam)

N : Jumlah mesin (unit)

P : Daya mesin pembangkit (kw)

T : Waktu operasional mesin pembangkit (jam)

Tabel 5-15 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 1

| Persentase | 20% | 80% |
|------------------|-----------|-------------|
| Kebutuhan | 16.103 | 2.594.970 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-15 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 16.103 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan

permintaan LNG sebesar 2.594.970 mmbtu/tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 80%.

- Operasional Kapal

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini akan di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi bangka 1.

Tabel 5-16 Operasional Kombinasi Bangka 1

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 5 | Kapal LNG 3 |
|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| Port Time POL | hari | 0,93 | 0,81 |
| Port Time POD | hari | 0,93 | 0,81 |
| Seatime | hari | 2,38 | 7,67 |
| Total Time/R.Trip | hari | 4,23 | 9,29 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 | 31 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 147.799 | 3.366.670 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 2.970 | 10.611 |

Dari tabel 5-16 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 6 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 31 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari *port time* atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta *sea time* atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 3,75 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 9,29 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Berikut ini adalah tabel yang menyajikan komponen biaya transportasi laut. Adapun TCH merupakan biaya sewa kapal. Sedangkan *voyage cost* terdiri dari biaya selama di laut yang terdiri dari biaya pembelian bahan bakar untuk *Main Engine* (ME) dan juga untuk *Auxiliary Engine* (AE) ditambah dengan biaya selama di pelabuhan atau *port cost*. *Port cost* adalah biaya yang dikeluarkan selama kapal memakai fasilitas pelabuhan. Dihitung dengan cara mengalikan tarif jasa kepelabuhanan dengan spesifikasi kapal. Sedangkan CHC (*Cargo Handling Cost*) adalah biaya untuk bongkar muat. CHC dihitung dengan mengalikan tarif CHC dengan banyaknya muatan.

Tabel 5-17 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Bangka 1

| Komponen | Satuan | HSD 5 | LNG 3 |
|----------------------------|--------------------|----------------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 6.534 | 113.802 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.204 | 26.394 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 20 | 126 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 7.758 | 140.323 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 148.081 | |

Dari tabel 5-17 dapat diketahui nilai dari masing-masing komponen biaya transportasi laut. Biaya yang paling banyak proporsinya adalah biaya sewa atau TCH dengan nilai 15 miliar rupiah. Sehingga total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 7 milyar rupiah.

Sedangkan untuk biaya pengapalan LNG dengan kapal terpilih menghasilkan biaya sebesar 140 milyar rupiah per tahun. Komponen biaya yang proporsinya paling besar adalah TCH dengan nilai 113 milyar rupiah per tahun.

b) Kombinasi Bangka 2

Dalam kombinasi ini, HSD dipasok dari Plaju sedangkan LNG dipasok dari Donggi Senoro di Banggai. Setelah dilakukan proses perhitungan dan optimasi dengan solver, terpilih kapal 5 untuk mengangkut HSD dan kapal 2 untuk mengangkut LNG dengan persentase penggunaan bahan bakar antar HSD dan LNG adalah 20% dan 80%. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari kapal terpilih.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya.

Tabel 5-18 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 2

| Persentase | 20% | 80% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-18 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 16.103 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan

pemrintaan LNG sebesar 2.594.970 mmbtu/tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 80%.

- Operasional Kapal

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahu, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini adalah operasional kapal yang diperlukan untuk menghitung biaya pengiriman.

Tabel 5-19 Operasional Kombinasi Bangka 2

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 5 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|--------------|
| Port Time POL | hari | 0,93 | 0,88 |
| Port Time POD | hari | 0,93 | 0,88 |
| Seatime | hari | 2,38 | 10,44 |
| Total Time/R.Trip | hari | 4,2 | 12,19 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 | 17 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 147.799 | 4.483.845,46 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 2.970 | 39.779,21 |

Dari tabel 5-19 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 17 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari *port time* atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta *sea time* atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 4,2 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 12,9 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-20 Biaya Transportasi Kombinasi Bangka 2

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 6.534 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.204 | 35.134 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 20 | 255 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 7.758 | 155.640 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 163.398 | |

Biaya dengan proporsi terbesar adalah biaya sewa atau TCH dengan nilai 6,5 miliar rupiah. Jadi total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 7,55 miliar rupiah.

biaya sebesar 155 milyar rupiah per tahun. Komponen biaya yang proporsinya paling besar adalah TCH dengan nilai 120 milyar rupiah per tahun.

c) **Kombinasi Bangka 3**

Dalam kombinasi ini, HSD dipasok dari Palembang sedangkan LNG dipasok dari Donggi Senoro di Banggai. Setelah dilakukan proses perhitungan dan optimasi dengan solver, terpilih kapal 5 untuk mengangkut HSD dan kapal 3 untuk mengangkut LNG dengan persentase penggunaan bahan bakar antar HSD dan LNG adalah 20% dan 80%.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui Kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah permintaan untuk kombinasi bangka 3.

Tabel 5-21 Permintaan Muatan Bangka 3

| Persentase | 20% | 80% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-21 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 16.103 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan permintaan LNG sebesar 2.594.970 mmbtu/tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 80%.

- **Operasional Kapal**

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan menghitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini akan di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi bangka 3.

Tabel 5-22 Operasional Kapal Kombinasi Bangka 3

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 5 | Kapal HSD 3 |
|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| Port Time POL | hari | 0,93 | 0,81 |
| Port Time POD | hari | 0,93 | 0,81 |
| Seatime | hari | 6,04 | 7,67 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,86 | 9,29 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 | 31 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 374.672 | 3.366.670 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 5.536 | 10.611 |

Dari tabel 5-22 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 31 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 7,86 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 9,29 hari. Sedangkan untuk Konsumsi ME (*Main Engine*) adalah 37.672 lt pertahun untuk kapal HSD dan 3.366.670 untuk kapal pengangkut LNG. Biaya Transportasi Laut

Berdasarkan perhitungan operasional kapal, maka akan didapatkan biaya-biaya seperti biaya *voyage* atau biaya selama di laut dan biaya CHC atau biaya penanganan muatan.

Tabel 5-23 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Bangka 3

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 6.534 | 113.803 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 2.978 | 26.394 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 20 | 248 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.532 | 140.444 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 149.976 | |

Biaya dengan proporsi terbesar adalah biaya sewa atau TCH dengan nilai 6,6 milyar rupiah per tahun. Jadi total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 9,532 milyar rupiah per tahun.

Sedangkan untuk biaya transportasi laut LNG menghasilkan biaya sebesar 140 milyar rupiah per tahun. Komponen biaya terbesarnya adalah biaya TCH kapal dengan biaya mencapai 113 milyar rupiah per tahun. Sedangkan komponen terendah dari

biaya transportasi ini adalah biaya untuk penanganan muatan yaitu 248 juta rupiah per tahun.

d) Kombinasi Bangka 4

Dalam kombinasi ini, asal HSD dari kilang di Dumai, sedangkan asal LNG dari kilang Banggai. Setelah dilakukan perhitungan dan optimasi dengan solver, maka untuk pengiriman dengan kombinasi asal tujuan seperti diatas kapal terpilihnya adalah kapal 5 untuk HSD dan kapal 2 untuk LNG. Adapun persentase HSD adalah 20 % sedangkan persentase LNG adalah 80%. Berikut ini adalah tabel biaya transportasi laut kapal terpilih.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui permintaan muatan per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah permintaan untuk masing-masing bahan bakar.

Tabel 5-24 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Bangka 4

| Persentase | 20% | 80% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-24 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 16.103 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan permintaan LNG sebesar 2.594.970 mmbtu/tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 80%.

- **Operasional Kapal**

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan menghitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi bangka 4.

Tabel 5-25 Operasional Kapal Kombinasi Bangka 4

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 5 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|--------------|
| Port Time POL | hari | 0,93 | 0,88 |
| Port Time POD | hari | 0,93 | 0,88 |
| Seatime | hari | 6,04 | 10,44 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,86 | 12,9 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 | 17 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 374.672,15 | 4.483.845,46 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 5.536,91 | 39.779,21 |

Dari tabel 5-25 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 17 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 7,8 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 12,9 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-26 Biaya Trnsportasi Laut Kombinasi Bangka 4

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 6.534 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 2.978 | 35.134 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 20 | 255 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.532 | 155.641 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 165.172 | |

Biaya transportasi laut untuk pengiriman HSD dengan kombinasi asal tujuan ini menghasilkan total biaya 9,5 milyar per tahun. Sedangkan menurut tabel dibawah, total biaya transportasi laut untuk LNG adalah 155,6 milyar rupiah per tahun. Selisih biayanya jauh berbeda dikarenakan biaya sewa kapal LNG atau TCH lebih mahal. Biaya TCH adalah komponen biaya yang paling besar jumlahnya pada perhitungan ini baik untuk kapal LNG maupun HSD. Biaya yang keluar akibat TCH kapal HSD adalah 6,5 milyar rupiah per tahun. Sedangkan biaya TCH untuk kapal pengangkut LNG tersebut sebesar 120,2 milyar rupiah per tahun.

5.4.2. Pola *Port to Port* Tujuan Belitung

a) Kombinasi Belitung 1

Kombinasi Belitung 1 ini pasokan HSD didapat dari kilang Plaju di Palembang sedangkan untuk pasokan LNG didapat dari kilang Badak LNG di Bontang. Setelah dilakukan perhitungan dan optimasi dengan solver, kapal terpilih yang memiliki biaya optimum untuk mengangkut HSD adalah kapal 4 tanpa memiliki kapal LNG, dikarenakan rasio yang optimum adalah dengan 100% HSD.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Kebutuhan Bahan Bakar} = SFOC \times N \times P \times T$$

Keterangan:

SFOC : Konsumsi bahan bakar (ton/kw jam)

N : Jumlah mesin (unit)

P : Daya mesin pembangkit (kw)

T : Waktu operasional mesin pembangkit (jam)

Tabel 5-27 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 1

| Persentase | 100% | 0% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 40.257 | 0 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-27 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 40.257 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 100%.

- **Operasional Kapal**

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi belitung 1.

Tabel 5-28 Operasional Kapal Kombinasi Beitung 1

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 |
|--------------------------|--------|-------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 |
| Port Time POD | hari | 1,04 |
| Seatime | hari | 3,59 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,67 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 186.755 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 3.981 |

Dari tabel 5-28 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali dalam setahun. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 5,67 hari setiap pelayaran.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-29 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Belitung 1

| Komponen | Satuan | HSD 4 |
|--------------------------|-------------|-------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.636 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.535 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 50 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.221 |

Dari tabel 5-29 dapat diketahui nilai dari masing-masing komponen biaya transportasi laut. Biaya sewa atau TCH dengan nilai 7,6 miliar rupiah. Sehingga total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 9,22 milyar rupiah.

- b) Kombinasi Belitung 2

Pada kombinasi Belitung 2 ini, asal bahan bakar HSD masih berasal dari Plaju Palembang. Sedangkan untuk LNG dipasok oleh kilang di Banggai Sulawesi Tengah. Menurut hasil optimasi untuk kombinasi ini menggunakan 100% HSD. Kapal yang optimum untuk melayani kombinasi ini adalah kapal 4 untuk HSD.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka

dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya.

Tabel 5-30 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 2

| | |
|-------------------|-------------|
| Persentase | 100% |
| Permintaan | 40.257 |
| Satuan | ton/tahun |

Dari tabel 5-30 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 40.257 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 100%.

- Operasional Kapal

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi belitung 2.

Tabel 5-31 Operasional Kapal Kombinasi Belitung 2

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 |
|--------------------------|---------------|--------------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 |
| Port Time POD | hari | 1,04 |
| Seatime | hari | 3,59 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,67 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 186.744 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 3.981 |

Dari tabel 5-31 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali dalam satu tahun. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 5,67 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Setelah perhitungan mengenai operasional, maka selanjutnya adalah menghitung biaya transportasi laut berdasarkan komponen-komponen biayanya. Berikut ini disajikan tabel mengenai biaya transportasi laut untuk kapal pengangkut HSD pada kombisama Bangka 2.

Tabel 5-32 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Belitung 2

| Komponen | Satuan | HSD |
|--------------------------|-------------|-------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.635 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.535 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 50 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.221 |

Dari tabel 5-32 dapat diketahui nilai dari masing-masing komponen biaya transportasi laut. Biaya sewa atau TCH dengan nilai 7,63 miliar rupiah. Sehingga total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 9,22 milyar rupiah.

c) Kombinasi Belitung 3

Pada kombinasi belitung 3 ini, asal bahan bakar HSD masih berasal dari Dumai. Sedangkan untuk LNG dipasok oleh kilang di Bontang. Menurut hasil optimasi untuk kombinasi ini menggunakan 100% HSD. Kapal yang optimum untuk melayani kombinasi ini adalah kapal 4. Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya transportasi laut untuk masing-masing kapal.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya.

Tabel 5-33 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Belitung 3

| | |
|-------------------|------------|
| Persentase | 80% |
| Permintaan | 40.257 |
| Satuan | ton/tahun |

Dari tabel 5-33 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 40.257 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 100%.

- **Operasional Kapal**

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahun, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi belitung 3.

Tabel 5-34 Kapal Kombinasi Belitung 3

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 |
|--------------------------|--------|-------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 |
| Port Time POD | hari | 1,04 |
| Seatime | hari | 5,11 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,19 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 265.896 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 5.048 |

Dari tabel 5-34 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali dalam setahun. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 7,19 hari untuk kapal pengangkut HSD.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-35 Biaya Transportasi Laut Kapal HSD Kombinasi Belitung 3

| Komponen | Satuan | HSD |
|--------------------------|-------------|-------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.635 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 2.155 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 50 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.842 |

Dari tabel 5-35 dapat diketahui nilai dari masing-masing komponen biaya transportasi laut. Biaya sewa atau TCH dengan nilai 7,63 miliar rupiah. Sehingga total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 9,82 milyar rupiah.

- d) Kombinasi Belitung 4

Pada kombinasi Belitung 4 ini, asal bahan bakar HSD masih berasal dari Dumai. Sedangkan untuk LNG dipasok oleh kilang di Banggai Sulawesi Tengah. Menurut hasil optimasi untuk kombinasi ini menggunakan 100% HSD. Kapal yang optimum untuk melayani kombinasi ini adalah kapal 4 untuk mengangkut HSD.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Berikut ini adalah kebutuhan bahan bakar untuk masing-masing pembangkit.

Tabel 5-36 Kebutuhan Bahan Bakar Belitung 4

| | |
|-------------------|-------------|
| Persentase | 100% |
| Permintaan | 40.257 |
| Satuan | ton/tahun |

Dari tabel 5-36 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka adalah 40.257 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 100%.

- **Operasional Kapal**

Dari tabel operasional kapal kombinasi belitung 4 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 15 kali dalam setahun. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 5,11 hari. Adapun jumlah kapal yang dibutuhkan untuk dapat mengangkut kebutuhan bahan bakar HSD adalah satu unit kapal dengan kapasitas 2.800 ton. Kapal tersebut membutuhkan bahan bakar untuk mesin utama atau *Main Engine (ME)* sebesar 265 ribu liter per tahun dan 5 ribu liter per tahun untuk kebutuhan *Auxiliary Engine*.

Tabel 5-37 Operasional Kapal Kombinasi Belitung 4

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 |
|--------------------------|---------------|--------------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 |
| Port Time POD | hari | 1,04 |
| Seatime | hari | 5,11 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,19 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 265.896 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 5.048 |

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-38 Biaya Transportasi Laut Kapal HSD Kombinasi Belitung 4

| Komponen | Satuan | HSD |
|--------------------------|-------------|-------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.635 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 2.155 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 501 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.842 |

Berdasarkan tabel 5-38, total biaya transportasi laut untuk kombinasi belitung 4 ini adalah 9,8 milyar rupiah per tahun untuk kapal. Komponen terbesarnya adalah biaya TCH selanjutnya adalah biaya pelayaran atau voyage, biaya penanganan muatan, biaya tunda, biaya pandu, biaya labuh, dan biaya tambat. Masing-masing nilai dari komponen-komponen biaya dapat dilihat pada tabel diatas.

5.4.3. Pola *Multi Port*

a) Kombinasi *Multiport* 1

Dalam kombinasi ini, asal HSD dari kilang di Plaju Palembang, sedangkan asal LNG dari kilang Bontang. Setelah dilakukan perhitungan dan optimasi dengan solver, maka untuk pengiriman dengan kombinasi asal tujuan seperti diatas kapal terpilihnya adalah kapal 4 untuk HSD dan kapal 2 untuk LNG. Adapun persentase HSD adalah 20 % sedangkan persentase LNG adalah 80%.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus dibawah ini:

$$\text{Kebutuhan Bahan Bakar} = SFOC \times N \times P \times T$$

Keterangan:

SFOC : Konsumsi bahan bakar (ton/kw jam)

N : Jumlah mesin (unit)

P : Daya mesin pembangkit (kw)

T : Waktu operasional mesin pembangkit (jam)

Berikut ini adalah tabel yang menyajikan berapa banyak kebutuhan bahan bakar baik HSD maupun LNG. Setelah itu hasil perhitungan kebutuhan bakar tersebut akan menjadi *demand* atau permintaan yang akan diangkut oleh kapal.

Tabel 5-39 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 1

| Persentase | 20% | 80% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 24.154 | 3.892.455 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-39 diketahui bahwa permintaan HSD di Bangka dan Belitung adalah 24.154 ton pertahun dengan persentase HSD sebesar 20%. Sedangkan untuk LNG permintaanya sebanyak 3.892.455 MMBTU/tahun.

- Operasional Kapal

Untuk mengetahui biaya transportasi laut, sebelumnya harus mengetahui jumlah kapal terpilih, dan mengitung lama berlayar, waktu di pelabuhan, total waktu berlayar dan waktu di pelabuhan (RTD), frekuensi kapal dalam setahu, dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini di sajikan tabel operasi kapal pada kombinasi multiport 1.

Tabel 5-40 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 1

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|--------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 | 0,8 |
| Port Time POD | hari | 2,08 | 1,75 |
| Seatime | hari | 4,78 | 7,55 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,90 | 10,17 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 9 | 25 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 144.451,99 | 4.768.035,52 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 3.329,15 | 48.826,42 |

Dari tabel 5-40 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 9 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 25 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 7,90 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 10,17 hari.

- Biaya Permintaan

Tabel 5-41 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 1

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.594 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.197 | 37.509 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 45 | 563 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 8.837 | 158.323 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 167.160 | |

Biaya transportasi laut untuk pengiriman HSD dengan kombinasi asal tujuan ini menghasilkan total biaya 8,8 milyar rupiah per tahun. Sedangkan menurut tabel dibawah, total biaya transportasi laut untuk LNG adalah 158 milyar rupiah per tahun. Selisih biayanya jauh berbeda dikarenakan biaya sewa kapal LNG atau TCH lebih mahal. Biaya TCH adalah komponen biaya yang paling besar jumlahnya pada perhitungan ini baik untuk kapal LNG maupun HSD. Biaya yang keluar akibat TCH kapal HSD adalah 7,5 milyar rupiah. Sedangkan biaya TCH untuk kapal pengangkut LNG tersebut sebesar 120 milyar rupiah per tahun. Selain itu juga karena muatan yang diangkut kapal HSD hanya sedikit saja. Hal tersebut dibuktikan dengan persentase antara HSD dan LNG, dimana LNG mengangkut 80% muatan. Sehingga muatan kapal LNG lebih banyak.

b) Kombinasi *Multiport 2*

Dalam kombinasi ini, HSD dipasok dari Plaju sedangkan LNG dipasok dari Donggi Senoro di Banggai. Setelah dilakukan proses perhitungan dan optimasi dengan solver, terpilih kapal 4 untuk mengangkut HSD dan kapal 2 untuk LNG dengan persentase penggunaan bahan bakar antar HSD dan LNG adalah 20% dan 80%.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar.

Tabel 5-42 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 2

| Persentase | 20% | 80% |
|-------------------|-----------|-------------|
| Permintaan | 24.154 | 3.892.455 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-42 diketahui bahwa Kebutuhan HSD dengan pola *multiport* ini adalah 1624.154 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan kebutuhan LNG sebesar 3.892.455 MMBTU per tahun.

- Operasional Kapal

Setelah diketahui kebutuhan di lokasi asal yaitu di PLTMG Bangka dan Belitung, selanjutnya dihitung operasional kapal untuk dapat mengangkut kebutuhan bahan bakar.

Tabel 5-43 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 2

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 | 0,88 |
| Port Time POD | hari | 2,08 | 1,75 |
| Seatime | hari | 4,78 | 10,60 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,90 | 13,23 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 9 | 25 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 149.235 | 6.697.954 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 3.329 | 63.489 |

Dari tabel 5-43 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 9 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 25 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 7,90 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 13,23 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-44 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 2

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.594 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.234 | 52.636 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 45 | 563 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 8.874 | 173.450 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 182.324 | |

Biaya transportasi laut untuk pengiriman HSD dengan kombinasi asal tujuan ini menghasilkan total biaya 8,8 milyar rupiah per tahun. Sedangkan total biaya transportasi laut untuk LNG adalah Rp 174 milyar rupiah per tahun. Selisih biayanya

jauh berbeda dikarenakan biaya sewa kapal LNG atau TCH lebih mahal. Hal tersebut dibuktikan dengan persentase antara HSD dan LNG, dimana LNG mengangkut 80% muatan. Sehingga muatan kapal LNG lebih banyak.

c) Kombinasi Multiport 3

Dalam kombinasi ini, asal HSD dari kilang di Dumai, sedangkan asal LNG dari kilang Bontang. Setelah dilakukan optimasi dengan solver, maka untuk pengiriman dengan kombinasi asal tujuan seperti diatas kapal terpilihnya adalah kapal 4 untuk HSD dan kapal 2 untuk LNG. Adapun persentase HSD adalah 20 % sedangkan persentase LNG adalah 80%. Berikut ini adalah tabel biaya transportasi laut kapal terpilih.

- **Kebutuhan Bahan Bakar**

Untuk mengetahui permintaan muatan per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya.

Tabel 5-45 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 3

| Persentase | 20% | 80% |
|------------------|-----------|-------------|
| Kebutuhan | 24.154 | 3.892.455 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-45 diketahui bahwa Kebutuhan HSD dengan pola *mutliport* ini adalah 24.154 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan kebutuhan LNG sebesar 3.892.455 MMBTU per tahun.

- **Operasional Kapal**

Setelah diketahui kebutuhan di lokasi asal yaitu di PLTMG Bangka dan Belitung, selanjutnya dihitung operasional kapal untuk dapat mengangkut kebutuhan bahan bakar.

Tabel 5-46 Operasional kapal Kombinasi Multiport 3

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 | 0,81 |
| Port Time POD | hari | 2,08 | 1,75 |
| Seatime | hari | 6,30 | 7,55 |
| Total Time/R.Trip | hari | 9,42 | 10,17 |

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 | Kapal LNG 2 |
|-------------------------|--------|-------------|--------------|
| Frek. Dibutuhkan | kali | 9 | 25 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 196.726 | 4.768.035,52 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 3.969 | 48.826,42 |

Dari tabel 5-46 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 9 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 25 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 9,42 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 10,17 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-47 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 3

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.594 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.606 | 37.565 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 45 | 563 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.246 | 158.379 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 167.625 | |

Total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah 9,2 milyar rupiah per tahun. Sedangkan untuk biaya transportasi laut LNG menghasilkan biaya sebesar 158 milyar rupiah per tahun. Maka total biaya transportasi laut untuk kapal HSD dan kapal LNG adalah 167 milyar rupiah per tahun.

d) Kombinasi Multiport 4

Dalam kombinasi ini, asal HSD dari kilang di Dumai, sedangkan asal LNG dari kilang Banggai. Setelah dilakukan optimasi dengan solver, maka untuk pengiriman dengan kombinasi asal tujuan seperti diatas kapal terpilihnya adalah kapal 4 untuk HSD dan kapal 2 untuk LNG. Adapun persentase HSD adalah 20 % sedangkan persentase LNG adalah 80%. Berikut ini adalah tabel biaya transportasi laut kapal terpilih.

- Kebutuhan Bahan Bakar

Untuk mengetahui permintaan muatan per tahunnya maka perlu menghitung mesin pembangkit listrik. Untuk mengetahui kebutuhan mesin pembangkit maka

dilakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar dengan rumus yang telah ditulis di sub bab sebelumnya.

Tabel 5-48 Kebutuhan Bahan Bakar Kombinasi Multiport 4

| Persentase | 20% | 80% |
|------------------|-----------|-------------|
| Kebutuhan | 24.154 | 3.892.455 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

Dari tabel 5-48 diketahui bahwa Kebutuhan HSD dengan pola *mutliport* ini adalah 24.154 ton per tahun dengan persentase penggunaan bahan bakar sebanyak 20%. Sedangkan kebutuhan LNG sebesar 3.892.455 MMBTU per tahun.

- Operasional Kapal

Setelah diketahui kebutuhan di lokasi asal yaitu di PLTMG Bangka dan Belitung, selanjutnya dihitung operasional kapal untuk dapat mengangkut kebutuhan bahan bakar.

Tabel 5-49 Operasional Kapal Kombinasi Multiport 4

| Komponen | Satuan | Kapal HSD 4 | Kapal LNG 2 |
|--------------------------|--------|-------------|-------------|
| Port Time POL | hari | 1,04 | 0,81 |
| Port Time POD | hari | 2,08 | 1,75 |
| Seatime | hari | 6,30 | 10,60 |
| Total Time/R.Trip | hari | 9,42 | 13,16 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 9 | 25 |
| Jml. Kapal | unit | 1 | 1 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 3.969 | 6.697.954 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 1.552 | 63.489 |

Dari tabel 5-49 diketahui bahwa frekuensi kapal pengangkut HSD adalah 9 kali sedangkan frekuensi kapal pengangkut LNG adalah 25 kali. Adapun RTD kapal yang merupakan penjumlahan dari port time atau waktu di pelabuhan baik asal dan tujuan, serta sea time atau waktu selama di laut untuk pengangkut HSD adalah 9,42 hari sedangkan untuk kapal LNG adalah 13,16 hari.

- Biaya Transportasi Laut

Tabel 5-50 Biaya Transportasi Laut Kombinasi Multiport 4

| Komponen | Satuan | HSD | LNG |
|--------------------------|-------------|---------|---------|
| TC/H | JutaRp/thn | 7.594 | 120.251 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 1.606 | 52.627 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 45 | 563 |
| Total Biaya Transportasi | Juta Rp/Thn | 9.246 | 173.441 |
| Total Kapal HSD+LNG | Juta Rp/Thn | 182.686 | |

Biaya dengan proporsi terbesar adalah biaya sewaatau TCH dengan nilai 7,5 per tahun. Jadi total biaya pengapalan HSD dengan kapal terpilih adalah Rp 9,24 per tahun. Sedangkan untuk biaya transportasi laut LNG menghasilkan biaya sebesar 173 milyar rupiah per tahun. Komponen biaya terbesarnya adalah biaya TCH kapal dengan biaya mencapai Rp 120 milyar rupiah per tahun.

5.5. Biaya Pengadaan

Biaya pengadaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar, yang dalam penelitian ini adalah HSD dan LNG. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya di bab asumsi, harga pembelian HSD adalah Rp 8.366 per liter. Sedangkan untuk LNG harga dipasaranya adalah Rp 132.060 per MMBTU atau Rp 6.867 setara bahan bakar minyak. Berikut ini adalah biaya pengadaan bahan bakar untuk masing-masing tujuan.

Tabel 5-51 Biaya Pengadaan Bahan Bakar

| Tujuan | Kebutuhan | | Biaya Pengadaan (Jt Rp/Thn) | |
|----------|-----------|-------------|-----------------------------|---------|
| | HSD (ton) | LNG (MMBTU) | HSD | LNG |
| Bangka | 16.103 | 2.594.970 | 158.493 | 342.692 |
| Belitung | 40.257 | - | 396.232 | - |

Dari tabel 5-51 dapat diketahui bahwa untuk kebutuhan HSD di Bangka sebesar 16.103 ton membutuhkan biaya pengadaan sebesar 158 milyar rupiah. Sedangkan kebutuhan HSD di belitung sebesar 40.256 ton sengan biaya pengadaan sebesar 396,23 milyar rupiah. Untuk kebutuhan LNG di Bangka adalah 2.594.970 MMBTU dengan biaya pengadaan sebesar 342 milyar rupiah. Sedangkan untuk Belitung tidak membutuhkan LNG karena rasio terpilihnya menggunakan 100% HSD.

5.6. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan adalah biaya yang timbul akibat pemakaian fasilitas penyimpanan bahan bakar. Tarif penyimpanan untuk HSD adalah Rp 100 /ton. Sedangkan tarif penyimpanan LNG adalah Rp 11.360 /MMBTU. Biaya penyimpanan didapat dari perkalian antar tarif dan kebutuhan bahan bakar per tahun di masing-masing PLTMG.

Tabel 5-52 Biaya Penyimpanan Bahan Bakar

| Tujuan | Kebutuhan | | Biaya Penyimpanan (Jt Rp/Thn) | |
|----------|-----------|-------------|-------------------------------|--------|
| | HSD (ton) | LNG (MMBTU) | HSD | LNG |
| Bangka | 16.103 | 2.594.970 | 1,6 | 29.479 |
| Belitung | 40.257 | - | 4 | |

Dari tabel 5-52 dapat diketahui bahwa untuk kebutuhan HSD di Bangka sebesar 16.103 ton membutuhkan biaya penyimpanan sebesar 1,6 juta rupiah. Sedangkan kebutuhan HSD di Belitung sebesar 40.257 ton dengan biaya penyimpanan sebesar 4 juta rupiah. Untuk kebutuhan LNG di Bangka adalah 2.594.970 MMBTU dengan biaya pengadaan sebesar 29 milyar rupiah. Sedangkan di Belitung tidak terdapat biaya penyimpanan LNG karena rasio terpilihnya dengan menggunakan 100% HSD.

5.7. Biaya Regasifikasi

Biaya regasifikasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengkonversi gas cair atau LNG ke bentuk gas. Proses regasifikasi ini membutuhkan fasilitas khusus yaitu fasilitas regasifikasi. Fasilitas regasifikasi bisa di letakan di darat, maupun di laut (*off shore*) yang biaya disebut dengan *Floating Regasification Unit* (FRU). Fasilitas regasifikasi juga bisa digabung dengan fasilitas penyimpanan gas atau biasa disebut dengan *Floating Storage and Regasification Unit* (FSRU). Tarif untuk meregasifikasi LNG adalah Rp 9.940 / MMBTU.

Tabel 5-53 Biaya Regasifikasi Bahan Bakar

| Tujuan | Kebutuhan (MMBTU) | Biaya Regasifikasi (Jt Rp/Thn) |
|--------|-------------------|--------------------------------|
| Bangka | 16.103 | 1.222,5 |

Dari tabel 5-53 dapat diketahui bahwa untuk PLTMG Air Anyir di Bangka memerlukan biaya regasifikasi sebesar 1,2 milyar rupiah per tahun.

5.8. Total Biaya

Total biaya pengiriman dalam penelitian ini terdiri dari biaya transportasi laut, biaya pengadaan bahan bakar, biaya penyimpanan, dan biaya regasifikasi untuk LNG. kemudian untuk menghitung unit biaya total maka total biaya dibagi dengan total muatan per tahun. Berikut ini adalah biaya pengiriman untuk masing-masing kombinasi asal tujuan.

Tabel 5-54 Total Biaya

| Kombinasi Asal - Tujuan | Total Biaya Bahan Bakar (Jt Rp/Thn) | | | Total Unit Biaya (Jt-Rp/Thn) |
|-------------------------|-------------------------------------|---------|-------------|------------------------------|
| | HSD | LNG | Total Biaya | |
| Kombinasi Bangka 1 | 166.253 | 512.615 | 678.867 | 9,34 |
| Kombinasi Bangka 2 | 166.253 | 529.033 | 695.285 | 9,57 |
| Kombinasi Bangka 3 | 168.026 | 513.837 | 681.863 | 9,37 |
| Kombinasi Bangka 4 | 168.026 | 529.034 | 697.060 | 9,58 |
| Kombinasi Belitung 1 | 405.458 | | 405.458 | 10,97 |
| Kombinasi Belitung 2 | 405.458 | | 405.458 | 10,07 |
| Kombinasi Belitung 3 | 406.078 | | 406.078 | 10,09 |
| Kombinasi Belitung 4 | 406.078 | | 406.078 | 10,09 |
| Kombinasi Multiport 1 | 246.579 | 718.413 | 964.991 | 8,85 |
| Kombinasi Multiport 2 | 246.615 | 733.540 | 980.155 | 8,99 |
| Kombinasi Multiport 3 | 246.988 | 718.468 | 965.456 | 8,86 |
| Kombinasi Multiport 4 | 246.988 | 733.530 | 980.517 | 8,99 |

Dari tabel 5-54 diketahui bahwa total biaya pengiriman bahan bakar paling minimum untuk tujuan Bangka dengan pola *port to port* adalah 678,8 milyar rupiah dan total unit cost sebesar 9,34 juta rupiah per ton dengan rasio bahan bakar 20% HSD dan 80% LNG pada kombinasi Bangka 1. Sedangkan untuk tujuan Belitung dengan pola *port to port* adalah 405.458 milyar rupiah dan total unit cost sebesar 10,07 juta rupiah per ton dengan rasio bahan bakar 100% menggunakan HSD pada kombinasi Belitung 1. Sedangkan untuk pola *multi port* total biaya minimum pengiriman adalah

964,99 milyar rupiah dan total unitcost 8,85 juta rupiah/ ton dengan rasio 20% HSD dan 80% LNG pada kombinasi *multi port* 1.

Dari perhitungan total biaya pengiriman dibandingkan antar pola *port to port* dengan pola *multi port*. Dari hasil perbandingan diketahui bahwa dengan pola operasi *multi port* biaya pengirimannya akan lebih minimum dengan nilai 964,99 milyar rupiah per tahun dan total unit cost sebesar 8,85 juta rupiah per ton, sedangkan pola *port to port* menghasilkan biaya lebih besar dengan nilai 1,074 trilyun rupiah pertahun.

Namun, pengiriman LNG dengan pola *multiport* akan menimbulkan resiko stabilitas buruk yang membahayakan keselamatan yang diakibatkan ruang bebas dalam ruang muat bertambah setelah muatan di pelabuhan tujuan pertama diturunkan. Sehingga untuk penelitian ini akan dipilih pengiriman dengan pola *port to port* untuk menjaga kestabilan dan keselamatan berlayar kapal.

5.9. Perhitungan Biaya Emisi

Dalam penelitian ini juga dilakukan perhitungan emisi atau gas buang dari pembangkit listrik yang dalam penelitian ini adalah PLTMG. Biaya emisi merupakan biaya ekstremitas dari operasional PLTMG. Emisi dihitung dengan mengalikan *emission factor* (EF) dengan *activities* atau energi panas yang dihasilkan bahan bakar tersebut. Kemudian hasil perkaliannya dikalikan kebutuhan bahan bakar, baik HSD maupun LNG. Tahap terakhir adalah mengalikan dengan asumsi harga emisi.

Biaya emisi dengan persentase 20% HSD dan 80% LNG untuk HSD di Bangka adalah 3,73 milyar rupiah, sedangkan biaya emisi LNG adalah 13,84 milyar rupiah. Biaya emisi untuk HSD di Belitung adalah 9,3 milyar rupiah. Sehingga jumlah total biaya dan biaya emisi untuk PLTMG Bangka adalah 696,51 milyar rupiah dengan unit cost sebesar 9,58 juta rupiah per ton. Sedangkan jumlah total biaya dan biaya emisi untuk PLTMG Belitung adalah 414,79 milyar rupiah per tahun dengan unit cost sebesar 10,30 juta per ton.

5.10. Perencanaan Fasilitas Pelabuhan

a. Kebutuhan Pipa

Untuk menyalurkan bahan bakar baik HSD dan LNG dari pelabuhan tujuan ke lokasi PLTM menggunakan pipa karbon yang memiliki spesifikasi 40 sch untuk pipa yang mengalirkan HSD. Jarak dari pelabuhan khusus PLTA Air Anyir ke PLTMG Air

Anyir adalah 510 meter, sehingga diperlukan pipa sepanjang 85 meter. Sedangkan untuk jarak antar Pelabuhan Tanjung ke PLTMG Suge adalah 1.500 meter, sehingga dibutuhkan pipa sepanjang 250 meter. Diameter pipa adalah 6 inch, mengacu pada jurnal teknik UNDIP mengenai ukuran pipa berdasarkan kapasitas tangki.

Tabel 5-55 Kebutuhan Pipa HSD

| | | |
|-------------------------|-----------|--------|
| Jenis Pipa | 40 sch | |
| Panjang | 6 | m/btg |
| Diameter | 6 | inch |
| | 15 | cm |
| Harga | 1.611.820 | Rp/Btg |
| Jarak Pel-Bangka | 510 | m |
| Jarak Pel-Belitung | 1500 | m |
| Kebutuhan Pipa Bangka | 85 | m |
| Kebutuhan Pipa Belitung | 250 | m |

Sumber: pusatbesibaja.co.id

Untuk mengalirkan LNG dibutuhkan pipa dengan jenis karyogenic untuk mempertahankan suhu LNG. Namun apabila telah diubah dalam bentuk gas, untuk mengalirkan pipa digunakan pipa karbon dengan jenis 40 sch. Dengan diameter 12 inch. Sehingga untuk Bangka membutuhkan pipa sepanjang 85 meter.

Tabel 5-56 Kebutuhan Pipa LNG

| | | |
|-------------------------|-----------|--------|
| Jenis Pipa | 40 sch | |
| Panjang | 6 | m/btg |
| Diameter | 12 | inch |
| | 30 | cm |
| Harga | 4.541.610 | Rp/Btg |
| Jarak Pel-Bangka | 510 | m |
| Jarak Pel-Belitung | 1500 | m |
| Kebutuhan Pipa Bangka | 85 | m |
| Kebutuhan Pipa Belitung | - | m |

Sumber: pusatbesibaja.co.id

Adapun biaya pengadaan untuk membangun pipa penyalur bahan bakar dapat dilihat pada tabel 5-57 berikut ini.

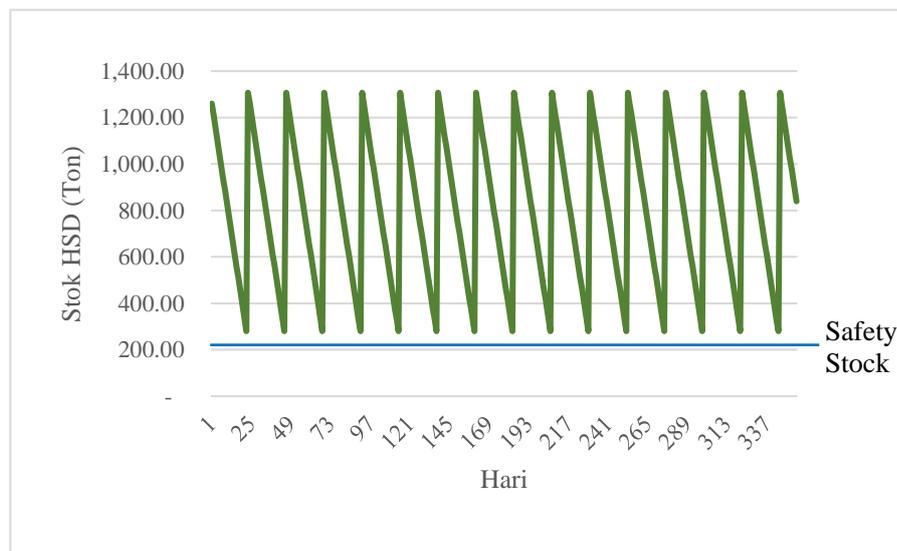
Tabel 5-57 Pengadaan Pipa HSD dan LNG

| Biaya Invest | HSD | LNG | |
|-----------------------|-----|-------|-------------|
| Bangka | 137 | 386 | Juta Rp |
| Belitung | 403 | 1.135 | Jt Rp |
| Biaya Pertahun | HSD | LNG | |
| Bangka | 8 | 24 | Juta Rp/Thn |
| Belitung | 25 | - | Juta Rp/Thn |

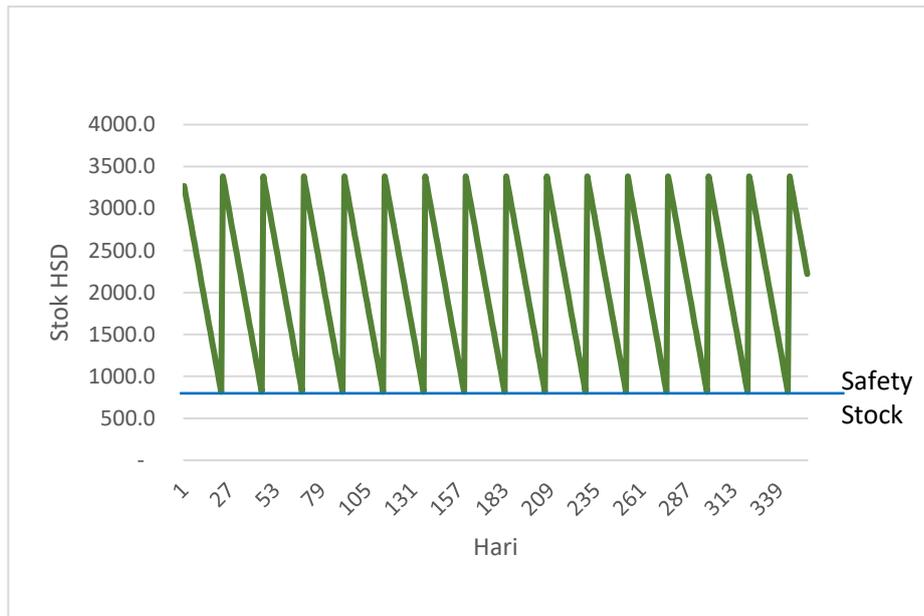
b. Kebutuhan Fasilitas Penyimpanan Muatan

Untuk menyimpan muatan bahan bakar baik LNG dan HSD diperlukan fasilitas penyimpanan. Untuk mengetahui kebutuhan penyimpanan dilakukan penjadwalan untuk masing-masing kapal. Kapal akan datang saat setiap 1 kali *roundtrip* nya. Namun untuk memperkecil penyimpanan, maka ditambahkan *idle time* kapal, yaitu waktu kapal tidak melakukan tugasnya untuk berlayar.

Untuk menyimpan HSD di Bangka diperlukan kilang dengan kapasitas sebesar 1.307 ton dengan *idle* kapal 18 hari dan stok aman atau *safety stock* sebanyak 233,3 ton untuk 5 hari. Sedangkan di Belitung membutuhkan kilang untuk menampung HSD dengan kapasitas sebesar 3.384 ton dengan *idle* kapal 17 hari dan stok aman sebesar 700,2 ton untuk 6 hari. Dibawah ini adalah grafik stok HSD untuk Bangka dan Belitung.

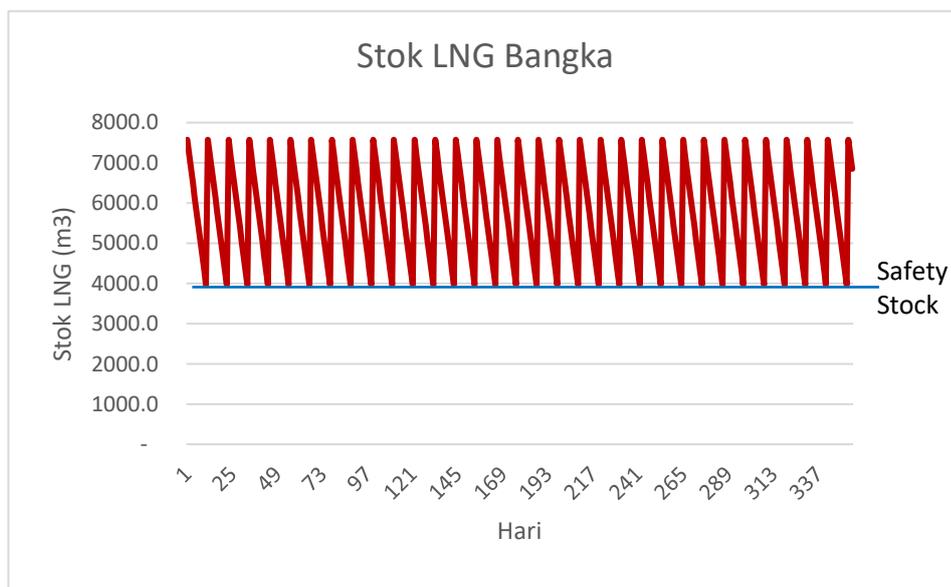


Gambar 5-10 Grafik Stok HSD di Bangka



Gambar 5-11 Grafik Stok HSD di Belitung

Untuk mengetahui kapasitas penyimpanan LNG juga dilakukan dengan cara yang sama. Untuk menyimpan LNG, diperlukan *Floating Storage Unit* (FSU). FSU dipilih karena perijinannya lebih mudah, selain itu FSU tidak membutuhkan lahan luas di darat karena terdapat aturan jarak aman untuk fasilitas penyimpanan di darat. Yang terakhir adalah faktor keselamatan, bila terjadi kebakaran maka FSU dapat dijauhkan dari daratan sehingga tidak menimbulkan banyak korban. Penyimpanan LNG di Bangka diperlukan dengan kapasitas sebesar 7.574 m³ dengan *idle* kapal 1 hari dan stok aman sebesar 3.607 m³ untuk 10 hari.



Gambar 5-12 Grafik Stok LNG di Bangka

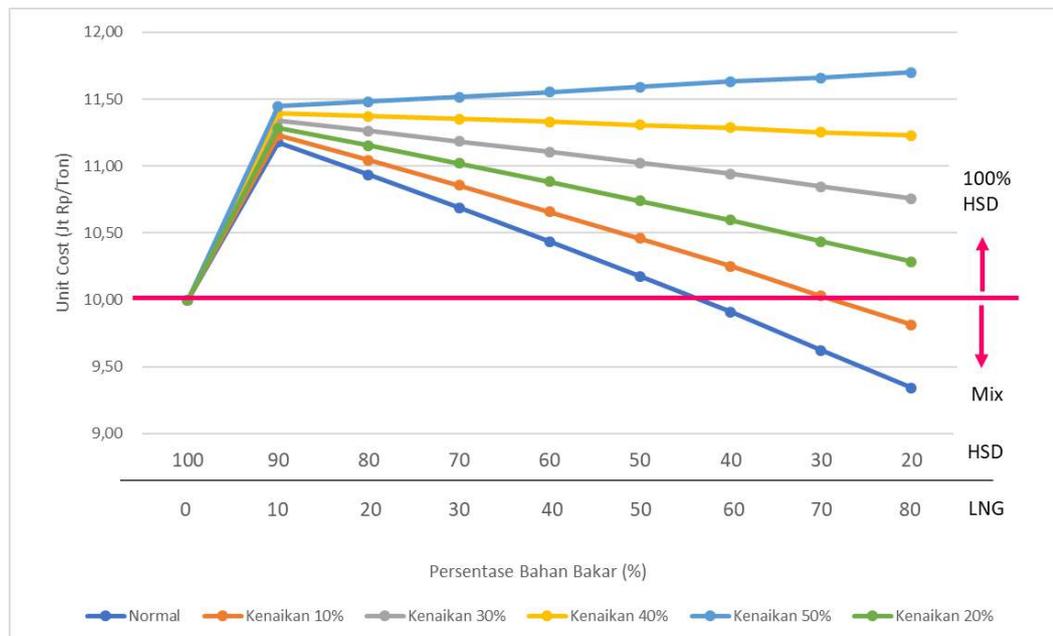
Selama grafik 5-10 sampai 5-12 tidak dibawah garis koordinat, maka stok di masing-masing lokasi untuk masing-masing bahan bakar untuk pembangkit tidak kekurangan pasokan bahan bakar.

5.11. Analisis Sensitifitas Kenaikan Harga LNG

Tabel 5-58 Analisis Kenaikan Harga LNG

| Persentase Kenaikan Harga (%) | Harga LNG | Persentase % | | Total Unit Biaya |
|-------------------------------|-----------|--------------|-----|------------------|
| | Rp/Ton | HSD | LNG | (Jt Rp/Thn) |
| 0% | 132.060 | 20 | 80 | 9,34 |
| 10% | 145.266 | 20 | 80 | 9,81 |
| 20% | 158.472 | 20 | 80 | 10 |
| 30% | 171.678 | 20 | 80 | 10 |
| 40% | 184.884 | 20 | 80 | 11 |
| 50% | 198.090 | 20 | 80 | 11 |

Dari tabel 5-58 diketahui bahwa saat harga LNG naik lebihdari 10% maka operasional dengan menggunakan dua bahan bakar tidak lagi paling minimum. Biaya operasional PLTMG akan minimum bila menggunakan 100% HSD.



Gambar 5-13 Grafik Analisis Kenaikan Harga LNG

Dari grafik 5-13 dapat diketahui bahwa kenaikan harga HSD lebih dari 10% akan lebih murah dengan menggunakan 100% HSD. Sedangkan bila kenaikan kurang dari 10% maka sebaiknya menggunakan dua bahan bakar dengan perbandingan 20% HSD dan 80% LNG agar lebih murah.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian tugas akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan kondisi saat ini, kapal untuk mengangkut 80.514 ton HSD untuk Bangka dan 40.257 ton HSD dari Singapura menggunakan kapal dengan kapasitas 1.880 ton dengan menggunakan kapal tanker yang frekuensinya 43 kali untuk tujuan Bangka dan 22 kali untuk Belitung.
 - a. Untuk tujuan Bangka total unit biaya sebesar 10,13 juta rupiah per ton dan unit biaya dari biaya total dan eksternalitas sebesar 10,36 juta rupiah per ton.
 - b. Untuk tujuan Belitung total unit biayanya sebesar 10,32 juta rupiah per ton, dan unit biaya dari biaya total dan eksternalitas sebesar 10,56 juta rupiah per ton.
2. Transportasi pasokan bahan bakar PLTMG yang menimbulkan biaya minimum adalah dengan pola *port to port* dengan detail sebagai berikut:
 - a. Untuk tujuan Bangka rasio bahan bakar terpilih adalah 20% HSD dan 80% LNG dengan 16.103 ton HSD didapat dari kilang Plaju, Palembang dengan SPOB berkapasitas 1.120 ton dengan frekuensi 15 kali, sedangkan 2.594.970 MMBTU LNG didapat dari kilang LNG Bontang diangkut dengan LNG *Carrier* berkapasitas 4.000 m³ dan frekuensi 31 kali dengan unit total biaya sebesar 9,34 juta rupiah per ton dan biaya total beserta biaya eksternalitas 9,58 juta rupiah per ton.
 - b. Untuk tujuan Belitung rasio bahan bakar terpilih adalah 100% HSD dengan 40.257 ton HSD didapat dari kilang Plaju, Palembang dengan SPOB berkapasitas 2.800 ton dengan frekuensi 15 kali dalam setahun dengan unit total biaya sebesar 10,07 juta rupiah per ton dan biaya total beserta biaya eksternalitas 10,30 juta rupiah per ton.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dicoba untuk menggunakan hub sebagai pendukung pengiriman bahan bakar ke kepulauan dengan kebutuhan yang kecil.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memodelkan pengiriman pasokan bahan bakar dengan lokasi tujuan sesuai *plotting* PLN pada RUPTL.

DAFTAR PUSTAKA

- Bittante. (2015). Optimization of a small-scale LNG supply chain. *Science Direct*.
- Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi . (2016). *Laporan Tahunan* .
- Geost, f. (Januari 2016). *Geologinesia*. Von [http://www .geologinesia.com /2016/01/proses-pencairan-gas-alam-menjadi-lng.html](http://www.geologinesia.com/2016/01/proses-pencairan-gas-alam-menjadi-lng.html) abgerufen
- Hired, S. (2017). *Index Mundi*. Von www.indexmundi.com abgerufen
- Indonesia, B. (2017). *Kajian Ekonomi dan Keuangan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung*.
- KEK, S. D. (2018). *Dewan Nasional Kawasan Ekonomi Khusus*. Von Tanjung Kelayang: <http://kek.go.id/kawasan/Tanjung-Kelayang> abgerufen
- Lestari, K. R. (2012). *Control System*. Jakarta.
- Lloyd's Register Marine. (2015). *Small-Scale LNG Ship*. Lr Marine Register.
- M J Giranza, A. F. (2018). A techno-economic study of shipping LNG to Indonesia from US, Australia, and Qatar by LNG carrier.
- Novan, A. (2016). Analisis Hubungan Antara Ekonomi Daerah dengan Transportasi Ferry: Studi Kasus Lintasan Ketapang Gilimanuk.
- Pemerintah, P. (2015). *Pp No 11 Tentang Jenis Dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak Yang Berlaku Pada Kementrian Perhubungan*.
- Sottinen, T. (2009). *Operation Reserch*.
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economic 3*. Routledge.
- Tumpal Sihaloho, N. M. (2013). Kajian Dampak Ekonomi Pembentukan Kawasan Ekonomi Khusus. 4.
- Vivoda, V. (2014). Natural gas in Asia: Trade, markets and regional institutions. 3.
- Widget, J. (2018). *Indonesian Liquefied Natural Gas Monthly Price*. Von www.indexmundi.com abgerufen
- World Fleet Of Small Lng Carriers*. (2017). Von <https://small-lng.com/> abgerufen

LAMPIRAN

- Lampiran 1. Asumsi
- Lampiran 2. Spesifikasi moda
- Lampiran 3. *Charter rate* kapal
- Lampiran 4. Perhitungan Eksisting
- Lampiran 5. Perhitungan Model
- Lampiran 6. Resum
- Lampiran 7. Analisis Sensitifitas

Lampiran 1. Asumsi

| | |
|----------------|--------|
| Rate | 4,5% |
| Kurs Rp | 14.200 |

| Harga HSD | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
| Periode | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Harga (Rp/Gallons) | 31.927 | 33.240 | 22.172 | 17.953 | 22.191 | 31.666 |
| Harga Rp/liter | 8.435 | 8.782 | 5.858 | 4.743 | 5.863 | 8.366 |
| Garga (Rp/Ton) | | | | 4.031.762 | 4.983.355 | 7.111.255 |
| 1 gallons | 3,79 | liter | | | | |

Sumber: Indexmundi.com

| Harga LNG | | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Periode | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Harga (US\$/MMBTU) | 15,92 | 16,12 | 10,22 | 6,89 | 8,09 | 9,30 |
| Harga (Rp/MMBTU) | 226.088 | 228.892 | 145.124 | 97.826 | 114.891 | 132.060 |
| Harga (Rp/Ton) | | | | 5.086.961 | 5.974.327 | 6.867.120 |

Sumber: Indexmundi.com

Harga HFO Rp 7.724 /liter

Sumber: Indexmundi.com

Kedalaman Pelabuhan:

| | |
|-------------------|--------|
| Bangka, Pangkal | |
| Balam | - 7 m |
| Belitung, Tanjung | |
| Batu | - 8 m |
| Palembang | - 9 m |
| Dumai | - 15 m |
| Bontang | - 14 m |
| Donggi | - 13 m |

| Jarak Pelayaran | Jarak (NM) | | |
|------------------------|-------------------|----------|-----------|
| | Bangka | Belitung | Multiport |
| Dumai | 507 | 429 | 529 |
| Palembang | 200 | 301 | 401 |
| Bontang | 1013 | 908 | 1008 |
| Donggi | 1394 | 1316 | 1416 |
| Muliport | | 100 | |

Biaya Kepelabuhanan TUKS HSD

| | | | |
|-----------|-------------------|--------------|----------|
| Labuh | Rp/GT/call | 81 | |
| Tambat | Rp/GT/Etmal | 20 | |
| Pandu | Rp/Kapal/gerakan | 98.000,00 | |
| | Rp/GT/per gerakan | 27,00 | |
| Tunda | | | |
| < 3500 | RP/Kapal/gerakan | 471.500,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| < 8000 | Rp/kapal/gerakan | 740.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| >= 14000 | Rp/kapal/gerakan | 1.156.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| Tarif B/M | Rp/Ton | 600,00 | |

Biaya Kepelabuhanan Tanjung Batu

| | | | |
|-----------|-------------------|--------------|----------|
| Labuh | Rp/GT/call | 81 | |
| Tambat | Rp/GT/Etmal | 20 | |
| Pandu | Rp/Kapal/gerakan | 98.000,00 | |
| | Rp/GT/per gerakan | 27,00 | |
| Tunda | | | |
| < 3500 | RP/Kapal/gerakan | 471.500,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| < 8000 | Rp/kapal/gerakan | 740.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| >= 14000 | Rp/kapal/gerakan | 1.156.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| Tarif B/M | Rp/Ton | 600,00 | |

Waktu Palabuhan Kapal HSD

| Jenis Waktu | Satuan | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|------------------|--------|-------|-----|------|----|----|
| Waiting Time | jam | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Approaching Time | jam | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Iddle Time | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Effective Time | Jam | 10,65 | 8,5 | 17,5 | 14 | 11 |

Biaya Kepelabuhanan TUKS LNG

| | | | |
|-----------|------------------|--------------|----------|
| Labuh | Rp/GT/call | 81 | |
| Tambat | Rp/GT/Etmal | 20 | |
| Pandu | Rp/Kapal/gerakan | 52.000,00 | |
| | Rp/GT per kapal | 16,00 | |
| Tunda | | | |
| < 3500 | RP/Kapal/jam | 471.500,00 | Tetap |
| | Rp/GT/kapal | 10,00 | Variabel |
| < 8000 | Rp/kapal/jam | 740.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/kapal | 10,00 | Variabel |
| >= 14000 | Rp/kapal/gerakan | 1.156.000,00 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10,00 | Variabel |
| Tarif B/M | 1.000 | Rp/m3 | |

Biaya Kepelabuhanan Pangkal Balam

| | | | |
|-----------|------------------|---------|----------|
| Labuh | Rp/GT/call | 81 | |
| Tambat | Rp/GT/Etmal | 20 | |
| Pandu | Rp/Kapal/gerakan | 52000 | |
| | Rp/GT per kapal | 16 | |
| < 3500 | RP/Kapal/jam | 471500 | Tetap |
| | Rp/GT/kapal | 10 | Variabel |
| < 8000 | Rp/kapal/jam | 740000 | Tetap |
| | Rp/GT/kapal | 10 | Variabel |
| >= 14000 | Rp/kapal/gerakan | 1156000 | Tetap |
| | Rp/GT/gerakan | 10 | Variabel |
| Tarif B/M | 1000 | Rp/m3 | |

Waktu Pelabuhanan Kapal LNG

| Jenis Waktu | Satuan | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|------------------|--------|-------|-------|------|------|------|
| Waiting Time | jam | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Approaching Time | jam | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Colling Down | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Iddle Time | jam | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Effective Time | jam | 11,18 | 10,00 | 8,33 | 5,64 | 2,97 |

Lampiran 2. Spesifikasi Moda

Data Kapal Tanker HSD

| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
|--------------|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|
| Nama Kapal | | CATUR SAMUDRA | DEWAYANI | SEROJA II | TIRTA SAMUDRA - IX | Trans Bilgit |
| Tipe | | Tanker | Tanker | SPOB | SPOB | SPOB |
| Payload | ton | 4.791 | 2.975 | 3.500 | 2.800 | 1.120 |
| GT | | 4437 | 2755 | 2280 | 1934 | 850 |
| DWT | ton | 5655 | 3560 | 4200 | 3360 | 1400 |
| LOA | m | 100 | 89,99 | 87,26 | 87,26 | 50,67 |
| Draft | m | 5,5 | 5 | 3,91 | 3,7 | 4,19 |
| Kecepatan | knot | 10 | 11 | 7 | 7 | 7 |
| Charter Rate | Rp/hari | 53.509.619,56 | 46.434.711,41 | 24.444.581,48 | 23.138.873,84 | 20.005.175,50 |
| Cargo Pump | ton/jam | 450 | 350 | 200 | 200 | 100 |
| Com. Days | hari/th | 330 | 330 | 330 | 330 | 330 |

| Perhitungan Bahan Bahkar | | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|--------------------------|-----------|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| ME | Jumlah | (unit) | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | Daya (KW) | per unit | 1558,5 | 1472 | 397 | 312 | 372 |
| | SFOC-New | kg/kw/h unit | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,197 |
| | FO Cons | kg/jam | 307,0245 | 289,984 | 156,418 | 122,928 | 146,568 |
| | | ltr/jam | 361 | 341 | 184 | 145 | 172 |
| AE | Jumlah | (unit) | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| | Daya (KW) | per unit | 381,7 | 256 | 1178 | 1219 | 1219 |
| | SFOC | kg/kw/h unit | 0,00136 | 0,00136 | 0,00136 | 0,00136 | 0,00136 |
| | FO Const | kg/jam | 0,519 | 0,696 | 1,602 | 1,658 | 1,658 |
| | | ltr/jam | 0,611 | 0,819 | 1,885 | 1,950 | 1,950 |

Data Kapal Tanker LNG

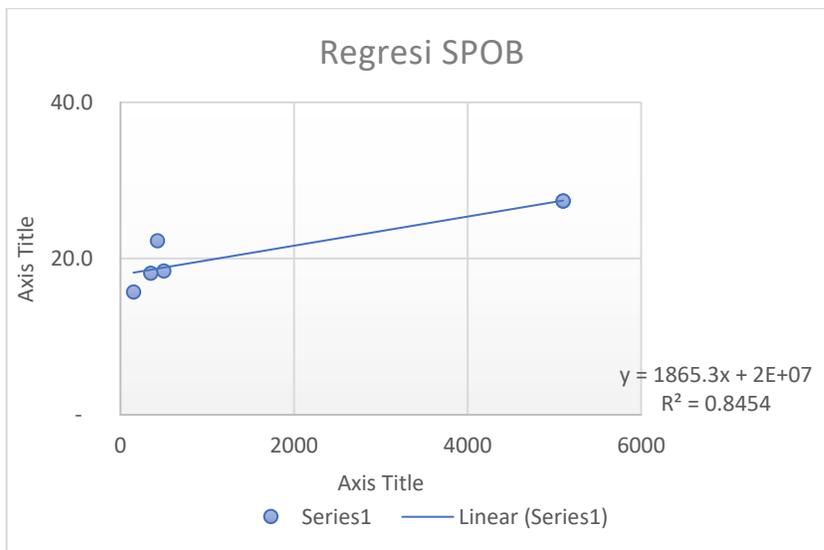
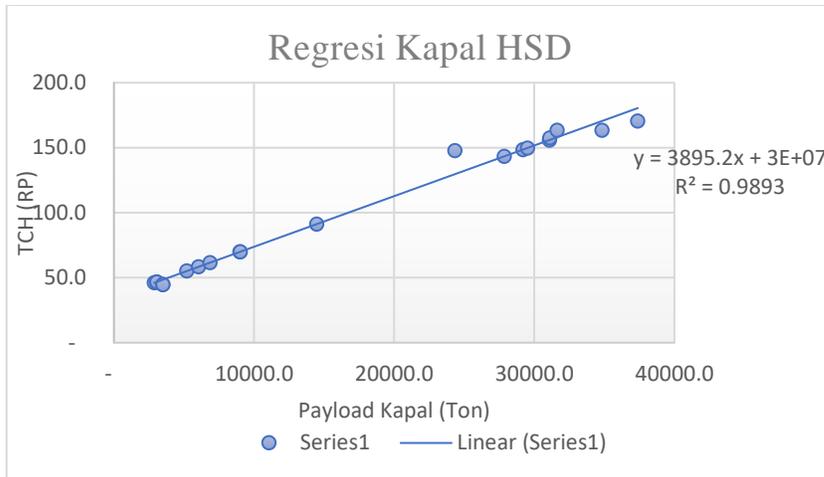
| No. | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
|--------------|---------|----------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|
| Nama Kapal | | BELGRAVIA | CORAL METHANE | Shortsea LNG Carrier | Shinju Maru | Pioneer Knutsen |
| Tipe | | Tanker LNG | Tanker LNG | Tanker LNG | Tanker LNG | Tanker LNG |
| Payload | m3 | 9.500 | 7.500 | 4.000 | 2.538 | 1.100 |
| GT | | 7.218 | 7.833 | 7.218 | 2.936 | 1.687 |
| DWT | ton | 9.127 | 9.000 | 4.800 | 1.781 | 817 |
| LOA | m | 119,8 | 117,8 | 99 | 86,25 | 69 |
| Draft | m | 7,60 | 5,90 | 4,30 | 4,10 | 3,50 |
| Kecepatan | knot | 12 | 11,13 | 11 | 13 | 14 |
| Charter Rate | Rp/hari | 375.564.877,21 | 364.398.235,19 | 344.856.611,65 | 336.693.796,34 | 328.664.980,72 |
| Cargo Pump | ton/jam | 850 | 750 | 480 | 450 | 370 |
| Com. Days) | hari/th | 330 | 330 | 330 | 330 | 330 |

| Perhitungan Bahan Bahkar | | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 |
|--------------------------|-----------|--------------|---------|---------|--------|--------|--------|
| ME | Jumlah | (unit) | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | Daya (KW) | per unit | 4900 | 5000 | 1400 | 1912 | 640,00 |
| | SFOC-New | kg/kw/h unit | 0,179 | 0,179 | 0,179 | 0,179 | 0,179 |
| | FO Cons | kg/jam | 877,10 | 895,00 | 501,20 | 342,25 | 229,12 |
| | | ltr/jam | 1031,88 | 1052,94 | 589,65 | 402,64 | 269,55 |
| AE | Jumlah | (unit) | 2 | 2 | 2 | 4 | 2,00 |
| | Daya (KW) | per unit | 480 | 2500 | 480 | 880 | 769,00 |
| | SFOC | kg/kw/h unit | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | FO Const | kg/jam | 1,31 | 6,80 | 1,31 | 2,39 | 2,09 |
| | | ltr/jam | 1,54 | 8,00 | 1,54 | 2,82 | 2,46 |

Lampiran 3. Charter Rate Kapal

| TCH Kapal Tanker HSD | | | | |
|-----------------------------|-------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|
| No | Nama Kapal | Payload | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) |
| 1 | Kapal 1 | 2.874 | 3.242 | 46.039.738 |
| 2 | Kapal 2 | 3.054 | 3.292 | 46.743.990 |
| 3 | Kapal 3 | 3.057 | 3.292 | 46.753.339 |
| 4 | Kapal 4 | 3.500 | 3.145 | 44.659.000 |
| 5 | Kapal 5 | 3.500 | 3.150 | 44.730.000 |
| 6 | Kapal 6 | 5.200 | 3.880 | 55.101.525 |
| 7 | Kapal 7 | 6.035 | 4.109 | 58.354.794 |
| 8 | Kapal 8 | 6.846 | 4.332 | 61.514.578 |
| 9 | Kapal 9 | 8.995 | 4.921 | 69.884.578 |
| 10 | Kapal 10 | 9.022 | 4.929 | 69.987.411 |
| 11 | Kapal 11 | 14.466 | 6.422 | 91.195.980 |
| 12 | Kapal 12 | 24.343 | 10.400 | 147.680.000 |
| 13 | Kapal 13 | 27.861 | 10.096 | 143.369.810 |
| 14 | Kapal 14 | 29.203 | 10.465 | 148.598.722 |
| 15 | Kapal 15 | 29.506 | 10.548 | 149.776.630 |
| 16 | Kapal 16 | 31.080 | 10.980 | 155.909.228 |
| 17 | Kapal 17 | 31.114 | 11.100 | 157.620.000 |
| 18 | Kapal 18 | 31.632 | 11.500 | 163.300.000 |
| 19 | Kapal 19 | 34.826 | 11.500 | 163.300.000 |
| 20 | Kapal 20 | 37.383 | 12.000 | 170.400.000 |

| TCH Kapal SPOB | | | |
|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------------|
| No | Nama Kapal | Payload (ton) | Charter Rate (Juta Rp/Day) |
| 1 | SPOB 1 | 500 | 18.397.049 |
| 2 | SPOB 2 | 150 | 15.715.390 |
| 3 | SPOB 3 | 350 | 18.104.909 |
| 4 | SPOB 4 | 5100 | 27.356.003 |
| 5 | SPOB 5 | 425 | 22.250.979 |
| 6 | SPOB 6 | 5100 | 27.356.003 |

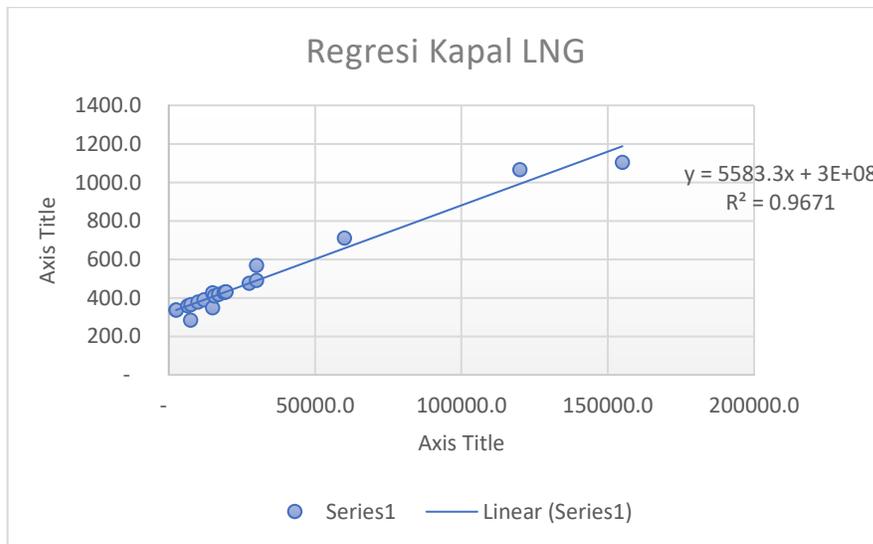


TCH Kapal Tanker HSD Dipakai

| No | Nama Kapal | Payload | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) |
|----|--------------------|---------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | CATUR SAMUDRA | 4.791 | 3.768 | 53.509.620 |
| 2 | DEWAYANI | 2.975 | 3.270 | 46.434.711 |
| 3 | SEROJA II | 3.500 | 1.721 | 24.444.581 |
| 4 | TIRTA SAMUDRA - IX | 2.800 | 1.629 | 23.138.874 |
| 5 | Trans Bilgit | 1.120 | 1.409 | 20.005.176 |

TCH Kapal Tanker LNG

| No | Nama Kapal | Payload | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) |
|----|--------------|---------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | Kapal LNG 1 | 2.500 | 23.696 | 336.481.630 |
| 2 | Kapal LNG 2 | 2.536 | 23.710 | 336.682.630 |
| 3 | Kapal LNG 3 | 6.500 | 25.269 | 358.814.914 |
| 4 | Kapal LNG 4 | 7.500 | 20.000 | 284.000.000 |
| 5 | Kapal LNG 5 | 7.551 | 25.682 | 364.682.985 |
| 6 | Kapal LNG 6 | 10.000 | 26.645 | 378.356.538 |
| 7 | Kapal LNG 7 | 12.000 | 27.431 | 389.523.180 |
| 8 | Kapal LNG 8 | 15.000 | 30.000 | 426.000.000 |
| 9 | Kapal LNG 9 | 15.000 | 24.500 | 347.900.000 |
| 10 | Kapal LNG 10 | 15.600 | 28.847 | 409.623.135 |
| 11 | Kapal LNG 11 | 17.000 | 29.397 | 417.439.785 |
| 12 | Kapal LNG 12 | 18.928 | 30.155 | 428.204.428 |
| 13 | Kapal LNG 13 | 19.475 | 30.370 | 431.258.504 |
| 14 | Kapal LNG 14 | 19.531 | 30.392 | 431.571.170 |
| 15 | Kapal LNG 15 | 27.500 | 33.526 | 476.064.655 |
| 16 | Kapal LNG 16 | 30.000 | 40.000 | 568.000.000 |
| 17 | Kapal LNG 17 | 30.000 | 34.509 | 490.022.958 |
| 18 | Kapal LNG 18 | 60.000 | 50.000 | 710.000.000 |
| 19 | Kapal LNG 19 | 120.000 | 75.000 | 1.065.000.000 |
| 20 | Kapal LNG 20 | 155.000 | 77.750 | 1.104.050.000 |



TCH Kapal Tanker LNG Dipakai

| No | Nama Kapal | Payload | Charter Rate (US\$/Day) | Charter Rate (Rp/Day) |
|----|-------------------------------|---------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | BELGRAVIA | 9.500 | 26.448 | 375.564.877 |
| 2 | CORAL METHANE Shortsea LNG | 7.500 | 25.662 | 364.398.235 |
| 3 | Carrier | 4.000 | 24.286 | 344.856.612 |
| 4 | Shinju Maru | 2.538 | 23.711 | 336.693.796 |
| 5 | Pioneer Knutsen | 1.100 | 23.145 | 328.664.981 |

Lampiran 4. Perhitungan Eksisting

| Kebutuhan Bahan Bakar | | |
|----------------------------|-----------|-----------|
| PLTMG MPP AIR ANYIR BANGKA | | |
| Jumlah Mesin | 2 | Unit |
| Daya | 25 | MW |
| Hari Kerja | 355 | hari |
| Jam Operasi | | |
| HSD | 8520 | Jam |
| Gas | 0 | Jam |
| SFOC | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh |
| Konsumsi | 226,80 | 3.175,20 |
| HSD | 80.514,00 | ton/tahun |
| Gas | - | ton/tahun |

| Kapal Tanker HSD | | |
|-------------------------------|--------------------|----------------|
| Port Time POL | hari | 0,90 |
| Port Time POD | hari | 0,90 |
| Seatime | hari | 3,31 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,11 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 64 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 43 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 21,00 |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | 80.840,00 |
| Capital Cost | JutaRp/thn | 13.916 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 1.061.913 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 35.830 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 8.502 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 247 |
| Baiya Labuh | Juta Rp/Thn | 31 |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | 7 |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | 52 |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | 322 |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | 23.077 |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | 792.464 |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 8 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | 815.550 |
| Unit Total Cost | | 10,13 |
| Emisi | Juta Rp/Thn | 18.666 |
| Total | Juta Rp/Thn | 834.216 |
| Unit TC+Eksternalitas | | 10,36 |

Perhitungan Emisi HSD Bangka

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi} &= \text{EF} \times \text{Activities} \\
 \text{Emisis HSD} &= 3.312 \quad \text{grCO}_2/\text{Kg Solar} \\
 &= 133.331.184.000 \quad \text{grCo}_2 \\
 &= 133.331.184 \quad \text{Kg} \\
 \text{Harga Emisi} &= 71 \quad \text{Rp/Kg} \\
 \text{Biaya Emisi} &= 9.466.500.731 \quad \text{Rp/tahun}
 \end{aligned}$$

Emission Factor

| | | | |
|--------------|----------|-----------|---------------------|
| HSD | 69 gr/MJ | EF = | Emission Factor |
| Energi Panas | | Activitie | Energi Panas yg |
| HSD | 48 MJ/Kg | s = | Dihasilkan/berat BB |

Sumber: <http://www.world-nuclear.org/>

Kebutuhan Bahan Bakar

PLTMG MPP SUGE BELITUNG

| | | | |
|--------------------|----------|-----------|----------|
| Jumlah | | | |
| Mesin | 1 | Unit | |
| Daya | 25 | MW | |
| Hari Kerja | 355 | hari | |
| Jam Operasi | | | |
| HSD | 8520 | Jam | |
| Gas | 0 | Jam | |
| SFOC | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | |
| Konsumsi | 226,80 | | 3.175,20 |
| HSD | 40.257 | ton/tahun | |
| Gas | - | ton/tahun | |

Kapal Tanker HSD

| | | |
|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| | | K 1 |
| Port Time POL | hari | 1,04 |
| Port Time POD | hari | 1,04 |
| Seatime | hari | 3,80 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,88 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 56 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 22 |
| Jml. Kapal | unit | 1 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 34,00 |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | 41.360,00 |
| Capital Cost | Rp/thn | 13.916 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | 624.047,05 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | 19.830,30 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | 4.986 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | 126 |
| Baiya Labuh | Juta Rp/Thn | 16 |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | 4 |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | 27 |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | 165 |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | 19.239 |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | 396.232 |
| Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 4 |
| Total Cost | Juta Rp/Thn | 415.476 |
| Unit Cost | | 10,32 |
| Emisi | Juta Rp/Thn | 9.466,50 |
| Total | Juta Rp/Thn | 424.942,14 |
| | | 10,56 |

Perhitungan Emisi HSD Belitung

| | | |
|---------------|-----------------|----------------|
| Emisi = | EF x Activies | |
| Emisis HSD= | 3.312 | grCO2/Kg Solar |
| = | 266.662.368.000 | grCo2 |
| = | 266.662.368 | Kg |
| Harga Emisi = | 70 | Rp/Kg |
| Biaya Emisi= | 18.666.365.760 | Rp/tahun |

Lampiran 5. Perhitungan Model

Kombinasi Bangka 1

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | Demand | | |
|-----------------------|----------|-----------|------------|-----------|-------------|
| PLTMG Belitung | | | HSD | GAS | |
| Jumlah Mesin | 2 | Unit | 20 | 80 | |
| Daya | 25 | MW | Persentase | 20% | 80% |
| Hari Kerja | 355 | hari | Kebutuhan | 16.103 | 2.594.970 |
| Jam Operasi | | | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |
| HSD | 1704 | Jam | | | 122.984 |
| Gas | 6816 | Jam | | | |
| SFOC | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | |
| Konsumsi | | | | | |
| HSD | 16.103 | ton/tahun | | | |
| Gas | 56.573 | ton/tahun | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|------|--------------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 1,67 | 1,52 | 2,38 | 2,38 | 2,38 |
| Total Time/R.Trip | hari | 3,47 | 3,14 | 4,76 | 4,46 | 4,23 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 95 | 105 | 69 | 73 | 77 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | - | 62,00 |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | - | 16.800,00 |
| Sarat | m | - | - | - | - | 4,19 |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | - | 6.602 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | - | 147.799,66 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | - | 2.970,74 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 1.166,46 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 20,2 |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 2,1 |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 0,5 |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 7 |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 29 |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 7.826 |
| Harga Bahan Bakar | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 158.493 |
| Biaya Penyimpanna | Juta Rp/Thn | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,6 |

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---|---|---|---|----------------|
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | - | 166.320 |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | 0,23 |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 3.733 |
| Total | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 170.054 |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Seatime | hari | 7,03 | 7,58 | 7,67 | 6,49 | 6,03 |
| Total Time/R.Trip | hari | 8,88 | 9,33 | 9,29 | 7,88 | 7,19 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 37 | 35 | 35 | 41 | 45 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | M3 | - | - | 124.000,00 | - | - |
| Sarat | m | - | - | 4,30 | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | 113.803 | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | - | 3.366.670,29 | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | - | 10.611,15 | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | - | 26.093 | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | - | 248 | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | - | 36 | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | - | 7 | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | - | 23 | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | - | 234 | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/thn | - | - | 140.444 | - | - |
| Harga Bahan Bakar | Juta Rp/thn | - | - | 342.692 | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | - | 29.479 | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/thn | - | - | 25.794 | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | 512.615 | - | - |
| | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | 13.843 | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | 526.457 | - | - |

Kombinasi Bangka 2

| | HSD | GAS | |
|------------|-----------|-------------|----------|
| | 20 | 80 | |
| Persentase | 20% | 80% | |
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 | 122.984 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|------|----------------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 1,67 | 1,52 | 2,38 | 2,38 | 2,38 |
| Total Time/R.Trip | hari | 3,47 | 3,14 | 4,76 | 4,46 | 4,23 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 95 | 105 | 69 | 73 | 77 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | - | 62,00 |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | - | 16.800,00 |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | - | 4,19 |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | - | 6.601,71 |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | - | 147.799,66 |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | - | 2.970,74 |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 1.166,46 |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 20,16 |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 2,07 |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 0,47 |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 6,57 |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 28,55 |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 7.826 |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 158.493 |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 1,6 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | - | 166.320 |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | - | 3.733,27 |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | - | - | - | 170.054 |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-------|------------------|-------|-------|------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Seatime | hari | 9,68 | 10,44 | 10,56 | 8,94 | 8,30 |
| Total Time/R.Trip | hari | 11,53 | 12,19 | 12,17 | 10,32 | 9,46 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 28 | 27 | 27 | 31 | 34 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 127.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 4.483.845,46 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 39.779,21 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 34.966,02 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 255 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 21,57 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 4,66 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 13,10 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 128,46 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | 155.640 | - | - | - |
| Harga Bahan Bakar | Juta Rp/Thn | - | 342.692 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/Thn | - | 1.222 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | 29.479 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 529.033 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 16.888 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | 545.921 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | 545.921,3 | - | - | - |

Kombinasi Bangka 3

| | HSD | GAS |
|------------|-----------|-------------|
| | 20 | 80 |
| Persentase | 20% | 80% |
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 4,23 | 3,84 | 6,04 | 6,04 | 6,04 |
| Total Time/R.Trip | hari | 6,03 | 5,47 | 8,41 | 8,12 | 7,89 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 54 | 60 | 39 | 40 | 41 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 34,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 16.800,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 125.696,46 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 2.280,30 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 989,96 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 20,16 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,88 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 0,48 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,15 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 17,21 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 8.670 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 158.493 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,61 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 167.164 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 3.733,27 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | - | 170.897 | - |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|----------------|------|------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Seatime | hari | 7,03 | 7,58 | 7,67 | 6,49 | 6,03 |
| Total Time/R.Trip | hari | 8,88 | 9,33 | 9,29 | 7,88 | 7,19 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 37 | 35 | 35 | 41 | 45 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | - | 124.000,00 | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | 4,30 | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | 113.802,68 | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | - | 3.366.670,29 | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | - | 10.611,15 | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | - | 26.092,94 | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | - | 248 | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | - | 36,25 | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | - | 7,21 | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | - | 23,28 | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | - | 233,88 | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | 140.444 | - | - |
| Harga Bahan Bakar | Juta Rp/Thn | - | - | 342.692 | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/Thn | - | - | 1.222 | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | 29.479 | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | 513.837 | - | - |
| | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | 16.888 | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | 530.725 | - | - |

Kombinasi Bangka 4

| | HSD | GAS | |
|------------|-----------|-------------|----------|
| | 20 | 80 | 100 |
| Persentase | 20% | 80% | |
| Permintaan | 16.103 | 2.594.970 | 122.984 |
| Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 4,23 | 3,84 | 6,04 | 6,04 | 6,04 |
| Total Time/R.Trip | hari | 6,03 | 5,47 | 8,41 | 8,12 | 7,89 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 54 | 60 | 39 | 40 | 41 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 34,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 16.800,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 125.696,46 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 2.280,30 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 989,96 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 20,16 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,88 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 0,48 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,15 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 17,21 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 8.670 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 158.493 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,61 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 167.164 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 3.733,27 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | - | 170.897 | - |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------------------|-------|-------|------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Seatime | hari | 9,68 | 10,44 | 10,56 | 8,94 | 8,30 |
| Total Time/R.Trip | hari | 11,53 | 12,19 | 12,17 | 10,32 | 9,46 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 28 | 27 | 27 | 31 | 34 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 127.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 4.483.845,46 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 39.779,21 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 34.966,02 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 255 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 21,57 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 4,99 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 13,10 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 128,46 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | 155.641 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/Thn | - | 342.692 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/Thn | - | 1.222 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | 29.479 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 529.034 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 16.888 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | 545.921,68 | - | - | - |

Kombinasi Belitung 1

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | HSD | | GAS | |
|-------------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|----------|
| PLTMG MPP SUGE BELITUNG | | | 100 | 0 | 100 | |
| Jumlah Mesin | 1 | Unit | Persentase | 100% | 0% | |
| Daya | 25 | MW | Permintaan | 40.257 | - | - |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | | |
| HSD | 8520 | Jam | | | | |
| Gas | 0 | Jam | | | | |
| SFOC | | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 2,51 | 2,28 | 3,59 | 3,59 | 3,59 |
| Total Time/R.Trip | hari | 4,31 | 3,91 | 5,96 | 5,67 | 5,44 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 76 | 84 | 55 | 58 | 60 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 43,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 42.000,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.636 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 186.744,78 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.981,29 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.476 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 50 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,2 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 10 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 43 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.221 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 396.232 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | - | - | 4 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 405.458 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/thn | - | - | - | 9.333,18 | - |
| Total | Juta Rp/thn | - | - | - | 414.791 | - |

Kombinasi Belitung 2

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | Demand | | |
|-------------------------|----------|---------|-------------------|-----------|-------------|
| PLTMG MPP SUGE BELITUNG | | | HSD | GAS | |
| Jumlah Mesin | 1 | Unit | 100 | 0 | 100 |
| Daya | 25 | MW | Persentase 100% | 0% | |
| Hari Kerja | 355 | hari | Permintaan 40.257 | - | - |
| Jam Operasi | | | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |
| HSD | 8520 | Jam | | | m3/tahun |
| Gas | 0 | Jam | | | |
| SFOC | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|-------------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 2,51 | 2,28 | 3,59 | 3,59 | 3,59 |
| Total Time/R.Trip | hari | 4,31 | 3,91 | 5,96 | 5,67 | 5,44 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 76 | 84 | 55 | 58 | 60 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 43,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 42.000,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 186.744,78 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.981,29 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.475,72 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 50,40 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,70 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,21 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 10,39 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 43,02 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.221 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 396.232 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 0 | 0 | 0 | 4,0257 | 0 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 405.458 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.333,18 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | - | - | 414.790,71 | - |

Kombinasi Belitung 3

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | HSD | GAS | | |
|-------------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|----------|
| PLTMG MPP SUGE BELITUNG | | | 100 | 0 | 100 | |
| Jumlah Mesin | 1 | Unit | Persentase | 100% | 0% | |
| Daya | 25 | MW | Permintaan | 40.257 | - | - |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | | |
| HSD | 8520 | Jam | | | | |
| Gas | 0 | Jam | | | | |
| SFOC | | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 3,58 | 3,25 | 5,11 | 5,11 | 5,11 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,38 | 4,88 | 7,48 | 7,19 | 6,96 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 61 | 67 | 44 | 45 | 47 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 30,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 42.000,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 265.896,36 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 5.048,75 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 2.096,02 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 50,40 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,70 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,21 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 10,39 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 43,02 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.842 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 396.232 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 0 | 0 | 0 | 4,0257 | 0 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 406.078 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.333,18 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | - | 415.411 | - |

Kombinasi Belitung 4

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | HSD | | GAS | |
|-------------------------------|--------------------|---------|------------|-----------|----------------|----------|
| PLTMG MPP SUGE BELITUNG | | | 100 | 0 | 100 | |
| Jumlah Mesin | 1 | Unit | Persentase | 100% | 0% | |
| Daya | 25 | MW | Persentase | 40.257 | - | - |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | | |
| HSD | 8520 | Jam | | | | |
| Gas | 0 | Jam | | | | |
| SFOC | | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | | |
| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Seatime | hari | 3,58 | 3,25 | 5,11 | 5,11 | 5,11 |
| Total Time/R.Trip | hari | 5,38 | 4,88 | 7,48 | 7,19 | 6,96 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 61 | 67 | 44 | 45 | 47 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 30,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 42.000,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 265.896,36 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 5.048,75 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 2.096,02 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 50,40 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,70 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,21 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 10,39 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 43,02 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.842 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 396.232 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,03 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 406.078 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Kombinasi Multiport 1

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | | HSD | GAS | |
|-------------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|----------|
| PLTMG MPP SUGE BELITUNG | | | | 20 | 80 | 100 |
| Jumlah Mesin | 3 | Unit | Persentase | 20% | 80% | |
| Daya | 25 | MW | Permintaan | 24.154 | 3.892.455 | 184.477 |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | | |
| HSD | 1704 | Jam | | | | |
| Gas | 6816 | Jam | | | | |
| SFOC | | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|-------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,80 | 1,63 | 2,38 | 2,08 | 1,85 |
| Seatime | hari | 3,34 | 3,04 | 4,78 | 4,78 | 4,78 |
| Total Time/R.Trip | hari | 6,05 | 5,48 | 8,34 | 7,90 | 7,55 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 54 | 60 | 39 | 41 | 43 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 32,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 25.200,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.636 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 144.451,99 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.329,15 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.143,60 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 45 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9,35 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 39 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 8.878 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 237.739 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 2,4 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 246.620 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | 5.600 |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5.600 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | - | - | 252.220 | - |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|-------------------|-------|------|--------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 1,85 | 1,75 | 1,61 | 1,39 | 1,16 |
| Seatime | hari | 7,00 | 7,55 | 7,64 | 6,46 | 6,00 |
| Total Time/R.Trip | hari | 9,77 | 10,17 | 10,05 | 8,54 | 7,75 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 33 | 32 | 32 | 38 | 42 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 187.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 4.768.035,52 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 48.826,42 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 37.237 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 563 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 48 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 10 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 23 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 192 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | 158.323 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/Thn | - | 514.038 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/Thn | - | 1.834 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | 44.218 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/Thn | - | 718.413 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | 20.764 |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 20.764 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | 739.176,92 | - | - | - |

Kombinasi Multiport 1

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | HSD | GAS | |
|-----------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|
| PLTMG Bangka Belitung | | | 20 | 80 | 100 |
| Jumlah Mesin | 3 | Unit | Persentase | 20% | 80% |
| Daya | 25 | MW | Permintaan | 24.154 | 3.892.455 |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |
| | | | | | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | |
| HSD | 1704 | Jam | | | |
| Gas | 6816 | Jam | | | |
| SFOC | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,80 | 1,63 | 2,38 | 2,08 | 1,85 |
| Seatime | hari | 3,34 | 3,04 | 4,78 | 4,78 | 4,78 |
| Total Time/R.Trip | hari | 6,05 | 5,48 | 8,34 | 7,90 | 7,55 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 54 | 60 | 39 | 41 | 43 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 32,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 25.200,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 149.235,17 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.329,15 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.180,54 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 45,36 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,23 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,09 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9,35 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 38,71 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 8.915 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 237.739 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 0 | 0 | 0 | 2,41542 | 0 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 246.657 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5.599,91 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | - | - | 252.257 | - |

Kapal Tanker LNG

| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
|-------------------------------|--------------------|----------|----------------|----------|----------|----------|
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 1,85 | 1,75 | 1,61 | 1,39 | 1,16 |
| Seatime | hari | 9,83 | 10,60 | 10,73 | 9,08 | 8,43 |
| Total Time/R.Trip | hari | 12,61 | 13,23 | 13,14 | 11,16 | 10,18 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 27 | 25 | 26 | 30 | 33 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 187.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 6.697.954,65 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 63.489,49 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 52.266,17 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 562,50 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 47,59 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 10,28 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 28,90 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 283,37 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/thn | - | 173.450 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/thn | - | 514.038 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/thn | - | 1.834 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | 44.218 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 733.540 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 25.332 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | 0 | 758.872 | 0 | 0 | 0 |

Kombinasi Multiport 2

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | | HSD | GAS | |
|-----------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|----------|
| PLTMG Bangka Belitung | | | | 20 | 80 | 100 |
| Jumlah Mesin | 3 | Unit | Persentase | 20% | 80% | |
| Daya | 25 | MW | Permintaan | 24.154 | 3.892.455 | 184.477 |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | | |
| HSD | 1704 | Jam | | | | |
| Gas | 6816 | Jam | | | | |
| SFOC | | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,80 | 1,63 | 2,38 | 2,08 | 1,85 |
| Seatime | hari | 3,34 | 3,04 | 4,78 | 4,78 | 4,78 |
| Total Time/R.Trip | hari | 6,05 | 5,48 | 8,34 | 7,90 | 7,55 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 54 | 60 | 39 | 41 | 43 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 32,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 25.200,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 149.235,17 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.329,15 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.180,54 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 45,36 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,23 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,09 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9,35 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 38,71 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 8.915 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 237.739 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | 0 | 0 | 0 | 2,41542 | 0 |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 246.657 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5.599,91 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | - | - | - | 252.257 | - |

Kapal Tanker LNG

| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
|-------------------------------|--------------------|----------|----------------|----------|----------|----------|
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 1,85 | 1,75 | 1,61 | 1,39 | 1,16 |
| Seatime | hari | 9,83 | 10,60 | 10,73 | 9,08 | 8,43 |
| Total Time/R.Trip | hari | 12,61 | 13,23 | 13,14 | 11,16 | 10,18 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 27 | 25 | 26 | 30 | 33 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 187.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 6.697.954,65 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 63.489,49 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 52.266,17 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 562,50 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 47,59 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 10,28 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 28,90 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 283,37 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/thn | - | 173.450 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/thn | - | 514.038 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/thn | - | 1.834 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | 44.218 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 733.540 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 25.332 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/thn | 0 | 758.872 | 0 | 0 | 0 |

Kombinasi Multiport 3

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | HSD | GAS | |
|-----------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|
| PLTMG Bangka Belitung | | | 20 | 80 | 100 |
| Jumlah Mesin | 3 | Unit | Persentase | 20% | 80% |
| Daya | 25 | MW | Kebutuhan | 24.154 | 3.892.455 |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |
| | | | | | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | |
| HSD | 1704 | Jam | | | |
| Gas | 6816 | Jam | | | |
| SFOC | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,80 | 1,63 | 2,38 | 2,08 | 1,85 |
| Seatime | hari | 4,41 | 4,01 | 6,30 | 6,30 | 6,30 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,11 | 6,45 | 9,86 | 9,42 | 9,07 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 46 | 51 | 33 | 35 | 36 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 26,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/Rtrip | - | - | - | 25.200,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 196.726,12 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.969,62 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.552,72 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 45,36 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,23 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,09 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9,35 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 38,71 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.287 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 237.739 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 2,42 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 247.029 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5.599,91 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | - | 252.629 | - |

| Kapal Tanker LNG | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|----------------|-------|------|------|
| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,92 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,58 |
| Port Time POD | hari | 1,85 | 1,75 | 1,61 | 1,39 | 1,16 |
| Seatime | hari | 7,00 | 7,55 | 7,64 | 6,46 | 6,00 |
| Total Time/R.Trip | hari | 9,77 | 10,17 | 10,05 | 8,54 | 7,75 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 33 | 32 | 32 | 38 | 42 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3 | - | 187.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 4.768.035,52 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 48.826,42 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 37.236,80 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 563 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 47,59 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 10,28 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 22,40 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 247,85 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/thn | - | 158.379 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/thn | - | 514.038 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/thn | - | 1.834 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | 44.218 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 718.468 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 25.332 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | 743.801 | - | - | - |

Kombinasi Multiport 4

| Kebutuhan Bahan Bakar | | | GAS | | |
|-----------------------|----------|---------|------------|-----------|-------------|
| PLTMG Bangka Belitung | | | 20 | 80 | 100 |
| Jumlah Mesin | 3 | Unit | Persentase | 20% | 80% |
| Daya | 25 | MW | Kebutuhan | 24.154 | 3.892.455 |
| Hari Kerja | 355 | hari | Satuan | ton/tahun | mmbtu/tahun |
| | | | | | m3/tahun |
| Jam Operasi | | | | | |
| HSD | 1704 | Jam | | | |
| Gas | 6816 | Jam | | | |
| SFOC | | | | | |
| HSD | 0,000189 | ton/kwh | | | |
| LNG | 0,000166 | ton/kwh | | | |

| Kapal Tanker HSD | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|----------------|------|
| Komponen | Satuan | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,80 | 1,63 | 2,38 | 2,08 | 1,85 |
| Seatime | hari | 4,41 | 4,01 | 6,30 | 6,30 | 6,30 |
| Total Time/R.Trip | hari | 7,11 | 6,45 | 9,86 | 9,42 | 9,07 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 46 | 51 | 33 | 35 | 36 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | - | - | - | 26,00 | - |
| Kargo Terangkut | ton/thn | - | - | - | 25.200,00 | - |
| Sarat Kapal | m | - | - | - | 3,70 | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 7.635,83 | - |
| Konsumsi ME | lt/Thn | - | - | - | 196.726,12 | - |
| Konsumsi AE | lt/Thn | - | - | - | 3.969,62 | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1.552,72 | - |
| CHC Cost | Juta Rp/Thn | - | - | - | 45,36 | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/Thn | - | - | - | 4,23 | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/Thn | - | - | - | 1,09 | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9,35 | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/Thn | - | - | - | 38,71 | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 9.287 | - |
| Pengadaan HSD | Juta Rp/Thn | - | - | - | 237.739 | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/Thn | - | - | - | 2,42 | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | - | - | 247.029 | - |
| 1.000.000 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | - | - | 5.599,91 | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | - | - | 252.629 | - |

Kapal Tanker LNG

| | | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| Port Time POL | hari | 0,90 | 0,81 | 1,19 | 1,04 | 0,93 |
| Port Time POD | hari | 1,85 | 1,75 | 1,61 | 1,39 | 1,16 |
| Seatime | hari | 9,83 | 10,60 | 10,73 | 9,08 | 8,43 |
| Total Time/R.Trip | hari | 12,58 | 13,16 | 13,53 | 11,51 | 10,52 |
| Frek. Max/Kapal | kali | 26 | 25 | 24 | 28 | 31 |
| Frek. Dibutuhkan | kali | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Jml. Kapal | unit | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Frek. Tak Terpakai | kali | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kargo Terangkut | m3,thn | - | 187.500,00 | - | - | - |
| Sarat Kapal | m | - | 5,90 | - | - | - |
| Capital Cost | Juta Rp/thn | - | 120.251,42 | - | - | - |
| Konsumsi ME | lt/thn | - | 6.697.954,65 | - | - | - |
| Konsumsi AE | lt/thn | - | 63.489,49 | - | - | - |
| Voyage Cost | Juta Rp/thn | - | 52.266,17 | - | - | - |
| CHC Cost | Juta Rp/thn | - | 562,50 | - | - | - |
| Biaya Labuh | Juta Rp/thn | - | 47,59 | - | - | - |
| Biaya Tambat | Juta Rp/thn | - | 10,28 | - | - | - |
| Biaya Pandu | Juta Rp/thn | - | 19,27 | - | - | - |
| Biaya Tunda | Juta Rp/thn | - | 283,37 | - | - | - |
| Total Biaya Pengapalan | Juta Rp/thn | - | 173.441 | - | - | - |
| Pengadaan LNG | Juta Rp/thn | - | 514.038 | - | - | - |
| Biaya Regasifikasi | Juta Rp/thn | - | 1.834 | - | - | - |
| Biaya Penyimpanan | Juta Rp/thn | - | 44.218 | - | - | - |
| Total Cost | Juta Rp/thn | - | 733.530 | - | - | - |
| | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Biaya Eksternalitas | | | | | | |
| Emisi | Juta Rp/Thn | - | 25.332 | - | - | - |
| Total Biaya | Juta Rp/Thn | - | 758.862,26 | - | - | - |

Perencanaan Fasilitas Pelabuhan

a. Kebutuhan Pipa

| Pipa HSD | | |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Spek | 40 sch | |
| Panjang | 6 | m/btg |
| Diameter | 6 | inch |
| | 15 | cm |
| Harga | 1.611.820 | Rp/Btg |
| Jarak Pel-Bangka | 510 | m |
| Jarak Pel-Belitung | 1500 | m |
| Kebutuhan Pipa Bangka | 85 | m |
| Kebutuhan Pipa Belitung | 250 | m |
| Biaya Invest | | |
| Bangka | 137 | Rp |
| Belitung | 403 | Rp |
| Biaya Pertahun | | |
| Bangka | 8 | Juta Rp/Thn |
| Belitung | 25 | Juta Rp/Thn |

| Pipa LNG | | |
|-------------------------|-----------|-------------|
| Spek | 40 sch | |
| Panjang | 6 | m/btg |
| Diameter | 12 | inch |
| | 30 | cm |
| Harga | 4.541.610 | Rp/Btg |
| Jarak Pel-Bangka | 510 | m |
| Jarak Pel-Belitung | 1500 | m |
| Kebutuhan Pipa Bangka | 85 | m |
| Kebutuhan Pipa Belitung | 250 | m |
| Biaya Invest | | |
| Bangka | 386 | Juta Rp |
| Belitung | 1.135 | |
| Biaya Pertahun | | |
| Bangka | 24 | Juta Rp/Thn |
| Belitung | 70 | Juta Rp/Thn |

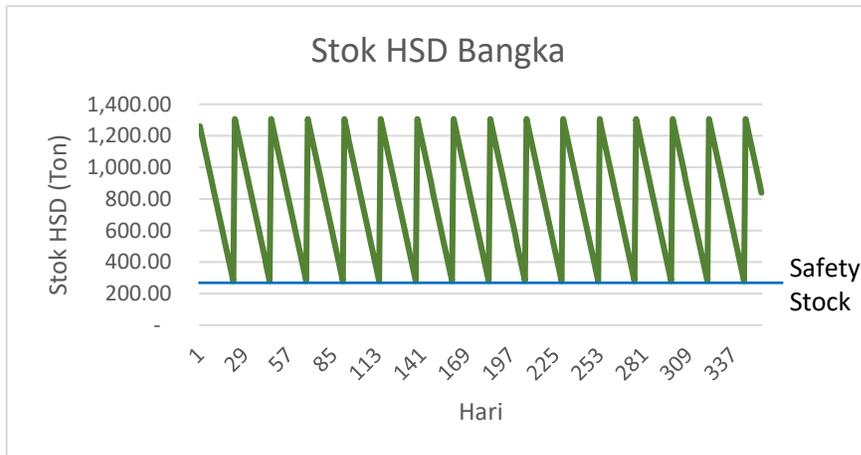
b. Kebutuhan Storage

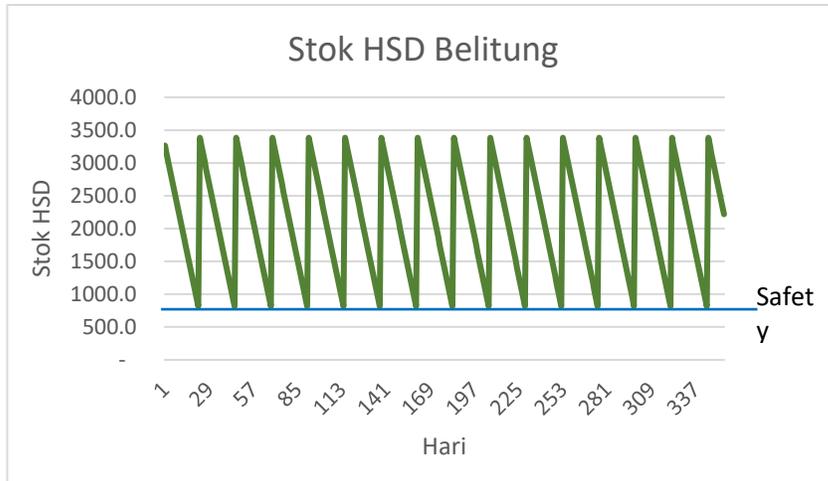
| HSD Bangka | | |
|------------|-------|----------|
| Frekuensi | 15 | kali |
| RTD | 5 | hari |
| RTD+Iddle | 23,00 | hari |
| payload | 1.120 | ton |
| Pengisian | 1.074 | ton |
| Cons | 45,36 | ton/hari |
| Day Max | 355 | hari |
| Storage | 1.307 | ton |
| Sisa | 840 | ton |
| Sisa Hari | (25) | hari |
| iddle | 18 | hari |

| HSD Belitung | | |
|--------------|-------|----------|
| Frekuensi | 15 | kali |
| RTD | 6 | hari |
| RTD+iddle | 23 | hari |
| Payload | 2.800 | ton |
| Pengisian | 2.684 | ton |
| Cons | 113 | ton/hari |
| Day Max | 355 | hari |
| Storage | 3.384 | ton |
| Sisa | 2.217 | ton |
| Sisa Hari | -25 | hari |
| Iddle | 17 | hari |

| Hari Ke | Tanggal | Kedatangan Kapal | | Stok HSD | |
|---------|-----------|------------------|----------|----------|----------|
| | | Bangka | Belitung | Bangka | Belitung |
| 0 | | | | 1.306,89 | 3.384 |
| 1 | 1/1/2018 | - | - | 1.260,22 | 3.267 |
| 2 | 1/2/2018 | - | - | 1.213,54 | 3.151 |
| 3 | 1/3/2018 | - | - | 1.166,87 | 3.034 |
| 4 | 1/4/2018 | - | - | 1.120,19 | 2.917 |
| 5 | 1/5/2018 | - | - | 1.073,52 | 2.800 |
| 6 | 1/6/2018 | - | - | 1.026,85 | 2.684 |
| 7 | 1/7/2018 | - | - | 980,17 | 2.567 |
| 8 | 1/8/2018 | - | - | 933,50 | 2.450 |
| 9 | 1/9/2018 | - | - | 886,82 | 2.334 |
| 10 | 1/10/2018 | - | - | 840,15 | 2.217 |
| 11 | 1/11/2018 | - | - | 793,47 | 2.100 |
| 12 | 1/12/2018 | - | - | 746,80 | 1.984 |
| 13 | 1/13/2018 | - | - | 700,12 | 1.867 |
| 14 | 1/14/2018 | - | - | 653,45 | 1.750 |
| 15 | 1/15/2018 | - | - | 606,77 | 1.634 |
| 16 | 1/16/2018 | - | - | 560,10 | 1.517 |
| 17 | 1/17/2018 | - | - | 513,42 | 1.400 |
| 18 | 1/18/2018 | - | - | 466,75 | 1.284 |
| 19 | 1/19/2018 | - | - | 420,07 | 1.167 |
| 20 | 1/20/2018 | - | - | 373,40 | 1.050 |
| 21 | 1/21/2018 | - | - | 326,72 | 933 |
| 22 | 1/22/2018 | - | - | 280,05 | 817 |
| 23 | 1/23/2018 | 1.074 | 2.684 | 1.306,89 | 3.384 |
| 24 | 1/24/2018 | - | - | 1.260,22 | 3.267 |
| 25 | 1/25/2018 | - | - | 1.213,54 | 3.151 |

| Hari Ke | Tanggal | Kedatangan Kapal | | Stok HSD | |
|---------|-----------|------------------|----------|----------|----------|
| | | Bangka | Belitung | Bangka | Belitung |
| 26 | 1/26/2018 | - | - | 1.166,87 | 3.034 |
| 27 | 1/27/2018 | - | - | 1.120,19 | 2.917 |
| 28 | 1/28/2018 | - | - | 1.073,52 | 2.800 |
| 29 | 1/29/2018 | - | - | 1.026,85 | 2.684 |
| 30 | 1/30/2018 | - | - | 980,17 | 2.567 |
| 31 | 1/31/2018 | - | - | 933,50 | 2.450 |
| 32 | 2/1/2018 | - | - | 886,82 | 2.334 |
| 33 | 2/2/2018 | - | - | 840,15 | 2.217 |
| 34 | 2/3/2018 | - | - | 793,47 | 2.100 |
| 35 | 2/4/2018 | - | - | 746,80 | 1.984 |
| 36 | 2/5/2018 | - | - | 700,12 | 1.867 |
| 37 | 2/6/2018 | - | - | 653,45 | 1.750 |
| 38 | 2/7/2018 | - | - | 606,77 | 1.634 |
| 39 | 2/8/2018 | - | - | 560,10 | 1.517 |
| 40 | 2/9/2018 | - | - | 513,42 | 1.400 |
| 41 | 2/10/2018 | - | - | 466,75 | 1.284 |
| 42 | 2/11/2018 | - | - | 420,07 | 1.167 |
| 43 | 2/12/2018 | - | - | 373,40 | 1.050 |
| 44 | 2/13/2018 | - | - | 326,72 | 933 |
| 45 | 2/14/2018 | - | - | 280,05 | 817 |
| 46 | 2/15/2018 | 1.074 | 2.684 | 1.306,89 | 3.384 |
| 47 | 2/16/2018 | - | - | 1.260,22 | 3.267 |



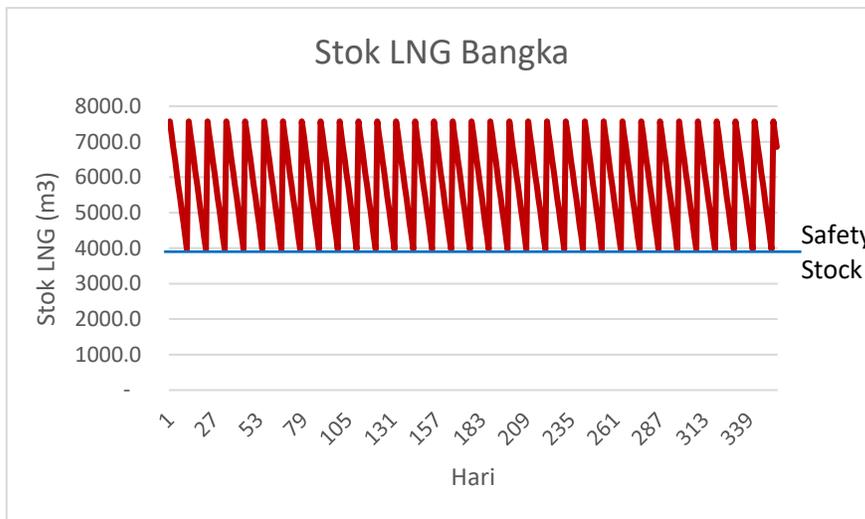


LNG Bangka

| | | |
|-----------|-------|---------|
| Frekuensi | 31 | kali |
| RTD | 10 | hari |
| RTD+Idle | 11 | hari |
| payload | 4.000 | m3 |
| Pengisian | 3.967 | m4 |
| Cons | 346 | m3/hari |
| Day Max | 355 | hari |
| Storage | 7.574 | m3 |
| Sisa | 6.853 | |
| Sisa Hari | -25 | hari |
| idle | 1 | hari |

| Hari Ke | Tanggal | Kedatangan Kapal Bangka | Stok LNG Bangka |
|---------|-----------|-------------------------|-----------------|
| 0 | | | 7.934 |
| 1 | 1/1/2018 | - | 7.574 |
| 2 | 1/2/2018 | - | 7.213 |
| 3 | 1/3/2018 | - | 6.853 |
| 4 | 1/4/2018 | - | 6.492 |
| 5 | 1/5/2018 | - | 6.131 |
| 6 | 1/6/2018 | - | 5.771 |
| 7 | 1/7/2018 | - | 5.410 |
| 8 | 1/8/2018 | - | 5.049 |
| 9 | 1/9/2018 | - | 4.689 |
| 10 | 1/10/2018 | - | 4.328 |
| 11 | 1/11/2018 | - | 3.967 |
| 12 | 1/12/2018 | 3.967 | 7.574 |
| 13 | 1/13/2018 | - | 7.213 |

| Hari Ke | Tanggal | Kedatangan Kapal Bangka | Stok LNG Bangka |
|---------|-----------|----------------------------|--------------------|
| 14 | 1/14/2018 | - | 6.853 |
| 15 | 1/15/2018 | - | 6.492 |
| 16 | 1/16/2018 | - | 6.131 |
| 17 | 1/17/2018 | - | 5.771 |
| 18 | 1/18/2018 | - | 5.410 |
| 19 | 1/19/2018 | - | 5.049 |
| 20 | 1/20/2018 | - | 4.689 |
| 21 | 1/21/2018 | - | 4.328 |
| 22 | 1/22/2018 | - | 3.967 |
| 23 | 1/23/2018 | 3.967 | 7.574 |
| 24 | 1/24/2018 | - | 7.213 |
| 25 | 1/25/2018 | - | 6.853 |
| 26 | 1/26/2018 | - | 6.492 |
| 27 | 1/27/2018 | - | 6.131 |
| 28 | 1/28/2018 | - | 5.771 |
| 29 | 1/29/2018 | - | 5.410 |
| 30 | 1/30/2018 | - | 5.049 |
| 31 | 1/31/2018 | - | 4.689 |
| 32 | 2/1/2018 | - | 4.328 |
| 33 | 2/2/2018 | - | 3.967 |
| 34 | 2/3/2018 | 3.967 | 7.574 |
| 35 | 2/4/2018 | - | 7.213 |
| 36 | 2/5/2018 | - | 6.853 |



Lampiran 6. Resum

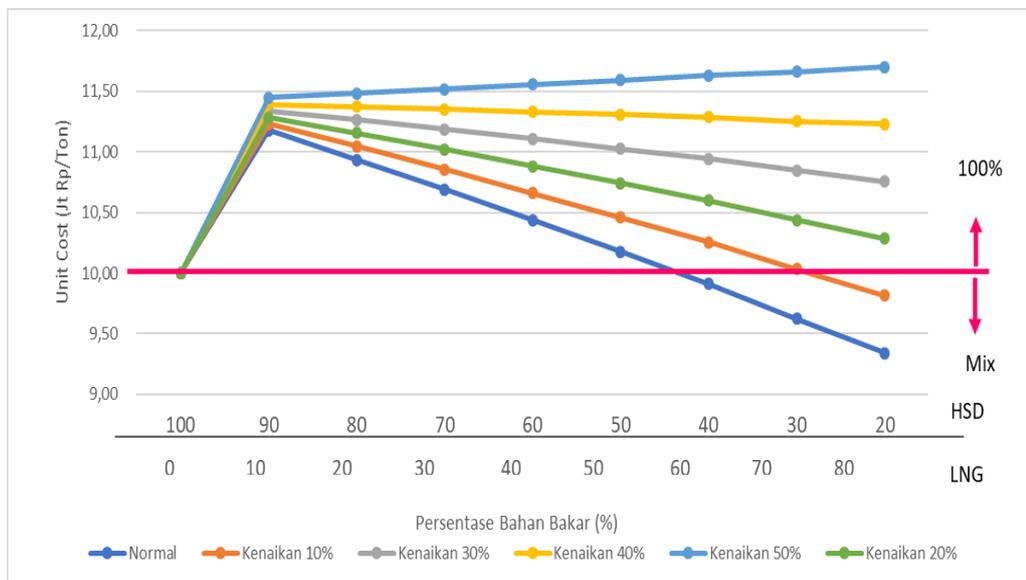
| Tujuan | Asal | | Persentase | | Kapal Terpilih | | Payload | | Frekuensi | | RTD | | Seatime | | Portime | |
|-----------|------------|----------|------------|-----|----------------|-----|---------|------|-----------|-----|------|------|---------|------|---------|-----|
| | HSD | LNG | % | | Unit | | Ton | M3 | Kali | | Hari | | Hari | | Hari | |
| | | | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG |
| Bangka | Palembang | Bontang | 20 | 80 | 5 | 3 | 1120 | 4000 | 15 | 31 | 4,2 | 9,3 | 2,4 | 7,7 | 1,9 | 1,5 |
| | Palembang. | Donggi | 20 | 80 | 5 | 2 | 1120 | 7500 | 15 | 17 | 4,2 | 12,2 | 2,4 | 10,4 | 1,9 | 1,3 |
| | Dumai | Bontang. | 20 | 80 | 4 | 3 | 2800 | 4000 | 6 | 31 | 8,1 | 9,3 | 6,0 | 7,7 | 2,1 | 1,6 |
| | Dumai. | Donggi. | 20 | 80 | 4 | 2 | 2800 | 7500 | 6 | 17 | 8,1 | 12,2 | 6,0 | 10,4 | 2,1 | 1,4 |
| Belitung | Palembang | Bontang | 100 | 0 | 4 | 4 | 2800 | 2538 | 15 | - | 6 | 7 | 4 | 6 | 2 | 1 |
| | Palembang. | Donggi | 100 | 0 | 4 | 4 | 2800 | 2538 | 15 | - | 5,7 | 9,5 | 3,6 | 8,1 | 2,1 | 1,4 |
| | Dumai | Bontang. | 100 | 0 | 4 | 4 | 2800 | 2538 | 15 | - | 7,2 | 7,2 | 5,1 | 5,8 | 2,1 | 0,7 |
| | Dumai. | Donggi. | 100 | 0 | 4 | 4 | 2800 | 2538 | 15 | - | 7,2 | 9,8 | 5,1 | 8,4 | 2,1 | 1,5 |
| Multiport | Palembang | Bontang | 20 | 80 | 4 | 2 | 2800 | 7500 | 9 | 25 | 7,9 | 10,2 | 4,8 | 7,5 | 3,1 | 2,2 |
| | Palembang. | Donggi | 20 | 80 | 4 | 2 | 2800 | 7500 | 9 | 25 | 7,9 | 13,2 | 4,8 | 10,6 | 3,1 | 2,2 |
| | Dumai | Bontang. | 20 | 80 | 4 | 2 | 2800 | 7500 | 9 | 25 | 9,4 | 10,2 | 6,3 | 7,5 | 3,1 | 2,2 |
| | Dumai. | Donggi. | 20 | 80 | 4 | 2 | 2800 | 7500 | 9 | 25 | 9,4 | 13,2 | 6,3 | 10,6 | 3,1 | 2,5 |

| Tujuan | Asal | | Persentase | | Biaya Transportasi Laut | | Biaya Total | | Biaya Total | Tot Unit Cost | Jml. Kapal | |
|-----------|------------|----------|------------|-----|-------------------------|---------|-------------|---------|-------------|---------------|-------------|------|
| | HSD | LNG | % | | Juta Rp/Thn | | Juta Rp/Thn | | HSD+LNG | | Juta Rp/Thn | Unit |
| | | | HSD | LNG | HSD | LNG | HSD | LNG | Juta Rp/Thn | HSD | | LNG |
| Bangka | Palembang | Bontang | 20 | 80 | 7.826 | 140.444 | 166.320 | 512.615 | 678.935 | 9,34 | 1 | 1 |
| | Palembang. | Donggi | 20 | 80 | 7.826 | 155.640 | 166.320 | 529.033 | 695.354 | 9,57 | 1 | 1 |
| | Dumai | Bontang. | 20 | 80 | 8.670 | 140.444 | 167.164 | 513.837 | 681.001 | 9,37 | 1 | 1 |
| | Dumai. | Donggi. | 20 | 80 | 8.670 | 155.641 | 167.164 | 529.034 | 696.198 | 9,58 | 1 | 1 |
| Belitung | Palembang | Bontang | 100 | 0 | 9.221 | - | 405.458 | - | 405.458 | 10,07 | 1 | - |
| | Palembang. | Donggi | 100 | 0 | 9.221 | - | 405.458 | - | 405.458 | 10,07 | 1 | - |
| | Dumai | Bontang. | 100 | 0 | 9.842 | - | 406.078 | - | 406.078 | 10,09 | 1 | - |
| | Dumai. | Donggi. | 100 | 0 | 9.842 | - | 406.078 | - | 406.078 | 10,09 | 1 | - |
| Multiport | Palembang | Bontang | 20 | 80 | 8.878 | 158.323 | 246.620 | 718.413 | 965.033 | 8,85 | 1 | 1 |
| | Palembang. | Donggi | 20 | 80 | 8.915 | 173.450 | 246.657 | 733.540 | 980.197 | 8,99 | 1 | 1 |
| | Dumai | Bontang. | 20 | 80 | 9.287 | 158.379 | 247.029 | 718.468 | 965.497 | 8,86 | 1 | 1 |
| | Dumai. | Donggi. | 20 | 80 | 9.287 | 173.441 | 247.029 | 733.530 | 980.559 | 8,99 | 1 | 1 |

Lampiran 7. Analisis Sensitifitas

Sensifitas Kenaian Harga LNG

| Persentase Kenaikan Harga (%) | Harga LNG | Persentase % | | Total Unit Biaya |
|-------------------------------|-----------|--------------|-----|------------------|
| | Rp/Ton | HSD | LNG | (Jt Rp/Thn) |
| 0% | 132.060 | 20 | 80 | 9,34 |
| 10% | 145.266 | 20 | 80 | 9,81 |
| 20% | 158.472 | 20 | 80 | 10,00 |
| 30% | 171.678 | 20 | 80 | 10,00 |
| 40% | 184.884 | 20 | 80 | 10,00 |
| 50% | 198.090 | 20 | 80 | 10,00 |



BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Sheila Nurlindha, dilahirkan di Blitar Provinsi Jawa Timur pada tanggal 15 April 1996. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir dari pasangan suami istri Bapak Nur A'ini dan Ibu Erlina Dwiasrianti. Penulis bertempat tinggal di Desa Sawentar RT 04 RW 03 Kecamatan Kanigoro, Kabupaten Blitar. Penulis telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Dharma Wanita pada tahun 2000-2002, SDI Kardina Massa pada tahun 2002-2008, SMP Negeri 2 Kota Blitar pada tahun 2008-2011 dan berlanjut ke SMA Negeri 1 Kota Blitar pada tahun 2011-2014. Dan pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama berada di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi mahasiswa diantaranya sebagai Staf Departemen Keilmiahan dan Keprofesian Himpunan Mahasiswa Teknik Transportasi Laut pada periode 2015-2016 dan Ketua Departemen Departemen Keilmiahan dan Keprofesian Himpunan Mahasiswa Teknik Transportasi Laut pada periode 2016-2017. Selain itu, penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan kepanitiaan antara lain menjadi panitia dalam kegiatan Gerigi ITS dan kepanitiaan lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Jurusan.