



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGUNAN
GALANGAN KAPAL PENGANGKUT LNG UKURAN KECIL
(*SMALL SCALE LNG CARRIER*) UNTUK PERAIRAN
INDONESIA**

**Rizain Andrian
NRP 4113100082**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGUNAN
GALANGAN KAPAL PENGANGKUT LNG UKURAN KECIL
(*SMALL SCALE LNG CARRIER*) UNTUK PERAIRAN
INDONESIA**

**Rizain Andrian
NRP 4113100082**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE
DEVELOPMENT OF SMALL SCALE LNG CARRIER
SHIPYARD FOR INDONESIA'S WATERWAYS**

**Rizain Andrian
NRP 4113100082**

**Supervisor
Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL PENGANGKUT LNG UKURAN KECIL (SMALL SCALE LNG CARRIER) UNTUK PERAIRAN INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZAIN ANDRIAN
NRP 4113100082

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:
Dosen Pembimbing


Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
NIP 19610914 198701 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan


Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JANUARI 2018

LEMBAR REVISI

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL PENGANGKUT LNG UKURAN KECIL (SMALL SCALE LNG CARRIER) UNTUK PERAIRAN INDONESIA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 8 Januari 2018

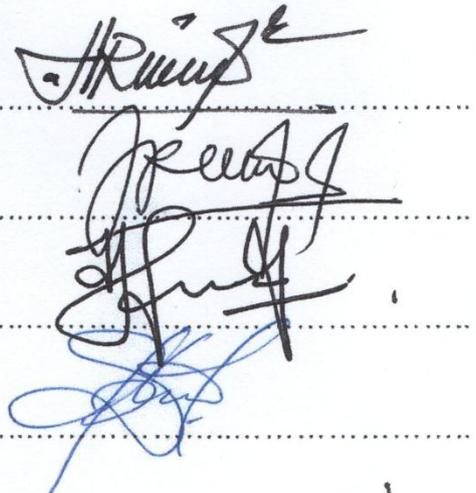
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RIZAIN ANDRIAN
NRP 4113100082

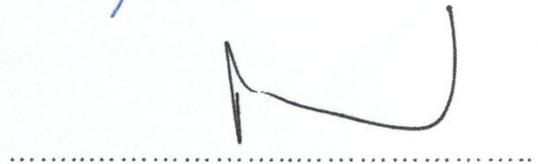
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.
2. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.
3. Imam Baihaqi, S.T., M.T.
4. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.



SURABAYA, JANUARI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan untuk saudaraku dari Sabang sampai Merauke

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir berjudul “Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Galangan Kapal Pengangkut LNG Ukuran Kecil (*Small Scale LNG Carrier*) untuk Perairan Indonesia” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Segenap dosen pengajar di Teknik Perkapalan FTK ITS khususnya dosen pengajar Bidang Studi Industri Perkapalan, Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc., Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Imam Baihaqi, S.T., M.T., M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T., Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc. atas bimbingannya selama ini;
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
4. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Wali atas bimbingan dan perhatiannya kepada penulis;
5. Teman-teman SUBMARINE P-53 dan semua pihak yang telah mendukung dan membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Surabaya, Januari 2018

Rizain Andrian

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL PENGANGKUT LNG UKURAN KECIL (*SMALL SCALE LNG CARRIER*) UNTUK PERAIRAN INDONESIA

Nama Mahasiswa : Rizain Andrian
NRP : 4113100082
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.

ABSTRAK

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki lautan luas dan perairan yang menghubungkan setiap pulau. Pada beberapa pulau yang jauh dari pusat pertumbuhan ekonomi masih kesulitan mendapatkan sarana listrik karena lokasi tersebut tidak terhubung dengan jaringan listrik utama. Pemerintah melalui program 35.000 MW berencana membangun pembangkit listrik di beberapa daerah tersebut dan menggunakan LNG sebagai bahan bakarnya. *Small Scale LNG Carrier* menjadi solusi yang paling tepat untuk mendistribusikan LNG ke lokasi tujuan baik secara teknis maupun ekonomis. Selain karena faktor ukuran *LNG Carrier* yang tidak cocok untuk kondisi geografis Indonesia, penggunaan pipa gas tidak *feasible* untuk dibangun pada lokasi yang dituju. Dengan banyaknya pasar untuk penggunaan LNG sebagai bahan bakar pembangkit listrik, dibutuhkan kapal dengan jumlah yang cukup banyak untuk membantu distribusinya. Saat ini, di Indonesia belum ada galangan kapal yang dapat memproduksi *Small Scale LNG Carrier*. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa teknis dan ekonomis pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia dengan memperhitungkan aspek pasar, standar pembangunan kapal, dan kelayakan investasi untuk proyek tersebut. Hasil dari analisa kelayakan investasi adalah diperlukan biaya sekitar 341 miliar rupiah untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* dan perkiraan *Payback Period* pada tahun ke-9 bulan ke-1,5 dengan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar 82,3 miliar rupiah, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 13,41% lebih besar dari bunga bank yang telah ditetapkan, yaitu 11%. Sehingga investasi untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* layak dilakukan.

Kata kunci: LNG, *Small Scale LNG Carrier*, galangan kapal, Indonesia, pembangkit listrik, kelayakan investasi

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD FOR INDONESIA'S WATERWAYS

Author : Rizain Andrian
Student Number : 4113100082
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.

ABSTRACT

Indonesia is an archipelago country with vast oceans and waterways that connecting every island. Some islands that far away from the center of economic growth is still difficult to get electricity due off-grid locations. The government through the 35.000 MW program plans to build power plants in some areas and use LNG as its fuel. Small Scale LNG Carrier becomes the most appropriate solution to distribute LNG to the destination location both technically and economically. In addition to the LNG Carrier size factor which is not suitable for Indonesia geographical conditions, the use of gas pipelines is not feasible to be built at the intended location. With so many markets for LNG use as fuel for power plants, it takes a large amount of ship to help with the distribution. Currently, in Indonesia there is no shipyard that can produce Small Scale LNG Carrier. Therefore, its necessary to carry out technical and economic analysis of the development of the Small Scale LNG Carrier shipyard in Indonesia by taking into account the market aspect, shipbuilding standard, and investment feasibility for the project. The result of the investment feasibility analysis is required cost about 341 billion rupiah for the development of Small Scale LNG Carrier shipyard and Payback Period on 9th year of the 1,5 month with the value of Net Present Value (NPV) 82,3 miliar rupiah, Internal Rate of Return (IRR) is 13,41% greater than the interest loans, which is 11%. These results show that the investment for the development of Small Scale LNG Carrier shipyard is feasible.

Keywords: LNG, Small Scale LNG Carrier, shipyard, Indonesia, power plant, investment feasibility

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Galangan Kapal	5
2.1.1. Jenis Galangan Kapal	5
2.1.2. Sarana Pokok Galangan Kapal	6
2.1.3. Pertimbangan Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal	10
2.1.4. Perencanaan Sarana Pokok Galangan Kapal	12
2.1.5. Tata Letak Galangan Kapal	14
2.1.6. Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal	15
2.1.7. Tujuan Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal.....	16
2.1.8. Jenis Dasar Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal.....	16
2.1.9. Perencanaan Lokasi Galangan Kapal	18
2.2. LNG (<i>Liquefied Natural Gas</i>).....	20
2.3. <i>Small Scale LNG Carrier</i>	21
2.4. Jenis Tangki Kapal Pengangkut Gas	22
2.5. Sistem <i>Dual Fuel Engine</i>	35
2.6. <i>Small Scale LNG Supply Chain</i>	37
2.7. Perkembangan Industri <i>Small Scale LNG</i>	38
2.8. Perkembangan Desain <i>Small Scale LNG Carrier</i>	40
2.9. Jumlah Pasokan dan Kebutuhan Gas Indonesia.....	42
2.10. Penyebaran LNG <i>Plant</i> di Indonesia.....	43
2.11. Perairan Indonesia	44
2.12. Regulasi, Peraturan, dan Standar.....	45
2.13. Organisasi.....	47
2.14. Investasi.....	52
BAB 3 METODOLOGI	55
3.1. Umum.....	55

3.2.	Alur Penyelesaian Tugas Akhir.....	55
BAB 4	POTENSI PASAR <i>SMALL SCALE LNG CARRIER</i>	59
4.1.	Kondisi Eksisting LNG	59
4.2.	Kondisi dan Ketersediaan <i>Small Scale LNG Carrier</i>	59
4.3.	Segmentasi Konsumen dan Pasar <i>Small Scale LNG Carrier</i>	61
BAB 5	ANALISA TEKNIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL <i>SMALL SCALE LNG CARRIER</i>	67
5.1.	Perencanaan Lokasi Galangan Kapal.....	67
5.1.1.	Rencana Lokasi Galangan Kapal di Lamongan	68
5.1.2.	Rencana Lokasi Galangan Kapal di Madura	71
5.1.3.	Analisa Pemilihan Lokasi Galangan Kapal	74
5.1.4.	Pembobotan	80
5.2.	Analisa Kebutuhan dan Kapasitas Tangki <i>Small Scale LNG Carrier</i>	82
5.3.	<i>Small Scale LNG Carrier Cargo Containment Systems</i>	88
5.3.1.	Proses Produksi <i>Independent Tanks Type C</i>	90
5.4.	Sistem Khusus <i>Small Scale LNG Carrier</i>	100
5.4.1.	Sistem Propulsi	100
5.4.2.	Manajemen <i>Boil-Off Gas (BOG)</i>	101
5.5.	Peralatan dan Perlengkapan Kapal Khusus <i>Small Scale LNG Carrier</i>	102
5.6.	Proses Pembangunan <i>Small Scale LNG Carrier</i>	109
5.7.	Perencanaan <i>Small Scale LNG Carrier</i>	113
5.7.1.	<i>General Arrangement Small Scale LNG Carrier</i>	113
5.7.2.	Perhitungan Berat Baja Kapal	113
5.7.3.	Perhitungan Berat Tangki Kapal	118
5.8.	Perencanaan Fasilitas Produksi	118
5.8.1.	Analisa Kebutuhan Baja untuk Produksi <i>Small Scale LNG Carrier</i>	118
5.8.2.	Penentuan Jumlah Fasilitas Produksi	122
5.9.	Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)	143
5.9.1.	Tenaga Kerja Langsung	143
5.9.2.	Tenaga Kerja Tidak Langsung	148
5.9.3.	Struktur Organisasi	148
5.10.	Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal.....	151
5.10.1.	Perencanaan <i>Graving Dock</i>	152
5.11.	Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal.....	153
BAB 6	ANALISA EKONOMIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL <i>SMALL SCALE LNG CARRIER</i>	157
6.1.	Analisa Nilai Investasi	157
6.1.1.	Estimasi Nilai Investasi untuk Tanah dan Bangunan	157
6.1.2.	Estimasi Nilai Investasi untuk Peralatan Fasilitas Penunjang	159
6.1.3.	Estimasi Nilai Investasi untuk Pekerjaan Persiapan dan Instalasi.....	161
6.1.4.	Estimasi Nilai Total Investasi	161
6.1.5.	Estimasi Pengeluaran Gaji Tenaga Kerja	162
6.1.6.	Estimasi Pengeluaran Total	163
6.1.7.	Estimasi Pendapatan Galangan Kapal	166
6.2.	Analisa Kelayakan Investasi	167
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	171
7.1.	Kesimpulan.....	171
7.2.	Saran.....	171
	DAFTAR PUSTAKA.....	173

LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Pasar LNG di Indonesia untuk Menentukan Kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* dan Kapasitas Tangki

Lampiran B Pembobotan Lokasi Galangan Kapal *Small Scale LNG Carrier*

Lampiran C Analisa Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal

Lampiran D *Layout* Galangan Kapal

Lampiran E Data Kapal Wärtsilä WSD50 20K

Lampiran F Perhitungan Analisa Ekonomis

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Galangan Kapal	5
Gambar 2.2. <i>Building Berth</i>	6
Gambar 2.3. <i>Slipway Jenis End Launching</i>	7
Gambar 2.4. <i>Slipway Jenis Side Launching</i>	8
Gambar 2.5. <i>Graving Dock</i>	8
Gambar 2.6. <i>Floating Dock</i>	9
Gambar 2.7. Proses Penentuan Sarana Pokok Galangan Kapal	12
Gambar 2.8. Contoh Tata Letak (<i>Layout</i>) Galangan Kapal.....	15
Gambar 2.9. <i>Layout Type I</i>	17
Gambar 2.10. <i>Layout Type T</i>	17
Gambar 2.11. <i>Layout Type L</i>	17
Gambar 2.12. <i>Layout Type U</i>	17
Gambar 2.13. <i>Layout Type Z</i>	18
Gambar 2.14. Diagram Proses Pencairan Gas Alam	20
Gambar 2.15. <i>Small Scale LNG Carrier 7.500 m³</i>	21
Gambar 2.16. Jenis Tangki Kapal Pengangkut Gas	22
Gambar 2.17. <i>LPG Carrier dengan Prismatic Tanks</i>	23
Gambar 2.18. <i>Cargo Containment Systems Type A</i>	23
Gambar 2.19. <i>Independent Tanks Type A (Prismatic Tanks)</i>	24
Gambar 2.20. <i>LNG Carrier dengan Spherical Tanks (Moss)</i>	25
Gambar 2.21. <i>LNG Carrier dengan Prismatic Tanks (IHI SPB)</i>	25
Gambar 2.22. <i>Cargo Containment Systems Spherical Tanks (Moss)</i>	26
Gambar 2.23. <i>Spherical Tanks (Moss)</i>	26
Gambar 2.24. <i>Cargo Containment Systems Prismatic Tanks (IHI SPB)</i>	27
Gambar 2.25. <i>Prismatic Tanks (IHI SPB)</i>	27
Gambar 2.26. <i>Small Scale LNG Carrier dengan Cylindrical Tanks</i>	29
Gambar 2.27. <i>Cargo Containment Systems Cylindrical Tanks</i>	29
Gambar 2.28. <i>Cylindrical Tanks</i>	30
Gambar 2.29. <i>Cargo Containment Systems Bilobe Tanks</i>	30
Gambar 2.30. <i>Bilobe Tanks</i>	31
Gambar 2.31. <i>LNG Carrier (Membrane Tanks)</i>	32
Gambar 2.32. <i>Cargo Containment Systems Membrane Tanks</i>	32
Gambar 2.33. <i>Cargo Containment Systems NO96</i>	33
Gambar 2.34. <i>Cargo Containment Systems Mark III</i>	33
Gambar 2.35. <i>Membrane Tanks</i>	34
Gambar 2.36. Jumlah Kapal yang Menggunakan Bahan Bakar LNG.....	35
Gambar 2.37. Perbandingan Tingkat Emisi Bahan Bakar <i>Diesel Oil</i> dengan LNG.....	35
Gambar 2.38. Perbandingan Harga Bahan Bakar <i>Diesel Oil</i> dengan LNG.....	36
Gambar 2.39. Prinsip Kerja <i>Dual Fuel Engine</i>	36
Gambar 2.40. <i>LNG Supply Chain</i>	37
Gambar 2.41. <i>Small Scale LNG Supply Chain</i>	38
Gambar 2.42. Peta Fasilitas <i>Small Scale Liquefaction dan Regasification</i>	38
Gambar 2.43. FRU Benoa, Bali.....	39
Gambar 2.44. FRU, FSU, dan <i>Small Scale LNG Carrier</i> Benoa, Bali	40

Gambar 2.45. <i>Small Scale LNG Carrier</i> 20.000 m ³	40
Gambar 2.46. <i>Small Scale LNG Carrier</i> 12.000 m ³	41
Gambar 2.47. <i>LNG Bunkering Vessel</i> 3.000 m ³	41
Gambar 2.48. Peta Penyebaran <i>LNG Plant</i> di Indonesia	44
Gambar 2.49. Peta Rute Tol Laut pada Perairan Indonesia.....	45
Gambar 2.50. Penilaian Terhadap Desain Berbasis Risiko	46
Gambar 2.51. Struktur Organisasi Fungsional	48
Gambar 2.52. Struktur Organisasi Divisional	49
Gambar 2.53. Struktur Organisasi Matriks.....	50
Gambar 2.54. Struktur Organisasi Tim	51
Gambar 2.55. Struktur Organisasi Jaringan.....	52
Gambar 3.1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	58
Gambar 4.1. Pasar <i>Small Scale LNG Carrier</i> Sekarang dan Masa Mendatang	60
Gambar 4.2. Triputra 22.500 m ³	60
Gambar 4.3. Rencana Logistik Pasokan Gas Cluster Bangka-Belitung-Kalbar.....	65
Gambar 5.1. Lokasi Kabupaten Lamongan	68
Gambar 5.2. Kondisi Tanah Calon Lokasi di Lamongan	69
Gambar 5.3. Akses dari Jalan Raya Utama Menuju Calon Lokasi	69
Gambar 5.4. Lokasi Pulau Madura	71
Gambar 5.5. Kondisi Tanah Calon Lokasi di Madura.....	72
Gambar 5.6. Akses dari Jalan Raya Utama Menuju Calon Lokasi	72
Gambar 5.7. Rute Pelayaran <i>Cluster</i> Kalbar-Bangka-Belitung.....	83
Gambar 5.8. Persentase <i>Type C Tanks</i> dan <i>Membrane Tanks</i>	88
Gambar 5.9. Tangki Silinder (Kiri) dan Tangki <i>Bilobe</i> (Kanan).....	89
Gambar 5.10. <i>Small Scale LNG Carrier</i> 30.000 m ³	89
Gambar 5.11. Penilaian Kekuatan untuk Struktur Lambung.....	91
Gambar 5.12. Penilaian Kekuatan untuk Tangki Kargo.....	92
Gambar 5.13. Bagian-bagian <i>Independent Tanks Type C</i>	93
Gambar 5.14. Analisa FEM pada Tangki <i>Bilobe</i>	95
Gambar 5.15. Proses <i>Rolling</i> Pelat Menggunakan <i>Bending Machine</i>	96
Gambar 5.16. Proses Pembentukan <i>Spherical Dish</i>	96
Gambar 5.17. Proses Pengelasan antar Bagian Tangki Menggunakan SAW	97
Gambar 5.18. Pemasangan Tangki Silinder pada Kapal	97
Gambar 5.19. Pemasangan Tangki <i>Bilobe</i> pada Kapal	98
Gambar 5.20. Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Pemasangan Insulasi.....	99
Gambar 5.21. Pengaturan <i>Dual Fuel: Direct-Driven</i> (Kiri) dan <i>Diesel-Electric</i> (Kanan)	100
Gambar 5.22. Proses Manajemen BOG.....	101
Gambar 5.23. <i>Air Dryers</i>	102
Gambar 5.24. <i>Inert Gas Generator</i>	103
Gambar 5.25. <i>Nitrogen Generator</i>	103
Gambar 5.26. <i>LNG Vaporizer</i>	104
Gambar 5.27. <i>Gas Heater</i>	105
Gambar 5.28. <i>Submerged Cargo Pump</i>	105
Gambar 5.29. <i>Spray Pump</i>	106
Gambar 5.30. <i>Pressure Relief Valve</i>	107
Gambar 5.31. <i>Liquid Relief Valve</i>	107
Gambar 5.32. <i>Pressure Vacuum Relief Valve</i>	108
Gambar 5.33. <i>ESD Valve</i>	108
Gambar 5.34. <i>Gas Combustion Unit</i>	109

Gambar 5.35. Tahapan Proses Pembangunan <i>Small Scale LNG Carrier</i>	111
Gambar 5.36. Tahapan Proses Konstruksi <i>Small Scale LNG Carrier</i>	112
Gambar 5.37. <i>General Arrangement Small Scale LNG Carrier</i>	113
Gambar 5.38. <i>Plate Straightening Machine</i>	125
Gambar 5.39. <i>Shot Blasting & Priming Machine</i>	127
Gambar 5.40. <i>Overhead Crane</i>	128
Gambar 5.41. <i>Forklift</i>	129
Gambar 5.42. <i>Conveyor</i>	130
Gambar 5.43. <i>CNC Plasma Cutting Machine (Plate)</i>	131
Gambar 5.44. <i>Plate Bending Machine</i>	132
Gambar 5.45. <i>Hydraulic Press Machine</i>	133
Gambar 5.46. <i>CNC Plasma Cutting Machine (Pipe)</i>	140
Gambar 5.47. Struktur Organisasi Galangan Kapal	150
Gambar 5.48. <i>Layout Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier 2D</i>	155
Gambar 5.49. <i>Layout Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier 3D</i>	156

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik LNG <i>Cargo Containment Systems</i>	34
Tabel 2.2. Selisih Pasokan dan Kebutuhan Gas dalam MMSCFD	43
Tabel 4.1. <i>Vessel Particulars</i> Triputra.....	61
Tabel 4.2. Lokasi Lelang Pasokan LNG untuk Pembangkit di Indonesia Tengah.....	63
Tabel 5.1. Kriteria Kesesuaian Berdasarkan Kemampuan Lahan	74
Tabel 5.2. Kriteria Kesesuaian Berdasarkan Penggunaan Lahan	75
Tabel 5.3. Kriteria Ketersediaan Tenaga Kerja	75
Tabel 5.4. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Kuantitas Bahan Baku.....	76
Tabel 5.5. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Kontinuitas Bahan	76
Tabel 5.6. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Jarak Bahan Baku	77
Tabel 5.7. Pemilihan Lokasi Berdasarkan Permintaan Pasar	78
Tabel 5.8. Pemilihan Lokasi Berdasarkan Rencana Tata Ruang.....	78
Tabel 5.9. Kecukupan Infrastruktur.....	79
Tabel 5.10. Kriteria Lokasi Berdasarkan Harga Tanah	79
Tabel 5.11. Skala Dasar Perbandingan Berpasangan	80
Tabel 5.12. Pertimbangan Pemilihan Lokasi	81
Tabel 5.13. Perhitungan Pembobotan.....	82
Tabel 5.14. Satuan Proses Konversi LNG dari MW ke m ³	83
Tabel 5.15. Perhitungan Durasi Pelayaran	83
Tabel 5.16. Perhitungan Konversi LNG dari MW ke m ³	84
Tabel 5.17. Perhitungan Total Durasi Pelayaran dengan Bongkar Muat	84
Tabel 5.18. Perhitungan Kapasitas Tangki	85
Tabel 5.19. Kebutuhan <i>Small Scale LNG Carrier</i> di Indonesia.....	85
Tabel 5.20. Perbandingan <i>Independent Tanks Type C</i> dengan <i>Membrane Tanks</i>	88
Tabel 5.21. Beban Perancangan untuk <i>Independent Tanks Type C</i>	92
Tabel 5.22. Data Kapal untuk Perhitungan Koefisien dan Berat Baja	114
Tabel 5.23. C _{SO} Kapal	117
Tabel 5.24. Contoh Spesifikasi Berat Tangki <i>Bilobe</i>	118
Tabel 5.25. Ukuran Utama Wärtsilä WSD50 20K	119
Tabel 5.26. Wärtsilä WSD50 20K <i>Steel Weight</i>	119
Tabel 5.27. Total Kebutuhan Berat Material Pembangunan <i>Small Scale LNG Carrier</i>	119
Tabel 5.28. Distribusi Pemesanan Pelat	120
Tabel 5.29. Perhitungan Luas Penyimpanan Pelat	121
Tabel 5.30. Perhitungan Luas Penyimpanan Profil	121
Tabel 5.31. Perhitungan Luas Penyimpanan Pipa	122
Tabel 5.32. Jumlah Hari Kerja Aktif dalam 1 Tahun	123
Tabel 5.33. <i>Shipbuilding Line Chart</i>	124
Tabel 5.34. Kapasitas Produksi pada Setiap Bengkel	125
Tabel 5.35. Spesifikasi <i>Plate Straightening Machine</i>	126
Tabel 5.36. Spesifikasi <i>Shot Blasting & Priming Machine</i>	127
Tabel 5.37. Spesifikasi <i>Overhead Crane</i>	128
Tabel 5.38. Spesifikasi <i>Forklift</i>	129
Tabel 5.39. Spesifikasi <i>CNC Plasma Cutting Machine (Plate)</i>	131

Tabel 5.40. Spesifikasi <i>Flame Planner</i>	132
Tabel 5.41. Spesifikasi <i>Plate Bending Machine</i>	132
Tabel 5.42. Spesifikasi <i>Frame Bending Machine</i>	133
Tabel 5.43. Spesifikasi <i>Hydraulic Press Machine</i>	134
Tabel 5.44. Spesifikasi <i>Overhead Crane</i>	134
Tabel 5.45. Spesifikasi <i>SAW Machine</i>	135
Tabel 5.46. Spesifikasi <i>FCAW Machine</i>	136
Tabel 5.47. Spesifikasi <i>Overhead Crane</i>	136
Tabel 5.48. Spesifikasi <i>SAW Machine</i>	137
Tabel 5.49. Spesifikasi <i>FCAW Machine</i>	138
Tabel 5.50. Spesifikasi <i>Overhead Crane</i>	139
Tabel 5.51. Spesifikasi <i>CNC Plasma Cutting Machine (Pipe)</i>	140
Tabel 5.52. Spesifikasi <i>SAW Machine</i>	142
Tabel 5.53. Spesifikasi <i>FCAW Machine</i>	143
Tabel 5.54. Kebutuhan Tenaga Kerja Langsung di Bengkel Produksi	144
Tabel 5.55. Perencanaan Tenaga Kerja Tidak Langsung	150
Tabel 6.1. Investasi untuk Tanah.....	157
Tabel 6.2. Investasi untuk Bangunan.....	158
Tabel 6.3. Estimasi Nilai Investasi untuk Peralatan Fasilitas Penunjang.....	159
Tabel 6.4. Estimasi Nilai Investasi untuk Pekerjaan Persiapan dan Instalasi.....	161
Tabel 6.5. Estimasi Nilai Total Investasi.....	162
Tabel 6.6. Biaya Tenaga Kerja Galangan Kapal	162
Tabel 6.7. Estimasi Biaya Operasional Total dalam 1 Tahun	164
Tabel 6.8. Nilai Depresiasi Investasi	165
Tabel 6.9. Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan.....	165
Tabel 6.10. Besar Pajak per Tahun (dalam Ribu Rupiah).....	166
Tabel 6.11. Estimasi Pendapatan Galangan Kapal (dalam Juta Rupiah).....	167
Tabel 6.12. <i>Net Present Value (NPV)</i>	167
Tabel 6.13. <i>Cash Flow</i> Galangan Kapal (dalam Ribu Rupiah).....	169
Tabel 6.14. Nilai NPV, IRR, ROI, dan <i>Payback Periode</i>	170

DAFTAR SIMBOL

P_0	=	Design vapour pressure (N/mm ²)
σ_m	=	Design primary membrane stress (N/mm ²)
$\Delta\sigma_A$	=	Allowable dynamic membrane stress (N/mm ²)
C	=	Characteristic tank dimension to be taken as the greatest of $h: 0,75b / 0,45l$ (m)
ρ_0	=	Relative density of cargo (1 for fresh water) at the design temperature
S	=	Ketebalan tangki (mm)
C	=	Corrosion margin/allowance (mm)
D_o	=	Diameter luar tangki (mm)
P_c	=	Perhitungan tekanan
v	=	Efisiensi joint
σ_t	=	Nominal desain tegangan pada desain temperatur metal
α_c	=	Half apex angle of the section
E	=	Faktor efisiensi kerja pada sebuah mesin
DT	=	Down time dari sebuah mesin setiap harinya (menit)
ST	=	Set-up time untuk setiap proses operasi (menit)
D	=	Jam operasi kerja mesin yang tersedia setiap harinya (menit)
N	=	Jumlah mesin yang dibutuhkan untuk beroperasi
P	=	Jumlah beban kerja mesin perhari (ton/hari)
T	=	Total waktu yang dibutuhkan mesin untuk beroperasi (menit/ton)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pasar baru untuk gas alam berkembang pesat dengan potensi yang dimilikinya sebagai sumber energi bersih. Gas alam memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun, dan ramah lingkungan yang tentunya berguna untuk mengurangi tingkat emisi dunia. Gas alam tidak hanya ramah lingkungan tetapi dari segi ekonomis belakangan ini jauh lebih menguntungkan dari minyak (NASDAQ, 2018). Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber energi dan dulunya merupakan salah satu negara pengekspor gas alam terbesar di dunia. Belakangan ini gas alam dimanfaatkan penggunaannya di dalam negeri sebagai bahan bakar pembangkit listrik di beberapa daerah yang tidak terhubung dengan jaringan listrik utama dan kedepannya seluruh produksi gas alam di Indonesia akan dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri. Untuk mempermudah distribusi dari satu tempat ke tempat lainnya, maka gas alam ini dikonversi menjadi gas alam cair atau biasa disebut dengan *Liquefied Natural Gas* (LNG) yang dapat diangkut lewat laut dengan menggunakan LNG *Carrier*. LNG telah menjadi solusi pasar yang sebelumnya tidak dapat dijangkau oleh saluran pipa gas, yaitu sebagai bahan bakar transportasi dan pembangkit listrik untuk daerah yang tidak terhubung dengan jaringan listrik utama (Gas LNG Europe, 2014).

LNG *Carrier* merupakan kapal pengangkut LNG yang berkapasitas 125.000 – 266.000 m³, berbeda dengan *Small Scale LNG Carrier* yang memiliki kapasitas 1.000 – 40.000 m³ (Small Scale LNG Shipping Consultant, 2017). LNG *Carrier* cocok digunakan untuk distribusi LNG antar negara yang beroperasi di perairan internasional, sedangkan untuk distribusi di daerah antar pulau seperti Indonesia lebih tepat menggunakan *Small Scale LNG Carrier* karena LNG *Carrier* berukuran reguler tidak bisa masuk ke lokasi tersebut. Oleh karena itu, *Small Scale LNG Carrier* diperlukan untuk mengangkut LNG ke lokasi-lokasi terpencil yang ada di Indonesia (Keppel Offshore & Marine Technology Centre, 2014).

Dengan adanya regulasi yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization* (IMO), yaitu *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL) Annex VI yang mengatur tingkat emisi lebih rendah seperti SO_x, NO_x, dan *Particulate Matter* (PM), *Small Scale LNG Carrier* memiliki keuntungan berkat sistem *dual fuel engine* yang

dimilikinya, yaitu menggunakan LNG sebagai bahan bakar utamanya. Regulasi ini diperketat dengan dikeluarkannya *Emission Control Areas* (ECAs) yang akan *enter into force* atau mulai berlaku untuk kapal di seluruh dunia pada tahun 2020 (untuk SO_x). *Small Scale LNG Carrier* memiliki pasar yang sangat potensial karena selain memasok LNG untuk kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik, kapal tersebut juga bisa menjadi *LNG Bunkering Vessel* yang dapat mengantar LNG ke kapal lain yang menggunakan LNG sebagai bahan bakar utama mesinnya.

Saat ini pembangunan kapal pengangkut LNG baik *LNG Carrier* maupun *Small Scale LNG Carrier* hanya bisa dilakukan di luar negeri karena kapal tersebut memiliki teknologi tinggi yang belum mampu dikuasai oleh galangan kapal nasional. Maka dari itu, pembangunan *Small Scale LNG Carrier* di galangan kapal dalam negeri perlu dilakukan untuk memajukan industri galangan kapal nasional dan membantu kebutuhan distribusi LNG di Indonesia pada masa mendatang khususnya di daerah-daerah yang membutuhkan gas alam sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan untuk mempercepat pembangunan infrastruktur di daerah tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang yang telah disebutkan di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana potensi pasar *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia?
2. Bagaimana standar proses pembangunan yang perlu dipersiapkan dalam membangun *Small Scale LNG Carrier*?
3. Bagaimana kelayakan teknis maupun ekonomis pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Melakukan analisa terhadap potensi pasar *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia.
2. Analisis standar proses pembangunan yang perlu dipersiapkan dalam membangun *Small Scale LNG Carrier*.
3. Analisis secara teknis maupun ekonomis pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* untuk perairan Indonesia.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Pasar untuk jumlah dan kapasitas *Small Scale LNG Carrier* berdasarkan program 35.000 MW dari pemerintah melalui Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) tahun 2017-2026.
2. Tangki yang digunakan untuk *Small Scale LNG Carrier* adalah IMO *independent tanks type C*.

1.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai referensi pembangunan *Small Scale LNG Carrier* di galangan kapal Indonesia.
2. Menilai kelayakan investasi pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia.

1.6. Hipotesis

Galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* layak dibangun di Indonesia sehingga bisa memajukan industri galangan kapal nasional dan membantu distribusi gas alam ke seluruh wilayah Indonesia.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2 STUDI LITERATUR

2.1. Galangan Kapal

Galangan kapal (*shipyard*) adalah sebuah tempat yang dirancang untuk melakukan proses pembangunan kapal (*shipbuilding*), reparasi kapal (*ship repair*), dan pemeliharaan kapal (*ship maintenance*). Produksi kapal dilakukan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pembeli kapal atau pemilik kapal (*ship owner*). Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh galangan kapal beserta fasilitasnya.



Gambar 2.1. Galangan Kapal

Sumber: Grand Bahama Shipyard, 2016

2.1.1. Jenis Galangan Kapal

Berdasarkan aktivitas yang dilakukan, galangan kapal dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Andreasson, 1980):

- Galangan Kapal Bangunan Baru

Galangan kapal yang hanya dapat membangun kapal baru. Jangka waktu pembangunan kapal baru relatif panjang. Perbandingan antara volume pekerjaan dan jumlah tenaga kerja tidak selalu konstan. Di awal dan akhir proses produksi jumlah pekerjaan lebih sedikit dibanding dengan jumlah tenaga kerja yang tersedia. Hal ini menyebabkan galangan kapal menjadi kurang efisien ditambah lagi dengan jumlah pesanan yang relatif sedikit.

- Galangan Kapal Reparasi

Galangan kapal yang khusus melakukan pekerjaan reparasi kapal, seperti perbaikan *rudder*, *propeller*, *stern tube*, *main engine*, dan lain-lain. Galangan kapal khusus reparasi dapat menerima pekerjaan beberapa kapal dalam kurun waktu yang relatif singkat dan mengingat banyak kapal yang memerlukan jasa reparasi, maka galangan kapal jenis ini lebih terjamin kelangsungannya.

- Galangan Kapal Bangunan Baru dan Reparasi

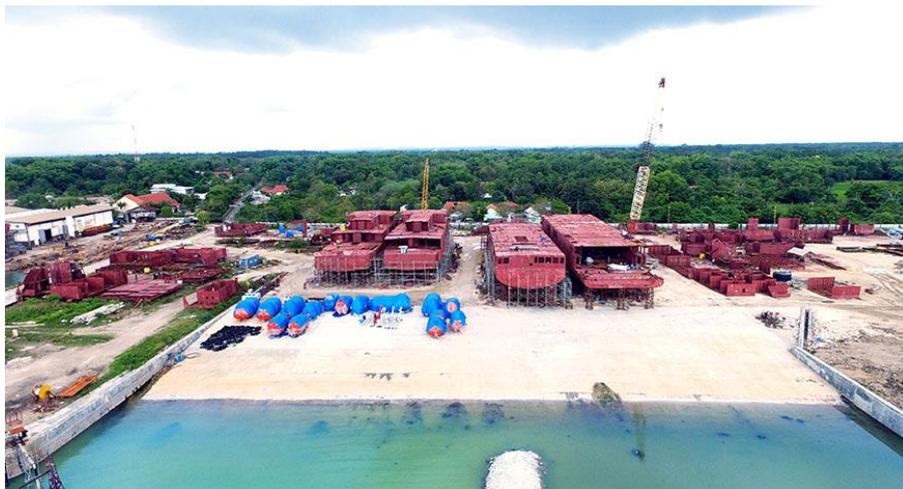
Galangan kapal yang memiliki aktivitas ganda. Galangan kapal jenis ini yang paling banyak terdapat di Indonesia karena tenaga kerja yang tidak dapat digunakan di bangunan baru dapat dialihkan untuk pekerjaan reparasi, sehingga kontinuitas pekerjaan dan kelangsungan hidup galangan kapal lebih terjamin.

2.1.2. Sarana Pokok Galangan Kapal

Untuk dapat beroperasi galangan kapal harus memiliki sarana pokok dan sarana penunjang (Soeharto dan Soejitno, 1996). Untuk galangan kapal bangunan baru, salah satu sarana berikut harus dimiliki, yaitu:

- *Building Berth*

Building berth merupakan tempat pembangunan kapal sekaligus tempat peluncuran setelah kapal selesai dibangun. Perbedaan jenis pembangunan kapal di *building berth* yang digunakan, yaitu dengan cara membangun terlebih dahulu per-*section* atau per-*block*. Gambar 2.2 merupakan contoh sarana pokok *building berth*.



Gambar 2.2. *Building Berth*

Sumber: PT Adiluhung Saranasegara Indonesia, 2017

- *Slipway*

Slipway merupakan salah satu bentuk sarana pokok untuk reparasi kapal yang paling sederhana untuk menaikkan dan menurunkan kapal yang akan direparasi. Konstruksi *slipway* terdiri dari rel yang dipasang pada landasan beton seperti pada *building berth* dan kereta (*cradle*) di atasnya. *Cradle* dapat di naik-turunkan di atas rel dengan bantuan kabel baja (*slink*) yang ditarik mesin derek (*winch*). *Slipway* terdiri dari dua macam, yaitu *slipway* memanjang dan melintang. Keuntungan menggunakan *slipway* sebagai sarana pengedokan dari segi ekonomis adalah relatif lebih murah, sehingga dalam pemilihan sarana pengedokan umumnya dianalisa apakah *slipway* layak dibangun di galangan kapal tersebut. Kemudian dari segi teknis dilakukan analisa terhadap daerah untuk menaikkan dan meluncurkan kapal, karena *slipway* membutuhkan daerah perairan yang terbuka dan membutuhkan area tanah yang panjang untuk jenis *end launching* dan area tanah yang luas untuk jenis *side launching*. Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 merupakan contoh sarana pokok *slipway* jenis *end launching* dan *side launching*.



Gambar 2.3. *Slipway* Jenis *End Launching*

Sumber: Manor Marine, 2010



Gambar 2.4. *Slipway* Jenis *Side Launching*

Sumber: Wikimedia Commons, 2013

- *Graving Dock*

Graving dock adalah tempat untuk membangun atau memperbaiki kapal dimana bentuknya seperti kolam dengan konstruksi beton yang terletak di tepi pantai atau laut. Antara konstruksi kolam dan laut dipasang sekat atau pintu yang kedap air. Cara kerja untuk pembangunan kapal baru, pintu ditutup kemudian air di *dock* dikosongkan dengan cara memompa air keluar. Sedangkan untuk reparasi, kapal dimasukkan, kemudian pintu ditutup, lalu air dipompa keluar dan di bawah kapal diberikan penumpu-penumpu yang akan menopang kapal. Gambar 2.5 merupakan contoh sarana pokok *graving dock*.



Gambar 2.5. *Graving Dock*

Sumber: Atlas Obscura, 2013

- *Floating Dock*

Merupakan jenis *dock* yang *portable* sehingga dapat dengan mudah dipindahkan. *Floating dock* dibuat dari baja sehingga biaya perawatannya cukup mahal. Proses pengedokan dengan cara menenggelamkan dan mengapungkan *dock* pada sarat air tertentu dibantu dengan pompa-pompa pengisi air. Hal terpenting pada saat pengedokan adalah urutan pengisian air ke dalam kompartemen atau *pontoon* agar tidak terjadi defleksi yang terlalu berlebihan pada konstruksi *floating dock* tersebut. Keuntungan penggunaan *floating dock* adalah biaya pembuatan untuk kapasitas yang sama lebih murah daripada *graving dock*, dapat dipindahkan ke tempat lain, dapat mengangkat kapal yang lebih panjang dari *dock*-nya sendiri serta dapat melakukan *self docking* apabila mengalami kerusakan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya perawatan yang mahal, hanya menguntungkan pekerjaan reparasi, umur pemakaian relatif pendek dibandingkan dengan jenis yang lain karena pengaruh korosi, memerlukan perairan yang tenang untuk menjaga stabilitas kapal di atas *dock* serta memerlukan perairan yang dalam. Gambar 2.6 merupakan contoh sarana pokok *floating dock*.



Gambar 2.6. *Floating Dock*

Sumber: Heger Dry Dock, 2011

Floating dock dikenal dalam dua kelas utama, yaitu:

- *Caisson Dock*

Dock yang tidak dapat melakukan pengedokan sendiri, karena *pontoon* yang menyangga kedua belah sisi kiri dan kanan dinding tidak dapat dibagi-bagi

melainkan menerus. Sehingga tidak dapat melakukan *self docking* bila *bottom (pontoon)* mengalami kerusakan.

- *Pontoon Dock*

Dock yang dapat melakukan pendedokan sendiri (*self docking*). *Pontoon dock* dibagi-bagi dalam bagian/seksi, sehingga setiap seksi dapat dilepas dan diangkat secara bergantian ke atas seksi lainnya untuk melakukan pengecatan, pemeliharaan, dan perbaikan.

2.1.3. Pertimbangan Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal

- Pertimbangan Teknis

Faktor utama sebagai bahan pertimbangan teknis pemilihan sarana pokok galangan kapal adalah kondisi lahan dan perairan (Cornick, 1968).

- *Building Berth* dan *Slipway*

Dalam proses peluncuran kapal menggunakan *slipway* terdapat dua macam cara, yaitu memanjang dan melintang. Untuk peluncuran memanjang dibutuhkan lahan yang cukup panjang, sedangkan untuk peluncuran melintang dibutuhkan lahan yang cukup luas untuk menampung kapal secara melintang.

- *Graving Dock*

Dibutuhkan lahan yang cukup luas.

- *Floating Dock*

Dibutuhkan kondisi perairan yang cukup dalam.

- Pertimbangan Ekonomis

Ada enam hal yang menjadi pertimbangan ekonomis dalam pemilihan sarana pokok galangan kapal, yaitu (Cornick, 1968):

- Kapasitas

Untuk *graving dock* tidak ada pembatasan kapasitas maksimum. *Graving dock* cenderung diharapkan dapat menampung kapal dengan kapasitas sebesar mungkin, tetapi untuk *slipway* umumnya tidak lebih dari berat 5.000 ton dan panjang kapal 350 ft (100 meter), karena panjang *slipway* yang berlebihan baik di atas maupun di bawah permukaan air ditambah tempat untuk *cradle* membutuhkan tempat dan perairan yang luas dan dalam membuat kapal susah untuk ditarik dan semakin berat kapal yang naik *slipway*, maka keuntungan yang didapat juga tidak maksimal.

- Biaya Awal Pembangunan

Untuk *slipway* yang diperhatikan adalah faktor ketersediaan lahan, sedangkan untuk *floating dock* harus disiapkan akses untuk mencapai *floating dock* dari darat. Pengangkut material harus dapat masuk ke dalam *floating dock*.
- Biaya Perawatan dan Perbaikan

Untuk *slipway* yang paling sering terjadi kerusakan ada pada *cradle*, tetapi biaya perbaikan kerusakan tersebut masih relatif lebih murah dibandingkan dengan *graving dock* dan *floating dock*. Untuk *floating dock* dibutuhkan inspeksi secara reguler dan pengecatan untuk badan *floating dock*. *Graving dock* dan *floating dock* juga perlu memperhatikan kondisi pompa.
- Biaya Operasional

Slipway relatif lebih murah dibandingkan dengan *graving dock* dan *floating dock*, karena beban operasional pada *slipway* adalah tenaga yang dipakai pada waktu penarikan kapal. Tenaga penarikan tersebut lebih kecil daripada tenaga pompa untuk memompa atau melakukan pengisian air ke dalam *graving dock* dan *floating dock*. Tenaga pompa yang dibutuhkan pada *graving dock* dengan kapasitas yang sama empat kali lebih besar dari *floating dock*.
- Durability (Ketahanan)

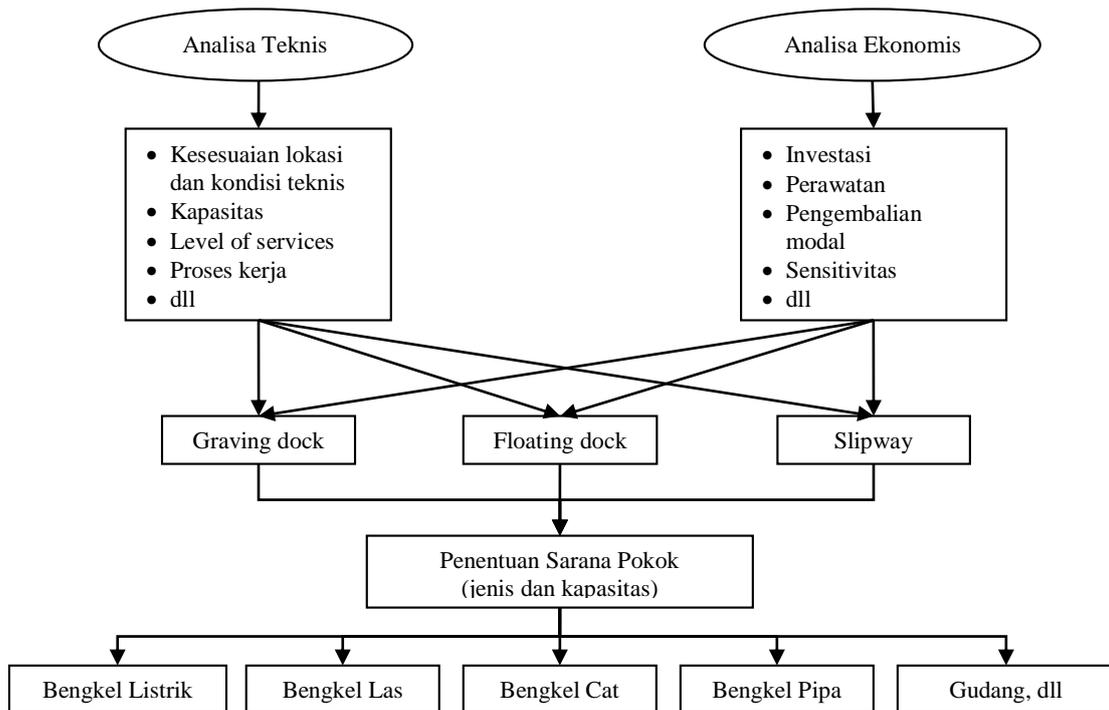
Untuk *floating dock* umumnya tahan sampai umur 30 tahun karena *dock* tersebut mengalami korosi, sedangkan *graving dock* tidak ada batasan waktu yang pasti.
- Kemampuan Beradaptasi

Ketentuan yang diperhatikan dalam memilih antara *graving dock* dan *floating dock* adalah sebagai berikut:

 - a. Lahan yang mahal dan terbatas, sehingga pemilihan lebih cenderung ke *floating dock*.
 - b. *Floating dock* membutuhkan perairan yang lebih dalam.
 - c. *Floating dock* dapat dipindahkan.
 - d. *Graving dock* lebih terjamin keselamatannya.
 - e. Pompa lebih banyak terdapat pada *graving dock*.
 - f. Untuk pembangunan dibutuhkan material yang lebih mahal pada *floating dock* dibandingkan pada *graving dock*.
 - g. Lama pengerjaan lebih lama pengerjaan *graving dock* daripada *floating dock*.
 - h. Biaya perawatan lebih banyak untuk *floating dock*.

2.1.4. Perencanaan Sarana Pokok Galangan Kapal

Perencanaan sarana pokok galangan kapal tentunya akan sangat bergantung pada kapasitas galangan kapal yang terpilih serta jenis pekerjaan yang direncanakan untuk dapat dilayani di galangan kapal tersebut. Gambar 2.7 merupakan proses penentuan sarana pokok galangan kapal.



Gambar 2.7. Proses Penentuan Sarana Pokok Galangan Kapal

Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.7, tahap pertama dalam penentuan sarana pokok galangan kapal adalah penentuan jenis galangan kapal yang paling sesuai. Pemilihan dilakukan dengan mempertimbangkan dua aspek, yakni aspek-aspek teknis dan aspek-aspek ekonomi. Aspek teknis meliputi, diantaranya, kesesuaian lokasi dengan kondisi teknis, kapasitas galangan kapal terencana, jenis pelayanan yang direncanakan serta proses kerja pelayanan pekerjaan. Aspek-aspek ekonomi meliputi gambaran umum (detail akan dilakukan setelah jenis galangan kapal terpilih) investasi, kemampuan pengembalian modal serta aspek-aspek lainnya.

Pelaksanaan pemilihan ini dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu pendekatan kuantitatif, pendekatan kualitatif, dan pendekatan semi kuantitatif/kualitatif. Pemilihan terhadap pendekatan pemilihan ini akan sangat tergantung pada ketersediaan data dan informasi yang berkaitan dengan aspek teknis dan ekonomis yang disampaikan di atas.

Pendekatan kuantitatif dapat dilakukan dengan melakukan penilaian kuantitatif terhadap masing-masing aspek dengan metode *scoring* tertentu. Semakin tinggi preferensi,

maka *score* yang diberikan semakin besar. Jenis galangan kapal yang dipilih adalah galangan kapal dengan *score* terbesar.

Pendekatan kualitatif dilakukan dengan memberikan penilaian kualitatif terhadap preferensi dari masing-masing aspek teknis dan ekonomis melalui *grade* yang ditetapkan di awal. Sebagai contoh, untuk semua aspek dilakukan penilaian apakah aspek tersebut memiliki preferensi Sangat Baik (SB), Baik (B), Sedang (S), Tidak Baik (TB), dan Sangat Tidak Baik (STB).

Pendekatan semi kuantitatif/kualitatif dilakukan dengan melakukan analisa kuantitatif terhadap aspek yang dapat dinilai kuantitatif, dan melakukan analisa kualitatif terhadap aspek yang dapat dinilai kualitatif. Selanjutnya, analisa kualitatif dapat dikonversi menjadi nilai-nilai kuantitatif untuk selanjutnya digabungkan dengan nilai-nilai analisa kuantitatif.

Pemilihan dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan atribut yang akan digunakan sebagai dasar dalam pemilihan. Atribut-atribut tersebut adalah:

- Kesesuaian lokasi dan kondisi teknis, yang meliputi:
 - *Waterfront*
 - Kedalaman air
 - Angin
 - Gelombang
 - Arus
 - Pasang surut
- *Level of services*, yang meliputi:
 - Jenis pekerjaan
 - Mobilitas
- Kapasitas, yang meliputi:
 - Kapasitas angkat
 - Kapasitas produksi
 - Dimensi kapal
 - Posisi kapal
 - Area pembangunan (*building berth*)
 - Waktu keluar-masuk kapal

- Ekonomi, yang meliputi:
 - Investasi awal
 - Biaya perawatan
 - *Life time*
 - Pengembalian modal

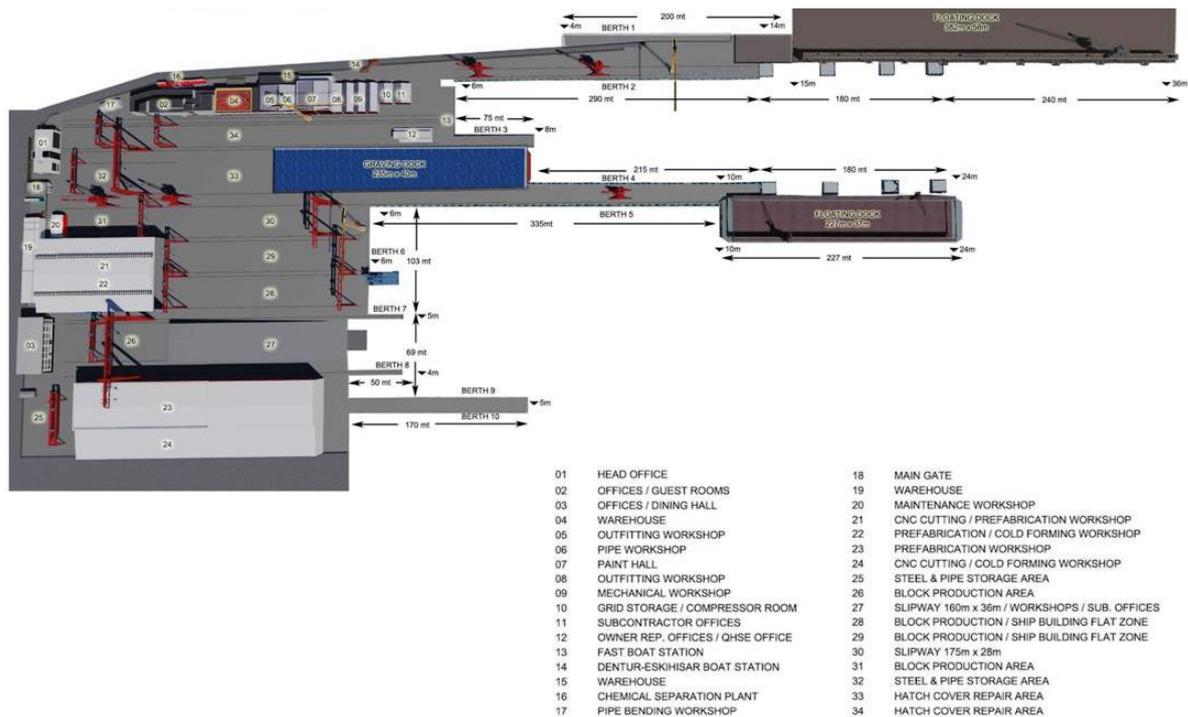
2.1.5. Tata Letak Galangan Kapal

Tata letak galangan kapal merupakan sederetan fasilitas produksi, mulai dari gudang material hingga bengkel perakitan akhir di *building berth* (untuk galangan kapal bangunan baru). Dalam proses pembangunan sebuah galangan kapal, perlu adanya perhitungan secara cermat, mengingat nilai ekonomis dari produk tersebut sangat tinggi dengan suku bunga yang berlaku, maka setiap keterlambatan akan membawa konsekuensi yang besar. Oleh karena itu, jalannya proses pembangunan mulai dari *material supply* hingga mencapai proses *erection* harus berjalan dengan lancar. Sehingga suatu tata letak galangan kapal menjadi salah satu hal yang penting dalam menunjang kelancaran proses produksi. Ketepatan dalam penyusunan tata letak galangan kapal akan membantu kelancaran alur produksi dari proses pembangunan.

Dalam menyusun tata letak galangan kapal, perlu memperhatikan prinsip-prinsip dasar sebagai berikut (Soegiono, 2004):

- Menjaga agar lintasan/urutan dari setiap material atau produk tidak terpotong
- Menjaga jumlah gerakan/perpindahan material sampai produk pada batas minimum
- Memberikan kesempatan yang cukup luas bagi fleksibilitas dan pengembangan di masa yang akan datang
- Memberikan suatu lingkungan kerja yang cukup pada setiap area produksi khususnya ditinjau dari segi keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi

Cara pengaturan tata letak galangan kapal menggunakan kombinasi *process layout* dan *product layout*. *Process layout* merupakan tata letak di mana semua mesin-mesin sejenis dan peralatan sejenis diletakan pada area yang sama. Sedangkan *product layout* adalah tata letak di mana semua mesin produksi disusun berurutan sesuai dengan aliran material. Gambar 2.8 merupakan contoh tata letak dari galangan kapal bangunan baru dan reparasi.



Gambar 2.8. Contoh Tata Letak (*Layout*) Galangan Kapal

Sumber: Besiktas Shipyard, 2017

2.1.6. Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal

Perencanaan tata letak galangan kapal merupakan suatu proses yang sangat penting untuk dilakukan sebaik mungkin. Adapun langkah-langkah yang ditempuh adalah sebagai berikut (Soejitno, 1997):

- Jenis Proses Produksi

Proses produksi kapal terdiri dari dua jenis kegiatan pokok yaitu *hull construction* dan *outfitting work*. Jenis kegiatan ini perlu disusun dalam bentuk arus kegiatan atau sejak dari kedatangan material sampai dengan kapal siap diserahkan.

- Arah Masuk/Keluaran *Material Flow*

Titik awal (*starting point*) dan titik akhir (*ending point*) dari proses produksi tersebut akan sangat ditentukan oleh metode pengiriman material atau bahan baku dengan menggunakan transportasi laut maupun darat. Titik dimana material tersebut datang merupakan *starting point* dari urutan produksi yang telah direncanakan termasuk kemudian pada area lahan yang tersedia.

- Perhitungan Lokasi Fasilitas Utama

Pehitungan luas area masing-masing fasilitas yang diperlukan sesuai dengan kapasitas produksi per tahun yang telah disepakati bersama. Area produksi yang perlu

diperhitungkan luasnya tersebut adalah gudang pelat dan profil, bengkel persiapan dan perawatan material, bengkel fabrikasi, bengkel *sub-assembly* atau *assembly*, *building berth* atau *building dock*, dan bengkel *outfitting* lainnya.

- Penentuan Lokasi Fasilitas Utama

Peletakan lokasi fasilitas utama galangan kapal adalah acuan dari perencanaan lokasi fasilitas penunjang lainnya. Dengan memperhatikan *plotting* yang telah dilaksanakan pada area lahan tersebut, maka fasilitas utama galangan kapal diletakkan pada proporsi urutan produksi yang ditetapkan.

- Penentuan Lokasi Fasilitas Penunjang

Peletakan fasilitas penunjang merupakan suatu pekerjaan perancangan, sehingga dapat terjadi beberapa kali perubahan (*trial and error*) dengan memperhatikan faktor keselamatan kerja, efisiensi, dan pemanfaatan lahan secara optimal.

2.1.7. Tujuan Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal

Tujuan utama yang ingin dicapai dalam perancangan tata letak industri galangan kapal pada dasarnya adalah meminimalkan biaya atau meningkatkan efisien dalam pengaturan segala fasilitas produksi dan area kerja. Disamping itu juga untuk mendapatkan tempat kerja yang nyaman, sistem kerja yang teratur serta kemudahan dalam perawatan keseluruhan sistem. Sedangkan tujuan penataan sarana produksi adalah:

- Mengurangi jarak kerja *material handling*
- Tidak tergantung frekuensi produksi
- Mempermudah perawatan produksi
- Menekan investasi dan ongkos produksi
- Meningkatkan keselamatan kerja
- Meningkatkan efisiensi produksi
- Meningkatkan mutu hasil produksi
- Memudahkan pengawasan

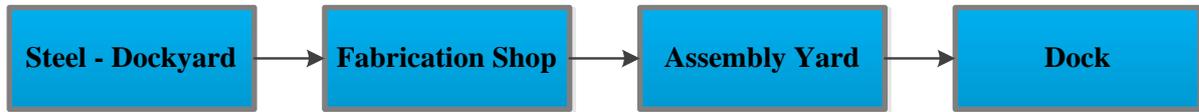
2.1.8. Jenis Dasar Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal

Secara garis besar tata letak (*layout*) dari suatu galangan kapal dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu (Schlott, 1985):

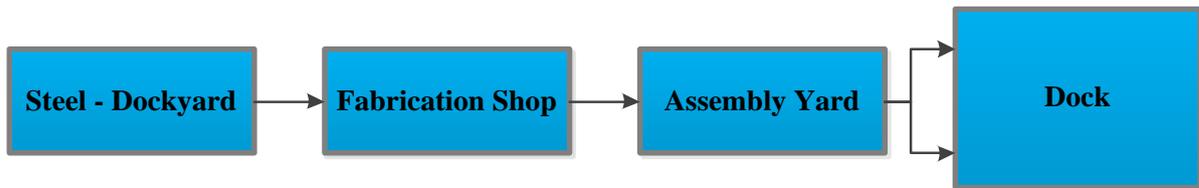
- *Layout Type I* atau *Type T*

Layout jenis ini membutuhkan tempat yang luas dan bebas sehingga ketika *layout* dari bengkel *outfitting*, pengecatan, dan lainnya dibuat, maka tempat atau lahan yang

digunakan akan sangat boros. Pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10 menunjukkan alur proses pengerjaan pada galangan kapal.



Gambar 2.9. *Layout Type I*



Gambar 2.10. *Layout Type T*

- *Layout Type L*

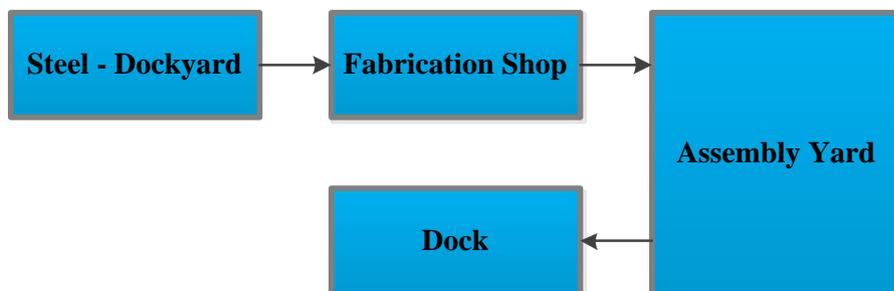
Layout jenis ini membutuhkan area yang relatif lebih sempit bila dibandingkan *type I*. Pada Gambar 2.11 menunjukkan alur proses pengerjaan pada galangan kapal.



Gambar 2.11. *Layout Type L*

- *Layout Type U*

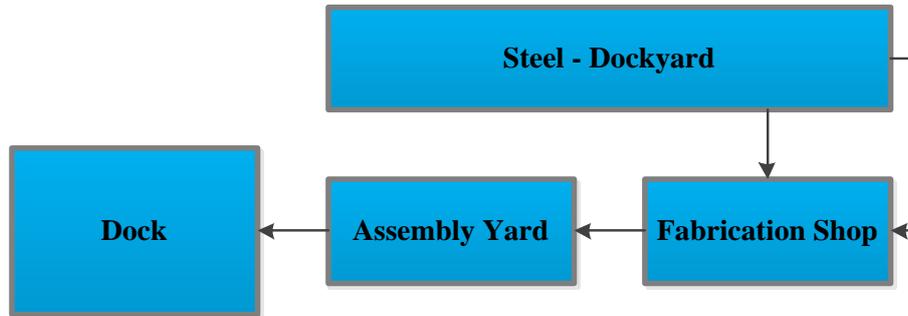
Layout jenis ini memungkinkan dengan area yang kecil, tetapi memerlukan peralatan untuk memutar dalam transportasi bagian-bagian atau *block-block*. Pada Gambar 2.12 menunjukkan alur proses pengerjaan pada galangan kapal.



Gambar 2.12. *Layout Type U*

- *Layout Type Z*

Layout jenis ini merupakan jenis yang kompak. Keuntungan dari *layout Z* masih memungkinkan bila bengkel-bengkel di dalamnya mengalami pengembangan atau perluasan di kemudian hari. Pada Gambar 2.13 menunjukkan alur proses pengerjaan pada galangan kapal.



Gambar 2.13. *Layout Type Z*

2.1.9. Perencanaan Lokasi Galangan Kapal

Ada beberapa analisa teknis yang harus diperhatikan dalam melakukan pemilihan lokasi yang cocok untuk dibangun galangan kapal. Beberapa kriteria tersebut antara lain adalah (Wignjosoebroto, 1991):

- Ketersediaan lahan yang cukup

Luasan lahan harus dikategorikan lebih dari cukup untuk membangun galangan kapal. Semakin luas lahan yang dibangun untuk galangan kapal, maka sangat memungkinkan pihak galangan kapal untuk melakukan variasi pada *layout* galangan kapal serta penambahan fasilitas galangan kapal selain fasilitas pokok dari galangan kapal.

- Keadaan alam dan lingkungan

Keadaan alam dan lingkungan menjadi faktor penting dari pemilihan lokasi. Keadaan alam dan lingkungan ditinjau dari letak geografisnya, cuaca dan iklim, sarana transportasi, angin, gelombang, instansi di sekitar galangan kapal, dan pangsa pasar galangan kapal di sekitar lokasi. Dari letak geografisnya, akan ditinjau dari perbatasan arah mata angin baik dari utara, selatan, timur, dan barat. Untuk sarana transportasi, akan ditinjau dari jalan utama terdekat dengan lokasi dan fasilitas umum seperti pelabuhan atau terminal.

- Fasilitas umum di sekitar lokasi

Fasilitas-fasilitas umum yang berada di sekitar lokasi yang akan dibangun galangan kapal menjadi prioritas juga dalam pemilihan lokasi galangan kapal. Ada beberapa

fasilitas umum yang sangat riskan apabila ada persinggungan dengan rencana galangan kapal yang akan dibuat, seperti tempat peribadatan, sekolah, gedung, jalan utama, dan lain-lain. Sebisa mungkin tempat pembangunan galangan kapal tidak mengorbankan fasilitas umum yang ada, sehingga tidak merugikan orang lain, terutama warga setempat. Apabila di suatu ketika terdapat persinggungan dengan fasilitas umum yang dekat dengan lokasi pembangunan galangan kapal, maka perusahaan galangan kapal harus mengeluarkan biaya yang lebih untuk kompensasi. Persinggungan yang seringkali terjadi terkait masalah pemotongan jalan, gedung, dan lain-lain.

- Keamanan lokasi secara teknis dan lingkungan

Keamanan suatu lokasi juga sangat diperhitungkan di dalam pemilihan lokasi pembangunan galangan kapal. Keamanan dari segi sumbernya dibagi menjadi dua, yaitu faktor keamanan lingkungan dan faktor keamanan teknis. Faktor keamanan lingkungan merupakan keamanan yang berhubungan dengan ancaman dari luar, misalnya perampokan, penjarahan, dan lain-lain. Sedangkan keamanan teknis berasal dari internal perusahaan yang tidak mengganggu fasilitas utama dari galangan kapal itu sendiri.

- Akses logistik ke lokasi

Mudahnya akses logistik ke lokasi akan sangat diperlukan untuk pengiriman material untuk proyek dari galangan kapal. Kedekatan antara lokasi galangan kapal dengan jalan utama akan sangat menguntungkan pihak galangan kapal, baik secara ekonomis maupun secara teknis.

- Kedekatan dengan industri penunjang

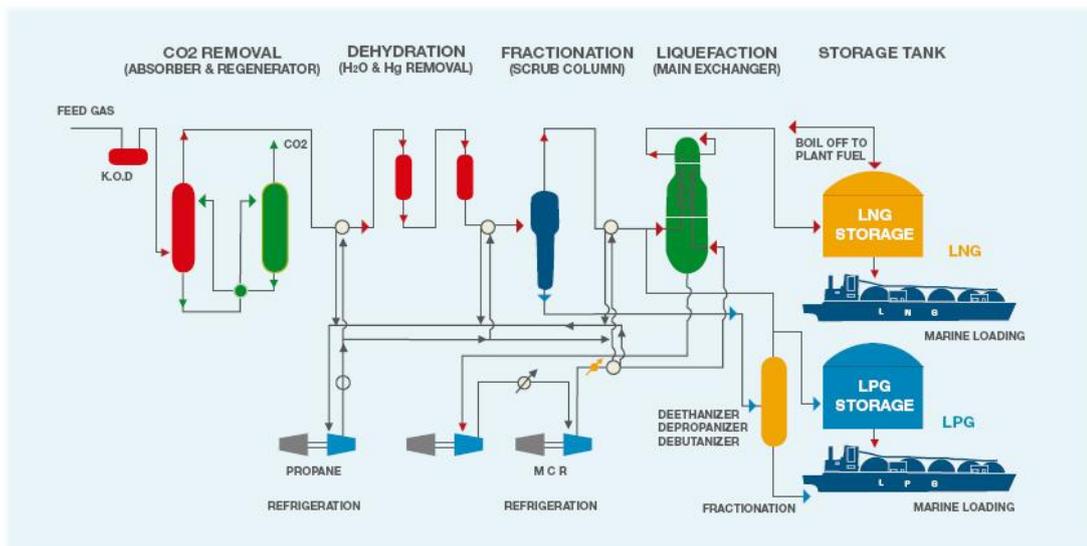
Industri penunjang galangan kapal, misalnya industri material baja juga merupakan kriteria penting dalam pemilihan lokasi galangan kapal. Kedekatan galangan kapal dengan industri penunjang akan mempercepat pembelian material pembangunan kapal dan dapat menghemat biaya transportasi dari pengangkutan material.

- Sumber daya manusia

Kriteria yang tidak kalah penting adalah kriteria sumber daya manusia di sekitar lokasi galangan kapal. Sumber daya manusia yang dimaksud adalah sumber daya manusia yang nantinya dapat menjadi pekerja di galangan kapal. Sumber daya manusia yang sangat dibutuhkan dalam proyek antara lain lulusan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya di bidang perkapalan.

2.2. LNG (*Liquefied Natural Gas*)

LNG adalah gas alam (Metana-CH₄) yang didinginkan sampai suhu minus 160 derajat Celcius pada tekanan atmosfer yang membuatnya menjadi zat cair dan volumenya menjadi 1/600 dari kondisi semula sebagai gas. Kondisi cair ini memungkinkan pengangkutan LNG dilakukan dalam jumlah besar dengan *tanker* LNG. Sebelum gas alam dicairkan, terlebih dahulu partikel-partikel asing dibersihkan dan diproses antara lain melalui *desulfurization*, *dehydration*, dan pembersihan karbon dioksida. Semua proses ini membuat gas menjadi tidak berwarna, transparan, tidak berbau, tidak beracun serta terhindar dari sulfur oksida dan abu. LNG adalah energi yang bersih (1 KWH energi mengandung 446 gram CO₂) juga karena kandungan nitrogen oksida yang kurang (20-37%) serta karbon dioksida (57%) dibandingkan dengan batu bara. Apabila LNG bersentuhan dengan udara, akan menghasilkan uap putih yang dengan mudah terlihat. Karena uap LNG lebih ringan dari udara, ia menguap ke atas. Selain itu karena suhu nyala spontan LNG lebih tinggi dari bensin, sifat ini membuat LNG sebagai energi yang relatif aman. Karena LNG terutama terdiri dari metana, ia mempunyai kalori yang tinggi (12000 kkal/kg) dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya seperti batu bara dan minyak bumi. Sebagai cadangan energi gas alam juga lebih melimpah dan lebih tersebar luas di planet bumi ini dibandingkan dengan minyak (Soegiono dan Artana, 2005). Gambar 2.14 merupakan diagram proses pencairan gas alam.



Gambar 2.14. Diagram Proses Pencairan Gas Alam

Sumber: PT Badak NGL, 2009

2.3. *Small Scale LNG Carrier*

Small Scale LNG Carrier merupakan kapal pengangkut LNG yang memiliki kapasitas angkut sampai dengan 40.000 m³, berbeda dengan *LNG Carrier* pada umumnya yang memiliki kapasitas angkut 125.000 sampai 266.000 m³ (Small Scale LNG Shipping Consultants, 2017). *Small Scale LNG Carrier* digunakan untuk daerah terpencil yang perairannya tidak bisa dilewati oleh *LNG Carrier* dan daerah yang tidak memiliki saluran pipa gas atau dari segi teknis maupun ekonomis tidak memungkinkan untuk dibangun saluran pipa gas di daerah tersebut. Kapal ini juga bisa digunakan sebagai *LNG Bunkering Vessel* untuk mengantar bahan bakar LNG ke kapal lain.

Small Scale LNG Carrier bukan hanya *LNG Carrier* dengan ukuran kapal yang lebih kecil, melainkan dari segi teknis dan ekonomisnya pun berbeda. *Small Scale LNG Carrier* generasi baru juga memiliki keunggulan dari *LNG Carrier* pada umumnya, yaitu:

- Dapat membawa produk yang berbeda seperti LNG, *ethane*, *ethylene*, *propylene*, dan *petrochemicals* lainnya
- Bisa menggunakan terminal besar dan kecil
- Bisa mendistribusikan LNG lebih dekat ke *final customer*

Small Scale LNG Carrier dapat digunakan untuk membawa produk lain dalam jangka waktu lama dan masih bisa menghasilkan uang. *LNG Carrier* tidak dapat melakukan hal tersebut, dan akan tetap kehilangan uang jika tidak ada LNG yang dikirim (Orue, 2015). Gambar 2.15 merupakan contoh *Small Scale LNG Carrier* berkapasitas 7.500 m³.

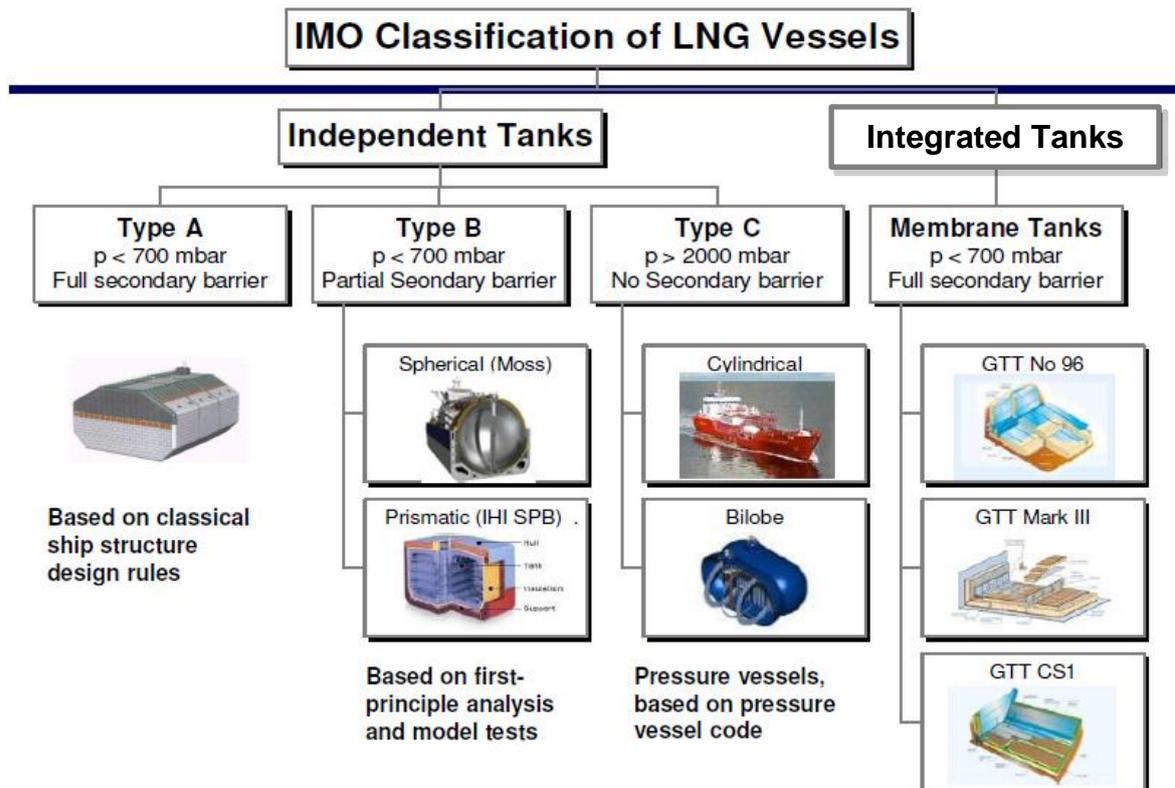


Gambar 2.15. *Small Scale LNG Carrier* 7.500 m³

Sumber: Anthony Veder, 2012

2.4. Jenis Tangki Kapal Pengangkut Gas

Small Scale LNG Carrier menggunakan tangki khusus untuk tempat penyimpanan muatannya. Berbeda dengan *LNG Carrier* yang menggunakan *independent tanks type B* atau *membrane tanks*, *Small Scale LNG Carrier* justru menggunakan *independent tanks type C*, yaitu tangki dengan standar *pressure vessel*. Penggolongan tangki kapal pengangkut gas ini sesuai dengan regulasi IMO yang diatur dalam *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)* seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Jenis Tangki Kapal Pengangkut Gas

Sumber: ABS, Gas Carriers: Arrangements & Characteristics (edited), 2014

Tangki kapal pengangkut gas terdiri dari 4 golongan, yaitu *independent tanks*, *integral tanks*, *membrane tanks*, dan *semi-membrane tanks*. Berikut ini merupakan penjelasan jenis tangki kapal pengangkut gas dari *International Association of Classification Societies (IACS)*.

- *Independent Tanks*

Independent tanks bersifat *self-supporting* yang berarti tangki ini tidak membentuk bagian dari lambung kapal dan tidak berkontribusi terhadap kekuatan lambung kapal. *Independent tanks* terdiri dari tiga jenis, yaitu *independent tanks type A*, *independent tanks type B*, dan *independent tanks type C* (IACS, 2016).

- *Independent Tanks Type A*

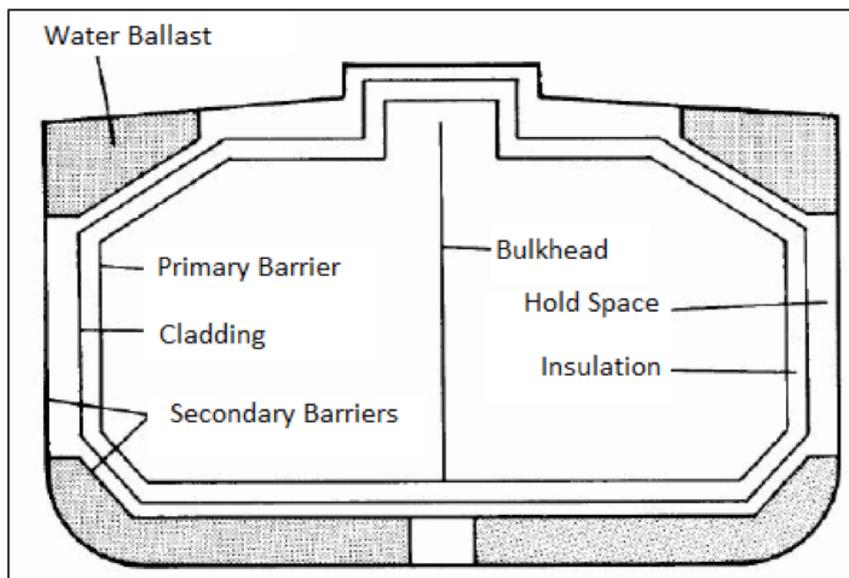
Independent tanks type A dirancang dengan menggunakan *classical ship structural analysis procedures* dari *Classification Society*. Tangki ini memiliki desain tekanan uap P_0 kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar) (IACS, 2016). *Independent tanks type A* umumnya digunakan oleh *LPG Carrier*. Gambar 2.17 merupakan contoh *LPG Carrier* yang menggunakan *independent tanks type A, prismatic tanks*.



Gambar 2.17. *LPG Carrier* dengan *Prismatic Tanks*

Sumber: Maritime Connector, 2014

Gambar 2.18 merupakan *cargo containment systems* dari *independent tanks type A, prismatic tanks*. Untuk bentuk tangki ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2.18. *Cargo Containment Systems Type A*

Sumber: Marine Insight, 2017



Gambar 2.19. *Independent Tanks Type A (Prismatic Tanks)*

Sumber: Sejin Heavy Industries, 2016

- *Independent Tanks Type B*

Independent tanks type B dirancang dengan menggunakan uji model, alat analisis, dan metode analisis untuk menentukan tingkat tegangan (*stress*), umur kelelahan (*fatigue*), dan karakteristik perambatan retak (*crack*). Tangki ini memiliki desain tekanan uap P_0 kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar) (IACS, 2016).

Independent tanks type B dikembangkan oleh Moss Rosenberg menggunakan *spherical tanks* (tangki yang berbentuk bola) dan oleh Ishikawajima Heavy Industries (IHI) menggunakan *self-supporting prismatic tanks*.

Independent tanks type B umumnya digunakan oleh LNG Carrier. Gambar 2.20 dan Gambar 2.21 merupakan contoh LNG Carrier yang menggunakan *independent tanks type B*, *spherical tanks* (Moss) dan *prismatic tanks* (IHI SPB).



Gambar 2.20. LNG Carrier dengan *Spherical Tanks* (Moss)

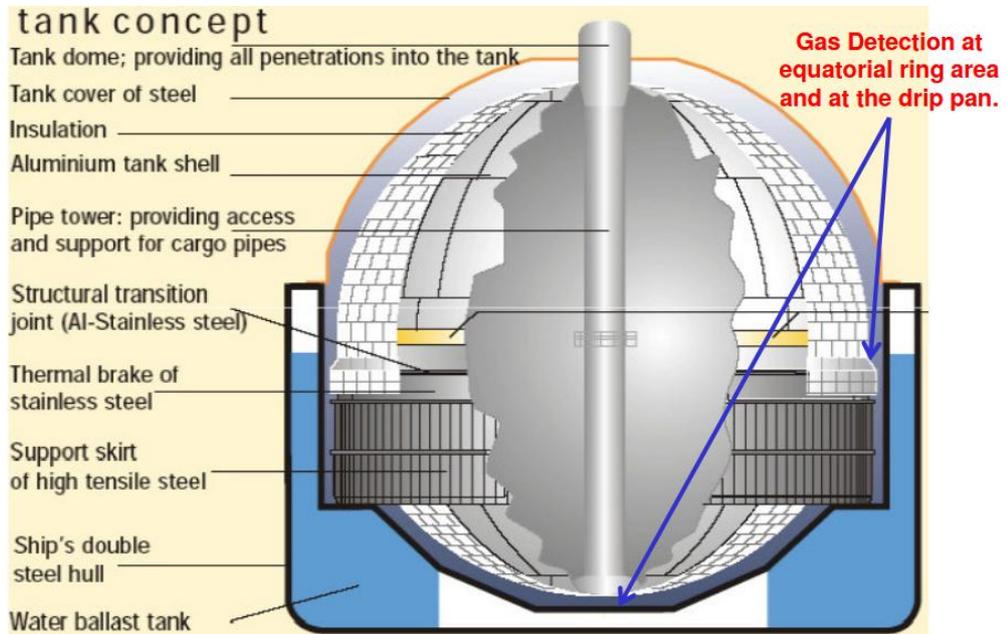
Sumber: Kawasaki Heavy Industries, 2009



Gambar 2.21. LNG Carrier dengan *Prismatic Tanks* (IHI SPB)

Sumber: ConocoPhillips, 2014

Gambar 2.22 merupakan *cargo containment systems* dari *independent tanks type B, spherical tanks* (Moss). Untuk bentuk tangki ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.22. *Cargo Containment Systems Spherical Tanks* (Moss)

Sumber: ABS, *Gas Carriers: Arrangements & Characteristics*, 2014



Gambar 2.23. *Spherical Tanks* (Moss)

Sumber: Moss Maritime, 2010

Gambar 2.24 merupakan *cargo containment systems* dari *independent tanks type B, prismatic tanks* (IHI SPB). Untuk bentuk tangki ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.24. *Cargo Containment Systems Prismatic Tanks* (IHI SPB)

Sumber: Ishikawajima Heavy Industries (IHI), 2015



Gambar 2.25. *Prismatic Tanks* (IHI SPB)

Sumber: Ishikawajima Heavy Industries (IHI), 2014

- *Independent Tanks Type C*

Independent tanks type C adalah tangki yang memenuhi kriteria *pressure vessel* dan memiliki desain tekanan uap P_0 tidak kurang dari (IACS, 2016):

$$P_0 = 0,2 + 0,1AC(\rho_0)^{3/2} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.1)$$

$$P_0 = 2 + AC(\rho_0)^{3/2} \quad (\text{bar})$$

Dimana:

$$A = 0,0185 \left(\frac{\sigma_m}{\Delta\sigma_A} \right)^2 \quad (2.2)$$

σ_m = design primary membrane stress (N/mm²)

$\Delta\sigma_A$ = allowable dynamic membrane stress (double amplitude at probability level $Q = 10^{-8}$) and equal to:

- 55 N/mm² for ferritic-perlitic, martensitic and austenitic steel
- 25 N/mm² for aluminium alloy (5083⁰) (for other materials the value of A will be determined in agreement with the Classification Society)

C = a characteristic tank dimension to be taken as the greatest of h : $0,75b / 0,45l$

h = height of tank (dimension in ship's vertical direction) (m)

b = width of tank (dimension in ship's transverse direction) (m)

l = length of tank (dimension in ship's longitudinal direction) (m)

ρ_0 = relative density of cargo (1 for fresh water) at the design temperature

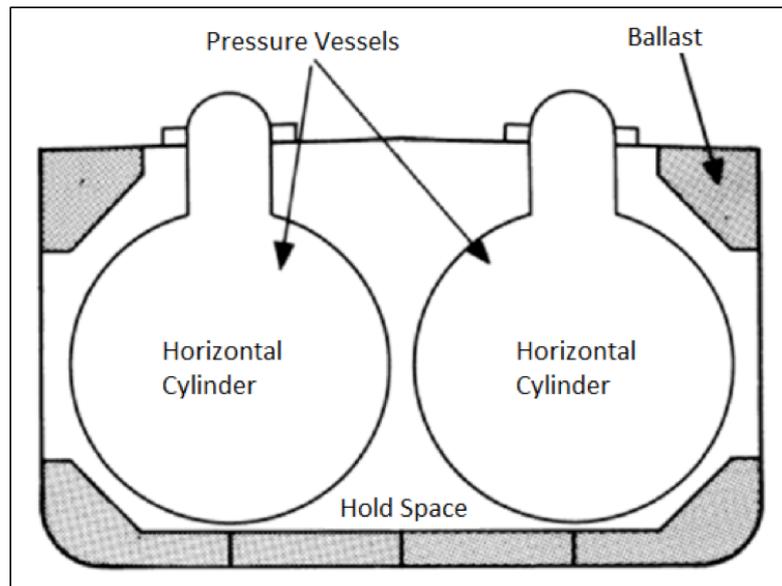
Independent tanks type C umumnya digunakan oleh *Small Scale LNG Carrier* maupun kapal pengangkut LPG, *ethane*, *ethylene*, *propylene*, dan *petrochemicals* lainnya. Gambar 2.26 merupakan contoh *Small Scale LNG Carrier* yang menggunakan *independent tanks type C*, *cylindrical tanks* (tangki yang berbentuk silinder).



Gambar 2.26. *Small Scale LNG Carrier dengan Cylindrical Tanks*

Sumber: ShipSpotting, 2012

Gambar 2.27 merupakan *cargo containment systems* dari *independent tanks type C, cylindrical tanks*. Untuk bentuk tangki ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2.27. *Cargo Containment Systems Cylindrical Tanks*

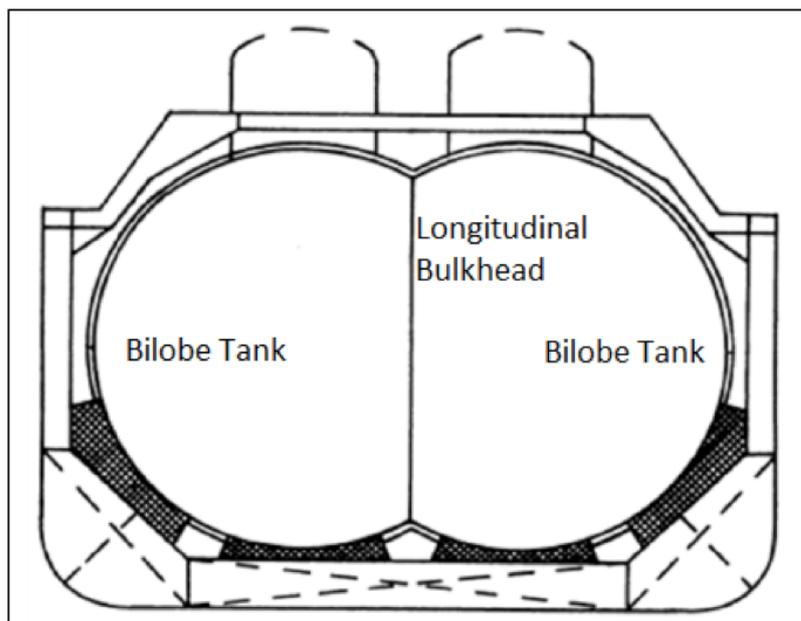
Sumber: Marine Insight, 2017



Gambar 2.28. *Cylindrical Tanks*

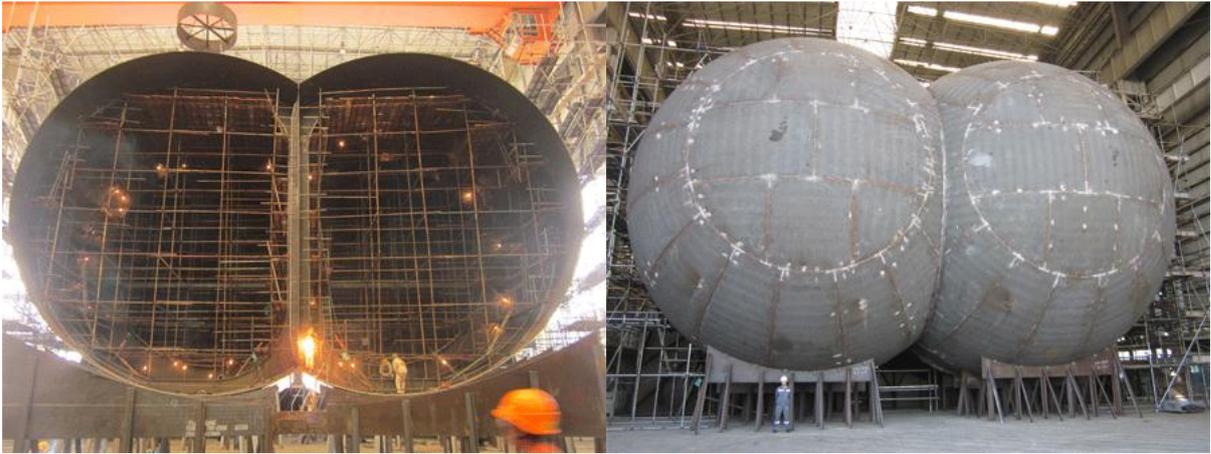
Sumber: ABS, *Gas Carriers: Arrangements & Characteristics*, 2014

Tangki silinder memiliki pengaturan pemasangan yang relatif tidak memanfaatkan volume lambung secara maksimal, tetapi hal ini dapat ditingkatkan dengan menggunakan tangki *bilobe* yang dirancang secara lancip pada bagian depan kapal. Ini adalah pengaturan umum pada tangki kapal *semi-pressurised* (ISGINTT, 2010). Gambar 2.29 merupakan *cargo containment systems* dari *independent tanks type C, bilobe tanks*. Untuk bentuk tangki ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.30.



Gambar 2.29. *Cargo Containment Systems Bilobe Tanks*

Sumber: Marine Insight, 2017



Gambar 2.30. *Bilobe Tanks*

Sumber: Bureau Veritas, 2013

- *Integral Tanks*

Integral tanks membentuk bagian dari struktur lambung kapal dan dipengaruhi dengan cara yang sama oleh beban yang memberi tekanan pada struktur lambung. Tangki ini memiliki desain tekanan uap P_0 biasanya tidak melebihi $0,025 \text{ N/mm}^2$ (0,25 bar), tetapi jika *scantlings* lambung meningkat, P_0 dapat ditingkatkan menjadi lebih tinggi, tetapi kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar). *Integral tanks* dapat digunakan untuk gas cair asalkan temperatur terendah di bagian struktur lambung dalam keadaan tidak di bawah -10°C . Temperatur yang lebih rendah dapat diterima oleh *Classification Society* dengan pertimbangan khusus (IACS, 2016).

- *Membrane Tanks*

Membrane tanks bersifat *non-self-supporting* yang terdiri dari lapisan tipis (*membrane*) yang diperkuat melalui insulasi oleh struktur lambung yang berdekatan. Tangki ini dirancang sedemikian rupa sehingga termal dan ekspansi atau kontraksi lainnya dikompensasi tanpa harus memberi tekanan pada *membrane*. Desain tekanan uap P_0 biasanya tidak melebihi $0,025 \text{ N/mm}^2$ (0,25 bar), tetapi jika *scantlings* lambung meningkat, P_0 dapat ditingkatkan menjadi lebih tinggi, tetapi kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar) (IACS, 2016).

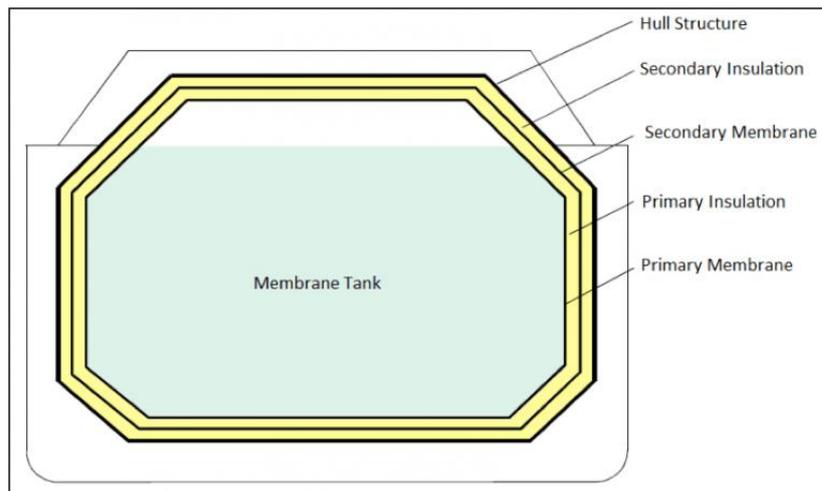
Membrane tanks umumnya digunakan oleh *LNG Carrier*. Gambar 2.31 merupakan contoh *LNG Carrier* yang menggunakan *membrane tanks*.



Gambar 2.31. LNG Carrier (*Membrane Tanks*)

Sumber: Gazprom, 2015

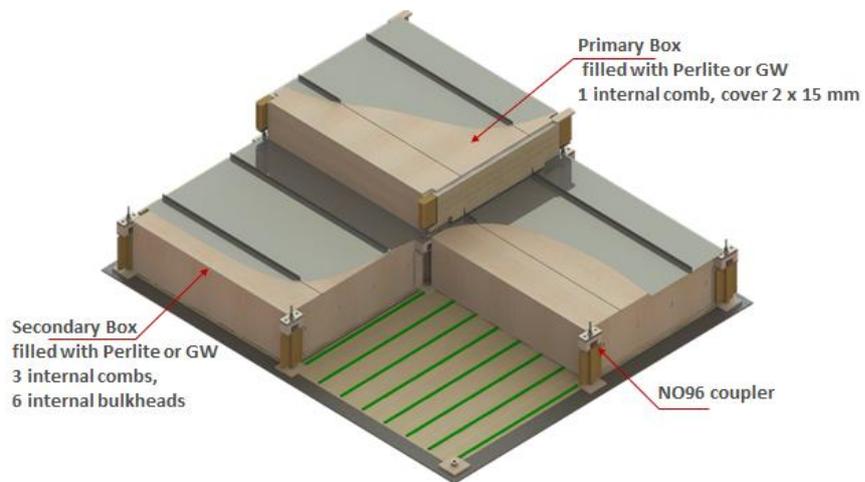
Gambar 2.32 merupakan *cargo containment systems* dari *membrane tanks*.



Gambar 2.32. *Cargo Containment Systems Membrane Tanks*

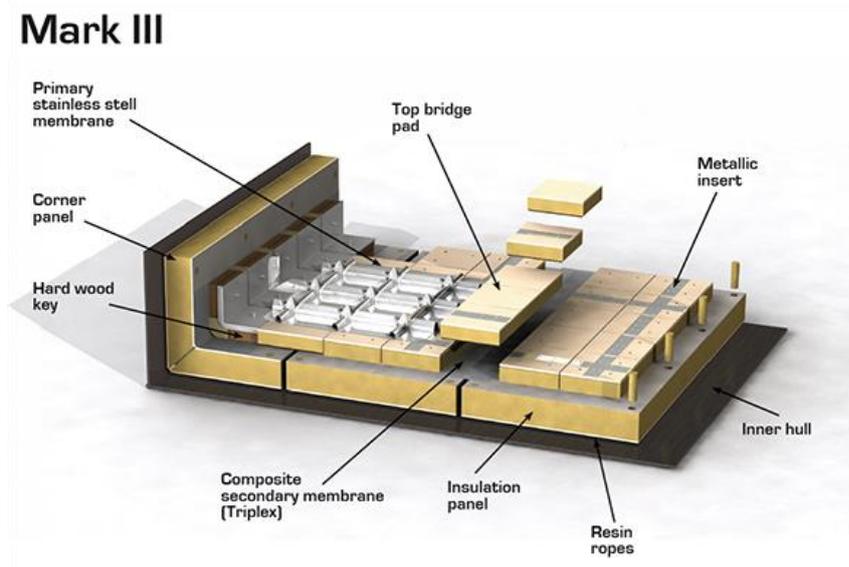
Sumber: Marine Insight, 2017

Membrane tanks dari Gaztransport & Technigaz (GTT), yaitu NO96 dan Mark III adalah jenis yang paling sering digunakan oleh LNG Carrier yang menggunakan *membrane tanks* sebagai *cargo containment systems*-nya. Gambar 2.33 dan Gambar 2.34 merupakan *cargo containment systems* dari NO96 dan Mark III.



Gambar 2.33. *Cargo Containment Systems* NO96

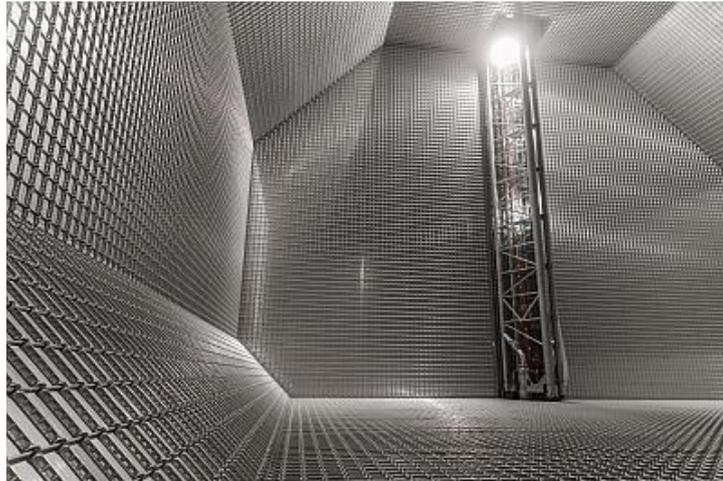
Sumber: GTT, 2015



Gambar 2.34. *Cargo Containment Systems* Mark III

Sumber: GTT, 2015

Untuk bentuk tangki bagian paling dalam (*primary membrane*) ketika sudah dirancang dapat dilihat pada Gambar 2.35.



Gambar 2.35. Membrane Tanks

Sumber: GTT, 2015

- *Semi-Membrane Tanks*

Semi-membrane tanks bersifat *non-self-supporting* dalam kondisi memiliki beban dan terdiri dari lapisan yang diperkuat melalui insulasi oleh struktur lambung yang berdekatan. Sedangkan bagian bulat dari lapisan menghubungkan bagian pendukung yang dirancang untuk mengakomodasi termal dan ekspansi atau kontraksi lainnya. Desain tekanan uap P_0 biasanya tidak melebihi $0,025 \text{ N/mm}^2$ (0,25 bar), tetapi jika *scantlings* lambung meningkat, P_0 dapat ditingkatkan menjadi lebih tinggi, tetapi kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar) (IACS, 2016).

Tabel 2.1 di bawah ini merupakan karakteristik dari LNG *cargo containment systems* (TGE Marine Gas Engineering, 2011).

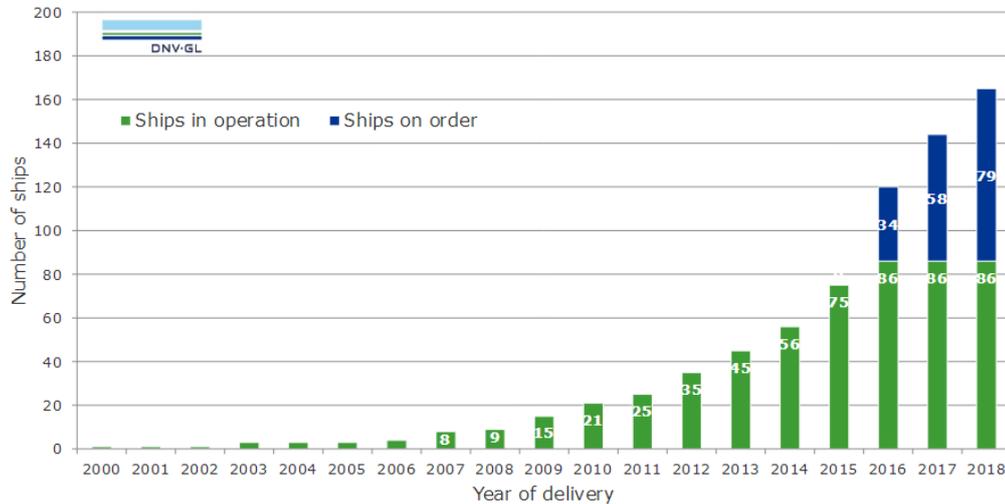
Tabel 2.1. Karakteristik LNG *Cargo Containment Systems*

Tank type	Concept	Pressure	Partial Filling	2nd Barrier	Dis-Advantages	Advantages
Membrane; Semi-Membrane	Integrated in hull	< 0.25 barg (max. 0.7)	No Some Yes	Yes	Very sensitive against pressure variations; Pressure holding necessary; Not gastight	Can be adapted to hull
Independent type						
A	prismatic with straight planes, adapted to hull shape	< 0.7 barg	Yes	Yes	Pressure holding necessary; Very voluminous vent system due to low pressure	Can be approx. adapted to hull shape
B	prismatic with straight planes, adapted to hull shape	< 0.7 barg	Yes	Partly	Pressure holding necessary; Very voluminous vent system due to low pressure	Can be approx. adapted to hull shape
	spherical (Moss)	< 0.7 barg	Yes	Yes	Pressure holding necessary; Space requirements	Very reliable system
C	Independent pressure vessel	> 2 bar	Yes	No*	Space requirements volume factor 3-4 compared with HFO/MDO	- very solid design - Flexible pressure - Easy installation - No leakages occurred - No maintenance needed

Sumber: TGE Marine Gas Engineering, 2011

2.5. Sistem Dual Fuel Engine

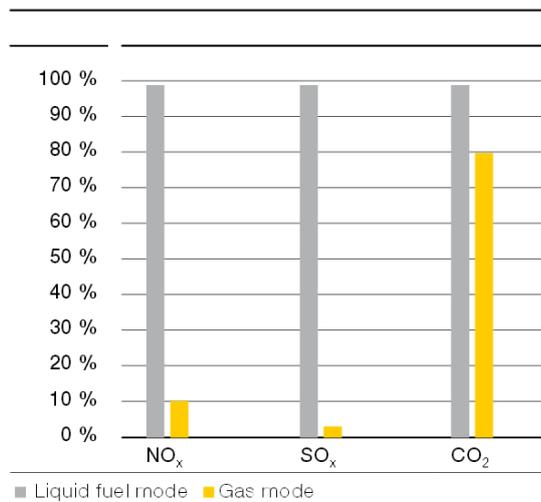
Sistem *dual fuel engine* sekarang ini banyak digunakan oleh berbagai jenis kapal. Sistem ini menggunakan LNG sebagai bahan bakar utama mesin. Gambar 2.36 merupakan jumlah kapal yang menggunakan LNG sebagai bahan bakar utamanya.



Gambar 2.36. Jumlah Kapal yang Menggunakan Bahan Bakar LNG

Sumber: DNV GL, 2016

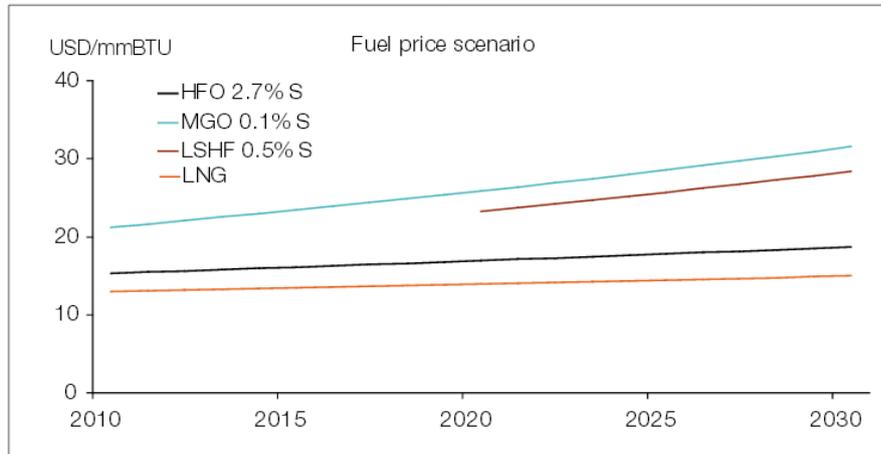
Pada saat proses pembakaran, LNG menghasilkan kandungan SO_x , NO_x , PM, dan CO_2 yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar mesin diesel seperti *Heavy Fuel Oil* (HFO) atau *Marine Diesel Oil* (MDO). Tingginya tingkat emisi dunia mempunyai dampak negatif bagi lingkungan diantaranya adalah menyebabkan polusi udara, pemanasan global, dan pencemaran lingkungan yang berakibat buruk pada kesehatan manusia. Gambar 2.37 menjelaskan penurunan tingkat emisi yang signifikan ketika menggunakan LNG sebagai bahan bakar kapal.



Gambar 2.37. Perbandingan Tingkat Emisi Bahan Bakar *Diesel Oil* dengan LNG

Sumber: MAN Diesel & Turbo, 2013

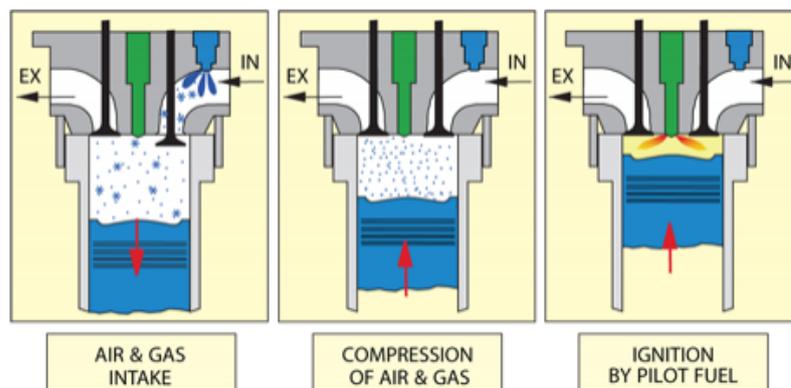
Tidak hanya ramah lingkungan saja, dari segi ekonomis harga LNG juga lebih murah daripada HFO dan MDO. Gambar 2.38 menjelaskan perbandingan harga bahan bakar *diesel oil* dengan LNG untuk saat ini dan kedepannya.



Gambar 2.38. Perbandingan Harga Bahan Bakar *Diesel Oil* dengan LNG

Sumber: MAN Diesel & Turbo, 2012

Dual fuel engine memanfaatkan gas sebagai bahan bakar berdasarkan konsep *otto cycle* dan *diesel oil* berdasarkan konsep *diesel cycle*. Bahan bakar gas yang dipergunakan di sini adalah bahan bakar utama sementara itu *diesel oil* digunakan sebagai *pilot fuel* (bahan bakar pada saat awal operasi *diesel engine*). Pemanfaatan *diesel engine* jenis ini sebagai aplikasi *marine* menjadi lebih baik mengingat rendahnya *gas supply pressure* yang dibutuhkan (sekitar 5 bar) dan karakteristik keselamatan yang sangat baik. Diesel jenis ini tidak dapat dikategorikan sebagai *gas engine* yang hanya memakai gas sebagai bahan bakar motor diesel. Lebih jauh lagi, aplikasi ini memungkinkan kapal LNG tetap beroperasi sekalipun saat kapal tidak mengangkut muatan sama sekali (Soegiono dan Artana, 2005). Gambar 2.39 menjelaskan prinsip kerja *dual fuel engine*.



Gambar 2.39. Prinsip Kerja *Dual Fuel Engine*

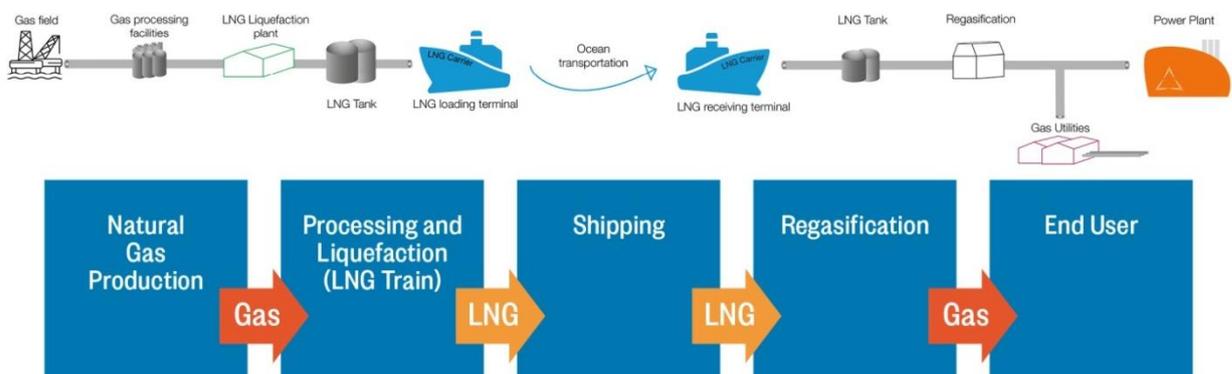
Sumber: Target Global Energy Training, 2011

2.6. Small Scale LNG Supply Chain

Small Scale LNG Supply Chain merupakan rantai pasok LNG berskala kecil yang menjelaskan semua *stakeholder* terkait dengan industri *Small Scale* LNG. Berikut ini merupakan urutan rantai pasok LNG pada umumnya:

- *Gas Field*, tempat sumber gas untuk dieksplorasi dan setelahnya diproduksi menjadi gas alam.
- *Liquefaction Plant (export)*, fasilitas untuk mencairkan gas alam menjadi LNG dan disimpan di *storage* dalam bentuk *cryogenic tank* atau tempat penyimpanan khusus LNG sebelum diangkut oleh kapal.
- *Shipping*, LNG diangkut menggunakan kapal dan dikirim ke *Receiving Terminal*.
- *Receiving Terminal (import)*, fasilitas untuk menerima muatan LNG yang disimpan di *storage (cryogenic tank)* lalu disalurkan ke fasilitas regasifikasi untuk dicairkan kembali menjadi gas alam.
- *End User*, LNG yang sudah dicairkan menjadi gas alam dapat didistribusikan ke *Power Plant* atau fasilitas lainnya.

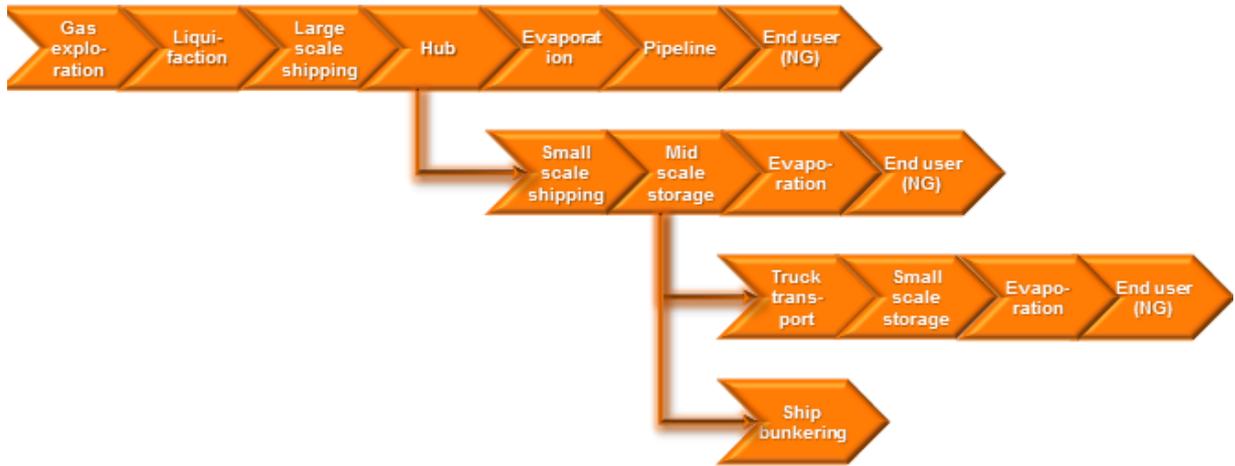
Gambar 2.40 menjelaskan tentang diagram alir LNG *Supply Chain* dari awal sampai konsumen terakhir.



Gambar 2.40. LNG *Supply Chain*

Sumber: Wärtsilä, 2015

Yang membedakan antara LNG *Supply Chain* dengan *Small Scale LNG Supply Chain* adalah dalam transportasinya dimana *Small Scale LNG Carrier* dapat membawa LNG lebih dekat ke *Receiving Terminal* di daerah terpencil atau dapat mengirim muatan melalui LNG *Bunkering Vessel* yang berfungsi sebagai kapal distribusi bahan bakar LNG ke kapal-kapal lainnya. Gambar 2.41 menjelaskan diagram alir dari *Small Scale LNG Supply Chain*.



Gambar 2.41. *Small Scale LNG Supply Chain*

Sumber: Wärtsilä, 2017

2.7. Perkembangan Industri *Small Scale* LNG

Small Scale LNG belakangan ini menjadi daya tarik tersendiri pada beberapa tahun terakhir. Kebijakan emisi lingkungan yang baru dan arbitrase harga minyak dan gas telah membuat banyak daerah mulai membangun infrastruktur berskala kecil. *Small Scale* LNG hingga kini telah berlangsung terutama di Amerika Serikat, Eropa, dan China (International Gas Union, 2015). Gambar 2.42 menjelaskan tentang fasilitas *small scale liquefaction* dan *regasification* yang ada di dunia.



Gambar 2.42. Peta Fasilitas *Small Scale Liquefaction* dan *Regasification*

Sumber: IHS, 2014

Selain itu, *Small Scale* LNG merupakan investasi potensial untuk daerah kepulauan atau tempat yang terpencil. Negara seperti Indonesia yang merupakan negara kepulauan adalah pasar yang sangat cocok untuk diterapkan industri *Small Scale* LNG. Di Indonesia sendiri tepatnya di Pelabuhan Benoa, Bali telah dibangun proyek *Small Scale* LNG berupa *Floating Regasification Unit* (FRU) dan *Floating Storage Unit* (FSU). FRU dan FSU yang berfungsi sebagai terminal LNG ini sudah mulai beroperasi sejak tahun 2016 untuk menyediakan LNG yang sudah diregasifikasi sebagai sumber energi PLTG di Bali. Fasilitas FRU di Pelabuhan Benoa, Bali dapat dilihat pada Gambar 2.43.



Gambar 2.43. FRU Benoa, Bali

Sumber: GAS Entec, 2016

Tidak seperti terminal LNG pada umumnya yang menyatukan fasilitas regasifikasi dan penyimpanan atau biasa disebut *Floating Storage and Regasification Unit* (FSRU), GAS Entec memilih untuk membangun FRU dan FSU secara terpisah untuk Pelabuhan Benoa, Bali. Konsep mini LNG ini telah dipilih karena keterbatasan ruang dan karena kapal besar sulit dioperasikan di Bali (GAS Entec, 2016). Gambar 2.44 menjelaskan skema *Small Scale* LNG yang terdiri dari FRU, FSU, dan *Small Scale* LNG Carrier.



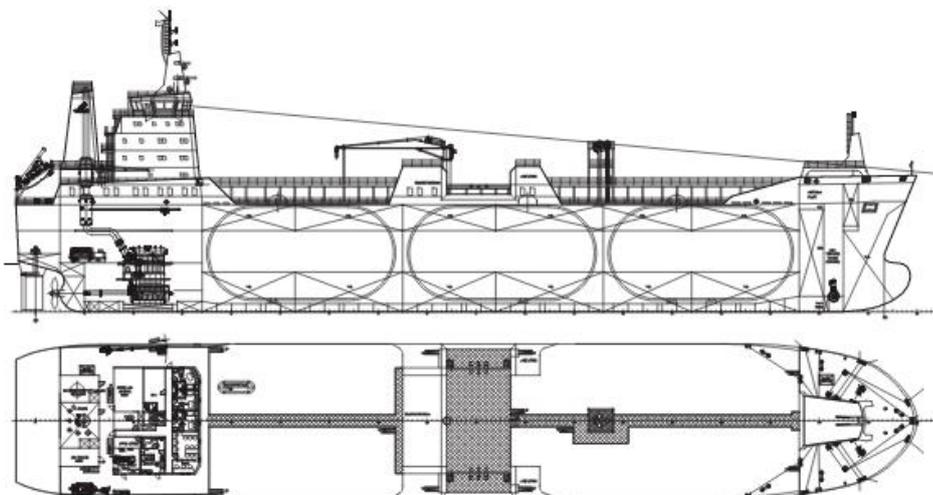
Gambar 2.44. FRU, FSU, dan *Small Scale LNG Carrier* Benoa, Bali

Sumber: Gas Entec, 2016

2.8. Perkembangan Desain *Small Scale LNG Carrier*

Small Scale LNG Carrier merupakan salah satu elemen penting dari *Small Scale LNG Supply Chain*. Wärtsilä, salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri maritim dan energi telah mendesain beberapa *Small Scale LNG Carrier* yang telah mendapatkan *Approval in Principle* (AIP) dari tiga badan klasifikasi yang tergabung dalam *International Association of Classification Societies* (IACS).

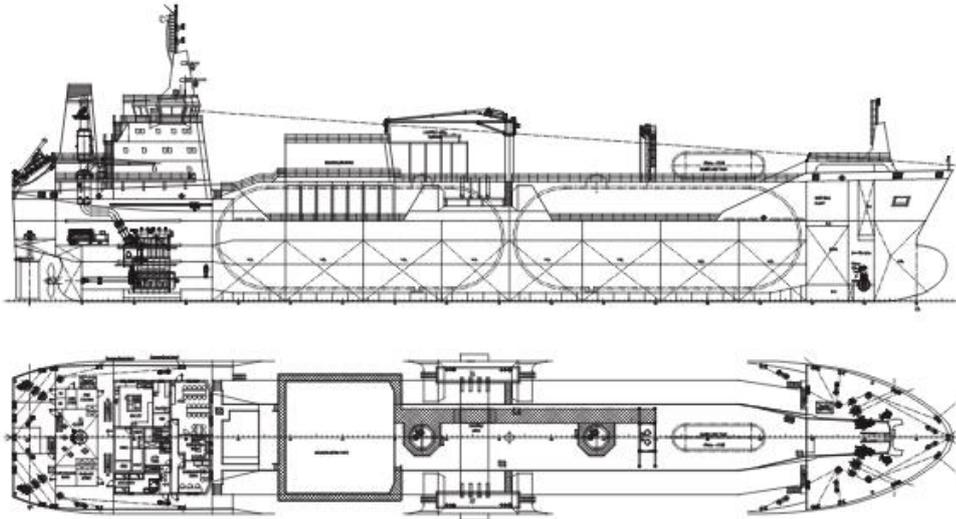
- *Small Scale LNG Carrier* berkapasitas 20.000 m³ yang telah mendapatkan AIP dari *Lloyd's Register* (LR) pada Maret 2015 dan *Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd* (DNV GL) pada Juni 2015.



Gambar 2.45. *Small Scale LNG Carrier* 20.000 m³

Sumber: Wärtsilä, 2015

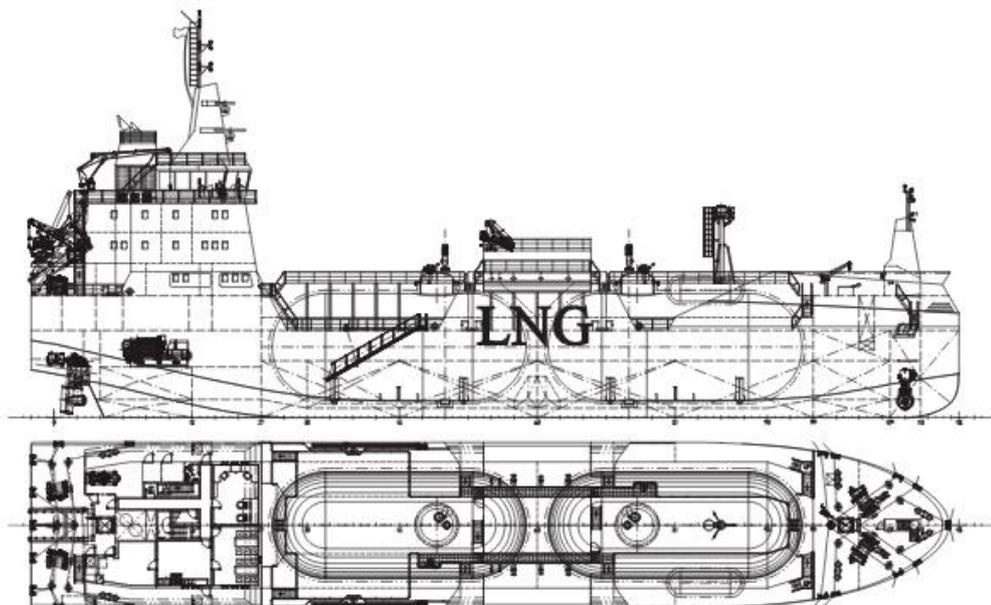
- *Small Scale LNG Carrier* berkapasitas 12.000 m³ yang telah mendapatkan AIP dari *China Classification Society (CCS)* pada Maret 2015 dan *DNV GL* pada Juni 2015.



Gambar 2.46. *Small Scale LNG Carrier* 12.000 m³

Sumber: Wärtsilä, 2015

- *LNG Bunkering Vessel* berkapasitas 3.000 m³ yang telah mendapatkan AIP dari *American Bureau of Shipping (ABS)* pada Maret 2015.



Gambar 2.47. *LNG Bunkering Vessel* 3.000 m³

Sumber: Wärtsilä, 2015

2.9. Jumlah Pasokan dan Kebutuhan Gas Indonesia

Gas bumi dalam Kebijakan Energi Nasional sampai dengan 2050 dioptimalkan pemanfaatannya dan diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan energi baik sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan baku industri. Pemanfaatan gas bumi diprioritaskan untuk pemenuhan kebutuhan industri, pembangkit listrik, rumah tangga (*city gas*) dan transportasi serta diutamakan untuk pemanfaatan yang memiliki nilai tambah yang paling tinggi.

Dalam proyeksi kebutuhan gas bumi sesuai dengan Kebijakan Energi Nasional s.d 2050 tumbuh dari 1,84 *Trillion Standard Cubic Feet* (TSCF) pada tahun 2015 menjadi 3,29 TSCF pada tahun 2025 dan menjadi 9,21 TSCF pada tahun 2050. Pertumbuhan rata-rata kebutuhan gas bumi dari tahun 2015-2020 adalah 6% per tahun, tahun 2020-2025 adalah 7% per tahun, tahun 2025-2030 adalah 5% per tahun, tahun 2030-2040 adalah 5% per tahun dan tahun 2040-2050 adalah 3% per tahun.

Kebutuhan gas bumi mengalami peningkatan yang cukup signifikan dalam periode 2015-2025 (6-7% per tahun), dikarenakan gas bumi dalam periode tersebut, dioptimalkan penggunaannya di dalam negeri baik sebagai bahan bakar maupun bahan baku industri untuk menciptakan nilai tambah yang tinggi di dalam negeri serta sebagai jembatan untuk mempersiapkan penggunaan teknologi yang lebih bersih seperti energi baru dan terbarukan.

Pada periode 2025-2050 kebutuhan gas bumi mengalami perlambatan pertumbuhan dikarenakan dalam periode tersebut, diharapkan energi baru dan terbarukan telah mulai memiliki peran dalam pemenuhan kebutuhan energi terutama untuk sektor kelistrikan dan transportasi, sedangkan gas bumi diprioritaskan untuk pemenuhan kebutuhan energi yang memberikan penciptaan nilai tambah lebih tinggi terutama sektor industri.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyakini kalau potensi cadangan gas Indonesia masih bisa bertahan 59 tahun lagi. Dengan cadangan gas mencapai 170 TSCF dan produksi per tahun mencapai 2,87 TSCF. Perkiraan potensi tersebut didasarkan pada status tahun 2008, dengan komposisi tersebut Indonesia memiliki *reserve to production* (R/P) mencapai 59 tahun (Peta Jalan Kebijakan Gas Bumi Nasional 2014-2030, 2014). Selisih pasokan dan kebutuhan gas untuk Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Selisih Pasokan dan Kebutuhan Gas dalam MMSCFD

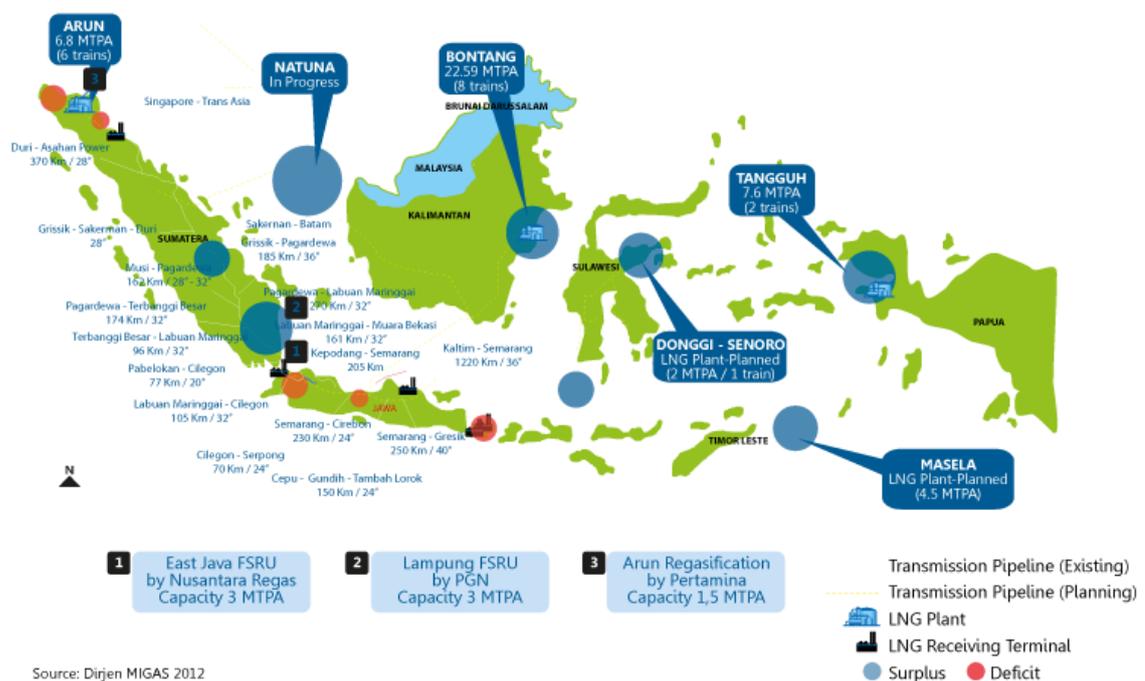
TAHUN	PASOKAN	KEBUTUHAN	SELISIH
2014	6.970	9.494	2.524
2015	7.569	9.613	2.044
2016	7.904	9.455	1.551
2017	7.966	9.808	1.842
2018	8.382	10.150	1.768
2019	8.445	10.553	2.108
2020	7.914	10.894	2.980
2025	5.747	10.577	4.830
2030	3.338	11.144	7.806

Sumber: SKK Migas, 2014

2.10. Penyebaran LNG *Plant* di Indonesia

Biaya produksi listrik di kawasan Indonesia Timur seperti Sulawesi, Papua, Maluku, dan Nusa Tenggara saat ini mencapai 2 hingga 5 kali lipat, dibandingkan biaya produksi listrik di wilayah Jawa Bali dan Sumatera. Hal ini disebabkan masih banyaknya penggunaan pembangkit listrik tenaga diesel. Di sisi lain, upaya optimalisasi pemanfaatan gas dengan menggunakan jaringan pipa, transmisi maupun distribusi, tidak ekonomis untuk dikembangkan. Karena skala kebutuhan gas yang masih marginal, yaitu antara 3 *Million Standard Cubic Feet per Day* (MMSCFD) hingga 30 MMSCFD. Tidak seperti di Jawa dan Sumatera, konstruksi jaringan pipa gas yang ekstensif di Indonesia Timur tidaklah *feasible* (layak) karena permintaan gas yang rendah. *Small Scale* LNG merupakan solusi paling strategis untuk menjembatani antara kondisi pasokan, permintaan, dan kondisi geografis serta jarak antara titik pasokan gas dan titik permintaan di kawasan tersebut. Pemanfaatan LNG akan memberikan efek berantai untuk kawasan timur Indonesia. Seperti mempercepat pertumbuhan industri, percepatan pemanfaatan gas kota, dan terutama efisiensi penggunaan energi primer pembangkit listrik. Jika dapat direalisasikan, pemanfaatan LNG untuk pembangkit listrik akan memberikan penghematan biaya energi primer pembangkit listrik hingga sekitar US\$ 5,4 miliar per tahun karena pengurangan penggunaan solar (Andayani, 2013).

Dengan banyaknya kebutuhan LNG di dalam negeri sejalan dengan meratanya penyebaran LNG *Plant* di beberapa pulau seperti LNG *Plant* Natuna di Kepulauan Riau, LNG *Plant* Bontang di Kalimantan Timur, LNG *Plant* Donggi-Senoro di Sulawesi Tengah, LNG *Plant* Tangguh di Papua Barat, dan LNG *Plant* Masela di Maluku. LNG *Plant* Arun di Sumatera Utara kini telah beralih fungsi menjadi *Receiving Terminal* berupa fasilitas penyimpanan dan regasifikasi akibat minimnya produksi gas. Gambar 2.48 merupakan peta penyebaran LNG *Plant* di Indonesia.



Gambar 2.48. Peta Penyebaran LNG *Plant* di Indonesia

Sumber: Dirjen Migas, 2012

2.11. Perairan Indonesia

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki ambisi menjadi negara maritim sesuai dengan kebijaksanaan Presiden Joko Widodo yang ingin menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia. Kondisi geografis Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas dan perairan yang menghubungkan setiap pulauanya membuat *Small Scale LNG Carrier* dapat mengangkut muatannya ke pulau yang membutuhkan gas alam sebagai sumber energi pembangkit listrik dan untuk menunjang pembangunan infrastruktur di pulau tersebut. Dengan kondisi geografis yang dimilikinya, Indonesia merupakan pasar yang sangat cocok untuk *Small Scale LNG Carrier* beroperasi di dalamnya. Gambar 2.49 merupakan peta rute tol laut pada perairan Indonesia.



Gambar 2.49. Peta Rute Tol Laut pada Perairan Indonesia

Sumber: PetroEnergy, 2016

Manfaat tol laut sangat besar salah satunya berhasil menurunkan harga barang-barang khususnya di Indonesia Timur. Pembangunan tol laut bertujuan untuk mewujudkan konektivitas dan menekan kesenjangan harga antara wilayah Barat dan Timur Indonesia yang disebabkan tidak adanya kepastian ketersediaan barang. Diharapkan dengan adanya trayek-trayek pelabuhan ini agar ada jembatan laut untuk mendistribusikan barang-barang dan penumpang ke lokasi pulau-pulau kecil yang selama ini tidak ada akses transportasi laut (Ramli, 2016).

2.12. Regulasi, Peraturan, dan Standar

Berikut ini merupakan regulasi, peraturan, dan standar yang berperan dalam meningkatkan keamanan dan keandalan desain *Small Scale LNG Carrier* (Lloyd's Register: *Small Scale LNG Ships*, 2015):

- *IGC Code*

Small Scale LNG Carrier merupakan kapal yang termasuk dalam kategori kapal pengangkut gas. Jadi, *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)* merupakan peraturan yang wajib diikuti oleh kapal ini.

- *IGF Code*

International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code) berisi standar tentang kapal berbahan bakar gas. *IGF Code* tidak berdampak pada

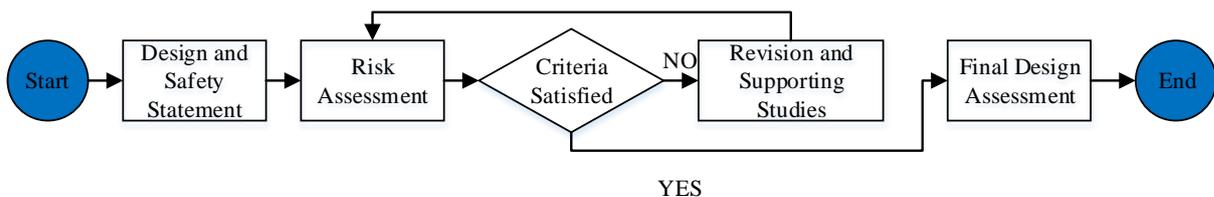
sertifikasi kapal *Small Scale LNG Carrier*, tetapi memahami tujuan dari kode ini dan menganut prinsip dasarnya pada konsep awal desain *Small Scale LNG Carrier* akan memberi nilai tambah.

- Peraturan dan Regulasi Klasifikasi

Peraturan dan regulasi dari klasifikasi yang sudah tergabung dalam IACS dan mengikuti perkembangan dari *IGC Code* dan *IGF Code* melalui partisipasinya dan telah bertindak sebagai penasihat teknis pada pertemuan IMO serta klasifikasi yang sudah memiliki pengalaman dalam proyek kapal pengangkut gas dan kapal berbahan bakar gas.

- Penilaian terhadap Desain Berbasis Risiko

Dengan teknologi baru yang diadopsi oleh *Small Scale LNG Carrier*, persyaratan dalam kode, peraturan, dan regulasi internasional tidak selalu memadai. Dalam kasus ini, dapat dilakukan penilaian desain dengan menggunakan metodologi penilaian terhadap desain berbasis risiko yang dapat dilihat pada Gambar 2.50.



Gambar 2.50. Penilaian Terhadap Desain Berbasis Risiko

Sumber: Lloyd's Register: *Small Scale LNG Ships*, 2015

Dalam kasus persyaratan statutori tertentu, pendekatan penilaian risiko ini sebenarnya perlu dilakukan. Cara ini memungkinkan teknik yang lebih inovatif dan membantu mengatasi tantangan dalam keandalan merancang dan menilai teknologi *Small Scale LNG Carrier*.

- SIGTTO

IGC Code dan *IGF Code* tidak menangani operasi bongkar muat atau transaksi *LNG Bunkering Vessel*. Dalam kasus ini, *Society of International Gas Tanker and Terminal Operators* (SIGTTO) telah mengembangkan berbagai publikasi dan panduan terbaik, dengan masukan dari anggotanya dan memanfaatkan pengalaman terminal dan operator. Hal ini menjadikan SIGTTO diterima sebagai standar yang ditetapkan dalam industri ini.

- Standar dan Panduan Industri

Transaksi LNG tidak bisa sukses tanpa keahlian pembuat kebijakan teknis. Beberapa standar yang telah dipertimbangkan dalam industri *Small Scale* LNG adalah:

- *Guidelines of the International Association of Oil and Gas Producers* (OGP)
- *International Organization for Standardization (ISO) Guidelines for Systems and Installations for Supply of LNG as Fuel to Ships* (ISO/TS 18683:2015)
- *USCG Policy Letters USCG CG-ENG No. 02-15 – Design Standards for U.S. Barges Intending to Carry Liquefied Natural Gas in Bulk*, dan *USCG CG-521 No. 01-12 – Equivalency Determination – Design Criteria for Natural Gas Fuel Systems*
- *British Standards Institution (BSI) standards, BS EN 1474-1:2008, -2:2008, -3:2008 – Installation and equipment for liquefied natural gas. Design and testing of marine transfer systems*

- MARPOL Annex VI

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) adalah regulasi yang dikeluarkan oleh IMO yang bertujuan untuk mengatur pencegahan pencemaran dari kapal. MARPOL Annex VI merupakan regulasi yang bertujuan untuk mengurangi emisi SO_x, NO_x, dan PM secara global. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan sistem *dual fuel engine* pada kapal, yaitu menggunakan *diesel oil* dan LNG sebagai bahan bakar utama mesin. MARPOL Annex VI juga mengeluarkan *Emission Control Areas* (ECAs) untuk mengurangi emisi udara lebih jauh pada beberapa wilayah laut tertentu.

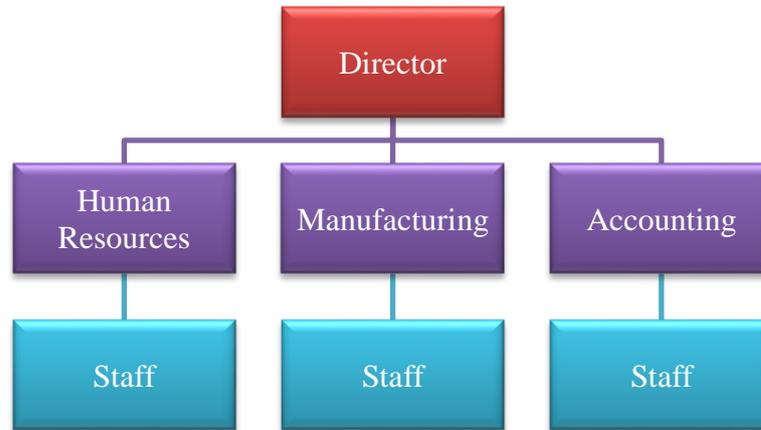
2.13. Organisasi

Organisasi adalah kesatuan (*entity*) sosial yang dikoordinasikan dengan sadar, dengan sebuah batasan yang relatif dapat diidentifikasi, yang bekerja atas dasar relatif terus menerus untuk mencapai suatu tujuan bersama (Robbins, 1998). Organisasi dalam suatu galangan kapal umumnya terbagi dalam beberapa departemen meliputi administrasi, produksi, teknis, pengadaan material, *quality assurance*, dan manajemen proyek (Storch et al, 1995).

Di dalam organisasi terdapat sebuah struktur yang berfungsi sebagai suatu susunan dan hubungan antar tiap bagian serta posisi yang ada pada suatu organisasi atau perusahaan dalam menjalankan kegiatan operasional. Struktur organisasi merupakan hal yang sangat penting dalam suatu organisasi atau perusahaan, baik organisasi tersebut berskala kecil maupun besar tetap memerlukan struktur organisasi yang jelas untuk mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan bersama. Berikut ini merupakan jenis-jenis struktur organisasi (Daft, 2016):

- Fungsional

Orang-orang dikelompokkan ke dalam departemen-departemen menurut kesamaan keterampilan dan aktivitas-aktivitas kerja. Gambar 2.51 merupakan bagan dari struktur organisasi fungsional.



Gambar 2.51. Struktur Organisasi Fungsional

- Keunggulan Fungsional
 - a. Penggunaan sumber daya yang efisien, skala ekonomis
 - b. Spesialisasi keterampilan yang mendalam dan pengembangan
 - c. Kemajuan karier dalam departemen fungsional
 - d. Panduan dan pengendalian dari manajemen puncak
 - e. Koordinasi yang luar biasa dalam fungsi-fungsi
 - f. Pemecahan masalah teknis yang berkualitas
- Kelemahan Fungsional
 - a. Komunikasi lintas departemen fungsional yang buruk
 - b. Tanggapan lambat yang diberikan pada perubahan lingkungan, ketinggalan inovasi
 - c. Keputusan terkonsentrasi pada hirarki puncak, menciptakan penundaan
 - d. Tanggung jawab bagi masalah yang muncul sulit ditunjukkan secara tepat
 - e. Pandangan terbatas mengenai sasaran organisasi dari pada karyawan
 - f. Pelatihan manajemen umum yang terbatas bagi karyawan

- Divisional

Departemen dikelompokkan ke dalam divisi mandiri terpisah berdasarkan pada kesamaan produk, program, atau daerah geografis. Perbedaan keterampilan merupakan dasar departementalisasi, dan bukannya kesamaan keterampilan. Gambar 2.52 merupakan bagan dari struktur organisasi divisional.

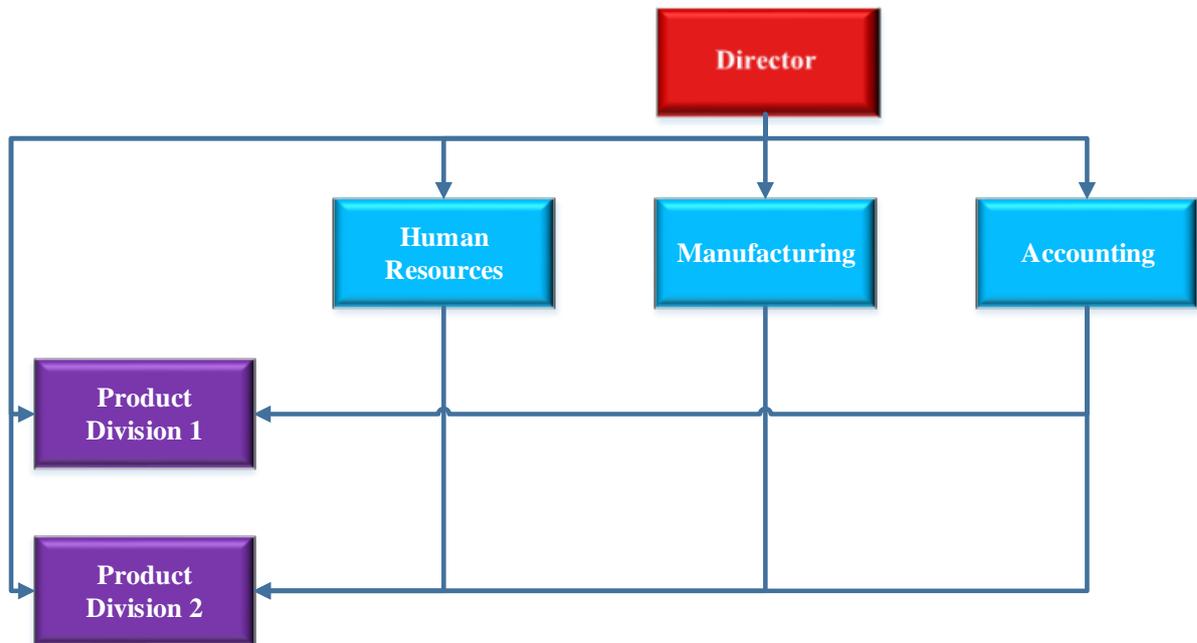


Gambar 2.52. Struktur Organisasi Divisional

- Keunggulan Divisional
 - a. Cepat tanggap, fleksibilitas pada lingkungan yang tidak stabil
 - b. Memperhatikan kebutuhan konsumen
 - c. Koordinasi yang luar biasa lintas departemen fungsional
 - d. Pembebanan tanggung jawab yang jelas bagi permasalahan produk
 - e. Penekanan terhadap keseluruhan produk dan tujuan divisional
 - f. Pengembangan keterampilan manajemen umum
- Kelemahan Divisional
 - a. Duplikasi sumber daya lintas divisi
 - b. Kurang pendalaman teknis dan spesialisasi dalam divisi-divisi
 - c. Koordinasi yang buruk lintas divisi
 - d. Kurangnya kendali sumber daya manajemen puncak
 - e. Kompetisi untuk sumber daya perusahaan

- Matriks

Rantai komando divisional dan fungsional diimplementasikan secara simultan dan membebani satu sama lainnya dalam departemen yang sama. Terdapat dua rantai komando, dan beberapa karyawan memberikan laporan pada dua bos. Gambar 2.53 merupakan bagan dari struktur organisasi matriks.

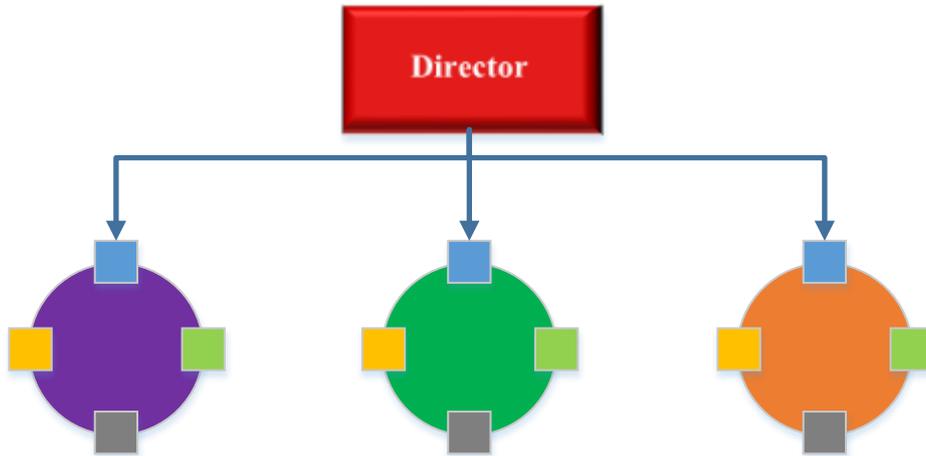


Gambar 2.53. Struktur Organisasi Matriks

- Keunggulan Matriks
 - a. Penggunaan sumber daya yang lebih efisien dibandingkan pada hirarki tunggal
 - b. Fleksibilitas dan adaptabilitas terhadap lingkungan yang terus berubah
 - c. Pengembangan keterampilan manajemen umum dan spesialis
 - d. Kerja sama interdisiplin, ketersediaan ahli untuk seluruh divisi
 - e. Pelebaran tugas-tugas bagi para karyawan
- Kelemahan Matriks
 - a. Frustrasi dan kebingungan dari rantai komando ganda
 - b. Konflik tinggi antara dua sisi matriks
 - c. Banyak pertemuan, lebih banyak diskusi daripada tindakan
 - d. Membutuhkan pelatihan hubungan manusia
 - e. Dominasi kekuatan oleh salah satu sisi matriks

- Tim

Organisasi membentuk serangkaian tim untuk menyelesaikan tugas-tugas khusus dan untuk mengkoordinasikan departemen-departemen utama. Gambar 2.54 merupakan bagan dari struktur organisasi tim.



Gambar 2.54. Struktur Organisasi Tim

- Keunggulan Tim
 - a. Punya beberapa keunggulan struktur fungsional
 - b. Mengurangi hambatan antar departemen, meningkatkan kompromi
 - c. Mengurangi waktu untuk merespon, keputusan lebih cepat diambil
 - d. Moral yang lebih baik, antusiasme dari keterlibatan karyawan
 - e. Mengurangi biaya *overhead* administrasi rutin
- Kelemahan Tim
 - a. Loyalitas ganda dan konflik
 - b. Waktu dan sumber daya lebih banyak untuk pertemuan
 - c. Desentralisasi tidak terencana
- Jaringan

Organisasi menjadi suatu pusat yang kecil, terhubung secara elektronik dengan organisasi lainnya yang melakukan fungsi-fungsi vital. Departemen bersifat independen dan melayani kontrak dengan sentral untuk mendapatkan keuntungan. Gambar 2.55 merupakan bagan dari struktur organisasi jaringan.



Gambar 2.55. Struktur Organisasi Jaringan

- Keunggulan Jaringan
 - a. Daya saing global
 - b. Fleksibilitas tenaga kerja atau tantangan
 - c. Mengurangi biaya administratif
- Kelemahan Jaringan
 - a. Tidak ada pengendalian langsung
 - b. Dapat kehilangan bagian organisasi
 - c. Lemahnya loyalitas karyawan

2.14. Investasi

Investasi adalah penanaman modal yang dilakukan oleh investor, baik investor asing maupun domestik dalam berbagai bidang usaha yang terbuka untuk investasi, yang bertujuan untuk memperoleh keuntungan (Salim dan Sutrisno, 2008). Tujuan utama investasi adalah memperoleh berbagai manfaat yang cukup layak di masa mendatang. Manfaat tersebut dapat berupa imbalan keuangan, misalnya laba, manfaat non-keuangan atau kombinasi dari keduanya.

Studi kelayakan juga berperan penting dalam proses pengambilan keputusan investasi. Kesimpulan dan saran yang disajikan pada akhir studi merupakan dasar pertimbangan teknis dan ekonomis untuk memutuskan apakah investasi pada proyek tertentu layak dilakukan. Keputusan ini tidak harus selalu identik dengan saran yang diajukan. Untuk itu, ada banyak peralatan yang bisa digunakan untuk mengukur kelayakan investasi diantaranya adalah:

- *Net Present Value* (NPV)
- *Ratio Benefit and Cost* (Ratio B/C)
- *Internal Rate Return* (IRR)
- Sementara periode mengembalikan dapat diukur dengan menggunakan rumus *Payback Period* (PP), selanjutnya akan dihitung *Break Even Point* (BEP) dan analisis sensitivitas. Adapun aspek-aspek studi kelayakan proyek mencakup:
 - **Pasar dan Pemasaran**
Evaluasi aspek pasar dan pemasaran meliputi kedudukan produk yang direncanakan pada saat ini, komposisi dan perkembangan permintaan produk dari mulai yang lampau sampai saat sekarang, proyeksi permintaan di masa yang akan datang, kemungkinan persaingan dan peranan pemerintah dalam menunjang perkembangan pemasaran.
 - **Evaluasi Teknis**
Evaluasi teknis meliputi penentuan kapasitas produksi ekonomis proyek, jenis teknologi yang paling sesuai serta penggunaan mesin dan peralatan. Disamping itu perlu juga diteliti dan diajukan saran tentang lokasi proyek dan tata letak pabrik yang paling menguntungkan ditinjau dari berbagai segi. Selain itu evaluasi teknis meliputi bagaimana kebutuhan tenaga kerja, bagaimana kebutuhan akan sarana produksi dan bagaimana rencana pengembangannya di masa yang akan datang.
 - **Manajemen Operasi Proyek**
Proyek tidak dapat beroperasi dengan baik dan berhasil tanpa didukung tenaga manajemen yang *capable*, bermotivasi, dan berdedikasi. Sebelum keputusan investasi diambil, harus ada gambaran terlebih dahulu tenaga manajemen apa, dalam jumlah berapa diperlukan untuk mengelola proyek yang akan direncanakan. Agar dapat menarik dan mempertahankan tenaga kerja ahli yang berdedikasi tinggi, proyek yang direncanakan harus mampu menyediakan dana balas jasa tenaga kerja yang memadai pula.
 - **Aspek Ekonomi dan Keuangan**
Untuk menentukan layak tidaknya suatu investasi ditinjau dari aspek keuangan dapat diukur dengan beberapa kriteria. Setiap penilaian 'layak' diberikan nilai standar untuk usaha yang sejenis dengan cara membandingkan dengan target yang telah ditentukan. Kriteria sangat tergantung dari kebutuhan masing-masing perusahaan dan metode mana yang digunakan. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing. Dalam penilaian suatu usaha hendaknya penilai menggunakan beberapa metode

sekaligus. Artinya, semakin banyak metode yang digunakan, maka semakin memberikan gambaran lengkap sehingga diharapkan memberikan hasil yang akan diperoleh menjadi lebih sempurna.

Adapun kriteria yang biasa digunakan untuk menentukan kelayakan suatu usaha atau investasi adalah:

- *Payback Period (PP)*

Metode *payback period* (PP) merupakan bentuk teknik penilaian terhadap jangka waktu (*periode*) pengembalian investasi untuk proyek atau usaha. Perhitungan ini dapat dilihat dari perhitungan kas bersih (*proceed*) yang diperoleh setiap tahun. Nilai kas bersih merupakan pejumlahan laba setelah pajak ditambah dengan penyusutan (dengan catatan jika investasi 100% menggunakan modal sendiri).

$$PP = \frac{\text{Investasi}}{\text{kas bersih/tahun}} \times 1 \text{ tahun} \quad (2.3)$$

- *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value (NPV) atau nilai bersih sekarang merupakan perbandingan antara PV kas bersih (*PV of proceed*) dengan PV investasi (*capital of money*) selama umur investasi. Selisih antara kedua PV tersebut dikenal dengan *Net Present Value*. Untuk menghitung NPV, terlebih dahulu tahu berapa PV kas bersihnya. PV kas bersih dapat dicari dengan jalan membuat dan menghitung dari *cash flow* perusahaan selama umur investasi tertentu. Rumus NPV yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C)t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(C_0)t}{(1+i)^t} \quad (2.4)$$

Dimana:

NPV = nilai sekarang *neto*

$(C)t$ = aliran kas masuk tahun ke-t

$(C_0)t$ = aliran kas masuk tahun ke-t

n = umur unit usaha hasil investasi

i = arus pengembalian (*rate of return*)

t = waktu

Mengkaji usulan proyek dengan NPV memberikan petunjuk (indikasi) sebagai berikut:

NPV = positif, usulan proyek dapat diterima, makin tinggi angka NPV makin baik

NPV = negatif, usulan proyek ditolak

NPV = 0, netral

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Umum

Penelitian ini berupa analisa dari segi teknis dan ekonomis mengenai pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* untuk perairan Indonesia. Metodologi Tugas Akhir ini akan dimulai berdasarkan jenis data dan tahapan pelaksanaan.

3.2. Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini penulis membagi pengerjaan dalam beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

- Tahap Identifikasi

Pada tahap ini dilaksanakan identifikasi masalah, pencarian sumber informasi (studi literatur dan studi lapangan). Selanjutnya yaitu mengkaji, mengevaluasi, dan mengidentifikasi aspek teknis yang diperlukan dalam pembangunan galangan kapal dari hasil studi literatur dan studi lapangan tersebut.

- Identifikasi Masalah

Pembangunan galangan kapal untuk produksi *Small Scale LNG Carrier* muncul akibat adanya permasalahan sebagai berikut:

- a. Terbatasnya kapal untuk distribusi LNG di Indonesia, sedangkan Indonesia membutuhkan *Small Scale LNG Carrier* untuk membantu distribusi LNG ke seluruh wilayah Indonesia, khususnya di daerah yang masih kesulitan mendapatkan akses listrik
- b. Belum adanya galangan kapal di Indonesia yang memproduksi *Small Scale LNG Carrier*

- Perumusan Masalah dan Tujuan

Dari informasi dan masalah yang teridentifikasi pada tahap sebelumnya, dibuat perumusan masalahnya dan tujuan penelitian yang akan dilakukan.

- Studi Literatur

Studi literatur dilakukan terhadap berbagai referensi terkait topik penelitian. Studi literatur ini dimaksudkan untuk memahami konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya dan untuk

mewujudkan tujuan yang dimaksudkan. Studi literatur ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Adapaun referensi yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. *Small Scale LNG Carrier*
- b. Teknologi dan fasilitas pembangunan *Small Scale LNG Carrier*
- c. Perencanaan tata letak galangan kapal
- d. Studi kelayakan
- e. Analisa *payback period* dan *return on investment*

- Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Setelah dapat memahami konsep, penulis melakukan penentuan variabel penelitian yang digunakan, variabel tersebut yaitu:

- Perencanaan fasilitas galangan kapal untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*
- Perencanaan tata letak (*layout*) galangan kapal yang efisien sesuai dengan lokasi galangan kapal yang akan dibangun
- Studi kelayakan akan perencanaan galangan kapal

Setelah menentukan variabel, maka langkah selanjutnya, yaitu dilakukan pengumpulan data untuk pengerjaan Tugas Akhir ini. Dalam melakukan pengumpulan data, penulis menggunakan metode pengumpulan data secara tidak langsung (sekunder).

Pengumpulan data secara tidak langsung meliputi:

- Data fasilitas galangan kapal untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*
- Jumlah kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia
- Tahapan dalam proses pembangunan *Small Scale LNG Carrier*
- Data kuantitas material yang dibutuhkan untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*
- Data lokasi tinjauan galangan kapal
- Struktur organisasi galangan kapal

- Tahap Analisa Lokasi

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan tinjauan lokasi lebih lanjut untuk mengetahui kondisi lokasi pembangunan galangan kapal secara pasti dan untuk merencanakan *layout* galangan kapal sesuai dengan lokasi pembangunan.

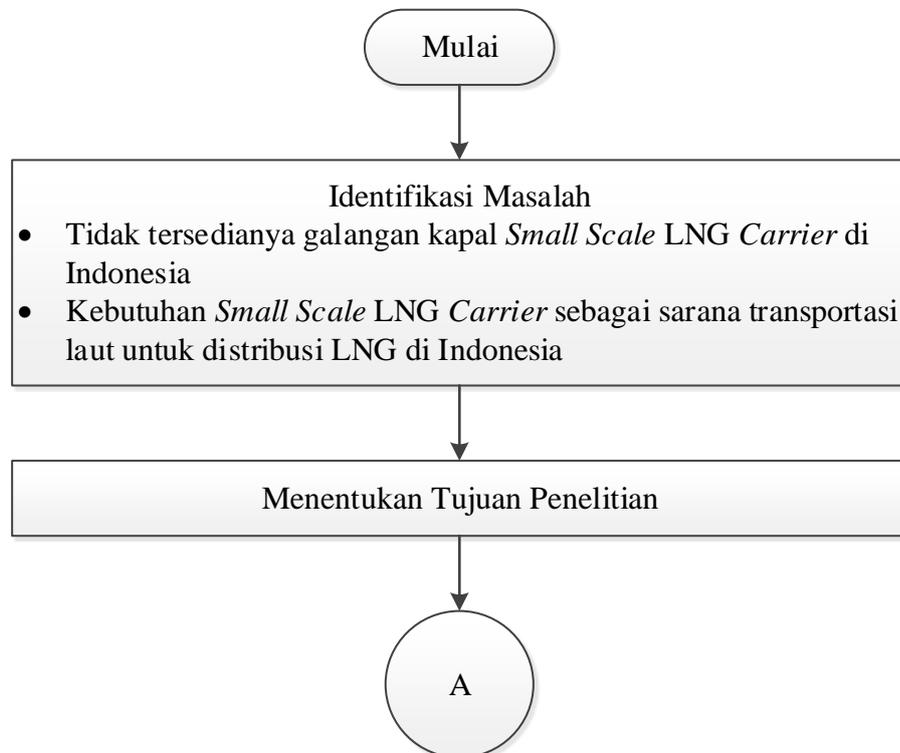
- Tahap Analisa Teknis dan Ekonomis

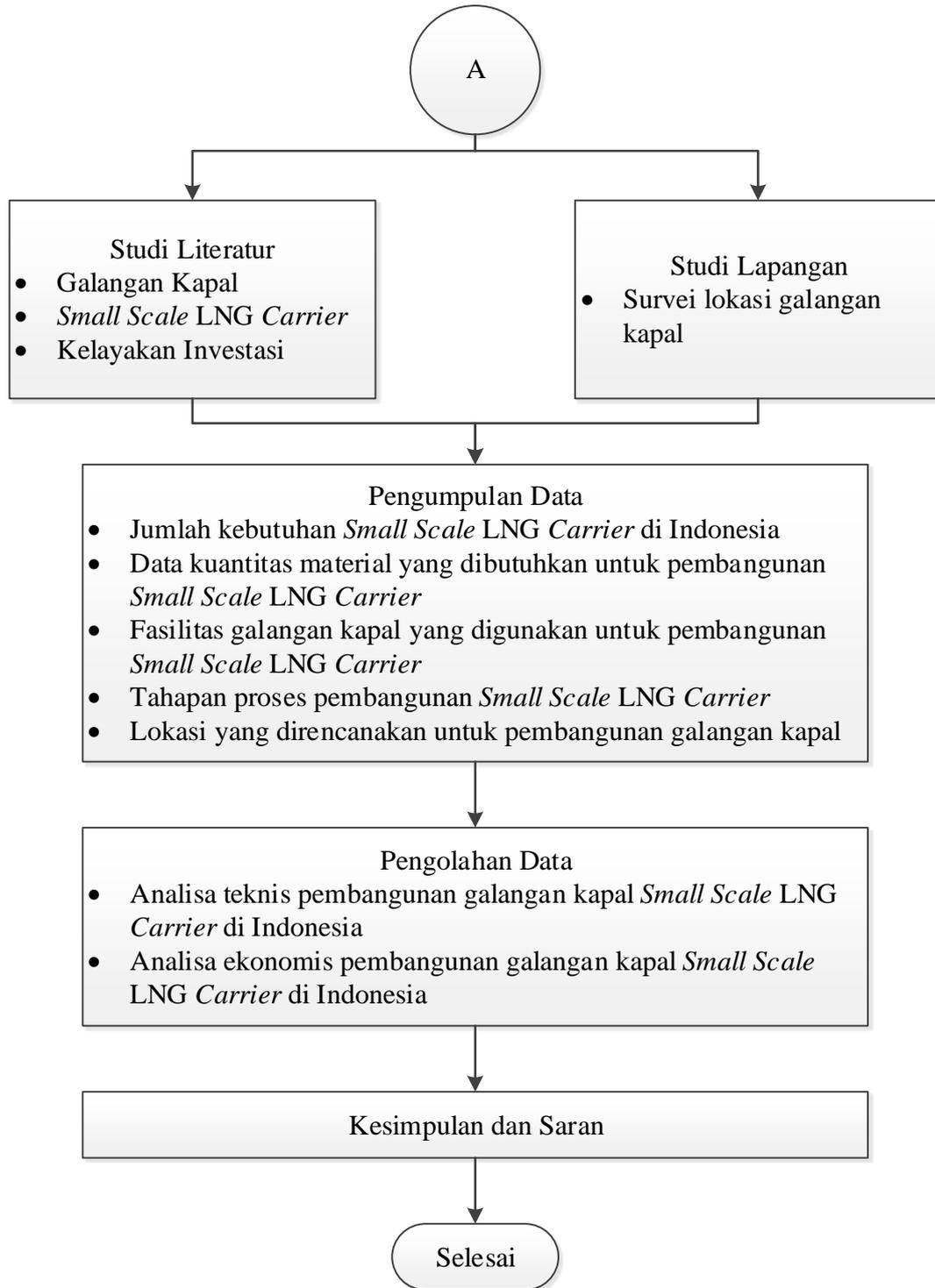
Setelah dilakukan proses pengolahan data, kemudian dilakukan analisa mengenai aspek teknis dan ekonomis. Analisa teknis berupa proses pembangunan *Small Scale LNG Carrier* mulai dari tahap fabrikasi hingga tahap *erection* serta fasilitas yang digunakan. Sedangkan untuk analisa ekonomis akan dihitung biaya untuk investasi tanah dan bangunan, investasi fasilitas yang diperlukan, kebutuhan material selama pengerjaan pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, kebutuhan sumber daya manusia yang digunakan, dan studi kelayakan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*.

- Tahap Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa teknis dan ekonomis akan dapat ditarik kesimpulan mengenai keuntungan pembangunan galangan kapal untuk produksi *Small Scale LNG Carrier* terhadap keuntungan perusahaan. Kemudian diberikan saran-saran yang bisa digunakan untuk pihak *investor* sehingga dapat memperkirakan besar biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan galangan kapal untuk produksi *Small Scale LNG Carrier*.

Adapun bagan alir dari metodologi Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

BAB 4

POTENSI PASAR *SMALL SCALE LNG CARRIER*

4.1. Kondisi Eksisting LNG

LNG membutuhkan infrastruktur yang mengubah gas bumi menjadi bentuk cair, transportasi, berikut fasilitas penyimpanan dan regasifikasi untuk mengubah kembali ke bentuk gas sebelum dapat dimanfaatkan oleh pembangkit listrik, maka umumnya harga gas dari LNG lebih tinggi dari harga gas pipa, karena itu maka gas ini hanya ekonomis untuk dipakai di pembangkit beban puncak, bukan pembangkit beban dasar. PLN merencanakan pemanfaatan LNG untuk pembangkit beban puncak dan pembangkit yang bersifat *must-run* di sistem kelistrikan Jawa-Bali dan Sumatera serta Indonesia Timur apabila jumlah pembangkit jenis *base loader* sudah mencukupi.

Dalam mengantisipasi penurunan pasokan gas pipa di Sumatera dan Jawa Bali, PLN akan membangun terminal LNG ukuran sedang sampai besar di Jawa Barat (*land-based*), Jawa Timur (*land-based*), FSRU Jawa-1 dan FSRU Sumbagut. Selanjutnya beberapa terminal mini-LNG akan dibangun tersebar di beberapa lokasi di luar Jawa.

Sumber pasokan LNG PLN saat ini hanya berasal dari domestik yaitu Bontang dan Tangguh. Beberapa tahun ke depan sumber pasokan LNG di Indonesia akan bertambah dengan beroperasinya LNG Wasambo, LNG Donggi-Senoro, dan LNG Masela. Solusi impor LNG tidak dapat dikesampingkan baik untuk mendapatkan harga yang lebih murah dari harga LNG domestik maupun untuk mencukupi kebutuhan pasokan LNG jangka panjang secara nasional (RUPTL PLN 2017-2026, 2017).

4.2. Kondisi dan Ketersediaan *Small Scale LNG Carrier*

Pada tahun 2017 ini, *Small Scale LNG Carrier* yang berkapasitas 1.000 – 40.000 m³ berjumlah sebanyak 61 kapal di dunia, dengan kapasitas total sebesar 769.985 m³ dengan rincian 34 kapal sudah beroperasi dan 27 sisanya masih dalam tahap pembangunan (Small Scale LNG Shipping Consultants, 2017). Jumlah pasar *Small Scale LNG Carrier* untuk sekarang dan masa mendatang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pasar *Small Scale LNG Carrier* Sekarang dan Masa Mendatang

Sumber: Small Scale LNG Shipping Consultants, 2017

Di Indonesia sendiri, *Small Scale LNG Carrier* milik PT Humpuss Intermoda Transportasi (HITS), yaitu *Triputra* seperti pada Gambar 4.2 yang memiliki kapasitas sebesar 22.500 m³ melayani PT Pertamina dan PT Pelindo Energi Logistik (PEL) untuk mengirimkan LNG dari LNG *Plant* Bontang ke Pelabuhan Benoa, Bali.



Gambar 4.2. *Triputra* 22.500 m³

Sumber: MarineTraffic

Tabel 4.1 merupakan *vessel particulars* dari *Small Scale LNG Carrier*, Triputra.

Tabel 4.1. *Vessel Particulars* Triputra

Vessel Particulars	
Name	Triputra (former name: Surya Satsuma)
L	151 m
B	28 m
T	6,8 m
GT	20.017
DWT	12.493 ton
V	10,6 knots
Capacity	22.500 m ³
Year Built	2000
Flag	Indonesia

Sumber: MarineTraffic

4.3. Segmentasi Konsumen dan Pasar *Small Scale LNG Carrier*

Berdasarkan LNG *Plant* dan tujuan pasokan, maka pasokan LNG untuk PLN adalah sebagai berikut (RUPTL PLN 2017-2026, 2017):

- LNG *Plant* : Bontang
 Tujuan Pasokan : - FSRU NR (Muara Karang, Priok, Muara Tawar)
 - FSU-FRU Benoa (Pesanggaran)
 - FSRU Gorontalo (Gorontalo)*
- LNG *Plant* : Tangguh
 Tujuan Pasokan : - FSRU NR (Muara Karang, Priok, Muara Tawar)
 - Terminal Regasifikasi Arun (Arun, Belawan)
 - FSRU Jawa 1 (Jawa-1, Bangka-Belitung-Kalbar)*
- LNG *Plant* : Wasambo
 Tujuan Pasokan : - FSU-FRU Benoa (Pesanggaran)
 - FSRU Jawa 1 (Jawa-1 Bangka-Belitung-Kalbar)*
 - FSRU Gorontalo (Gorontalo)*
 - Sulawesi Selatan*

*) dalam tahap perencanaan PT PLN (Persero)

Sedangkan di Indonesia Timur, PLN merencanakan pemanfaatan mini-LNG untuk pembangkit beban puncak pada sistem-sistem besar di Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Namun demikian, tidak menutup kemungkinan mini-LNG juga akan dimanfaatkan untuk pembangkit beban dasar sekaligus beban puncak pada sistem-sistem kecil tersebar. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan keandalan operasional unit-unit pembangkit.

Beberapa proyek pembangkit di Sumatera yang menggunakan LNG adalah sebagai berikut:

- Fasilitas regasifikasi Arun sudah beroperasi untuk memasok gas ke beberapa pembangkit gas baru dan eksisting di Aceh serta Sumatera Utara. Pembangkit eksisting di Arun yang sudah dipasok adalah PLTMG Arun sebesar 184 MW. Pembangkit baru yang direncanakan akan menggunakan gas dari fasilitas Regasifikasi Arun adalah PLTMG Sumbagut-2 sebesar 250 MW. Selain itu gas dari fasilitas Arun ini juga sudah disalurkan ke Belawan melalui pipa sepanjang sekitar 400 km untuk memasok gas ke PLTGU Belawan, dan selanjutnya untuk beberapa pembangkit gas baru tipe *mobile* di lokasi Paya Pasir. Kebutuhan gas untuk pembangkit-pembangkit tersebut adalah sebanyak 30 BBTUD untuk PLTMG Arun, 40 BBTUD untuk Sumbagut-2, 110 BBTUD untuk Belawan, dan 15 BBTUD untuk Paya Pasir, sehingga total gas yang dibutuhkan adalah 195 BBTUD.
- Pembangkit Sumbagut 134 dengan total kapasitas 800 MW memerlukan pasokan gas sekitar 80 BBTUD direncanakan mendapatkan pasokan gas dari LNG dengan infrastruktur LNG yaitu FSRU Sumatera Utara yang *dedicated* untuk pembangkit tersebut untuk memastikan keekonomian pembangkit.
- Begitupun untuk beberapa pembangkit IPP di beberapa lokasi, yaitu di Tanjung Balai Karimun 40 MW, Tanjung Batu 15 MW, Dabo Singkep 15 MW, Natuna 20 MW, Belitung 30 MW, dan Bintan 30 MW direncanakan akan menggunakan LNG/mini-LNG dengan total kebutuhan gas rata-rata mencapai 52 BBTUD. Untuk tiap-tiap lokasi sekitar 3 BBTUD sampai dengan 5 BBTUD.
- PLN saat ini merencanakan satu paket *cluster* pasokan mini-LNG untuk MPP Bangka 50 MW, MPP Belitung 25 MW, MPP Nias 50 MW, MPP Kalbar 100 MW, dan PLTMG Pontianak Peaker 100 MW.

Adapun rencana pemanfaatan LNG/mini-LNG di Indonesia Tengah – Timur adalah sebagai berikut:

- Pada tahun 2015 PLN memulai proses lelang pengadaan LNG untuk 21 lokasi pembangkit dengan total kapasitas terpasang sebesar 1.571 MW tersebar di kawasan Indonesia Tengah yaitu di Kalimantan, Sulawesi, dan Nusa Tenggara. Mempertimbangkan keekonomian proyek, PLN memutuskan perubahan jumlah lokasi pembangkit dari yang semula 21 lokasi menjadi 10 lokasi pembangkit dengan total daya terpasang sebesar 1.360 MW tersebar di kawasan Indonesia Tengah yaitu di Kalimantan, Sulawesi, dan Nusa Tenggara. Rencana tersebut meliputi pengadaan pasokan LNG, transportasi LNG, pembangunan *jetty*, fasilitas penyimpanan dan regasifikasi LNG serta jaringan pipanisasi dari fasilitas regasifikasi ke pembangkit listrik milik PLN. Direncanakan pelelangan tersebut selesai pada tahun 2017 agar pekerjaan dapat diselesaikan pada tahun 2020. Tabel di bawah menunjukkan 10 lokasi pembangkit listrik yang sedang dilakukan lelang/pengadaan pasokan LNG. Lokasi lelang pasokan LNG untuk pembangkit di Indonesia Tengah dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Lokasi Lelang Pasokan LNG untuk Pembangkit di Indonesia Tengah

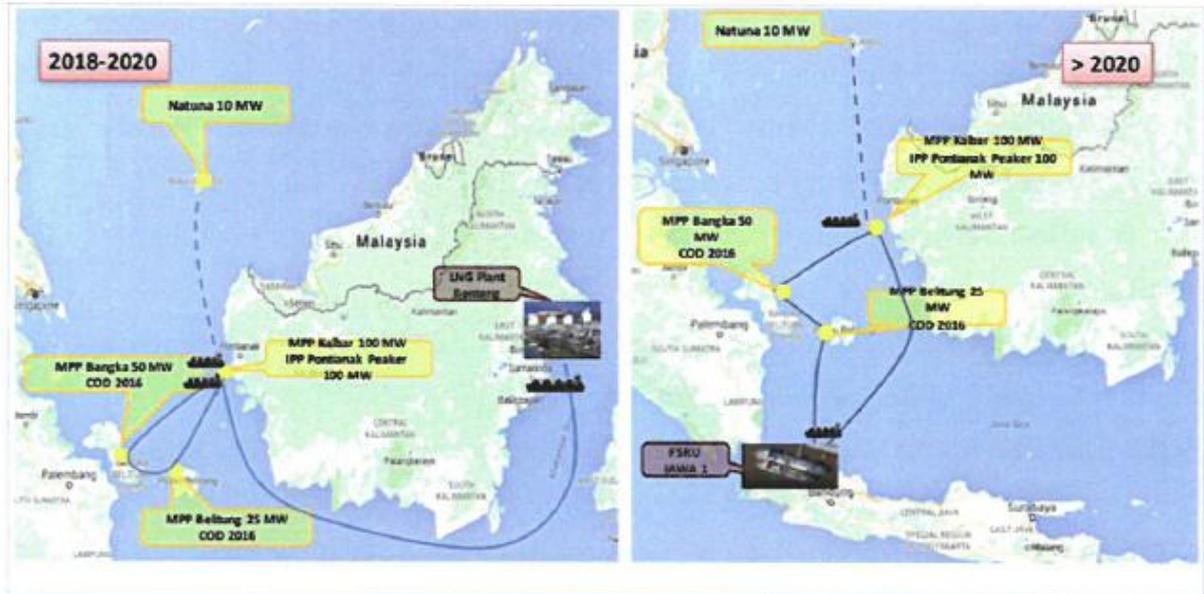
No	Regional	Nama Pembangkit	Kapasitas Pembangkit
1	Kalimantan	PLTGU/MGU Kalsel Peaker	200 MW
2	Sulawesi	PLTGU Sulsel Peaker	450 MW
3	Sulawesi	PLTGU Makassar Peaker	450 MW
4	Nusa Tenggara	PLTMG Sumbawa	50 MW
5	Nusa Tenggara	PLTMG Waingapu	10 MW
6	Nusa Tenggara	PLTMG Bima	50 MW
7	Nusa Tenggara	MPP Flores	20 MW
8	Nusa Tenggara	PLTMG Maumere	40 MW
9	Nusa Tenggara	PLTMG Kupang Peaker	40 MW
10	Nusa Tenggara	MPP Lombok	50 MW

Sumber: RUPTL PLN 2017-2026, 2017

Adapun 11 lokasi eks lelang pasokan gas Indonesia Tengah lainnya akan dipasok dengan zonasi sebagai berikut:

1. Pembangkit Nunukan dan Tanjung Selor dimasukkan ke *cluster* LNG/CNG Kalimantan Utara.
 2. Pembangkit Kendari, Bombana, Kolaka Utara, Baubau, Wangiwangi, dan Selayar dimasukkan ke *cluster* LNG Kendari.
 3. Pembangkit Minahasa, Gorontalo, dan Tahuna dimasukkan ke *cluster* LNG Sulawesi Utara.
- Sedangkan untuk kawasan Indonesia Timur yaitu Maluku (Ambon, Maluku tersebar, dan Halmahera) dan Papua (Jayapura, Manokwari, Papua & Papua Barat tersebar) dengan perkiraan kebutuhan gas sekitar 105 BBTUD direncanakan dipasok dari Lapangan Matindok, Lapangan Tangguh, dan Lapangan Salawati. Untuk mendukung program Papua Terang dan Pekan Olahraga Nasional pada tahun 2020 di Papua, PLN telah menyiapkan program *Quick Win* untuk mengakselerasi pembangunan 12 dari 25 pembangkit beserta infrastruktur LNG, antara lain:
 1. MPP Manokwari 20 MW
 2. PLTMG Manokwari 40 MW
 3. PLTMG Biak 15 MW
 4. MPP Jayapura 50 MW
 5. PLTMG Jayapura Peaker 40 MW
 6. PLTG Sorong 30 MW
 7. PLTMG Bintuni 10 MW
 8. MPP Nabire 20 MW
 9. MPP Fak Fak 10 MW
 10. MPP Timika 30 MW
 11. PLTMG Raja Ampat 10 MW
 12. PLTMG Merauke 20 MW
 - Salah satu contoh logistik pasokan gas dalam bentuk LNG diperlihatkan oleh Gambar 4.3. Pertimbangan pengelompokan *cluster* Bangka-Belitung-Kalbar didasarkan pada lokasi pembangkit serta optimasi jalur logistik LNG *Carrier*. Selama rentang waktu tahun 2018-2020, terminal mini-LNG Pontianak selain untuk memenuhi kebutuhan pembangkit di Kalbar juga akan berfungsi sebagai *hub* bagi kapal LNG *Carrier* yang melayani kebutuhan Bangka dan Belitung melalui *milk run*. Sumber pasokan gas *cluster*

Bangka-Belitung-Kalbar tahun 2018 sampai dengan 2020 berasal dari LNG Bontang dan selanjutnya setelah tahun 2020 akan memanfaatkan penyimpanan LNG di FSRU Jawa 1 (RUPTL PLN 2017-2026, 2017).



Gambar 4.3. Rencana Logistik Pasokan Gas Cluster Bangka-Belitung-Kalbar

Sumber: RUPTL PLN 2017-2026, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISA TEKNIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL *SMALL SCALE LNG CARRIER*

5.1. Perencanaan Lokasi Galangan Kapal

Dalam pembangunan suatu galangan kapal ada beberapa syarat yang digunakan untuk menentukan lokasi galangan kapal, diantaranya: lahan, *water front*, kedalaman, pasang surut, gelombang, arus, dan geologi (struktur tanah). Pemilihan lokasi galangan kapal juga harus mempertimbangkan kondisi seperti geografi, infrastruktur, tenaga kerja, material dan logistik, modal dan transaksi, serta pasar.

Penentuan lokasi tertentu yang akan digunakan sebagai lokasi pembangunan industri atau bisnis harus dilakukan dengan pertimbangan yang hati-hati. Tipe dan jenis bisnis yang akan dilakukan mempengaruhi keputusan dalam penentuan lokasi industri. Menentukan lokasi industri bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan bagi perusahaan. Pemilihan lokasi industri dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor ini pada prakteknya berbeda penerapannya bagi satu industri dengan industri yang lain, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Dalam penentuan lokasi ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan penentuan lokasi industri (Wignjosoebroto, 1991), yaitu:

- Lokasi pasar
- Sumber bahan baku
- Tenaga kerja
- Masyarakat
- Sumber energi seperti listrik, air, dll
- Transportasi
- Sarana dan prasarana pendukung
- Undang-undang dan sistem perpajakan

5.1.1. Rencana Lokasi Galangan Kapal di Lamongan

Lokasi pertama yang direncanakan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* berada di Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan. Gambar 5.1 merupakan lokasi dari Kabupaten Lamongan.



Gambar 5.1. Lokasi Kabupaten Lamongan

Sumber: Google Maps, 2017

Berdasarkan survei yang telah dilakukan untuk rencana lokasi galangan kapal di daerah Lamongan, didapatkan data-data sebagai berikut:

- **Batas Wilayah**

Batas wilayah rencana lokasi galangan kapal yang berada di Lamongan adalah sebagai berikut:

- Batas Sebelah Utara : Laut Jawa
- Batas Sebelah Barat : PT Lamongan Marine Industries (LMI)
- Batas Sebelah Selatan : Desa Tlogosadang, Kecamatan Paciran
- Batas Sebelah Timur : Desa Kemantren, Kecamatan Paciran

- **Kondisi Geografis**

Pada saat survei dilakukan, didapatkan hasil kondisi calon lahan di Lamongan sebagai berikut:

- Jenis tanah keras dan memiliki luas sebesar 5 ha
- Kedalaman perairan setinggi 4 – 5 m
- Jarak dari jalan raya utama ke rencana lokasi galangan kapal kurang lebih 1 km

Gambar 5.2 merupakan kondisi tanah untuk calon lokasi galangan kapal, dimana tanahnya memiliki tekstur yang cukup keras.



Gambar 5.2. Kondisi Tanah Calon Lokasi di Lamongan

Akses jalan masuk menuju calon lokasi galangan kapal dapat dilihat pada Gambar 5.3. Akses jalan masuk sudah mempunyai infrastruktur yang baik terlihat dari kondisi jalan yang sudah beraspal dan tidak berlubang.



Gambar 5.3. Akses dari Jalan Raya Utama Menuju Calon Lokasi

- Tenaga Kerja

Menentukan suatu lokasi yang akan direncanakan untuk pembangunan industri di suatu daerah harus mempertimbangkan ketersediaan tenaga kerja, seberapa banyak jumlah angkatan kerja yang secara resmi terdaftar sebagai pengangguran atau sedang mencari pekerjaan. Selain secara kuantitas, diperhatikan juga kualitas tenaga kerjanya, tingkat pendidikan, kemampuan, serta keterampilan yang menjadi kebutuhan industri tersebut. Pada dasarnya tenaga kerja dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu tenaga kerja kasar, tenaga kerja terampil, dan tenaga manajerial. Untuk daerah Lamongan tenaga kerja

diambil dari lulusan SMA/SMK serta dari lulusan perguruan tinggi yang ada di Lamongan.

- *Supply* Material dan Logistik

Proses pengiriman material dari pabrik menuju lokasi galangan kapal dapat menggunakan kapal dan truk. Untuk melakukan pengiriman material dengan menggunakan truk, dibutuhkan akses jalan yang bagus dan lebar agar memudahkan proses pengiriman material. Akses jalan menuju galangan kapal pada daerah ini sangat efektif untuk dilalui truk karena termasuk jalan raya antar provinsi.

- Rencana Tata Ruang Terkait Penentuan Lokasi

Rencana tata ruang sangat berpengaruh karena merupakan suatu instrumen untuk mengembangkan suatu wilayah. Berdasarkan data dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lamongan, didapatkan bahwa daerah lokasi Kecamatan Paciran termasuk wilayah untuk pengembangan industri. Jadi dapat disimpulkan bahwa lokasi galangan kapal yang direncanakan di Lamongan sudah memenuhi salah satu kriteria untuk pembangunan galangan kapal di suatu wilayah.

- Infrastruktur

Untuk menjalankan aktivitas operasional galangan kapal dibutuhkan kecukupan listrik dan air bersih di wilayah tersebut. Lamongan merupakan lokasi yang mempunyai infrastruktur yang baik mengingat wilayah ini telah terjangkau listrik, mempunyai jaringan telekomunikasi yang baik, serta adanya air bersih.

- Modal

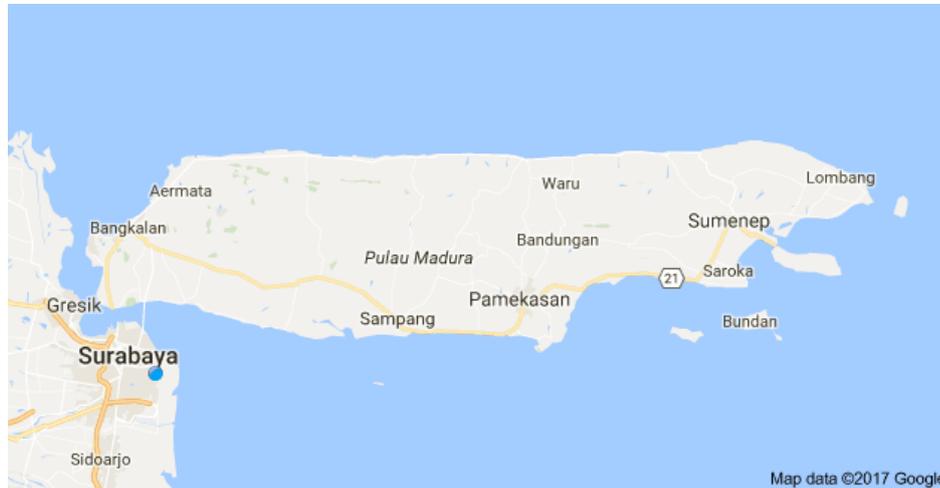
Pada Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan memiliki harga tanah per meter persegi Rp1.100.000,-

- Market

Rencana lokasi galangan kapal di Lamongan memiliki target market yang potensial karena memiliki pelabuhan sehingga dapat mempermudah proses pengiriman material melalui jalur laut. Akses menuju lokasi galangan kapal melewati jalan raya antar provinsi sehingga proses pengiriman material dengan menggunakan truk dapat berjalan dengan efektif dan lancar. Banyaknya industri penunjang yang berada di sekitar lokasi galangan kapal seperti bisnis udang dan kayu dapat mempengaruhi target market.

5.1.2. Rencana Lokasi Galangan Kapal di Madura

Lokasi kedua yang direncanakan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* berada di Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura. Gambar 5.4 merupakan lokasi dari Pulau Madura.



Gambar 5.4. Lokasi Pulau Madura

Sumber: Google Maps, 2017

Berdasarkan survei yang telah dilakukan untuk rencana lokasi galangan kapal di daerah Madura, didapatkan data-data sebagai berikut:

- **Batas Wilayah**

Batas wilayah rencana lokasi galangan kapal yang berada di Madura adalah sebagai berikut:

- Batas Sebelah Utara : Perkebunan liar atau rawa
- Batas Sebelah Barat : Perairan Jawa dan Madura
- Batas Sebelah Selatan : Persawahan warga Desa Socah
- Batas Sebelah Timur : Persawahan warga Desa Socah

- **Kondisi Geografis**

Pada saat survei dilakukan, didapatkan hasil kondisi calon lahan di Madura sebagai berikut:

- Jenis tanah pasir berlumpur dan memiliki luas sebesar 7 ha
- Kedalaman perairan setinggi 4 – 5 m
- Jarak dari jalan raya utama ke rencana lokasi galangan kapal kurang lebih 2 km

Gambar 5.5 merupakan kondisi tanah untuk calon lokasi galangan kapal, dimana tanahnya berjenis pasir dan berlumpur.



Gambar 5.5. Kondisi Tanah Calon Lokasi di Madura

Akses jalan masuk menuju calon lokasi galangan kapal dapat dilihat pada Gambar 5.6. Akses jalan masuk sudah mempunyai infrastruktur yang baik terlihat dari kondisi jalan yang sudah beraspal dan tidak berlubang.



Gambar 5.6. Akses dari Jalan Raya Utama Menuju Calon Lokasi

- Tenaga Kerja

Menentukan suatu lokasi yang akan direncanakan untuk pembangunan industri di suatu daerah harus mempertimbangkan ketersediaan tenaga kerja, seberapa banyak jumlah angkatan kerja yang secara resmi terdaftar sebagai pengangguran atau sedang mencari pekerjaan. Selain secara kuantitas, diperhatikan juga kualitas tenaganya, tingkat pendidikan, kemampuan, serta keterampilan yang menjadi kebutuhan industri tersebut. Pada dasarnya tenaga kerja dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu tenaga kerja kasar,

tenaga kerja terampil, dan tenaga manajerial. Untuk daerah Madura tenaga kerja diambil dari lulusan SMA/SMK serta dari lulusan perguruan tinggi yang ada di Madura.

- *Supply* Material dan Logistik

Proses pengiriman material dari pabrik menuju lokasi galangan kapal dapat menggunakan kapal dan truk. Untuk melakukan pengiriman material dengan menggunakan truk, dibutuhkan akses jalan yang bagus dan lebar agar memudahkan proses pengiriman material. Akses jalan menuju galangan kapal pada daerah ini sangat efektif untuk dilalui truk karena termasuk jalan raya utama di Madura.

- Rencana Tata Ruang Terkait Penentuan Lokasi

Rencana tata ruang sangat berpengaruh karena merupakan suatu instrumen untuk mengembangkan suatu wilayah. Berdasarkan data dari Rencana Tata Ruang Wilayah Pulau Madura, didapatkan bahwa daerah lokasi Kabupaten Bangkalan termasuk wilayah untuk pengembangan industri. Jadi dapat disimpulkan bahwa lokasi galangan kapal yang direncanakan di Madura sudah memenuhi salah satu kriteria untuk pembangunan galangan kapal di suatu wilayah.

- Infrastruktur

Untuk menjalankan aktivitas operasional galangan kapal dibutuhkan kecukupan listrik dan air bersih di wilayah tersebut. Madura merupakan lokasi yang mempunyai infrastruktur yang baik mengingat wilayah ini telah terjangkau listrik, mempunyai jaringan telekomunikasi yang baik, serta adanya air bersih.

- Modal

Pada Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura memiliki harga tanah per meter persegi Rp600.000,-

- Market

Rencana lokasi galangan kapal di Madura memiliki target market yang potensial karena dekat dengan Pelabuhan Tanjung Perak sehingga dapat mempermudah proses pengiriman material melalui jalur laut. Akses menuju lokasi galangan kapal melewati jalan raya utama Madura sehingga proses pengiriman material dengan menggunakan truk dapat berjalan dengan efektif dan lancar setelah melewati Jembatan Suramadu.

5.1.3. Analisa Pemilihan Lokasi Galangan Kapal

Untuk penentuan lokasi yang akan digunakan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*, penulis menggunakan metode beban skor atau biasa disebut *factor rating*. Metode beban skor adalah metode penentuan lokasi pabrik secara kualitatif, metode ini sangat mudah digunakan tetapi penilaiannya sangat subjektif. Metode ini dilakukan dengan memberikan skor untuk setiap faktor yang dinilai terhadap alternatif lokasi pabrik. Dari berbagai macam faktor yang dinilai, diberikan bobot berdasarkan tingkat kepentingan masing-masing faktor. Untuk mendapatkan alternatif lokasi yang terbaik dilakukan dengan pengalian antara skor dengan bobot setiap faktor, dan nilai beban skor tertinggi merupakan alternatif pilihan lokasi yang paling baik. Adapun klasifikasi penilaian untuk masing-masing aspek akan dijelaskan sebagai berikut:

- **Kondisi Lahan**

Kondisi-kondisi lahan dalam penentuan lokasi galangan kapal terdiri atas kemampuan lahan dan penggunaan lahan. Untuk kemampuan lahan dinilai berdasarkan data topografi. Dari data tersebut diperoleh klasifikasi menjadi tiga kelas, yaitu kemampuan lahan rendah (kelas 1), yaitu kemiringan $> 15\%$, kemampuan lahan sedang (kelas 2), yaitu kemiringan $5\% - 15\%$, dan kemampuan lahan tinggi (kelas 3), yaitu kemiringan $0\% - 5\%$. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Kriteria Kesesuaian Berdasarkan Kemampuan Lahan

Kelas Kemampuan Lahan	Nilai	Faktor Pertimbangan
Rendah (kelas 1)	1	Rendahnya kemampuan lahan terutama disebabkan karena kondisi topografi yang curam dan bahaya terhadap bencana
Sedang (kelas 2)	2	Daya dukung lahan cukup baik, meskipun merupakan daerah rawa-rawa
Tinggi (kelas 3)	3	Daya dukung lahan sangat baik, ditinjau dari topografi yang landai, jenis tanah dengan tekstur sedang, dan bukan merupakan daerah yang rawan terjadi bencana

Penggunaan lahan memberikan pengaruh yang sangat penting bagi penentuan lokasi galangan kapal. Penggunaan lahan dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu kawasan perumahan, kawasan industri, dan kawasan pelabuhan. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Kriteria Kesesuaian Berdasarkan Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Nilai	Faktor Pertimbangan
Kawasan Perumahan	1	Peruntukan yang kurang sesuai untuk industri galangan kapal
Kawasan Industri	2	Peruntukan yang cukup baik untuk industri galangan kapal
Kawasan Pelabuhan	3	Peruntukan yang sangat baik untuk industri galangan kapal

- Ketersediaan Tenaga Kerja

Penentuan suatu lokasi industri mempertimbangkan ketersediaan tenaga kerja, seberapa banyak jumlah angkatan kerja yang secara resmi terdaftar sebagai pengangguran atau sedang mencari pekerjaan. Ketersediaan tenaga kerja dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu ketersediaan tenaga kerja tidak ada, tenaga kerja terbatas, dan tenaga kerja berlimpah. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Kriteria Ketersediaan Tenaga Kerja

Ketersediaan Tenaga Kerja	Nilai	Faktor Pertimbangan
Ketersediaan tenaga kerja tidak ada	1	Tidak adanya ketersediaan tenaga kerja, maka tidak mendukung untuk industri galangan kapal
Ketersediaan tenaga kerja terbatas	2	Terbatasnya ketersediaan tenaga kerja, maka masih dapat mendukung untuk industri galangan kapal
Ketersediaan tenaga kerja berlimpah	3	Berlimpahnya ketersediaan tenaga kerja, maka sangat mendukung untuk industri galangan kapal

- Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan faktor pertimbangan yang sangat penting dalam menentukan lokasi galangan kapal. Adapun sub variabel yang terkait dengan ketersediaan bahan baku adalah kuantitas dan kualitas bahan baku, kontinuitas bahan baku, serta jarak dari bahan baku ke lokasi industri. Tabel 5.4 merupakan klasifikasi dari kuantitas bahan baku.

Tabel 5.4. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Kuantitas Bahan Baku

Kuantitas Bahan Baku	Nilai	Faktor Pertimbangan
Jumlah bahan baku tidak ada	1	Tidak adanya bahan baku, maka tidak mendukung untuk industri galangan kapal
Jumlah bahan baku terbatas	2	Terbatasnya bahan baku, maka masih dapat mendukung untuk industri galangan kapal
Jumlah bahan baku berlimpah	3	Berlimpahnya bahan baku, maka sangat mendukung untuk industri galangan kapal

Kuantitas bahan baku sangat penting karena digunakan sebagai *input* kegiatan suatu industri. Selain itu juga harus mempertimbangkan kontinuitas bahan baku. Ketersediaan bahan baku yang kontinu pada setiap tahun sangat mendukung berlangsungnya aktivitas industri galangan kapal. Untuk itu kontinuitas sangat perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi industri galangan kapal. Kontinuitas bahan baku diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu tidak kontinu, kontinuitas sedang, dan kontinuitas tinggi. Tabel 5.5 merupakan klasifikasi dari kontinuitas bahan baku.

Tabel 5.5. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Kontinuitas Bahan

Kontinuitas Bahan Baku	Nilai	Faktor Pertimbangan
Tidak kontinu	1	Ketersediaan bahan baku yang tidak kontinu, tidak cocok untuk lokasi industri galangan kapal
Kontinuitas sedang	2	Ketersediaan bahan baku dengan kontinuitas sedang, masih dapat mendukung proses produksi industri galangan kapal
Kontinuitas tinggi	3	Ketersediaan bahan baku dengan kontinuitas tinggi, sangat mendukung proses produksi industri galangan kapal

Jarak bahan baku merupakan jarak lokasi galangan kapal dengan lokasi lainnya yang dapat digunakan sebagai penghasil bahan baku. Semakin dekat dengan lokasi tersebut, maka semakin mudah untuk memperoleh bahan baku. Tabel 5.6 merupakan klasifikasi dari jarak bahan baku ke lokasi industri.

Tabel 5.6. Ketersediaan Bahan Baku Berdasarkan Jarak Bahan Baku

Jarak Bahan Baku	Nilai	Faktor Pertimbangan
Lokasi tersebut tidak berbatasan langsung dengan lokasi penghasil bahan baku	1	Lokasi tersebut tidak berbatasan langsung dengan lokasi penghasil bahan baku, maka dapat diartikan jaraknya cukup jauh dengan bahan baku
Lokasi tersebut berbatasan langsung dengan lokasi penghasil bahan baku	2	Lokasi tersebut berbatasan langsung dengan lokasi penghasil bahan baku, maka dapat diartikan jaraknya cukup dekat dengan bahan baku
Lokasi tersebut merupakan lokasi penghasil bahan baku	3	Lokasi tersebut merupakan penghasil bahan baku, maka dapat diartikan jaraknya dekat dengan bahan baku

- Pemasaran

Klasifikasi pemilihan lokasi galangan kapal berdasarkan permintaan pasar terdapat beberapa aspek, yaitu tidak adanya galangan kapal pesaing di sekitar lokasi galangan kapal yang direncanakan atau adanya galangan kapal pesaing di sekitar lokasi galangan kapal yang direncanakan. Klasifikasi pemilihan lokasi galangan kapal berdasarkan permintaan pasar dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Pemilihan Lokasi Berdasarkan Permintaan Pasar

Permintaan Pasar	Nilai	Faktor Pertimbangan
Adanya beberapa galangan kapal dan adanya pesaing pada daerah tersebut	1	Adanya beberapa galangan kapal di sekitar lokasi dan adanya pesaing berdampak pada persaingan pasar yang semakin tinggi
Adanya beberapa galangan kapal dan tidak adanya pesaing pada daerah tersebut	2	Adanya beberapa galangan kapal di sekitar lokasi dan tidak adanya pesaing tidak begitu berdampak pada persaingan pasar
Tidak adanya galangan kapal dan tidak adanya pesaing pada daerah tersebut	3	Tidak adanya galangan kapal di sekitar lokasi berdampak terhadap tidak adanya pesaing untuk pemesanan kapal di daerah tersebut

- Rencana Tata Ruang Terkait Penentuan Lokasi

Nilai indikator hanya 1 (tidak sesuai untuk galangan kapal) dan 3 (sangat sesuai dengan galangan kapal) karena pada masing-masing Sub Satuan Wilayah Pengembangan (SSWP) telah ditentukan secara pasti SSWP yang dapat digunakan untuk galangan kapal, sehingga tidak ada nilai 2 (cukup sesuai untuk galangan kapal). Klasifikasi rencana tata ruang terkait penentuan lokasi dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Pemilihan Lokasi Berdasarkan Rencana Tata Ruang

Permintaan Pasar	Nilai	Faktor Pertimbangan
SSWP 1 untuk wilayah pertanian	1	Arahan pengembangan tidak sesuai untuk galangan kapal
SSWP 2 untuk wilayah peternakan	1	Arahan pengembangan tidak sesuai untuk galangan kapal
SSWP 3 untuk wilayah industri	3	Arahan pengembangan sangat sesuai untuk galangan kapal
SSWP 4 untuk wilayah pelabuhan	3	Arahan pengembangan sangat sesuai untuk galangan kapal

- **Kecukupan Infrastruktur**

Infrastruktur penunjang adalah adanya listrik, air bersih, jaringan telekomunikasi yang baik, dan akses jalan untuk keluar masuk transportasi. Keberadaan infrastruktur dapat mendukung aktivitas operasional galangan kapal. Jika salah satu faktor dari infrastruktur penunjang tidak sesuai dengan kebutuhan, hal ini akan berpengaruh terhadap aktivitas operasional galangan kapal. Nilai kecukupan infrastruktur dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Kecukupan Infrastruktur

Kecukupan Infrastruktur	Nilai	Faktor Pertimbangan
Tidak terlayani	1	Tidak terlayannya kecukupan listrik, air bersih, jaringan telekomunikasi, dan akses jalan untuk mendukung galangan kapal
Terlayani	3	Terlayannya kecukupan listrik, air bersih, jaringan telekomunikasi, dan akses jalan untuk mendukung galangan kapal

- **Modal**

Penilaian klasifikasi modal dibagi menjadi tiga, yaitu harga tanah per meter persegi di atas 4 juta, antara 2 juta hingga 4 juta, dan harga tanah di bawah 2 juta. Penilaian klasifikasi modal dijelaskan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Kriteria Lokasi Berdasarkan Harga Tanah

Harga Tanah	Nilai	Faktor Pertimbangan
Harga > 1 juta/m ²	1	Harga tanah pada lokasi tersebut lebih dari 1 juta/m ² membuatnya sangat mahal untuk modal lahan pembangunan galangan kapal
Harga 500.000 – 1 juta/m ²	2	Harga tanah pada lokasi tersebut antara 500 ribu – 1 juta/m ² membuatnya cukup mahal untuk modal lahan pembangunan galangan kapal
Harga < 500.000,-/m ²	3	Harga tanah pada lokasi tersebut kurang dari 500 ribu/m ² membuatnya cukup murah untuk modal lahan pembangunan galangan kapal

5.1.4. Pembobotan

Pembobotan dilakukan untuk menghasilkan pilihan lokasi yang akan menjadi pertimbangan untuk dibangunnya galangan kapal. Pembobotan dilakukan berdasarkan asumsi dari literatur pada mata kuliah Bisnis Perkapalan dengan metode pembobotan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Konsep dasar AHP adalah penggunaan matriks *pairwise comparison* (matriks perbandingan berpasangan) untuk menghasilkan bobot relatif antar kriteria maupun alternatif. Suatu kriteria akan dibandingkan dengan kriteria lainnya dalam hal seberapa penting terhadap pencapaian tujuan di atasnya (Saaty, 1986). Skala dasar perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Skala Dasar Perbandingan Berpasangan

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama pentingnya	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen lainnya
7	Sangat penting	Satu elemen terbukti sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen lainnya
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya, pada keyakinan tertinggi
2, 4, 6, 8	Nilai tengah	Diberikan bila terdapat keraguan penilaian di antara dua tingkat kepentingan yang berdekatan

Sumber: Saaty, 1986

Nilai-nilai tersebut akan dimasukkan pada tabel perhitungan matriks *pairwise comparison*. Setelah diperoleh nilai perbandingan dari suatu kriteria dengan kriteria lainnya, maka dilanjutkan dengan proses normalisasi yang bertujuan untuk menyamakan total nilai pada masing-masing kriteria. Setelah dilakukan proses normalisasi, dilakukan perhitungan *priority vector* yang hasilnya digunakan sebagai bobot untuk masing-masing kriteria yang tertera pada Tabel 5.12.

Selanjutnya akan dilakukan proses *scoring* pada masing-masing kriteria tersebut. Masing-masing kriteria pada Tabel 5.12 memiliki *score factor* yang akan digunakan sebagai standar pada proses *scoring*. Proses *scoring* tersebut dilakukan berdasarkan hasil pengamatan di lokasi yang bersangkutan. *Score factor* yang akan digunakan untuk proses penilaian lokasi galangan kapal akan dijabarkan kembali menjadi lebih spesifik.

Tabel 5.12. Pertimbangan Pemilihan Lokasi

Pertimbangan	Bobot	Sub Pertimbangan	Bobot
Kondisi lahan	0.175	Kemampuan lahan	0.087
		Penggunaan lahan	0.087
Ketersediaan tenaga kerja	0.068	Ketersediaan tenaga kerja	0.068
Ketersediaan bahan baku	0.109	Kuantitas bahan baku	0.036
		Kontinuitas bahan baku	0.036
		Jarak bahan baku	0.036
Pemasaran	0.124	Adanya galangan kapal dan pesaing	0.124
Rencana tata ruang	0.039	Rencana tata ruang	0.039
Modal	0.245	Harga tanah per m ²	0.245
Kecukupan infrastruktur	0.241	Kecukupan listrik	0.08
		Kecukupan air bersih	0.08
		Kecukupan akses jalan	0.08
Total	1	Total	1

Data pada Tabel 5.12 merupakan pertimbangan yang digunakan untuk menentukan lokasi galangan kapal. Pertimbangan ini kemudian digunakan untuk penilaian pemilihan lokasi galangan kapal. Tabel 5.13 merupakan perhitungan pembobotan untuk pemilihan lokasi galangan kapal.

Tabel 5.13. Perhitungan Pembobotan

Pertimbangan	Bobot	Sub Pertimbangan	Bobot	Skor	Skor	Penilaian	Penilaian
				Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 1	Lokasi 2
Kondisi lahan	0.175	Kemampuan lahan	0.087	3	3	0.044	0.044
		Penggunaan lahan	0.087	3	3	0.044	0.044
Ketersediaan tenaga kerja	0.068	Ketersediaan tenaga kerja	0.068	3	3	0.034	0.034
Ketersediaan bahan baku	0.109	Kuantitas bahan baku	0.036	3	3	0.018	0.018
		Kontinuitas bahan baku	0.036	3	3	0.018	0.018
		Jarak bahan baku	0.036	3	2	0.022	0.014
Pemasaran	0.124	Adanya galangan kapal dan pesaing	0.124	2	3	0.050	0.074
Rencana tata ruang	0.039	Rencana tata ruang	0.039	3	3	0.020	0.020
Modal	0.245	Harga tanah per m ²	0.245	1	2	0.082	0.163
Kecukupan infrastruktur	0.241	Kecukupan listrik	0.08	3	3	0.040	0.040
		Kecukupan air bersih	0.08	3	3	0.040	0.040
		Kecukupan akses jalan	0.08	3	3	0.040	0.040
Total	1	Total	1	33	34	0.449	0.549

Dari hasil perhitungan Tabel 5.13, maka didapatkan lokasi 2 sebagai lokasi yang dipilih untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*, yaitu di Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura.

5.2. Analisa Kebutuhan dan Kapasitas Tangki *Small Scale LNG Carrier*

Kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* beserta dengan kapasitas tangkinya didapatkan dari perhitungan pasar LNG di Indonesia untuk proyek pemerintah, yaitu program pembangkit listrik 35.000 MW yang dirancang melalui RUPTL PLN 2017-2026. Dengan menggunakan LNG sebagai salah satu bahan bakar pembangkit listrik, kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* beserta dengan kapasitas tangkinya dapat dicari dengan cara mengkonversi kapasitas daya pembangkit listrik, yaitu megawatt (MW) menjadi kapasitas bahan bakar LNG dalam bentuk volume meter kubik (m³). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Satuan Proses Konversi LNG dari MW ke m³

Satuan untuk Konversi LNG			
1 MW	0.2	MMSCFD	(Million Standard Cubic Feet per Day)
1 MMSCFD	18	TPD	(Ton per Day)
1 TPD	52	MMBTU	(Million British Thermal Units)
1 m ³ LNG	21.2	MMBTU	

Perhitungan ini meliputi aspek durasi pelayaran dan bongkar muat. Contoh yang digunakan untuk perhitungan kapasitas tangki kali ini adalah berdasarkan kebutuhan LNG pada *cluster* Kalbar-Bangka-Belitung. *Cluster* ini mendapat pasokan dari LNG *Plant* Bontang. Maka jarak rute pelayaran dimulai dari LNG *Plant* Bontang sebagai tempat sumber pasokan LNG menuju PLTMG Pontianak Peaker, MPP Kalbar, MPP Bangka, dan MPP Belitung yang dapat dilihat pada Gambar 5.7. Pengukuran jarak pelayaran menggunakan aplikasi dari MarineCircle dengan asumsi kecepatan 15 knots.



Gambar 5.7. Rute Pelayaran *Cluster* Kalbar-Bangka-Belitung

Karena lokasi Bangka (Air Anyir, Merawang) tidak dapat ditemukan rute pelayarannya, maka penulis menggunakan Sungailiat sebagai alternatifnya karena dekat dengan lokasi tersebut. Sedangkan untuk perhitungan durasi pelayaran *cluster* Kalbar-Bangka-Belitung dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Perhitungan Durasi Pelayaran

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Pontianak/Kalbar	1048.4	69.84	2.91
Pontianak - Bangka	231.8	15.36	0.64
Bangka - Belitung	107.7	7.20	0.30
Total	1387.9	92.40	3.85

Setelah mendapatkan total durasi pelayaran (hari), langkah selanjutnya adalah mengkonversi kapasitas pembangkit listrik (MW) pada rute daerah yang dituju menjadi kapasitas bahan bakar LNG dalam bentuk volume (m³). Tabel 5.16 merupakan perhitungan konversi kapasitas pembangkit listrik (MW) menjadi kapasitas bahan bakar LNG dalam bentuk volume (m³).

Tabel 5.16. Perhitungan Konversi LNG dari MW ke m³

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Pontianak Peaker	100	20	360	18720	883
MPP Kalbar	100	20	360	18720	883
MPP Bangka	50	10	180	9360	442
MPP Belitung	25	5	90	4680	221
Total	275	55	990	51480	2428

Total durasi pelayaran yang didapat selama 3.85 hari dari LNG *Plant* ke tempat tujuan kemudian dikali dua kali karena durasi pelayaran dihitung dari waktu berangkat sampai pulang kembali ke LNG *Plant* asal (LNG *Plant* – Pembangkit Listrik – LNG *Plant*) karena transportasi LNG *cluster* ini menggunakan metode *milk run* dengan cara mengirim LNG ke beberapa tempat tujuan sekaligus lalu pulang kembali ke LNG *Plant* untuk mengisi muatan dan mengirimkannya kembali ke tempat tujuan yang mulai kehabisan LNG dan begitu seterusnya. Jadi total durasi pelayaran memakan waktu selama 7.7 hari (belum termasuk bongkar muat).

Untuk menghitung total durasi pelayaran secara keseluruhan, lama waktu bongkar muat juga harus dimasukkan ke dalam perhitungan. Pompa yang digunakan untuk bongkar muat LNG adalah Wäertsilä Svanehøj *Deepwell Gas Pumps* dengan kapasitas 600 m³/h sebanyak 6 buah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17. Perhitungan Total Durasi Pelayaran dengan Bongkar Muat

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 7.7 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Pontianak Peaker	100	883	6799	1.9	69.84	74	3.07
MPP Kalbar	100	883	6799	1.9			
MPP Bangka	50	442	3400	0.9	15.36	16	0.68
MPP Belitung	25	221	1700	0.5	7.20	8	0.32
Total	275	2428	18698	5.2	92.40	98	4.07

Setelah mendapatkan total durasi pelayaran secara keseluruhan sebesar $4.07 \times 2 = 8.14$ hari, kapasitas tangki untuk *Small Scale LNG Carrier* bisa didapat melalui perhitungan pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Perhitungan Kapasitas Tangki

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 8.14 hari
PLTMG Pontianak Peaker	100	883	7181
MPP Kalbar	100	883	7181
MPP Bangka	50	442	3591
MPP Belitung	25	221	1795
Total	275	2428	19749

Jadi kapasitas tangki *Small Scale LNG Carrier* untuk *cluster* Kalbar-Bangka-Belitung didapat sebesar 19.749 m³. Kapasitas tangki akan dibulatkan menjadi 20.000 m³ untuk mempermudah pembuatan tangki pada saat proses produksi. Langkah yang sama dilakukan pada *cluster* lainnya untuk menentukan kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* beserta dengan kapasitas tangkinya. Tabel 5.19 merupakan hasil perhitungan kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* beserta dengan kapasitas tangkinya untuk seluruh *cluster* yang ada dalam RUPTL PLN 2017-2026.

Tabel 5.19. Kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia

No.	Cluster	LNG Plant	Power Plant	Cargo Tank	Cargo Tank Capacity	Cargo Pumps
1	Kalbar-Bangka-Belitung	Bontang	PLTMG Pontianak Peaker - MPP Kalbar - MPP Bangka - MPP Belitung	3 x IMO Type C - Bilobe	20.000 m ³	6 x 600 m ³ /h
2	Papua	Tangguh	MPP Fakfak - MPP Timika - PLTMG Merauke	2 x IMO Type C - Cylindrical	3.000 m ³	2 x 600 m ³ /h
3	Papua	Tangguh	PLTMG Bintuni - PLTG Sorong - PLTMG Raja Ampat	2 x IMO Type C - Cylindrical	1.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
4	Papua	Tangguh	PLTMG Manokwari - MPP Manokwari - MPP Nabire - PLTMG Biak - PLTMG Jayapura - MPP jayapura	3 x IMO Type C - Cylindrical	14.500 m ³	3 x 600 m ³ /h
5	Kalimantan Selatan	Bontang	PLTGU/MGU Kalsel Peaker	2 x IMO Type C - Cylindrical	5.500 m ³	2 x 600 m ³ /h

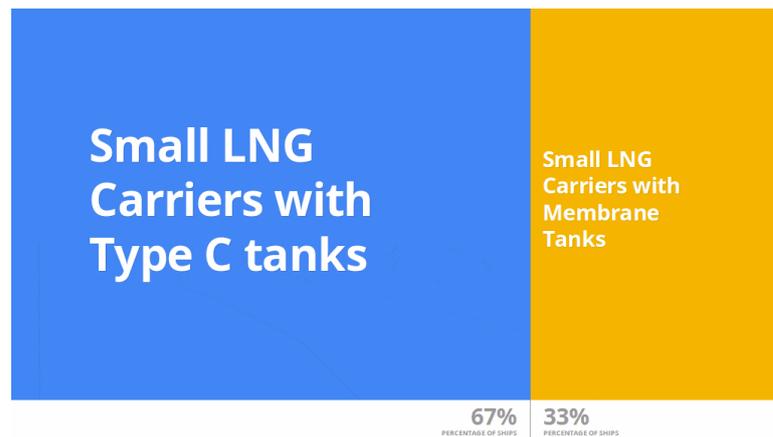
No.	Cluster	LNG Plant	Power Plant	Cargo Tank	Cargo Tank Capacity	Cargo Pumps
6	Sulawesi Selatan	Bontang	PLTGU Sulsel Peaker - PLTGU Makassar Peaker	3 x IMO Type C - Bilobe	20.000 m ³	6 x 600 m ³ /h
7	Nusa Tenggara	Bontang	MPP Lombok - PLTMG Sumbawa - PLTMG Bima	2 x IMO Type C - Cylindrical	6.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
8	Nusa Tenggara	Bontang	PLTMG Maumere - MPP Flores - PLTMG Waingapu - PLTMG Kupang Peaker	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.000 m ³	2 x 600 m ³ /h
9	Regasifikasi Arun	Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
10	Regasifikasi Arun	Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
11	Regasifikasi Arun	Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
12	Regasifikasi Arun	Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
13	Regasifikasi Arun	Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
14	FSRU Sumatera Utara	Bontang	PLTGU Sumbagut 134	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
15	FSRU Sumatera Utara	Bontang	PLTGU Sumbagut 134	3 x IMO Type C - Bilobe	22.500 m ³	6 x 600 m ³ /h
16	Kepulauan Riau	Bontang	PLTMG Dabo Singkep - PLTMG Tanjung Batu - PLTMG Tanjung Balai Karimun - PLTMG Bintan - PLTMG Natuna	2 x IMO Type C - Cylindrical	11.000 m ³	2 x 600 m ³ /h

No.	Cluster	LNG Plant	Power Plant	Cargo Tank	Cargo Tank Capacity	Cargo Pumps
17	FSRU Jawa 1	Tanggung	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
18	FSRU Jawa 1	Tanggung	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
19	FSRU Jawa 1	Tanggung	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
20	FSRU Jawa 1	Tanggung	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
21	FSRU Jawa 1	Tanggung	PLTGU Jawa 1	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
22	FSRU Gorontalo	Bontang	PLTG Gorontalo	2 x IMO Type C - Cylindrical	2.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
23	FSRU NR	Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
24	FSRU NR	Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
25	FSRU NR	Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	2 x IMO Type C - Cylindrical	8.000 m ³	2 x 600 m ³ /h
26	FSU FRU Bena	Bontang	PLTMG Pesanggaran	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m ³	2 x 600 m ³ /h

Berdasarkan data kebutuhan LNG untuk bahan bakar pembangkit listrik di seluruh wilayah Indonesia yang ada dalam RUPTL PLN 2017-2026, kebutuhan untuk *Small Scale LNG Carrier* didapat sebanyak 26 unit kapal dengan kapasitas tangki yang berbeda-beda (1.500 m³ – 45.000 m³).

5.3. Small Scale LNG Carrier Cargo Containment Systems

Dewasa ini *independent tanks type C* lebih banyak digunakan oleh *ship owner* sebagai *cargo containment system* untuk *Small Scale LNG Carrier*. *Independent tanks type C* adalah tangki yang paling sesuai dan ekonomis untuk kapal dengan ukuran tersebut (Small Scale LNG Shipping Consultant, 2012). Gambar 5.8 merupakan persentase *Small Scale LNG Carrier* yang menggunakan *independent tanks type C* dan *membrane tanks* pada tahun 2021 mendatang.



Gambar 5.8. Persentase *Type C Tanks* dan *Membrane Tanks*

Sumber: Small Scale LNG Shipping Consultant, 2017

Untuk perbandingan antara *independent tanks type C* dengan *membrane tanks* dapat dilihat pada Tabel 5.20.

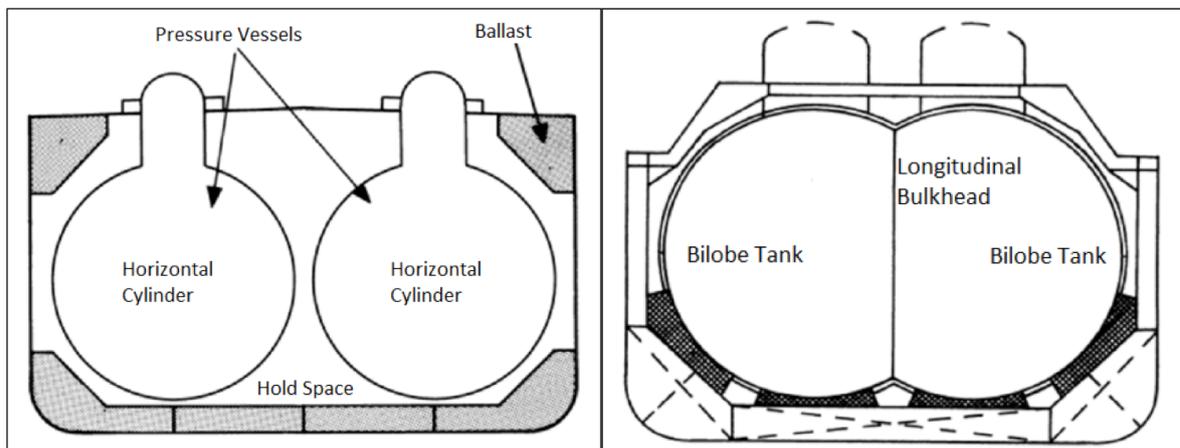
Tabel 5.20. Perbandingan *Independent Tanks Type C* dengan *Membrane Tanks*

	Type C independent tanks		Membrane tanks	
	Cylindrical	Bilobe	GTT Mark III	GTT NO96
Technical considerations	<ul style="list-style-type: none"> – Allows pressure increase – Standard fuel system – Easier installation / maintenance – Wide construction availability – Keeping LNG cold is an operational consideration – Flexibility in operation at a range of pressures – Higher lightweight – No filling limits by default – No secondary barrier 		<ul style="list-style-type: none"> – Space-efficient – Proven technology on LNG and multigas applications – Long track record – Construction availability to authorised companies only – Boil-off gas handling – Special attention to gas fuel system required – Allows colder LNG to be delivered – Higher ship's hull steel weight / lower lightweight – Project-specific study by GTT to achieve required filling limit ranges – AiP by LR for use at higher than atmospheric pressures 	
		<ul style="list-style-type: none"> – Capacity < 10k cbm – Lower costs than bilobe 	<ul style="list-style-type: none"> – Capacity > 10k cbm – Shallow draft – Tank volume max 	<ul style="list-style-type: none"> – Requires provision of CCS components from independent manufacturers – Requires secondary barrier
Commercial considerations	<ul style="list-style-type: none"> – Lower fabrication costs – Onboard space requirements 		<ul style="list-style-type: none"> – Higher infrastructure costs – Construction as part of ship's building schedule 	
	<ul style="list-style-type: none"> – Dead volume 	<ul style="list-style-type: none"> – Higher costs than cylindrical tanks 	<ul style="list-style-type: none"> – Insulation components fabricated by certain licensed companies – Cargo insulation assembly by shipyard 	<ul style="list-style-type: none"> – Requires shipbuilder to have own production line for insulation components

Sumber: Lloyd's Register: Small Scale LNG Ships, 2015

Selain karena perkembangan terkini industri *Small Scale LNG Carrier* yang sebagian besar menggunakan *independent tanks type C* untuk *cargo containment system*-nya, teknologi *membrane tanks* saat ini hanya dimiliki oleh perusahaan tertentu seperti GTT. *Independent tanks type C* yang merupakan tangki dengan standar *pressure vessel* mempunyai pasar produksi tangki yang lebih luas dan lebih murah untuk biaya fabrikasinya.

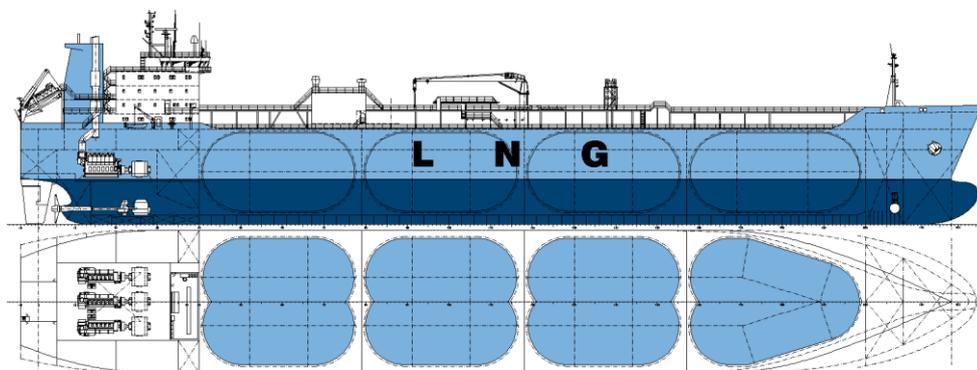
Independent tanks type C umumnya terdiri dari dua jenis, yaitu tangki silinder dan tangki *bilobe* seperti pada Gambar 5.9. Tangki ini tidak memerlukan *secondary barrier*. Sebaliknya, untuk mendeteksi kebocoran tangki, *hold space* seperti pada Gambar 5.9 (bagian kiri) diisi dengan *inert gas* atau udara kering (*dry air*). Sensor yang ditempatkan di *hold space* dapat mendeteksi perubahan komposisi *inert gas* atau udara kering, sehingga kebocoran dapat dideteksi dan dicegah (Marine Insight, 2017).



Gambar 5.9. Tangki Silinder (Kiri) dan Tangki *Bilobe* (Kanan)

Sumber: Marine Insight, 2017

Untuk tangki *bilobe* pada bagian depan kapal dibuat *conical* atau ujung tangki bagian depan dibuat meruncing (Marine Insight, 2017). Gambar 5.10 merupakan tampak atas *Small Scale LNG Carrier* yang menggunakan tangki *bilobe* dengan kapasitas sebesar 30.000 m³.



Gambar 5.10. *Small Scale LNG Carrier* 30.000 m³

Sumber: TGE Marine Gas Engineering, 2014

Kriteria *independent tanks type C* untuk *Small Scale LNG Carrier* adalah sebagai berikut (TGE Marine Gas Engineering, 2014):

- *Self supporting pressure vessel*
- Tangki silinder atau *bilobe* dengan insulasi di luar
- Tidak membutuhkan *secondary barrier*
- Tidak ada pembatasan pengisian parsial
- Temperatur tangki -163°C
- Material tangki:
 - Aluminium
 - 9% *Ni-Steel*
 - SS AISI 304L
- Kapasitas tangki:
 - Kapasitas kapal di bawah 20.000 m^3 menggunakan desain tangki silinder
 - 2 desain tangki untuk kapasitas sampai 12.000 m^3
 - 3 desain tangki untuk kapasitas sampai 20.000 m^3
- Kapasitas tangki:
 - Kapasitas kapal di atas 20.000 m^3 menggunakan desain tangki *bilobe*
 - 3 desain tangki untuk kapasitas sampai 25.000 m^3
 - 4 desain tangki untuk kapasitas sampai 45.000 m^3

5.3.1. Proses Produksi *Independent Tanks Type C*

Berikut ini akan dijelaskan tahapan dalam proses produksi tangki untuk *Small Scale LNG Carrier*. Sesuai dengan penjelasan dari IMO melalui *IGC Code* tentang kriteria *independent tanks type C*, bahwa tangki ini merupakan jenis tangki dengan standar *pressure vessel*. Sebelum memulai proses produksi tangki, ada persyaratan berupa prosedur perancangan yang harus diikuti sampai bisa lanjut ke tahap produksi. Prosedur perancangan tangki ini mengikuti aturan dan standar dari DNV GL. Dokumen yang diperlukan untuk persetujuan *independent tanks type C* adalah:

- *Maximum Allowable Relief Valve Setting* (MARVS)
- Maksimum tekanan *vacuum*
- Maksimum tekanan gas
- Maksimum tekanan eksternal
- Daftar muatan yang dibawa

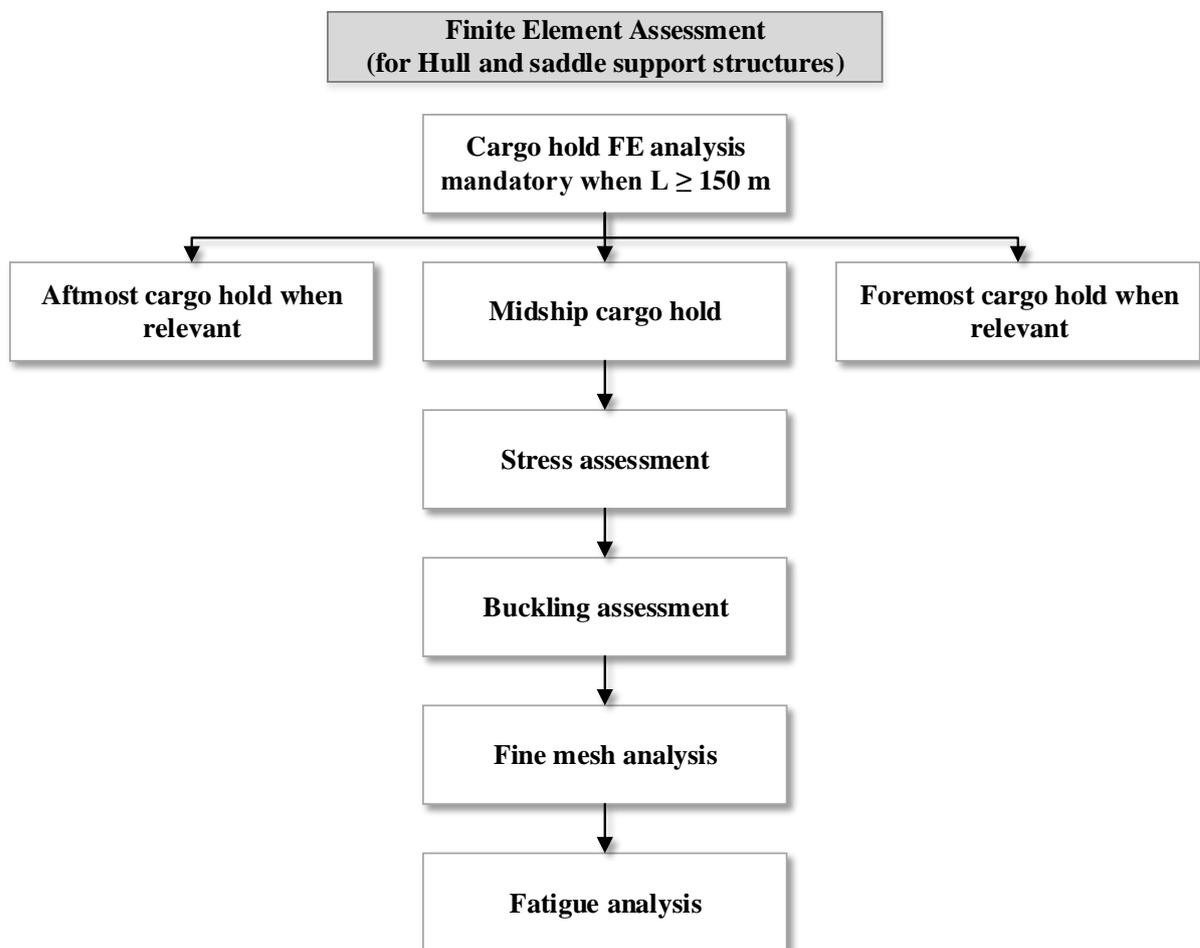
- Massa jenis dan temperatur muatan
- Lokasi tangki

Berikut merupakan prosedur perancangan secara umum yang harus diperhatikan dalam merancang *independent tanks type C*.

- *Design Basis*

- Struktur Lambung

Kekuatan *girder* pada lambung dan kekuatan lokal pada kapal harus sesuai dengan persyaratan. Gambar 5.11 merupakan gambaran umum penilaian kekuatan untuk struktur lambung termasuk struktur pendukungnya.

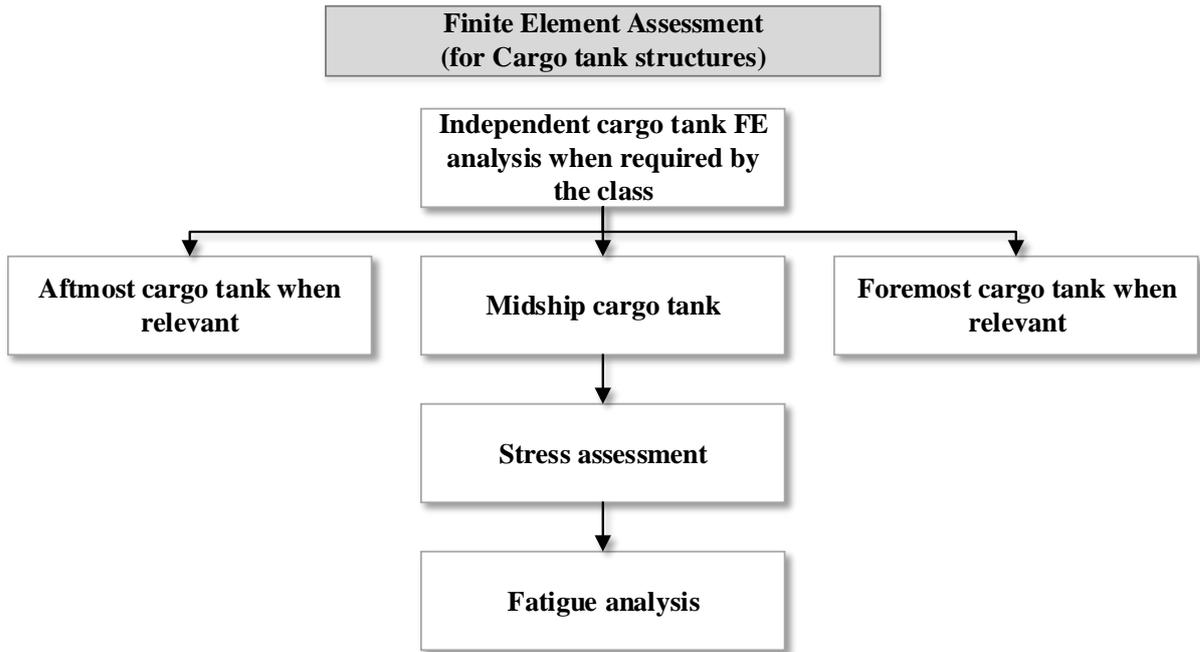


Gambar 5.11. Penilaian Kekuatan untuk Struktur Lambung

Sumber: DNV GL, 2016

- Tangki Kargo

Dasar perancangan *independent tanks type C* adalah kriteria *pressure vessel* yang dimodifikasi dengan penambahan mekanika fraktur dan kriteria perambatan retak. Gambar 5.12 merupakan gambaran umum penilaian kekuatan untuk tangki kargo.



Gambar 5.12. Penilaian Kekuatan untuk Tangki Kargo

Sumber: DNV GL, 2016

- *Design Loads*

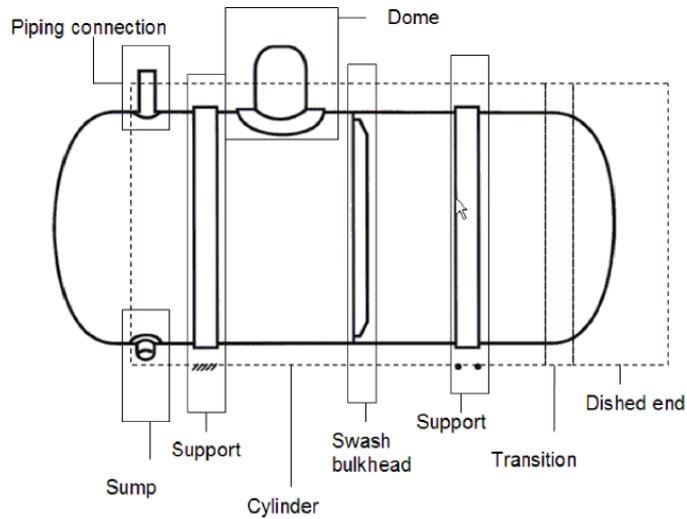
Beban perancangan yang harus diperhatikan untuk *independent tanks type C* dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Beban Perancangan untuk *Independent Tanks Type C*

Static Loads	Dynamic Load	Other loads
Cargo weight (static pressure)	Vertical, transverse and longitudinal accelerations acting on the system (dynamic pressure)	Stationary temperature distribution
Tank system self weight: tank shell, insulation, domes and piping	Sloshing loads	Transient temperature distribution of initial cool down
Internal and external over pressure	Dynamic interaction forces from wave loads	Vibration
Still water interaction forces		

Sumber: DNV GL, 2016

Independent tanks type C terdiri dari bagian-bagian yang dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Bagian-bagian *Independent Tanks Type C*

Sumber: DNV GL, 2016

Berikut merupakan perhitungan untuk ketebalan material pada setiap bagian *independent tanks type C*.

- *Cylindrical Tank Body*
 - *Cylindrical shells*

$$S \geq \frac{P_c \cdot D_o}{20 \cdot \sigma_t \cdot v + P_c} + C \quad (5.1)$$

Dimana:

S = ketebalan

C = *corrosion margin/allowance*

**carbon dan low-alloy steels, minimum corrosion allowance 1.0 mm*

D_o = diameter luar

P_c = perhitungan tekanan

v = efisiensi *joint*

*0.85 < v ≤ 1.0 untuk 100% NDT (RT atau UT)

0.7 < v ≤ 0.85 untuk *spot* atau *random* NDT (RT atau UT)

v ≤ 0.7 untuk *visual inspection*

σ_t = nominal desain tegangan pada desain temperatur metal

- *Dished End/Spherical Shells*

- *Hemispherical ends*
- *Spherical shells*

$$S \geq \frac{P_c \cdot D_o}{40 \cdot \sigma_t \cdot v + P_c} + C \quad (5.2)$$

Dimana:

S = ketebalan

C = *corrosion margin/allowance*

**carbon dan low-alloy steels, minimum corrosion allowance 1.0 mm*

D_o = diameter luar

P_c = perhitungan tekanan

v = efisiensi *joint*

*0.85 < v ≤ 1.0 untuk 100% NDT (RT atau UT)

0.7 < v ≤ 0.85 untuk *spot* atau *random* NDT (RT atau UT)

v ≤ 0.7 untuk *visual inspection*

σ_t = nominal desain tegangan pada desain temperatur metal

- *Conical Shells of Circular Sections*

$$S \geq \frac{P_c \cdot D_o}{20 \cdot \sigma_t \cdot v - P_c \cos \alpha_c} + C \quad (5.3)$$

Dimana:

S = ketebalan

C = *corrosion margin/allowance*

**carbon dan low-alloy steels, minimum corrosion allowance 1.0 mm*

D_o = diameter luar

P_c = perhitungan tekanan

v = efisiensi *joint*

*0.85 < v ≤ 1.0 untuk 100% NDT (RT atau UT)

0.7 < v ≤ 0.85 untuk *spot* atau *random* NDT (RT atau UT)

v ≤ 0.7 untuk *visual inspection*

σ_t = nominal desain tegangan pada desain temperatur metal

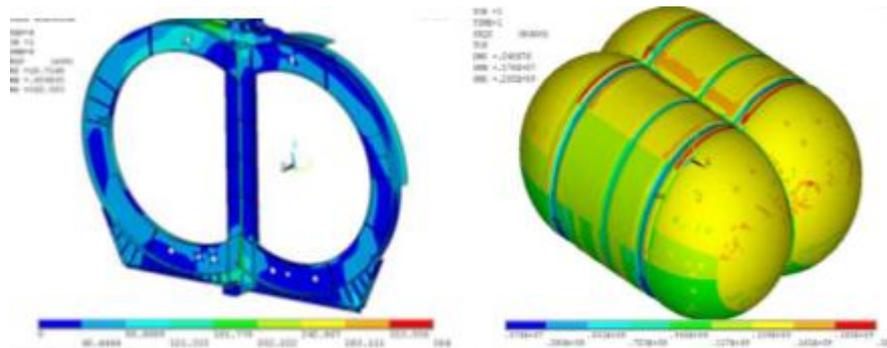
α_c = *half apex angle of the section*

- Ketebalan Minimum

Ketebalan minimum setelah pembentukan *shell* atau *head* termasuk *corrosion allowance* tidak boleh kurang dari:

- 5 mm untuk *carbon-manganese steels* dan *nickel steels*
- 3 mm untuk *austenitic steels*
- 7 mm untuk *aluminium alloys*

Untuk *independent tanks type C* jenis *bilobe*, penggunaan sekat memanjang mempengaruhi aliran tegangan di tangki dan perhatian khusus harus diberikan untuk penilaian struktur sekat dan sambungan Y pada persimpangan antara sekat memanjang dengan *tank shell* karena sekat memanjang berkontribusi terhadap kekuatan tangki. Sekat penegar mungkin dipasang secara memanjang atau melintang, dan pertimbangan khusus harus diberikan pada bagaimana penegar tersebut berakhir atau terhubung dengan anggota kekuatan lainnya. Gambar 5.14 merupakan analisa *Finite Element Method* (FEM) pada tangki *bilobe*.



Gambar 5.14. Analisa FEM pada Tangki *Bilobe*

Sumber: TGE Marine Gas Engineering, 2014

Setelah prosedur perancangan tangki telah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan oleh klasifikasi, selanjutnya bisa dilakukan proses produksi tangki. Material yang digunakan untuk pembuatan tangki adalah 9% *Ni-Steel*. Berikut merupakan langkah-langkah, fasilitas, dan peralatan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan *independent tanks type C*.

- Gudang

Berisi material-material yang digunakan dalam pembuatan tangki. Dari sini material akan dikirim ke bengkel persiapan.

- Bengkel Persiapan

Pada bengkel persiapan material di-*treatment* dengan menggunakan *straightening machine* dan *blasting priming machine*. Dari sini material dikirim ke bengkel fabrikasi.

- Bengkel Fabrikasi

Pada bengkel fabrikasi material dipotong menggunakan *CNC Cutting Machine* sesuai dengan gambar yang telah direncanakan meliputi diameter tangki yang akan dibuat silinder dengan menggunakan *bending machine* seperti yang bisa dilihat pada Gambar 5.15. Untuk pembuatan ujung tangki atau *spherical dish*, yaitu dengan menggunakan *hydraulic press machine* seperti yang bisa dilihat pada Gambar 5.16. Lubang untuk pemasangan *dome* dan pipa dilakukan dengan menggunakan *CNC Cutting Machine*. Dari sini material dikirim ke bengkel *assembly*.



Gambar 5.15. Proses *Rolling Pelat* Menggunakan *Bending Machine*



Gambar 5.16. Proses Pembentukan *Spherical Dish*

Sumber: Industrial Montaj Grup, 2011

- Bengkel *Assembly*

Pada bengkel ini dilakukan proses pengelasan antar bagian badan tangki yang telah dilakukan proses *bending* dengan ujung tangki menggunakan *Submerged Arc Welding* (SAW) seperti yang bisa dilihat pada Gambar 5.17. Pada bengkel ini juga dilakukan proses pemasangan insulasi pada permukaan luar tangki. Pengujian pada tangki juga dilakukan di bengkel *assembly*.



Gambar 5.17. Proses Pengelasan antar Bagian Tangki Menggunakan SAW

Setelah tangki selesai di-*assembly*, tangki dikirim ke *dock* untuk dilakukan proses *erection* dengan kapal. Proses *erection* tangki ke atas kapal dengan menggunakan *gantry crane* seperti yang bisa dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.



Gambar 5.18. Pemasangan Tangki Silinder pada Kapal

Sumber: Marine Link, 2015



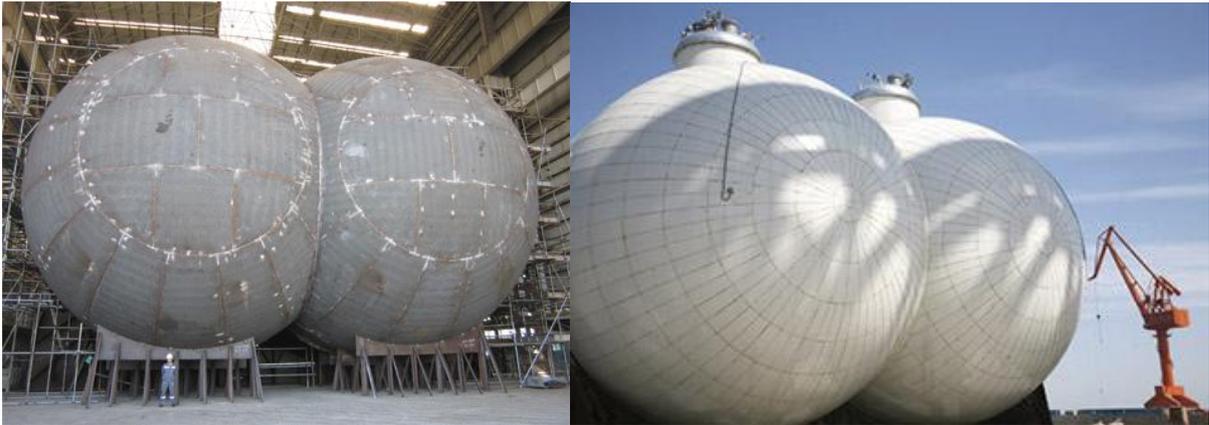
Gambar 5.19. Pemasangan Tangki *Bilobe* pada Kapal

Sumber: Izumi Steel, 2011

Berikut ini merupakan jenis-jenis insulasi untuk tangki *Small Scale LNG Carrier* (TGE Marine Gas Engineering, 2012).

- *Vaccum Insulation*
Insulasi jenis ini digunakan untuk tangki silinder yang berukuran kecil.
- *Polystyrene atau Polyurethane Panel*
Lapisan awal berupa *polystyrene* atau *polyurethane* yang nantinya akan dilapisi menggunakan lembaran baja pada bagian terluarnya. Jenis ini memungkinkan untuk bentuk *conical* dan *bilobe*.
- *Polyurethane Foam*
Polyurethane foam yang dilapisi dengan lapisan proteksi polimer.
- *Improved Insulation Panel*
Panel khusus untuk meningkatkan efisiensi dari insulasi yang digunakan.
- Pemilihan insulasi tergantung kebutuhan
Berdasarkan jadwal operasional/kebutuhan, kemungkinan bentuk tangki.

Ketebalan insulasi sebesar 300 mm (*boil-off rates* sekitar 0,35 – 0,45%/hari). Gambar 5.20 merupakan perbedaan sebelum dan sesudah pemasangan insulasi pada tangki *bilobe*.



Gambar 5.20. Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Pemasangan Insulasi

Sumber: Sinopacific Offshore & Engineering, 2014

Dalam kegiatan produksi tangki ada hal yang harus diperhatikan pada saat proses konstruksi dan pengujian dilakukan. Berikut ini merupakan rincian pada saat proses konstruksi dan pengujian *independent tanks type C* (IGC Code, 2014).

- *Weld Joint Design*

Rincian sambungan pengelasan untuk *independent tanks type C*.

- Semua sambungan longitudinal dan melingkar harus dilas tumpu (*butt weld*), penetrasi penuh, jenis las X atau las V. Penetrasi penuh *butt weld* harus diperoleh dengan pengelasan ganda atau dengan penggunaan *backing rings*. Jika digunakan, *backing rings* harus dilepas kecuali dari proses *pressure vessel* yang sangat kecil. Persiapan lainnya dapat dilakukan, tergantung dari hasil pengujian yang dilakukan atas persetujuan prosedur pengelasan.
- Persiapan *bevel* sambungan antara badan tangki dengan *dome* dan antara *dome* dengan perlengkapannya harus dirancang sesuai dengan standar yang dapat diterima oleh administrasi atau organisasi yang diakui.

- Pengujian

Independent tanks type C harus diuji seperti langkah berikut.

- Setiap *pressure vessel* harus dilakukan pengujian hidrostatis (*hydrostatic test*) pada tekanan yang diukur di bagian atas tangki, tidak kurang dari $1,5 P_0$. Selama pengujian tekanan (*pressure test*) harus dihitung tekanan membran primer pada titik manapun melebihi 90% dari tegangan luluh (*yield stress*) material. Untuk memastikan kondisi ini terpenuhi dimana perhitungan menunjukkan bahwa tegangan ini akan melebihi 0,75 kali kekuatan luluh (*yield strength*), uji prototipe harus

dipantau dengan menggunakan alat pengukur regangan atau peralatan lain yang sesuai untuk *pressure vessel* selain dari *cylindrical* dan *spherical pressure vessel*.

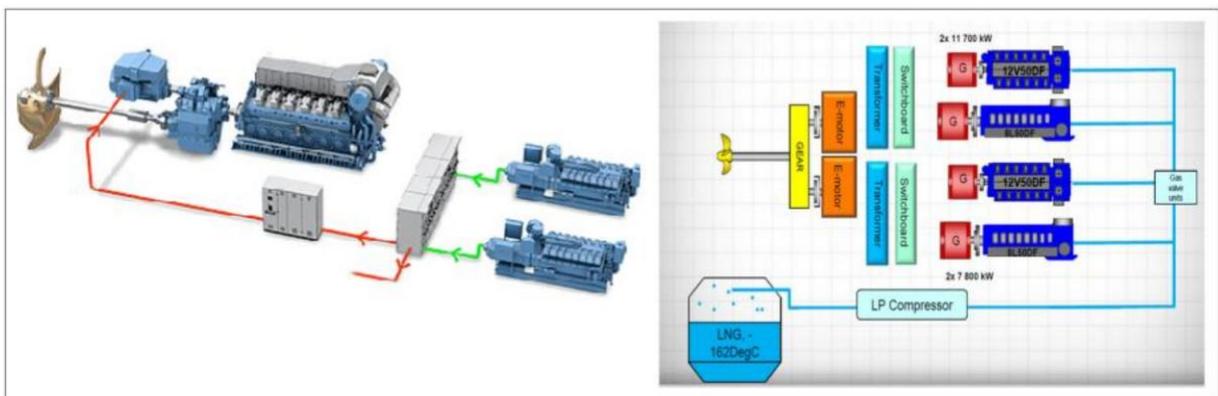
- Temperatur air yang digunakan untuk pengujian setidaknya harus 30°C di atas temperatur transisi *nil-ductility material* yang dibuat.
- Tekanan harus ditahan selama 2 jam per 25 mm ketebalan.

5.4. Sistem Khusus *Small Scale LNG Carrier*

5.4.1. Sistem Propulsi

Untuk memanfaatkan uap gas atau biasa disebut *Boil-Off Gas (BOG)* LNG dari tangki kapal, maka uap tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin kapal dengan menggunakan sistem *dual fuel engine*. Penggunaan teknologi ini sudah matang dan telah berhasil diterapkan pada *LNG Carrier* dan kapal berbahan bakar gas di berbagai mesin diesel atau *otto cycle*. Penggunaan *dual fuel engine* pada *Small Scale LNG Carrier* lebih baik daripada menggunakan *pure gas engine* atau 100% berbahan bakar gas, karena penggunaan *dual fuel* memungkinkan fleksibilitas operasional kapal saat tidak ada LNG yang tersedia di kapal, dan karena alasan komersial seperti tidak ada keinginan untuk menggunakan muatan di tangki kargo sebagai bahan bakar.

Small Scale LNG Carrier memiliki dua opsi untuk pemilihan konsep *dual fuel*, yaitu *direct-driven (two-stroke)* atau *diesel-electric (four stroke)*. Pemilihan sangat tergantung dari faktor seperti rentang kecepatan yang tersedia dan kebutuhan manuver. Gambar 5.21 menunjukkan pengaturan untuk konsep *dual fuel engine direct-driven* dan *diesel-electric* (Lloyd's Register: *Small Scale LNG Ships*, 2015).



Gambar 5.21. Pengaturan *Dual Fuel: Direct-Driven* (Kiri) dan *Diesel-Electric* (Kanan)

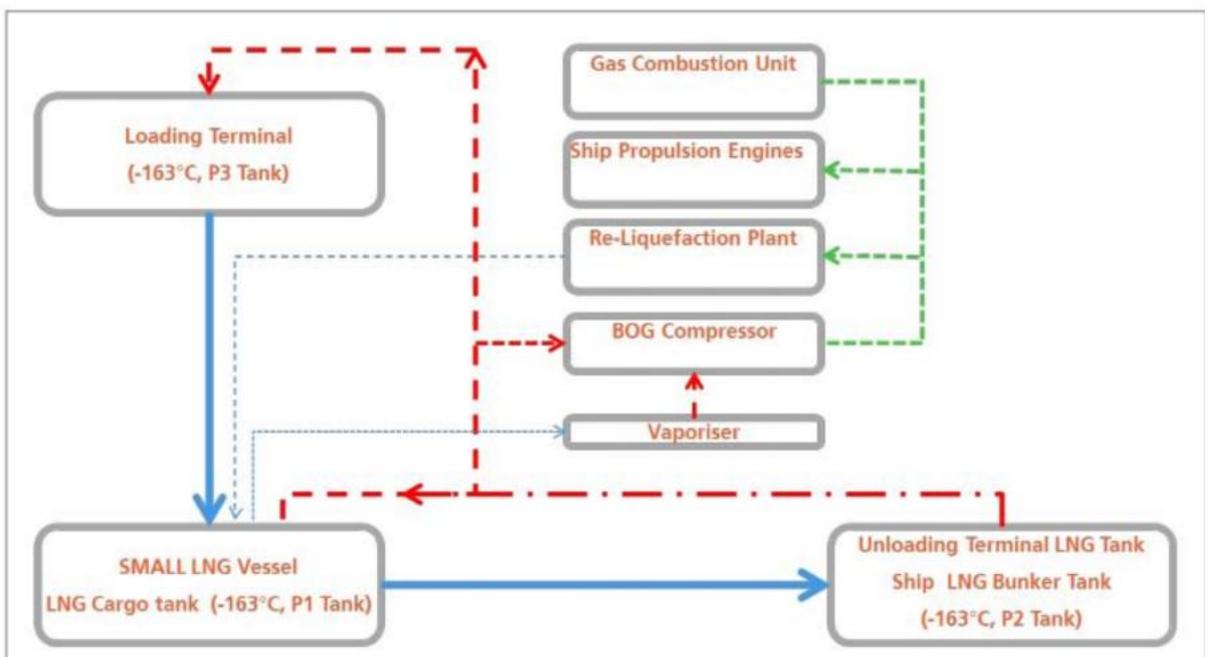
Sumber: Lloyd's Register: *Small Scale LNG Ships*, 2015

5.4.2. Manajemen *Boil-Off Gas* (BOG)

Small Scale LNG Carrier memiliki *boil-off rates* sebesar 0,25% karena ukuran tangkinya terlepas dari teknologi insulasi. Berbeda dari standar *boil-off rates* 0,1% yang saat ini dicapai *LNG Carrier* dengan kapasitas 170.000 m³ dengan menggunakan teknologi yang sama. BOG yang dihasilkan dari tangki kargo ditangani melalui mesin propulsi dan *gas combustion unit*. Metode ini adalah yang paling umum digunakan kebanyakan *LNG Carrier*.

Reliquefaction plant telah dipasang pada desain kapal tanpa mesin propulsi berbahan bakar gas seperti kapal Q-Flex dan Q-Max. Baru-baru ini, *LNG Carrier* telah dibangun dengan memasang sistem *reliquefaction* parsial untuk mengurangi *boil-off rate* harian. Sistem *reliquefaction* parsial menggunakan *heat exchanger* dimana LNG mendinginkan BOG dan LNG kembali ke tangki kargo. Dengan sistem ini, diperlukan *refrigerant* tambahan dan tidak diperlukan energi untuk mengoperasikan *plant* tersebut.

Selama bongkar muat LNG di terminal, sejumlah besar gas uap dihasilkan. Uap ini ditangani melalui fasilitas terminal untuk pengelolaan uap dan peralatan kapal tidak dapat digunakan. Oleh karena itu, sistem *reliquefaction* parsial atau penuh bukanlah peralatan yang wajib untuk *LNG Carrier*. Sama dengan *LNG Carrier*, *Small Scale LNG Carrier* juga tidak membutuhkan kemampuan *reliquefaction*. Gambar 5.22 merupakan proses *Small Scale LNG Carrier* mengelola BOG yang dihasilkan dari tangki kargo dan saat pengoperasian LNG *Bunkering* (Lloyd's Register: Small Scale LNG Ships, 2015).



Gambar 5.22. Proses Manajemen BOG

Sumber: Lloyd's Register: Small Scale LNG Ships, 2015

5.5. Peralatan dan Perlengkapan Kapal Khusus *Small Scale LNG Carrier*

Berikut ini merupakan peralatan dan perlengkapan kapal khusus kapal pengangkut LNG (LNG Shipping Knowledge 2nd Edition, 2011).

- *Air and Inert Gas Dryers*

Alat seperti pada Gambar 5.23 digunakan pada kapal LNG untuk menghasilkan tingkat kekeringan udara (temperatur udara kering -45°C) yang didinginkan (diukur dari kelembaban temperatur). Alat ini digunakan pada tangki kapal, sistem permesinan dan perpipaan LNG, dan saat pekerjaan *purging gas* maupun pembebasan gas.

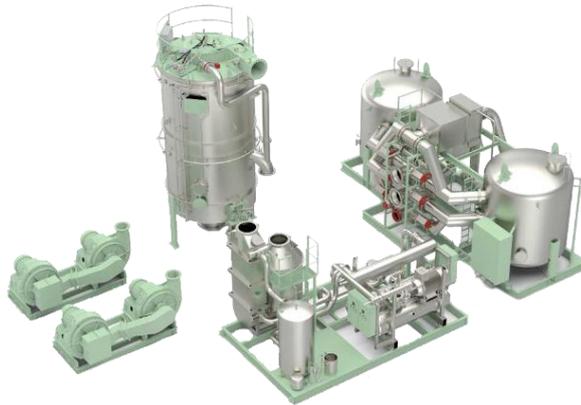


Gambar 5.23. *Air Dryers*

Sumber: Wartsila

- *Inert Gas Generator*

Generator *inert gas* seperti pada Gambar 5.24 menghasilkan gas murni yang biasa digunakan untuk proses pembebasan gas pada tangki muatan, pipa-pipa yang berhubungan dengan muatan, dan ruangan yang tidak terpakai (*void space*). *Inert gas* sejatinya digunakan untuk menggantikan udara yang ada pada sistem muatan, tangki-tangki, dan peralatan lainnya sehingga dapat menciptakan lingkungan yang anti pembakaran yang disebabkan karena kandungan gas O_2 yang berlebih. Gas ini mencegah tercampurnya udara pada muatan LNG.



Gambar 5.24. *Inert Gas Generator*

Sumber: Wärtsilä

- *Nitrogen Generator*

Generator gas nitrogen seperti pada Gambar 5.25 digunakan untuk menghasilkan N_2 pada kapal LNG. Umumnya, gas N_2 ini digunakan untuk:

- Mencegah terjadinya pencampuran udara yang dapat menimbulkan kebakaran saat kebocoran muatan LNG terjadi
- Mempermudah deteksi kebocoran muatan LNG pada ruang-ruang yang dilindungi dan mencegah korosi



Gambar 5.25. *Nitrogen Generator*

Sumber: Wärtsilä

- *LNG Vaporizer*

Alat seperti pada Gambar 5.26 digunakan untuk keperluan berikut:

- Membantu proses pembongkaran muatan LNG. Alat ini mencegah tangki LNG menjadi kempot karena kekurangan tekanan udara
- Membantu proses *purging* pada tangki muatan
- Digunakan untuk menguapkan LNG, untuk mendinginkan tangki-tangki ketika pemuatan, dan juga untuk menjaga terjadinya *thermal stress* pada konstruksi tangki



Gambar 5.26. LNG Vaporizer

Sumber: DongHwa Entec

- *High Duty Compressor*
Sebanyak dua buah kompresor *high duty* dengan ukuran yang sama dipasang pada ruang kompresor di geladak. Alat ini berguna untuk menjaga tekanan pada tangki muatan. Baik kompresor *high duty* maupun *low duty* dapat menjadi alat penghilang uap (*vapor blower*).
- *Low Duty Compressor*
Kompresor *low duty* dilengkapi dengan baling-baling yang dilumasi dan segel besi mekanis yang berminyak, yang menekan BOG dari tangki LNG pada temperatur sekitar -140°C sampai -160°C . Tekanan dari BOG pada tangki-tangki LNG harus dijaga pada kisaran 45-180 mbars. Tidak semua kapal dilengkapi dengan kompresor *low duty* dikarenakan kompresor *high duty* juga dapat digunakan untuk hal yang sama.
- *Gas Heater*
Terdapat dua pemanas uap yang terletak di ruang kompresor kargo yaitu *high duty heater* dan *low duty heater*. *High duty heater* adalah alat yang digunakan untuk pemanasan tangki-tangki muatan sebelum proses pembebasan gas berlangsung. Sedangkan *low duty heater* digunakan untuk memanaskan gas pemanas yang disuplai ke *boiler* utama melalui *low duty compressor*. Gambar 5.27 merupakan contoh alat *gas heater*.



Gambar 5.27. *Gas Heater*

Sumber: DongHwa Entec

- *Forcing Vaporizer*

Alat ini digunakan untuk menguapkan cairan LNG yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran pada *boiler*. LNG *vaporizer* dan *forcing vaporizer* biasanya diletakkan bersamaan pada ruang kompresor muatan.

- *Cargo Pumps*

Pompa muatan jenis *submerged pump* seperti pada Gambar 5.28 digunakan pada kapal LNG dan dipasang pada bagian bawah tangki muatan dan tenaga listrik disuplai melalui kabel tembaga atau kabel yang dilapisi dengan besi anti karat. Temperatur yang rendah dari muatan LNG digunakan sebagai media pendinginan untuk motor elektrik pada pompa tersebut.



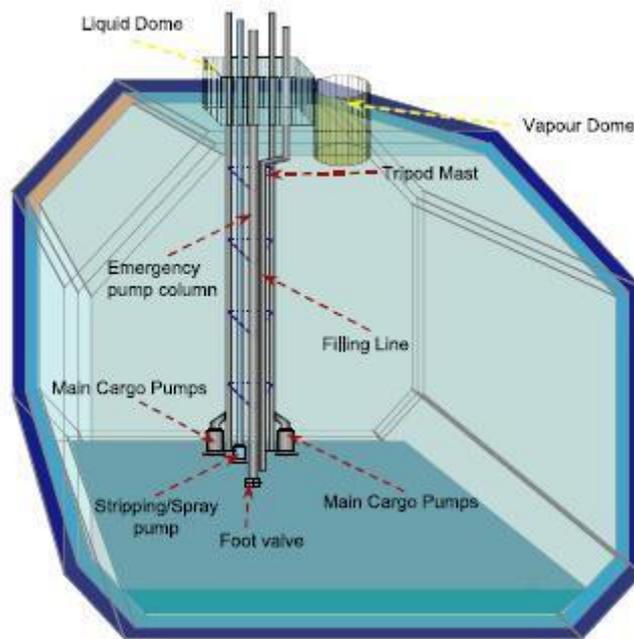
Gambar 5.28. *Submerged Cargo Pump*

Sumber: Framo

- *Spray Pumps*

Alat seperti pada Gambar 5.29 digunakan pada kapal LNG untuk:

- Mendinginkan *liquid header* pada saat proses bongkar muat
- Mendinginkan tangki pada saat *ballast voyage*
- Memompa LNG dari tangki ke *forcing vaporizer* saat penguapan paksa dari LNG ke *boiler* dibutuhkan
- Membuat tangki sekosong mungkin untuk keperluan inspeksi tangki, dan lain-lain



Gambar 5.29. *Spray Pump*

Sumber: Liquefied Gas Carrier

- *Cargo Tank Protection Devices*

IGC Code mensyaratkan setidaknya terdapat dua buah *pressure relief valve* seperti pada Gambar 5.30 dengan kapasitas yang sama (biasanya terbuka pada tekanan 0.25 bar) terpasang di setiap tangki muatan. *Pressure relief valve* harus *pilot-operated*, karena hal ini untuk memastikan pekerjaan yang akurat pada temperatur yang rendah, sehingga *relief valve* utama tidak terhalang es pada saat pelepasan, sehingga akan mampu dijalankan kembali. Masalah yang mungkin timbul dalam pengoperasian *relief valve* diantaranya:

- *Chattering*
- Kebocoran yang berkelanjutan setelah pengoperasian
- Cat warna yang mengelupas
- Keretakan atau kerusakan yang disebabkan oleh korosi akibat penumpukan klorida



Gambar 5.30. *Pressure Relief Valve*

Sumber: Wermac

- *Cargo Line Protection Devices*

Setiap bagian dari pipa untuk muatan yang bisa diisolasi dengan dua katup biasanya dilengkapi dengan *over-pressure liquid relief valve* seperti pada Gambar 5.31 untuk membuang muatan (akibat kelebihan tekanan pada ruang muat) ke tangki muatan terdekat atau ventilasi melalui tempat penampungan cairan yang dilengkapi dengan perlindungan *level switch* dan sebuah mesin penguap cairan. Semua pipa yang berkaitan dengan muatan LNG terbuat dari *cryogenic stainless steel* yang terhubung dengan semua tangki-tangki muatan ke *manifold* kapal.



Gambar 5.31. *Liquid Relief Valve*

Sumber: Aquatrol

- *Cargo Space Protection Devices*

Setiap ruang muat dilindungi oleh dua buah *pressure vacuum valve* seperti pada Gambar 5.32 dengan tipe *Pilot Operated Relief Valve* (PORV). Cara kerja *pressure valve* sama dengan *pressure valve* untuk *cargo tank protection devices*.



Gambar 5.32. *Pressure Vacuum Relief Valve*

Sumber: Emerson

- *Cargo Liquid and Vapor Valves*

Katup untuk pelayanan kriogenik seharusnya sejajar dengan tutup cerobong agar mencegah pembekuan dari peralatan-peralatan yang bergerak. Katup khusus cairan harus bisa mengeluarkan tekanan yang dihasilkan akibat cairan yang terjebak di badan kapal. Katup *Emergency Shutdown* (ESD) seperti pada Gambar 5.33 harus tahan api dan dilengkapi dengan segel metalik.

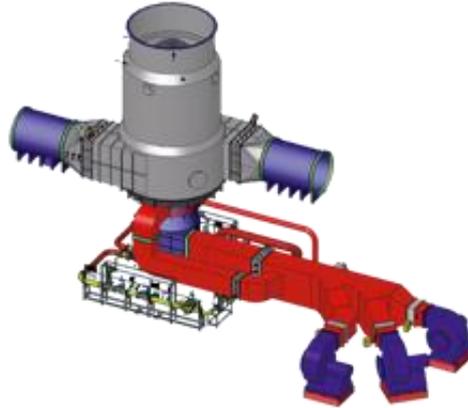


Gambar 5.33. *ESD Valve*

Sumber: Valve Distributors

- *Gas Combustion Unit (Oxidizer)*

Sebuah *gas combustion unit* seperti pada Gambar 5.34 memberikan solusi yang ramah lingkungan untuk kelebihan pembakaran BOG pada kapal LNG. Biasanya *gas combustion unit* dipasang pada cerobong asap kapal dan pengoperasiannya secara otomatis dan terintegrasi dengan *Distributed Control Systems (DCS)*.



Gambar 5.34. *Gas Combustion Unit*

Sumber: SAACKE Marine Systems

5.6. Proses Pembangunan *Small Scale LNG Carrier*

Proses pembangunan *Small Scale LNG Carrier* sama seperti pembangunan kapal pada umumnya. Perbedaannya, yaitu terletak pada teknologi tangki dan sistemnya. Berikut ini merupakan tahapan pembangunan kapal pada umumnya (Storch et al, 1995):

- *Owner's Requirement*

Tahap ini merupakan formulasi spesifikasi khusus dari sebuah produk yang ditentukan oleh pemilik kapal (*ship owner*), dimana akhir dari suatu produk harus dapat merefleksikan permintaan *ship owner*.

- *Preliminary or Concept Design*

Tahap ini dapat dilakukan oleh pihak *ship owner*, *design agent* yang ditunjuk oleh pihak *ship owner*, atau juga dapat dilakukan oleh pihak galangan kapal. Hasil akhir dari tahap ini adalah definisi umum dari kapal yang dimaksud, meliputi dimensi, bentuk lambung kapal, *general arrangement*, *powering*, *machinery arrangement*, *mission system arrangement*, kapasitas dari berat variabel, dan definisi pendahuluan dari keseluruhan sistem seperti konstruksi, perpipaan, kelistrikan, permesinan, dan sistem ventilasi.

- *Contract Design*

Tahap ini merupakan tahap *preliminary design* yang didetailkan lagi, meliputi biaya pembangunan kapal dan waktu yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal yang diestimasikan oleh pihak galangan kapal.

- *Bidding or Contracting*

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari *contract design*, yaitu tawar-menawar antara pihak *ship owner* dengan pihak galangan kapal terhadap biaya pembangunan kapal, waktu penyelesaian pembangunan kapal, dan kesesuaian terhadap permintaan *performance* kapal.

- *Detail Design and Planning*

Setelah proses *bidding* selesai dan kontrak telah ditandatangani, tahap selanjutnya adalah perencanaan dan perancangan yang lebih detail. Hasil dari tahap ini harus dapat menjawab pertanyaan apa, dimana, bagaimana, kapan, dan oleh siapa. Seperti material apa saja yang dibutuhkan, dimana dan bagaimana fasilitas yang digunakan untuk pembangunan kapal, kapan waktu untuk memulai fabrikasi, dan oleh siapa hal tersebut dilakukan.

- *Construction*

Ini merupakan tahap terakhir dari proses pembangunan kapal, meliputi:

- *Fabrication*

Dalam tahap fabrikasi ada beberapa pekerjaan yang dilakukan, yaitu identifikasi material, *marking*, *cutting*, dan *forming*. Material yang masuk ke bengkel fabrikasi akan dilakukan identifikasi terlebih dahulu, apakah material tersebut layak atau tidak untuk dilakukan proses produksi. Setelah material selesai diidentifikasi maka pada material diberikan tanda atau *marking*, yang kemudian dilakukan *cutting* material. Setelah material dipotong sesuai dengan kebutuhan, selanjutnya material akan dibentuk atau dilakukan *forming* untuk menyesuaikan material dengan bentuk lambung kapal.

- *Sub-assembly*

Material yang sudah dipotong dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan pada tahap fabrikasi, selanjutnya material dibentuk menjadi seksi atau panel.

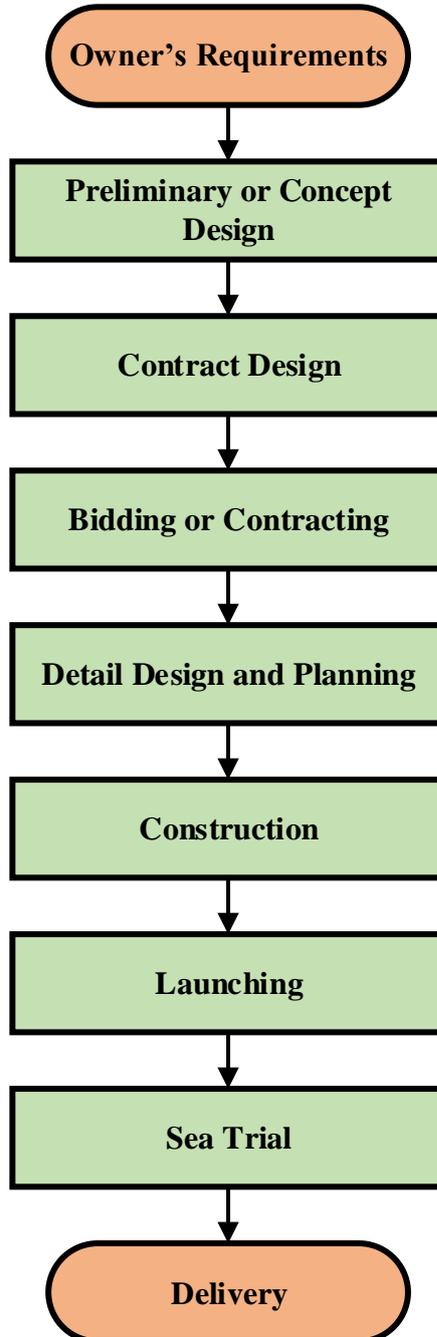
- *Assembly*

Seksi atau panel yang telah dibentuk kemudian digabungkan sesuai dengan perencanaan hingga menghasilkan *block-block*.

- *Erection*

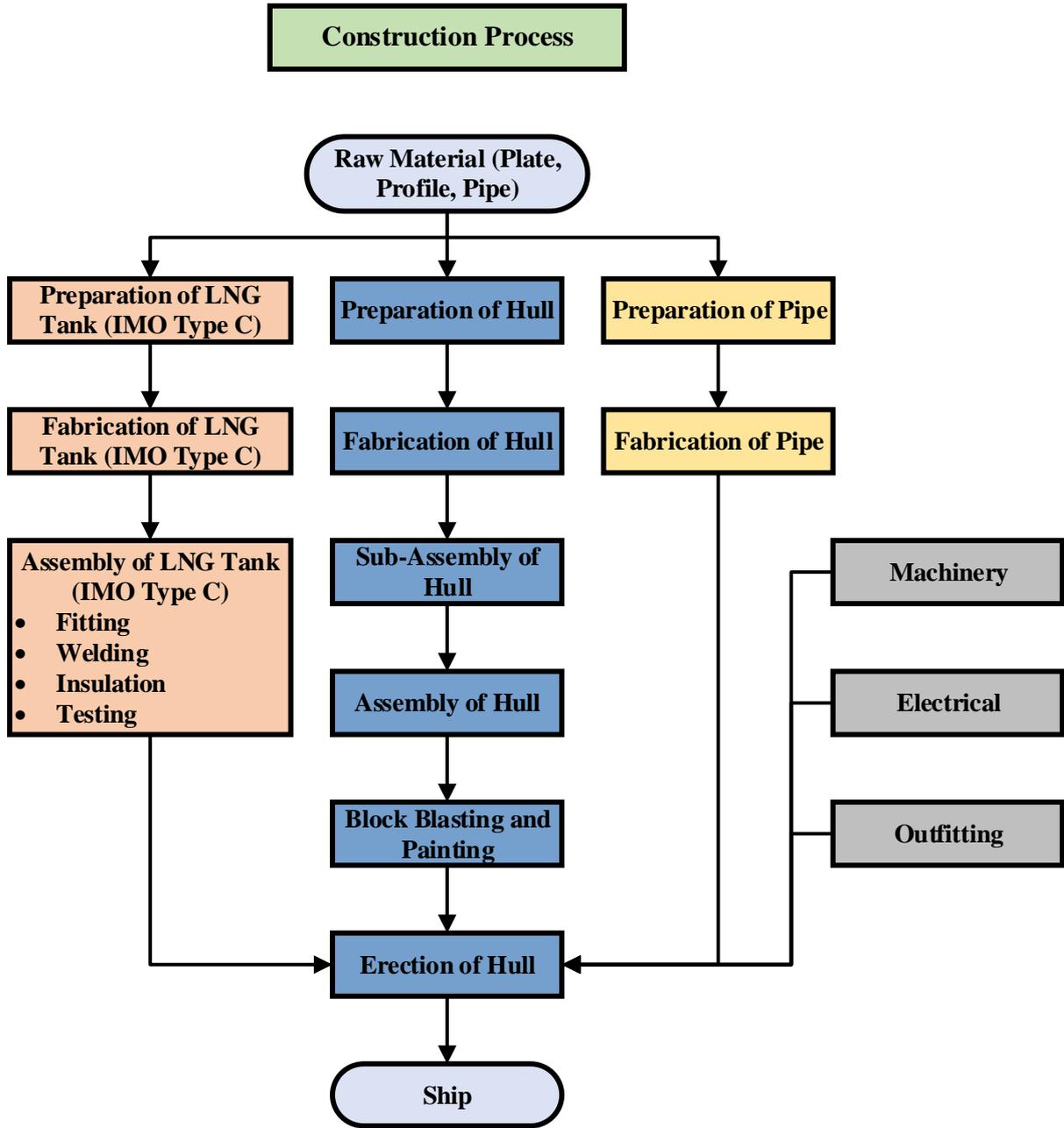
Block-block kapal yang sudah jadi kemudian disatukan hingga menjadi satu bagian lambung yang utuh.

Gambar 5.35 merupakan bagan alir tahapan proses pembangunan *Small Scale LNG Carrier* dari awal sampai kapal diserahkan kepada *ship owner*.



Gambar 5.35. Tahapan Proses Pembangunan *Small Scale LNG Carrier*

Gambar 5.36 merupakan bagan alir tahapan proses konstruksi *Small Scale LNG Carrier* meliputi lambung kapal dan tangki kapal yang akan disatukan bersamaan dengan instalasi pipa, *machinery, electrical*, dan *outfitting* pada saat proses *erection*.



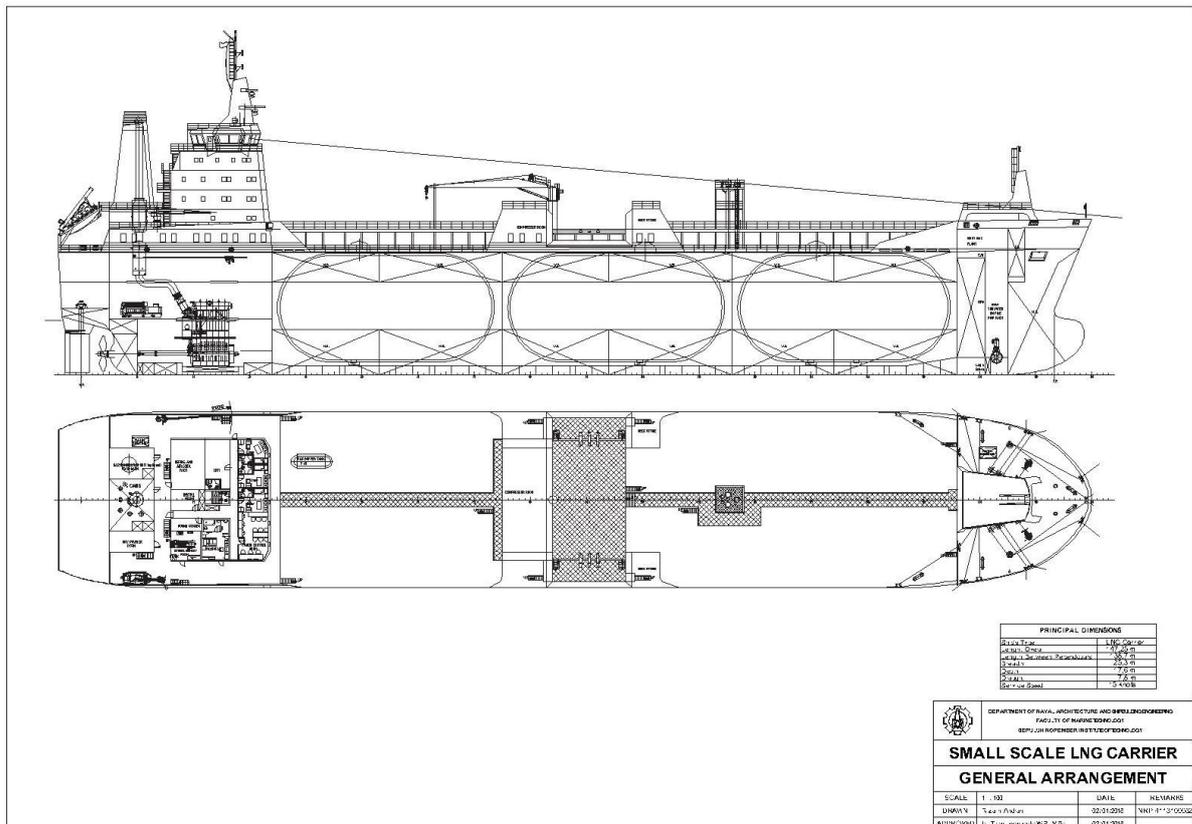
Gambar 5.36. Tahapan Proses Konstruksi *Small Scale LNG Carrier*

5.7. Perencanaan *Small Scale LNG Carrier*

Sebelum melakukan perencanaan fasilitas produksi dari galangan kapal, terlebih dahulu dilakukan perencanaan pada produk yang ingin dibangun dalam hal ini *Small Scale LNG Carrier*. Perencanaan *Small Scale LNG Carrier* ini meliputi gambar *general arrangement* kapal dan perhitungan berat baja kapal.

5.7.1. *General Arrangement Small Scale LNG Carrier*

Berikut ini merupakan *general arrangement* dari kapal yang akan dibangun.



Gambar 5.37. *General Arrangement Small Scale LNG Carrier*

5.7.2. Perhitungan Berat Baja Kapal

Sebelum melakukan pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, dilakukan perhitungan untuk menentukan berat baja kapal tersebut. Hal ini dilakukan untuk merencanakan material yang akan dipesan nantinya untuk pembangunan kapal. Untuk data dari kapal yang akan dibangun dapat dilihat pada Tabel 5.22. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mencari berat baja kapal.

Tabel 5.22. Data Kapal untuk Perhitungan Koefisien dan Berat Baja

Input Data	
Lo	138,7 m
Ho	17,6 m
Bo	25,3 m
To	7,8 m
Fn	0,209
Vs	15 Knots = 7,716 m/s
ρ	1,025

- *Froude Number (Principle of Naval Architecture Vol. II page 154)*

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (5.4)$$

$$F_n = \frac{7,716}{\sqrt{9,81 \times 138,7}}$$

$$F_n = 0,209$$

- *Perhitungan Ratio Ukuran Utama Kapal (Principle of Naval Architecture Vol. I page 19)*

$$\begin{aligned} Lo/Bo &= 138,7/25,3 = 5,482 && \rightarrow 3,5 < L/B < 10 \\ Bo/To &= 25,3/7,8 = 3,244 && \rightarrow 1,8 < B/T < 5 \\ Lo/To &= 138,7/7,8 = 17,782 && \rightarrow 10 < L/T < 30 \end{aligned} \quad (5.5)$$

- *Block Coefficient (Parametric Design page 11)*

$$\begin{aligned} C_b &= -4,22 + 27,8 \sqrt{F_n} - 39,1 F_n + 46,6 F_n^3 \rightarrow 0,15 \leq F_n \leq 0,3 \\ &= -4,22 + 27,8 \sqrt{0,209} - 39,1 (0,209) + 46,6 (0,209^3) \\ &= 0,742 \end{aligned} \quad (5.6)$$

- *Midship Section (Parametric Design page 11-12)*

$$\begin{aligned} C_m &= 0,977 + 0,085(C_b - 0,6) \\ &= 0,977 + 0,085(0,742 - 0,6) \\ &= 0,989 \end{aligned} \quad (5.7)$$

- *Prismatic Coefficient*

$$\begin{aligned} C_p &= C_b/C_m \\ &= 0,742/0,989 \\ &= 0,750 \end{aligned} \quad (5.8)$$

- *Waterplan Coefficient (Parametric Design page 11-16)*

$$\begin{aligned} C_{wp} &= 0,180 + 0,860C_p & (5.9) \\ &= 0,180 + 0,860(0,750) \\ &= 0,825 \end{aligned}$$

- *Longitudinal Center of Bouyancy (LCB) (Parametric Design page 11-19)*

$$\begin{aligned} LCB &= L_o/2 + ((8,80 - 38,9F_n)L_o/100) & (5.10) \\ &= 138,7/2 + ((8,80 - 38,9(0,209))138,7/100) \\ &= 70,269 \text{ LCB dari AP} \end{aligned}$$

- *Volume Displacement*

∇ (m³)

$$\begin{aligned} \nabla &= L.B.T.C_b & (5.11) \\ &= 138,7 \cdot 25,3 \cdot 7,8 \cdot 0,742 \\ &= 20316,259 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Δ (ton)

$$\begin{aligned} \Delta &= L.B.T.C_b \cdot \gamma & (5.12) \\ &= 138,7 \cdot 25,3 \cdot 7,8 \cdot 1,025 \\ &= 20824,166 \text{ ton} \end{aligned}$$

Selanjutnya, setelah dilakukan perhitungan koefisien kapal, dapat dilakukan perhitungan untuk mencari volume *superstructure* dan *deckhouse* dari kapal yang akan dibangun. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mencari volume *superstructure* dan *deckhouse*.

- *Perhitungan Volume Superstructure*

- *Volume Forecastle*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_f) &= 14,812\% \cdot L = 20,544 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_f) &= 25,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_f) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{Forecastle}} &= 0,5 \cdot L_f \cdot B_f \cdot H_f = 623,723 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- *Volume Poop Deck*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_p) &= 23,82\% \cdot L = 20,544 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_p) &= 25,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_p) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{poop deck}} &= L_p \cdot B_p \cdot H_p = 2006,088 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Total

$$V_A = V_{\text{Forecastle}} + V_{\text{Poop}} = 2629,811 \text{ m}^3$$
- Volume *Deckhouse*
 - Volume *Layer II*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_{D2}) &= 13,989\% \cdot L = 19,403 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_{D2}) &= 25,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_{D2}) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-Layer II}} &= L_{D2} \cdot B_{D2} \cdot H_{D2} = 1178,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
 - Volume *Layer III*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_{D3}) &= 9,875\% \cdot L = 13,697 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_{D3}) &= B - 4 \text{ m} \rightarrow \text{Gangway} \\ &= 21,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_{D3}) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-Layer III}} &= L_{D3} \cdot B_{D3} \cdot H_{D3} = 700,171 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
 - Volume *Layer IV*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_{D4}) &= 9,875\% \cdot L = 13,697 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_{D4}) &= B - 4 \text{ m} \rightarrow \text{Gangway} \\ &= 21,3 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_{D4}) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-Layer IV}} &= L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot H_{D4} = 700,171 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
 - Volume *Wheel House*

$$\begin{aligned} \text{Panjang (L}_{\text{WH}}) &= 4,94\% \cdot L = 6,852 \text{ m} \\ \text{Lebar (B}_{\text{WH}}) &= 9 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H}_{\text{WH}}) &= 2,4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-Wheel House}} &= L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot H_{D4} = 147,998 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
 - Volume Total

$$\begin{aligned} V_{\text{DH}} &= V_{\text{DH-layer II}} + V_{\text{DH-layer III}} + V_{\text{DH-layer IV}} + V_{\text{DH-wheel house}} \\ &= 2726,476 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya, setelah mendapatkan total volume dari *superstructure* dan *deckhouse*, dapat dilakukan perhitungan untuk mencari total berat baja kapal. Langkah pertama adalah mencari nilai C_{SO} dari *Small Scale LNG Carrier* terlebih dahulu. Tabel 5.23 merupakan daftar nilai C_{SO} dari jenis-jenis kapal.

Tabel 5.23. C_{SO} Kapal

No.	Ship Type	CSO
1	Bulk carriers	0,07
2	Cargo ship (1 deck)	0,07
3	Cargo ship (2 decks)	0,076
4	Cargo ship (3 decks)	0,082
5	Passenger ship	0,058
6	Product carriers	0,0664
7	Reefers	0,0609
8	Rescue vessel	0,0232
9	Support vessels	0,0974
10	Tanker	0,0752
11	Train ferries	0,65
12	Tugs	0,0892
13	VLCC	0,0645

Sumber: Ship Design for Efficiency and Economy, 1987

Nilai C_{SO} dari *Bulk Carrier* 0,07 berlaku untuk LNG *Carrier* apabila tidak termasuk berat dari *cargo containment systems*. Jadi nilai C_{SO} dari *Small Scale LNG Carrier* dapat diasumsikan 0,07.

$$\begin{aligned}
 - D_A &= \text{tinggi kapal setelah dikoreksi dengan } \textit{superstructure} \text{ dan } \textit{deckhouse} \\
 &= H + (V_A + V_{DH}) / (L \cdot B) = 19,126 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{5.13}$$

$$\begin{aligned}
 - C_{SO} &= \textit{Bulk Carrier} \\
 &= 0,07 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

$$- \Delta_{\text{kapal}} = 20824,166 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 - U &= \log \left(\frac{\Delta}{100} \right) \\
 &= 2,319
 \end{aligned} \tag{5.14}$$

$$\begin{aligned}
 - C_S &= C_{SO} + 0,06 \cdot e^{-(0,5U + 0,1U^{2,45})} \\
 &= 0,111
 \end{aligned} \tag{5.15}$$

$$- W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S = 7467 \text{ ton} \tag{5.16}$$

Jadi total berat baja kapal *Small Scale LNG Carrier* yang akan dibangun adalah sebesar 7467 ton.

5.7.3. Perhitungan Berat Tangki Kapal

Pembangunan *Small Scale LNG Carrier* direncanakan menggunakan tangki *bilobe* dengan kapasitas sebesar 20.000 m³. Untuk mencari tahu berat dari tangki tersebut dilakukan perbandingan dengan data berat tangki yang sudah tersedia seperti pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24. Contoh Spesifikasi Berat Tangki *Bilobe*

Bilobe Tanks	
Volume, V (m ³)	4485
Cargo Weight, Wc (kN)	42678
Steel Weight, Ws (kN)	4268
Total Weight, W (kN)	46946

Sumber: Senjanović et al, 2005

Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara kapasitas tangki sebesar 20.000 m³ dengan 4.485 m³ seperti berikut:

$$\begin{aligned} W_s &= (200000.4268)/4485 \\ &= 19032 \text{ kN} \\ &= 1941 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi berat tangki *bilobe Small Scale LNG Carrier* dengan kapasitas 20.000 m³ diasumsikan sebesar 1941 ton.

5.8. Perencanaan Fasilitas Produksi

Untuk menyelesaikan pembangunan kapal secara tepat waktu sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, diperlukan perencanaan fasilitas produksi yang baik supaya aliran dari proses produksi dapat berjalan dengan efektif dan efisien. Berikut ini merupakan langkah-langkah perencanaan fasilitas produksi untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*.

5.8.1. Analisa Kebutuhan Baja untuk Produksi *Small Scale LNG Carrier*

Dalam analisa kebutuhan material pelat baja dan pipa untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* dibutuhkan metode pendekatan untuk mendapatkan beban kerja (*work load*) yang kemudian didapatkan kebutuhan material per hari. Pendekatan dilakukan dengan menggunakan referensi dari desain kapal Wärtsilä WSD50 20K dengan kapasitas sebesar 20.000 m³. Data ukuran utama dan *steel weight* WSD50 20K dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26.

Tabel 5.25. Ukuran Utama Wärtsilä WSD50 20K

Dimensi	Ukuran
LOA	147,25 m
LPP	138,7 m
B	25,3 m
H	17,6 m
T	7,8 m
DWT	12.500 ton
Vs	15 knots

Tabel 5.26. Wärtsilä WSD50 20K *Steel Weight*

Wärtsilä WSD50 20K Steel Weight	
Bagian	Steel Weight (ton)
Hull	7467
Cargo Tank	1941
Total	9408

Pertimbangan waktu pembangunan *Small Scale LNG Carrier* adalah selama 24 bulan. Kebutuhan material pelat, profil, dan pipa untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* adalah sebesar 9408 ton dengan asumsi pelat 60%, profil 30%, dan pipa 10%. Untuk pembagian total kebutuhan berat material untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27. Total Kebutuhan Berat Material Pembangunan *Small Scale LNG Carrier*

Kebutuhan	Berat (ton)	Lama waktu pembangunan	Total berat (ton)
Pelat	5644,8	24 bulan	5644,8
Profil	2822,4	24 bulan	2822,4
Pipa	940,8	24 bulan	940,8
Total			9408

Dengan mengetahui total kebutuhan material yang digunakan untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* sesuai pada Tabel 5.27, maka dapat direncanakan luas area yang digunakan untuk gudang penyimpanan material. Gudang ini merupakan tempat penyimpanan material yang diperlukan untuk pembangunan konstruksi lambung dan tangki. Contoh material

yang ada di dalam gudang adalah pelat, profil, dan pipa. Setelah dari gudang, material selanjutnya akan masuk ke dalam bengkel persiapan. Di dalam bengkel persiapan ini terdapat peralatan untuk mempersiapkan material sebelum dilakukan proses fabrikasi, misalnya proses pembersihan material, pelurusan pelat, dan pengecatan primer. Untuk menghitung luasan gudang penyimpanan didasarkan pada beberapa hal berikut ini:

- Kebutuhan pelat, profil, dan pipa untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* adalah sebesar 9408 ton dengan asumsi pelat 60% (5644,8 ton), profil 30% (2822,4 ton), dan pipa 10% (940,8 ton).
- Dilakukan pemesanan 3 kali dalam 2 tahun, sehingga berat material dalam satu kali pemesanan adalah 1881,6 ton untuk pelat, 940,8 ton untuk profil, dan 313,6 ton untuk pipa.
- Dengan mengasumsikan persentase penggunaan untuk masing-masing ketebalan pelat adalah 10% untuk 14 mm, 30% untuk 12 mm, 30% untuk 10 mm, dan 30% untuk 8 mm. sehingga perhitungan kebutuhan pelat dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28. Distribusi Pemesanan Pelat

No	Jenis Pelat	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat Satuan (ton)	Jumlah/Pesan (ton)	Jumlah Pelat (lembar)
1	Pelat 14 mm (10%)	6	1,8	0,014	1,187	188,16	159
2	Pelat 12 mm (30%)	6	1,8	0,012	1,017	564,48	555
3	Pelat 10 mm (30%)	6	1,8	0,010	0,848	564,48	666
4	Pelat 8 mm (30%)	6	1,8	0,008	0,678	564,48	832
Total						1881,6	2211

- Berdasarkan Tabel 5.28 tersebut dapat dilakukan perhitungan kebutuhan luas gudang penyimpanan dengan asumsi tiap 30 lembar pelat menjadi 1 tumpukan pelat. Perhitungan kebutuhan luas gudang untuk penyimpanan pelat dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29. Perhitungan Luas Penyimpanan Pelat

No	Jenis Pelat	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Berat Satuan (ton)	Jumlah/Pesanan (ton)	Jumlah Pelat (lembar)	Jumlah Tumpukan	Luas Tempat (m ²)
1	Pelat 14 mm (10%)	6	1,8	0,014	1,187	188,16	159	5	57
2	Pelat 12 mm (30%)	6	1,8	0,012	1,017	564,48	555	18	200
3	Pelat 10 mm (30%)	6	1,8	0,010	0,848	564,48	666	22	240
4	Pelat 8 mm (30%)	6	1,8	0,008	0,678	564,48	832	28	300
Total						1881,6	2211	74	796

Perhitungan kebutuhan luas gudang untuk penyimpanan profil dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30. Perhitungan Luas Penyimpanan Profil

Item	Nilai	Satuan
Profil	940800	kg
Berat/Profil	100	kg
Jumlah Profil	9408	Profil
Ukuran Rak Profil	3 x 6	m ²
Berat Profil/m ²	5,6	kg/m ²
Jumlah Profil/Rak	500	Profil
Jumlah Rak yang dibutuhkan	19	Buah
Jarak Antar Rak	1,5	m ²
Luas Penyimpanan Profil	365	m ²

Perhitungan kebutuhan luas gudang untuk penyimpanan pipa dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31. Perhitungan Luas Penyimpanan Pipa

Item	Nilai	Satuan
Pipa	313600	kg
Berat/Pipa	100	kg
Jumlah Pipa	3136	Profil
Ukuran Rak Pipa	3 x 6	m ²
Berat Pipa/m ²	5,6	kg/m ²
Jumlah Pipa/Rak	500	Pipa
Jumlah Rak yang dibutuhkan	6	Buah
Jarak Antar Rak	1,5	m ²
Luas Penyimpanan Pipa	121	m ²

Berdasarkan perhitungan kebutuhan luasan area penyimpanan pada Tabel 5.29, Tabel 5.30, dan Tabel 5.31 di atas, maka luas gudang penyimpanan diperlukan area sebesar:

$$796 \text{ m}^2 + 365 \text{ m}^2 + 121 \text{ m}^2 = 1282 \text{ m}^2$$

untuk keperluan area peralatan persiapan sebesar:

$$30 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 600 \text{ m}^2$$

Jadi total luas gudang penyimpanan yang diperlukan adalah sebesar:

$$1282 \text{ m}^2 + 600 \text{ m}^2 = 1882 \text{ m}^2$$

Dengan ukuran 50 m x 40 m = 2000 m² maka luas gudang penyimpanan telah mencukupi untuk seluruh kebutuhan material pelat, profil, dan pipa.

5.8.2. Penentuan Jumlah Fasilitas Produksi

Dalam proses pembangunan galangan kapal, perencanaan fasilitas merupakan perihal yang sangat penting. Pengambilan keputusan pemilihan mesin serta jumlahnya harus berdasarkan pada pertimbangan kelayakan pemenuhan kapasitas produksi. Selain itu pemilihan mesin atau peralatan produksi yang tepat juga akan menghasilkan tata letak galangan kapal yang baik. Dalam proses penentuan jumlah mesin yang dibutuhkan ada beberapa variabel yang harus diperhatikan, yaitu:

- Volume produksi yang harus tercapai

Merupakan beban kerja yang harus dilaksanakan oleh galangan kapal sesuai dengan total berat kebutuhan material baja untuk proses pembangunan *Small Scale LNG Carrier* sebagaimana pada Tabel 5.27.

- Waktu kerja standar untuk proses operasi yang berlangsung
Dalam perencanaan mesin dibutuhkan variabel jam operasi kerja mesin. Berikut jam kerja mesin yang ditetapkan seperti pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32. Jumlah Hari Kerja Aktif dalam 1 Tahun

Hari Aktif	Libur Minggu	Libur Hari Besar	Total
299	52	14	365
Keterangan:			
Jam Operasional Galangan Kapal		= 8 Jam/hari	
Jam Kerja Efektif		= 6 Jam/hari	

- Faktor efisiensi jam kerja

Harga umum yang diambil untuk efisiensi jam kerja berkisar antara 0.8 - 0.9.

Dengan mengetahui jumlah kapasitas produksi untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, maka alokasi beban kerja tiap bengkel dapat ditentukan. Alokasi beban kerja tiap bengkel dijelaskan pada Tabel 5.33 yang merupakan *shipbuilding line chart* untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*. Pada tahap *preparation* total beban kerja sebesar 9408 ton selama 15 bulan. Dari total beban kerja tersebut didistribusikan tiap hari hingga didapatkan beban kerja per hari untuk *preparation* sebesar 31,360 ton/hari. Begitu juga untuk perhitungan beban kerja per hari pada masing-masing bengkel, dilakukan perhitungan dengan cara yang sama. Berikut ini merupakan keterangan dari *shipbuilding line chart* untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*:

- *Preparation* (dilakukan di bengkel persiapan)
- *Fabrication* (dilakukan di bengkel fabrikasi)
- *Sub-Assembly* (dilakukan di bengkel *sub-assembly*)
- *Assembly* (untuk pengerjaan tangki LNG dilakukan di bengkel *assembly*; untuk pengerjaan kapal dilakukan di *graving dock*)
- *Erection* (dilakukan di *graving dock*)

Penentuan jumlah peralatan yang dibutuhkan pada masing-masing bengkel dihitung berdasarkan pada beban kerja yang harus dipenuhi oleh masing-masing bengkel produksi, dalam durasi waktu yang telah ditentukan dan/atau diasumsikan. Dalam perhitungan jumlah fasilitas produksi, direncanakan kapasitas produksi pada masing-masing bengkel dan durasi pengerjaan yang dibutuhkan seperti pada Tabel 5.34.

Tabel 5.33. Shipbuilding Line Chart

		WAKTU PEMBANGUNAN 2 TAHUN																						
Tahap/Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Minggu	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Preparation	31,360 ton/hari																							
Total	9,408 ton																							
Fabrikasi	27,671 ton/hari																							
Total	9,408 ton																							
Sub Assembly	24,758 ton/hari																							
Total	9,408 ton																							
Assembly	24,758 ton/hari																							
Total	9,408 ton																							
Erection	27,671 ton/hari																							
Total	9,408 ton																							

Tabel 5.34. Kapasitas Produksi pada Setiap Bengkel

Bengkel	Durasi Pengerjaan	Kapasitas Produksi ton/hari	Beban Kerja Pelat ton/hari	Beban Kerja Profil ton/hari	Beban Kerja Pipa ton/hari
Preparation	15 bulan	31,360	18,816	9,408	3,136
Fabrication	17 bulan	27,671	16,602	8,301	2,767
Sub Assembly	19 bulan	24,758	14,855	7,427	2,476
Assembly	19 bulan	24,758	14,855	7,427	2,476
Erection	17 bulan	27,671	16,602	8,301	2,767

Dengan mengetahui beban kerja dan durasi pengerjaan pada tiap bengkel tersebut, kebutuhan mesin dalam tiap bengkel dapat dihitung dengan membagi beban kerja terhadap produktivitas dari jenis mesin.

Untuk bangunan gudang dan bengkel dirancang dari rangka baja dan pondasi dengan dinding batako, dan atap asbes. Bangunan dirancang semi terbuka agar pencahayaan dan sirkulasi udara dapat mengalir dengan baik. Berikut akan dijelaskan mengenai perhitungan untuk kebutuhan mesin tiap bengkel.

- Bengkel Persiapan

Bengkel persiapan digunakan untuk mempersiapkan material sebelum dilakukan proses fabrikasi. Bengkel ini direncanakan dengan ukuran bangunan 50 x 40 meter. Adapun fasilitas penunjang yang dibutuhkan di dalam bengkel persiapan adalah sebagai berikut:

- *Plate Straightening Machine*

Plate straightening machine seperti pada Gambar 5.38 digunakan untuk meluruskan material pelat sebelum proses fabrikasi, jika material tersebut mengalami ketidakrataan pada permukaannya.



Gambar 5.38. *Plate Straightening Machine*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja untuk pelat perhari sebesar 18,816 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *plate straightening machine* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35. Spesifikasi *Plate Straightening Machine*

Specification	
Type	Plate Straightening Machine
Max. Material Thickness	20 mm
Max. Material Width	3200 mm
Speed	50 min/ton

Berikut ini merupakan perhitungan untuk menentukan jumlah *plate straightening machine* yang dibutuhkan:

Lama pengerjaan = 1 hari
 Waktu pekerja = 6 jam/hari
 Kecepatan mesin = 50 menit/lembar
 = 0,8 jam/lembar
 Ukuran pelat = 1800 mm x 14 mm
 Panjang pelat = 6 m
 Berat pelat = 1,187 ton/lembar
 Kebutuhan pelat = 23 lembar
 Panjang total pelat = 138 m
 Beban mesin (T) = 6 jam/hari
 Maka, dalam 1 hari:
 Pelat selesai = 138 m
 = 23 lembar
 Kebutuhan mesin =

$$M = \frac{W}{T \times t} \times V \quad (5.17)$$

Dimana:

M = Kebutuhan mesin

W = Jumlah lembar pelat selesai dalam 1 hari

T = Beban mesin

t = Waktu pekerja per hari

v = Kecepatan mesin jam/lembar

$$M = \frac{23}{6 \times 6} \times 0,8$$

$$M = 0,532$$

$$M \approx 1$$

Maka jumlah *plate straightening machine* yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator. Dilakukan perhitungan yang sama untuk menentukan jumlah mesin yang dibutuhkan pada setiap bengkel.

- *Shot Blasting & Priming Machine*

Shot blasting & priming machine seperti pada Gambar 5.39 digunakan untuk membersihkan permukaan pelat dari karat atau kotoran-kotoran yang menempel pada saat penyimpanan di gudang dan pengecatan primer dilakukan secara langsung setelah proses pembersihan.



Gambar 5.39. *Shot Blasting & Priming Machine*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja untuk pelat perhari sebesar 18,816 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *shot blasting & priming machine* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36. Spesifikasi *Shot Blasting & Priming Machine*

Specification	
Type	Shot Blasting and Priming Machine
Max. Material Thickness	60 mm
Max. Material Width	3500 mm
Speed	45 min/ton
Dimension	L 3681 mm W 1650 mm H 5800 mm

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka jumlah *shot blasting & priming machine* yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Overhead Crane*

Overhead crane seperti pada Gambar 5.40. *Overhead Crane* digunakan sebagai *material handling* untuk mengangkat material berupa pelat, profil, dan pipa dari area penyimpanan menuju bengkel persiapan, maupun pemindahan material dari mesin ke mesin.



Gambar 5.40. *Overhead Crane*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja total perhari sebesar 31,360 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *overhead crane* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37. Spesifikasi *Overhead Crane*

Specification	
Type	Overhead Crane
Capacity	5 ton
Span	40 m
Max. Lifting Height	30 m

Sesuai perencanaan bengkel persiapan berukuran 50 m x 40 m, maka dibutuhkan 1 unit *overhead crane* dengan panjang rentang 40 m untuk menjangkau seluruh bagian bengkel persiapan. Sedangkan untuk operator *overhead crane* direncanakan untuk setiap *overhead crane* memiliki 2 operator.

- *Forklift*

Forklift seperti pada Gambar 5.41 digunakan untuk mobilitas material yang lebih bebas terutama pada material pipa, karena penggunaan *overhead crane* dengan sistem *magnetic* dirasa kurang efektif untuk mobilitas pipa. *Forklift* juga digunakan untuk menyusun tumpukan pelat, profil, dan pipa pada gudang penyimpanan material.



Gambar 5.41. *Forklift*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja untuk pelat perhari sebesar 31,360 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *forklift* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.38.

Tabel 5.38. Spesifikasi *Forklift*

Specification	
Type	Forklift
Capacity	2 ton
Max. Lifting Height	6 m
Fork Length	1,22 m
Turning Radius	2,94 m
Dimension	L 3455 mm W 1995 mm H 2500 mm

- *Conveyor*

Conveyor seperti pada Gambar 5.42 digunakan untuk memindahkan material pelat dan profil masuk ke dalam mesin maupun untuk perpindahan material dari satu mesin ke mesin produksi yang lain. *Conveyor* banyak dipakai di industri untuk

transportasi material yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. *Conveyor* yang direncanakan berjenis *roller conveyor*. Dimensi *conveyor* juga telah direncanakan dengan menggunakan ukuran dari lebar pelat, yaitu 1,8 m. Peralatan yang dibutuhkan berjumlah 3 set yang akan digunakan untuk keperluan sebagai berikut:



Gambar 5.42. *Conveyor*

Sumber: Alibaba

- a. Memindahkan material pelat dan profil dari gudang penyimpanan material ke *plate straightening machine*
 - b. Memindahkan material pelat dan profil dari *plate straightening machine* menuju *shot blasting machine & priming machine*
 - c. Memindahkan material pelat dan profil dari *shot blasting machine & priming machine* menuju bengkel fabrikasi
- Bengkel Fabrikasi
Dalam bengkel ini dilakukan beberapa pengerjaan, yaitu penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), dan pembengkokan (*bending*) pelat dan profil serta pembentukan ujung tangki kapal (*spherical dish*) sebelum proses *sub-assembly*. Bengkel ini mengerjakan material yang diperuntukan khusus untuk bagian konstruksi lambung dan tangki *Small Scale LNG Carrier*. Bengkel ini direncanakan dengan ukuran bangunan 50 x 40 meter. Fasilitas yang diperlukan adalah:
 - *CNC Plasma cutting machine for plate*
CNC plasma cutting machine seperti pada Gambar 5.43 digunakan untuk proses pekerjaan penandaan dan pemotongan pelat dan profil kapal maupun tangki sesuai dengan pola dan bentuk-bentuk yang telah digambar.



Gambar 5.43. CNC Plasma Cutting Machine (Plate)

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja perhari sebesar 16,602 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan CNC plasma cutting machine untuk pelat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39. Spesifikasi CNC Plasma Cutting Machine (Plate)

Specification	
Type	CNC Plasma Cutting Machine (Plate)
Max. Material Thickness	400 mm
Max. Material Width	5800 mm
Speed	40 min/ton
Dimension	L 1800 mm W 6600 mm H 2850 mm

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka jumlah CNC plasma cutting machine untuk pelat yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Flame Planner*

Flame planner digunakan untuk proses pekerjaan pemotongan pelat maupun profil untuk pemotongan lurus. Mesin ini memiliki *torch* lebih dari satu buah sehingga pemotongan dapat dilakukan dalam jumlah banyak.

Dengan besar beban kerja perhari sebesar 24,903 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *flame planner* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40. Spesifikasi *Flame Planner*

Specification	
Type	Flame Planner
Max. Material Thickness	400 mm
Max. Material Width	5800 mm
Speed	35 min/ton

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka jumlah *flame planner* yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Plate Bending Machine*

Plate bending machine seperti pada Gambar 5.44 digunakan untuk proses pekerjaan *bending* pelat kapal dan badan tangki menjadi bentuk lengkungan dengan sudut tertentu sesuai dengan gambar desain.



Gambar 5.44. *Plate Bending Machine*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja perhari sebesar 16,602 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *plate bending machine* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.41. Spesifikasi *Plate Bending Machine*.

Tabel 5.41. Spesifikasi *Plate Bending Machine*

Specification	
Type	Plate Bending Machine
Max. Material Thickness	25 mm
Max. Material Width	3200 mm
Speed	60 min/ton
Yield Limit	245 MPa

Dengan menggunakan perhitungan 5.17 maka, jumlah *plate bending machine* yang dibutuhkan adalah sebanyak 2 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Frame Bending Machine*

Mesin ini digunakan untuk proses pekerjaan *bending* profil agar sesuai dengan bentuk yang direncanakan. Dengan besar beban kerja perhari sebesar 8,301 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *plate bending machine* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42. Spesifikasi *Frame Bending Machine*

Specification	
Type	Frame Bending Machine
Max. Material Thickness	25 mm
Max. Material Width	3200 mm
Speed	45 min/ton
Yield Limit	245 MPa

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka, jumlah *frame bending machine* yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Hydraulic Press Machine*

Hydraulic press machine seperti pada Gambar 5.45 digunakan untuk proses pekerjaan pembentukan ujung tangki (*spherical dish*) menjadi bentuk lengkungan dengan sudut tertentu sesuai dengan gambar desain yang telah dirancang sesuai dengan diameter silinder atau badan tangki yang akan dibuat.



Gambar 5.45. *Hydraulic Press Machine*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja perhari sebesar 16,602 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *hydraulic press machine* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43. Spesifikasi *Hydraulic Press Machine*

Specification	
Type	Hydraulic Press Machine
Capacity	1500 ton
Speed	40 min/ton

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka jumlah *hydraulic press machine* yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Overhead Crane*

Digunakan sebagai *material handling* untuk mengangkat material berupa pelat, profil, dan pipa dari bengkel persiapan menuju bengkel fabrikasi, maupun pemindahan material dari mesin ke mesin. Dengan besar beban kerja total perhari sebesar 27,671 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan *overhead crane* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.44.

Tabel 5.44. Spesifikasi *Overhead Crane*

Specification	
Type	Overhead Crane
Capacity	5 ton
Span	40 m
Max. Lifting Height	30 m

Sesuai perencanaan bengkel fabrikasi berukuran 50 m x 40 m, maka dibutuhkan 1 unit *overhead crane* dengan panjang rentang 40 m untuk menjangkau seluruh bagian bengkel fabrikasi. Sedangkan untuk operator *overhead crane* direncanakan untuk setiap *overhead crane* memiliki 2 operator.

• *Bengkel Sub-Assembly*

Pada bengkel ini material yang sudah difabrikasi sebelumnya disusun menjadi *block-block* dengan berat maksimum 20 ton. Direncanakan dengan ukuran bangunan 50 x 40 meter. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- *Jig/Landasan Sub-Assembly*

Digunakan sebagai landasan atau dudukan ketika proses merakit atau *sub-assembly block* lambung dan tangki. Dibutuhkan 2 set jig untuk bengkel *sub-assembly* (untuk *block* lambung dan tangki).

- *Submerged Arc Welding (SAW) Machine*

Mesin las SAW ini digunakan untuk menyambungkan pelat. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.45. Spesifikasi SAW Machine

Specification	
Type	SAW Machine
Pekerjaan Las/m	1,2 menit
Kapasitas Produksi/Hari	14,855 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	15 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	7,2 menit
Output Mesin	1000 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	1

Keterangan:

- Kapasitas produksi pelat di bengkel *sub-assembly* adalah 14,855 ton/hari
- Dengan berat 14,855 ton merupakan berat dari 15 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit
- Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
- Waktu pengerjaan tiap meter adalah 1,2 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 7,2 menit
- Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 15 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las

- *Flux Cored Arc Welding (FCAW) Machine*

Mesin las FCAW ini digunakan untuk menyambungkan pelat, profil, dan pipa. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46. Spesifikasi FCAW Machine

Specification	
Type	FCAW Machine
Pekerjaan Las/m	10 menit
Kapasitas Produksi/Hari	24,758 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	25 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	60 menit
Output Mesin	400 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	7

Keterangan:

- a. Kapasitas produksi pelat, profil, dan pipa di bengkel *sub-assembly* adalah 24,758 ton/hari
- b. Dengan berat 24,758 ton merupakan berat dari 25 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- c. Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit
- d. *Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
- e. Waktu pengerjaan tiap meter adalah 10 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 60 menit
- f. Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 25 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las

- *Overhead Crane*

Digunakan sebagai *material handling* untuk mengangkat material berupa pelat, profil, dan pipa. Untuk menunjang beban kerja total perhari sebesar 24,758 ton/hari, maka direncanakan *overhead crane* yang digunakan berkapasitas 20 ton. Spesifikasi peralatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.47.

Tabel 5.47. Spesifikasi *Overhead Crane*

Specification	
Type	Overhead Crane
Capacity	20 ton
Span	40 m
Max. Lifting Height	30 m

Sesuai perencanaan bengkel *sub-assembly* berukuran 50 m x 40 m, maka dibutuhkan 1 unit *overhead crane* dengan panjang rentang 40 m untuk menjangkau seluruh bagian bengkel *sub-assembly*. Sedangkan untuk operator *overhead crane* direncanakan untuk setiap *overhead crane* memiliki 2 operator.

- Bengkel *Assembly*

Pada bengkel ini khusus untuk merancang tangki LNG yang sebelumnya sudah diproses pada bengkel *sub-assembly* kemudian kembali disatukan menjadi satu bagian. Direncanakan dengan ukuran bangunan 50 x 40 meter. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- Jig/Landasan *Assembly*

Digunakan sebagai landasan atau dudukan ketika proses merakit atau *assembly block* lambung dan tangki. Dibutuhkan 2 set jig untuk bengkel *assembly* (untuk *block* lambung dan tangki).

- *Submerged Arc Welding (SAW) Machine*

Mesin las SAW ini digunakan untuk menyambungkan pelat. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.48.

Tabel 5.48. Spesifikasi *SAW Machine*

Specification	
Type	SAW Machine
Pekerjaan Las/m	1,2 menit
Kapasitas Produksi/Hari	14,855 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	15 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	7,2 menit
Output Mesin	1000 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	1

Keterangan:

- Kapasitas produksi pelat di bengkel *assembly* adalah 14,855 ton/hari
- Dengan berat 14,855 ton merupakan berat dari 15 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit

- d. *Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
 - e. Waktu pengerjaan tiap meter adalah 1,2 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 7,2 menit
 - f. Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 15 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las
- *Flux Cored Arc Welding (FCAW) Machine*

Mesin las FCAW digunakan untuk menyambungkan pelat, profil, dan pipa. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.49

Tabel 5.49. Spesifikasi FCAW *Machine*

Specification	
Type	FCAW Machine
Pekerjaan Las/m	10 menit
Kapasitas Produksi/Hari	24,758 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	25 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	60 menit
Output Mesin	400 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	7

Keterangan:

- a. Kapasitas produksi pelat, profil, dan pipa di bengkel *assembly* adalah 24,758 ton/hari
- b. Dengan berat 24,758 ton merupakan berat dari 25 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- c. Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit
- d. *Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
- e. Waktu pengerjaan tiap meter adalah 10 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 60 menit
- f. Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 25 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las

- *Overhead Crane*

Digunakan sebagai *material handling* untuk mengangkat material berupa pelat, profil, dan pipa. Untuk menunjang beban kerja total perhari sebesar 24,758 ton/hari, maka direncanakan *overhead crane* yang digunakan berkapasitas 20 ton. Spesifikasi peralatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.50.

Tabel 5.50. Spesifikasi *Overhead Crane*

Specification	
Type	Overhead Crane
Capacity	20 ton
Span	40 m
Max. Lifting Height	30 m

Sesuai perencanaan bengkel *assembly* berukuran 50 m x 40 m, maka dibutuhkan 1 unit *overhead crane* dengan panjang rentang 40 m untuk menjangkau seluruh bagian bengkel *assembly*. Sedangkan untuk operator *overhead crane* direncanakan untuk setiap *overhead crane* memiliki 2 operator.

- Bengkel *Block Blasting* dan *Painting*

Pada bengkel ini dilakukan penembakan *block-block* dengan pasir besi, pembersihan, dan pengecatan *block-block* lambung kapal serta perlengkapan kapal. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- *Blasting area*
- *Cleaning area*
- *Grit collecting & cleaning system*
- *Painting area*, mesin-mesin yang ada pada area ini adalah:
 - a. *Painting machine*
 - b. *Dehumidifier* untuk *painting & cleaning*
- *Air compressor & air dryer*

- Bengkel Perpipaan

Pada bengkel ini dilakukan semua pekerjaan yang berhubungan dengan pipa, baik *fitting*, pengelasan, dan lain sebagainya. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- *Welding Machine*
- *Cutting Machine*
- *Drilling Machine*
- *Grinding Machine*

- *Hacksaw Machine*
- *Overhead Crane*

CNC *plasma cutting machine* seperti pada Gambar 5.46 digunakan untuk proses pekerjaan penandaan dan pemotongan pipa sesuai dengan pola dan bentuk-bentuk yang telah digambar



Gambar 5.46. CNC *Plasma Cutting Machine (Pipe)*

Sumber: Alibaba

Dengan besar beban kerja perhari sebesar 2,767 ton/hari, maka untuk pemenuhan beban kerja tersebut direncanakan CNC *plasma cutting machine* untuk pipa dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.51.

Tabel 5.51. Spesifikasi CNC *Plasma Cutting Machine (Pipe)*

Specification	
Type	CNC 3 Axis Plasma Cutting Machine (Pipe)
Max. Material Thickness	200 mm
Max. Material Diameter	800 mm
Speed	50 min/ton

Dengan menggunakan perhitungan 5.17, maka jumlah CNC *plasma cutting machine* untuk pipa yang dibutuhkan adalah sebanyak 1 unit. Sedangkan untuk operator mesin direncanakan untuk setiap mesin memiliki 1 operator.

- *Bengkel Machinery*

Pada bengkel ini dilakukan semua pekerjaan yang berhubungan dengan sistem dan permesinan, baik *fitting*, pengelasan, dan lain sebagainya. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- *Welding Machine*
- *Cutting Machine*

- *Drilling Machine*
- *Grinding Machine*
- *Pneumatic Drill*
- *Overhead Crane*
- *Bengkel Electrical*

Pada bengkel ini dilakukan semua pekerjaan yang berhubungan dengan kelistrikan baik *fitting*, pengelasan, dan lain sebagainya. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

 - *Welding Machine*
 - *Cutting Machine*
 - *Drilling Machine*
 - *Grinding Machine*
 - *Hacksaw Machine*
 - *Electrical Test Equipment*
 - *Overhead Crane*
- *Bengkel Outfitting*

Pada bengkel ini dilakukan semua pekerjaan yang berhubungan dengan interior yang ada pada kapal baik *fitting*, pengelasan, dan lain sebagainya. Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

 - *Stud Welding*
 - *Welding Machine*
 - *Grinding Machine*
 - *Screw Driver Machine*
 - *Hacksaw Machine*
 - *Router Machine*
 - *Planner Machine*
 - *Pneumatic Nail Gun*
 - *Overhead Crane*
- *Erection Area*

Pada area ini dilakukan proses penyatuan *block* menjadi *grand block* yang kemudian akan di-*erection* dengan *grand block* lainnya menjadi satu kapal utuh. Setelah proses *erection* kapal selesai, selanjutnya akan dilakukan proses *erection* antara lambung kapal dengan tangki LNG. Dalam *erection area* ini diperlukan *gantry crane* berkapasitas 900

ton untuk menunjang proses penyatuan antar *block* dengan didukung *mobile crane* berkapasitas 50 ton sebanyak dua unit . Fasilitas yang ada di dalamnya adalah:

- *Submerged Arc Welding (SAW) Machine*

Mesin las SAW ini digunakan untuk menyambungkan pelat. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.52.

Tabel 5.52. Spesifikasi SAW Machine

Specification	
Type	SAW Machine
Pekerjaan Las/m	1,2 menit
Kapasitas Produksi/Hari	16,602 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	17 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	7,2 menit
Output Mesin	1000 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	1

Keterangan:

- Kapasitas produksi pelat di *erection area* adalah 16,602 ton/hari
- Dengan berat 16,602 ton merupakan berat dari 17 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit
- Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
- Waktu pengerjaan tiap meter adalah 1,2 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 7,2 menit
- Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 17 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las

- *Flux Cored Arc Welding (FCAW) Machine*

Mesin las FCAW digunakan untuk menyambungkan pelat, profil, dan pipa. Adapun spesifikasi dari mesin las tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.53.

Tabel 5.53. Spesifikasi FCAW Machine

Specification	
Type	FCAW Machine
Pekerjaan Las/m	10 menit
Kapasitas Produksi/Hari	27,671 ton
Jumlah Lembar Pelat (10 mm)	28 lembar
Waktu Efektif/Hari	288 menit
Duty Cycle 80%	230,4 menit
Waktu Pengerjaan/Lembar	60 menit
Output Mesin	400 Ampere
Kebutuhan Mesin Las Keseluruhan	8

Keterangan:

- a. Kapasitas produksi pelat, profil, dan pipa di *erection area* adalah 27,671 ton/hari
- b. Dengan berat 27,671 ton merupakan berat dari 28 lembar pelat ukuran panjang 1800 mm, lebar 6000 mm, dan tebal 12 mm
- c. Waktu aktif per hari adalah 6 jam dengan efisiensi 80% atau sama dengan 288 menit
- d. *Duty cycle* dari mesin las adalah 80% dari total waktu efektif atau sama dengan 230,4 menit
- e. Waktu pengerjaan tiap meter adalah 10 menit maka untuk pelat panjang 6 meter butuh waktu 60 menit
- f. Kebutuhan mesin waktu pengerjaan 28 lembar pelat dibagi waktu *duty cycle* mesin las

5.9. Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)

5.9.1. Tenaga Kerja Langsung

Tenaga kerja langsung merupakan tenaga kerja yang terlibat secara langsung dalam proses produksi. Dalam menentukan besarnya jumlah tenaga kerja langsung pada suatu proses produksi, perhitungan dapat dilakukan berdasarkan beban kerja yang harus diselesaikan dan jumlah jam orang yang diperlukan dalam setiap proses pekerjaan. Pada dasarnya tenaga kerja yang diperlukan untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* tidak jauh berbeda dengan tenaga kerja yang diperlukan dalam pembangunan sebuah kapal pada umumnya. Adapun tenaga kerja langsung yang diperlukan langsung dalam pembangunan *Small Scale LNG Carrier* adalah sebagai berikut:

- *Engineer*
- *Quality Control/Quality Assurance*
- *Superintendent*
- *Foreman*
- *Welder*
- *Fitter*
- *Helper*
- *Painter/Sandblaster*
- *Crane Operator*

Dalam penentuan jumlah tenaga kerja langsung yang terlibat dalam proses produksi, penulis melakukan beberapa asumsi yang digunakan. Tenaga kerja langsung ditentukan dengan memperhatikan jumlah kebutuhan peralatan mesin yang telah dihitung pada sub-bab sebelumnya. Selain itu, penentuan jumlah tenaga kerja langsung juga ditentukan berdasarkan jenis pekerjaan dilakukan. Untuk proses pengerjaan yang menggunakan mesin, seperti pekerjaan pengelasan, pekerjaan *painting*, *shot blasting*, dan *material handling*, penentuan jumlah tenaga kerja ditentukan berdasarkan kebutuhan operator mesin dalam tiap mesin. Sehingga banyaknya tenaga kerja yang diperlukan tergantung dengan jumlah mesin yang ada. Sebagai contoh dalam perhitungan tenaga kerja *welder*, *fitter*, dan *helper*. Dari hasil penelitian untuk setiap mesin las dioperasikan oleh *welder*, *fitter*, dan *helper*. Direncanakan untuk bengkel fabrikasi, bengkel *sub-assembly*, bengkel *assembly*, dan *erection area* setiap mesin las dioperasikan oleh 1 *welder*, 1 *fitter*, dan 1 *helper*. Pada proses *material handling*, yaitu pengoperasian sebuah *crane* dibutuhkan 2 *crane operator*. Untuk kebutuhan tenaga kerja langsung pada setiap bengkel produksi dapat dilihat pada Tabel 5.54.

Tabel 5.54. Kebutuhan Tenaga Kerja Langsung di Bengkel Produksi

Tahap	Nama Fasilitas	Jumlah Mesin	Jumlah Operator/Mesin	Jumlah Orang
Bengkel Persiapan	Plate Straightening Machine	1	1 operator	1
	Shot Blasting & Priming Machine	1	1 operator	1
	Overhead Crane	1	2 operator	2
	Forklift	3	1 operator	3
Bengkel Fabrikasi	CNC Plasma Cutting Plate	1	1 operator	1
	Flame Planner	1	1 operator	1
	Plate Bending Machine	2	1 operator	2

Tahap	Nama Fasilitas	Jumlah Mesin	Jumlah Operator/Mesin	Jumlah Orang
	Frame Bending Machine	1	1 operator	1
	Hydraulic Press Machine	1	1 operator	1
	Overhead Crane	1	2 operator	2
Bengkel Sub-Assembly	SAW Machine	1	1 welder	1
			1 fitter	1
			1 helper	1
	FCAW Machine	7	1 welder	7
			1 fitter	7
			1 helper	7
Overhead Crane	1	2 operator	2	
Bengkel Assembly	SAW Machine	1	1 welder	1
			1 fitter	1
			1 helper	1
	FCAW Machine	7	1 welder	7
			1 fitter	7
			1 helper	7
Overhead Crane	1	2 operator	2	
Blasting Shop	Blasting Machine	3	1 operator	3
	Painting Machine	3	1 operator	3
Bengkel Perpipaan	Welding Machine	2	1 operator	2
	CNC Plasma Cutting Pipe	1	1 operator	1
	Cutting Machine	2	1 operator	2
	Grinding Machine	2	1 operator	2
	Drilling Machine	2	1 operator	2
	Hacksaw Machine	2	1 operator	2
	Overhead Crane	1	2 operator	2
Bengkel Machinery	Welding Machine	2	1 operator	2
	Cutting Machine	2	1 operator	2
	Drilling Machine	2	1 operator	2
	Grinding Machine	2	1 operator	2
	Pneumatic Drill	2	1 operator	2
	Overhead Crane	1	2 operator	2
Bengkel	Welding Machine	2	1 operator	2

Tahap	Nama Fasilitas	Jumlah Mesin	Jumlah Operator/Mesin	Jumlah Orang
	Cutting Machine	2	1 operator	2
	Drilling Machine	2	1 operator	2
	Grinding Machine	2	1 operator	2
	Hacksaw Machine	2	1 operator	2
	Electrical Test Equipment	1	1 operator	1
	Overhead Crane	1	2 operator	2
Bengkel Outfitting	Stud Welding	2	1 operator	2
	Welding Machine	2	1 operator	2
	Grinding Machine	2	1 operator	2
	Screw Driver Machine	2	1 operator	2
	Hacksaw Machine	2	1 operator	2
	Router Machine	2	1 operator	2
	Planner Machine	2	1 operator	2
	Pneumatic Nail Gun	2	1 operator	2
	Overhead Crane	1	2 operator	2
Erection Area	Welding Machine	9	1 welder	9
			1 fitter	9
			1 helper	9
	Mobile Crane 50 ton	2	1 operator	2
	Gantry Crane 900 ton	1	2 operator	2
Transporter 700 ton	1	1 operator	1	

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.54 diperoleh kebutuhan tenaga kerja langsung sebagai berikut:

- *Welder* : 35 orang
- *Fitter* : 25 orang
- *Helper* : 25 orang
- *Crane Operator* : 20 orang
- *Machine Operator* : 56 orang

Selain tenaga kerja di atas, dilakukan perencanaan terhadap tenaga kerja seperti *engineer*, *Quality Control/Quality Assurance (QC/QA)*, *superintendent*, *foreman*, dan *safety*. Tenaga kerja *engineer* ditentukan berdasarkan spesifikasi bidang dalam pembangunan *Small Scale LNG Carrier*. Dalam pembangunan *Small Scale LNG Carrier* terdapat beberapa bagian atau bidang pekerjaan, yaitu pekerjaan *structural*, *mechanical*, *piping*, *instrument*, dan

electrical. Direncanakan untuk *structural engineer* dibutuhkan 2 orang *engineer* dikarenakan proses pengerjaan struktural memiliki beban pekerjaan yang paling besar dibandingkan dengan bidang yang lain. Sedangkan untuk *mechanical engineering, piping engineering, instrument engineering, dan electrical engineering* dibutuhkan masing-masing 1 orang *engineer*. Berikut merupakan pembagian kebutuhan *engineer* untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier*:

- *Structural Engineer* : 2 orang
- *Mechanical Engineer* : 1 orang
- *Piping Engineer* : 1 orang
- *Instrument Engineer* : 1 orang
- *Electrical Engineer* : 1 orang

Dari perencanaan di atas total kebutuhan untuk *engineer* di perusahaan adalah sebanyak 6 orang. Pada perencanaan tenaga kerja *superintendent* dan QA/QC, dilakukan asumsi yang sama terhadap perencanaan tenaga kerja *engineer* perusahaan. Asumsi dilakukan untuk setiap bidang pekerjaan. Dibutuhkan 1 orang *superintendent* dan QA/QC untuk masing-masing pekerjaan. Sedangkan untuk pekerjaan struktural, dibutuhkan 2 orang *superintendent* dan QA/QC karena memiliki beban pekerjaan yang lebih besar. Seorang *superintendent* dapat membawahi 2 *foreman* atau lebih. Dalam pembangunan *Small Scale LNG Carrier* diasumsikan 1 orang *superintendent* mengawasi 2 orang *foreman*. Sedangkan untuk *safety* diasumsikan membutuhkan 4 orang.

Dari perencanaan yang telah dilakukan di atas, didapatkan jumlah tenaga kerja langsung yang diperlukan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* adalah sebagai berikut:

- *Engineer* : 6 orang
- QA/QC : 6 orang
- *Superintendent* : 6 orang
- *Foreman* : 12 orang
- *Welder* : 35 orang
- *Fitter* : 25 orang
- *Helper* : 25 orang
- *Crane Operator* : 20 orang
- *Machine Operator* : 56 orang
- *Safety* : 4 orang

Dari perincian di atas diketahui jumlah total tenaga kerja langsung untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* adalah sebanyak 195 orang.

5.9.2. Tenaga Kerja Tidak Langsung

Tenaga kerja tidak langsung merupakan tenaga kerja yang tidak terlibat langsung dalam proses produksi. Pada umumnya perbandingan antara tenaga kerja langsung dan tidak langsung di galangan kapal adalah 70:30. Penentuan tenaga kerja tidak langsung juga didasari dengan melakukan *bench marking* pada galangan yang berpengalaman pada pembangunan *Small Scale LNG Carrier*.

Pada perhitungan tenaga kerja langsung pada sub-bab sebelumnya diketahui jumlah tenaga kerja langsung yang terlibat dalam proses produksi adalah 195 orang. Sehingga jumlah tenaga kerja tidak langsung yang dibutuhkan secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}TK \text{ Keseluruhan} &= TK \text{ Langsung} \times \frac{100}{70} \\ &= 195 \times \frac{100}{70} \\ &= 279 \text{ orang}\end{aligned}$$

Sehingga dari jumlah di atas dapat dihitung jumlah tenaga kerja tidak langsung yang dibutuhkan seperti berikut:

$$\begin{aligned}TK \text{ Tidak Langsung} &= 30\% \times TK \text{ Keseluruhan} \\ &= 30\% \times 279 \\ &= 84 \text{ orang}\end{aligned}$$

Jadi, jumlah untuk tenaga kerja tidak langsung sebanyak 84 orang. Tenaga kerja tidak langsung ini merupakan tenaga kerja galangan kapal pada bagian perkantoran.

5.9.3. Struktur Organisasi

Dengan memperhatikan kebutuhan tahapan pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, maka diperlukan susunan organisasi dan manajemen yang dapat mengelola kebutuhan tersebut. Berikut ini merupakan struktur organisasi galangan kapal yang akan direncanakan.

- Departemen Desain dan Teknologi

Departemen yang bertugas dalam pengembangan teknologi dan menjaga kerahasiaan desain sebagai sumber kepercayaan dari konsumen. Departemen ini juga membawahi 1 divisi yang akan dibangun untuk menunjang program penelitian, yaitu divisi riset dan teknologi.

- Departemen Produksi

Departemen yang bertanggung jawab langsung atas pelaksanaan proses produksi yang meliputi: bagian konstruksi lambung, bagian *outfitting* (pipa, listrik, permesinan, dll), bagian *yard service* (fasilitas penunjang produksi, seperti *crane*, listrik gas, air bersih, dll).

- Departemen Administrasi dan Keuangan

Departemen yang bertanggung jawab atas penyusunan *budget* perusahaan administrasi proyek, pengendalian keuangan, administrasi kepegawaian, dan administrasi pergudangan. Departemen ini juga bertanggung jawab atas kelancaran usaha galangan kapal secara keseluruhan.

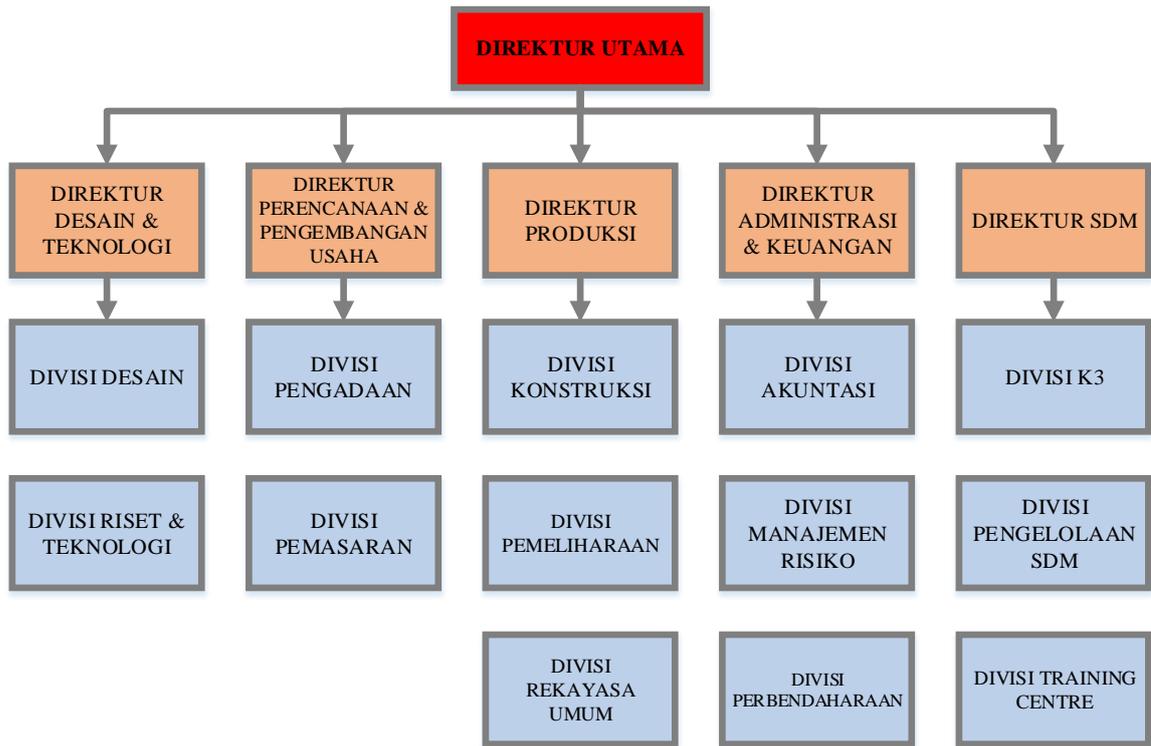
- Departemen Perencanaan dan Pengembangan Usaha

Departemen yang bertanggung jawab atas terjalinnya hubungan kerja dengan pihak konsumen, menyusun estimasi biaya pembangunan, menyusun persiapan *tender*, dan menyelesaikan semua dokumen proyek yang diperlukan. Departemen ini juga bertanggung jawab atas setiap kegiatan pengadaan atau pembelian peralatan dan material yang dibutuhkan oleh galangan kapal untuk melakukan pembangunan kapal.

- Departemen Sumber Daya Manusia

Departemen yang bertugas dalam pembinaan organisasi dan sumber daya manusia. Departemen ini juga menangani permasalahan yang menyangkut tentang keselamatan pekerja (K3), dan juga kemitraan dengan perusahaan lain. Departemen ini membawahi 1 divisi, yaitu divisi *training centre* untuk pemantapan SDM sebelum memasuki dunia kerja dan pemantapan jenjang karir.

Berdasarkan pertimbangan analisa teknis terhadap kebutuhan jumlah fasilitas penunjang galangan kapal serta tahapan pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, maka didapatkan perencanaan struktur organisasi seperti pada Gambar 5.47.



Gambar 5.47. Struktur Organisasi Galangan Kapal

Tenaga kerja tidak langsung atau tenaga kerja yang tidak terjun langsung ke lapangan dalam pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, seperti direksi dan pihak manajemen galangan kapal diasumsikan seperti pada Tabel 5.55.

Tabel 5.55. Perencanaan Tenaga Kerja Tidak Langsung

No.	Tenaga Kerja	Jumlah Orang
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Desain & Teknologi	1
3	Divisi Desain	7
4	Divisi Riset dan Teknologi	7
5	Direktur Perencanaan & Pengembangan Usaha	1
6	Divisi Pengadaan	5
7	Divisi Pemasaran	5
8	Direktur Produksi	1
9	Divisi Konstruksi	7
10	Divisi Pemeliharaan	7
11	Divisi Rekayasa Umum	7
12	Direktur Administrasi & Keuangan	1
13	Divisi Akuntansi	5
14	Divisi Manajemen Risiko	5
15	Divisi Pembendaharaan	3
16	Direktur SDM	1

No.	Tenaga Kerja	Jumlah Orang
17	Divisi K3	5
18	Divisi Pengelolaan SDM	5
19	Divisi Training Centre	3
20	Security	2
21	Cleaning Service	5
Jumlah		84

5.10. Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal

Dalam pemilihan sarana pokok galangan kapal atau sarana pengedokan, terdapat beberapa faktor utama dalam proses pembangunan dan juga kebutuhannya. Terdapat 3 jenis *dock* utama dalam proses pembangunan suatu kapal, yaitu *graving dock* (dok gali), *floating dock* (dok apung), dan *slipway*. Karena *graving dock* memiliki kapasitas angkat tak terbatas dan memiliki umur pemakaian yang lebih lama dibandingkan dengan sarana pengedokan lainnya, maka sarana pengedokan yang dipilih untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* adalah *graving dock*. Berikut ini merupakan beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam melakukan pembangunan *graving dock* (Unified Facilities Criteria, Departement of Defense, United States of America, Chapter III, 2012).

- **Fasilitas Bengkel**
Lokasi *dry dock* sebaiknya dekat dengan bengkel-bengkel pendukung ataupun sebaliknya, ditentukan darimana material untuk proses fabrikasi berasal.
- **Ruang untuk Peletakan**
Menyediakan ruang di kedua sisi *dry dock* untuk peletakan objek pekerjaan (bangunan baru atau reparasi), jika ruang ini tidak terhalang oleh apapun, maka ruang yang disediakan adalah selebar 76,2 meter pada kedua sisi *dry dock*.
- **Listrik dan Utilitas**
Sebagai faktor penyedia tenaga listrik, biasanya jarang diperhatikan.
- **Crane dan Jalur Crane**
Jalur *crane* harus terkoneksi satu sama lain jika terdapat dalam *yard* yang sama.
- **Jalur Masuk Kapal**
Jalur masuk kapal ke dalam *dry dock* adalah salah satu hal vital. Kondisi perairan, lokasi dari *dry dock*, arah angin, dan arah arus harus diperhitungkan dalam faktor ini.
- **Turning Basin**

Kapal adalah benda yang panjang dan membutuhkan ruang untuk berbelok atau berganti arah, sehingga dibutuhkan ruang di luar pintu *dry dock* untuk kapal dapat mengubah arahnya sehingga dapat masuk ke dalam *dry dock* dengan aman.

- Pengukuran Dimensi *Dry dock*

Panjang dan kedalaman dari *dry dock* adalah indikator utama dalam penentuan kapasitas maksimum kapal yang dapat ditampung. Pengukuran ini yang akan menjadi patokan dalam penentuan *turning basin*.

- *Clearance*

Jarak antara *dry dock* dan bangunan yang mengapit tidak boleh kurang dari 45,7 meter diukur dari tepi *dry dock*.

- Topografi, Hidrologi, dan Meteorologi

- Kondisi Lokasi

Sebelum membuat desain *dry dock*, dibutuhkan informasi tertentu terkait kondisi lahan pada lokasi yang akan dijadikan lahan pembangunan.

- Jangka Waktu Air Pasang

Informasi ini digunakan untuk menentukan tinggi maksimal dari *dry dock*.

- Kemungkinan Cuaca Buruk

Dibutuhkan data setidaknya untuk kondisi cuaca terburuk selama 100 tahun terakhir, untuk mempertimbangkan ketinggian maksimal dari *dry dock*.

- Kondasi Pondasi

Beberapa faktor harus dipertimbangkan, diantaranya adalah kondisi tanah, material yang digunakan sebagai pondasi, dan efek pada *dry dock* itu sendiri.

5.10.1. Perencanaan *Graving Dock*

Pada perencanaan *graving dock* hanya menggunakan batasan-batasan tertentu saja tanpa ada perhitungan yang detail, dengan menggunakan batasan-batasan atau *allowances* untuk ukuran *graving dock* (Unified Facilities Criteria, Departement of Defense, United States of America, Chapter III, 2012). Maka berikut ini adalah rencana ukuran *graving dock* untuk pembangunan kapal *Small Scale LNG Carrier*.

- Panjang *graving dock* adalah panjang kapal ditambah *clearances* depan dan belakang. Untuk *clearances* bagian depan (*head end*) = 1,5 – 3 meter. Sedangkan untuk bagian belakang (*outboard end*) = 4,6 – 12,2 meter. Dengan pertimbangan akses masuk material saat pembangunan kapal dan akses pekerja untuk melakukan pekerjaan, maka

bagian depan diambil 3 meter dan bagian belakang diambil 7 meter. Diasumsikan kapal terbesar dengan kapasitas 30.000 DWT (kapasitas angkut 45.000 m³) memiliki panjang sekitar 200 m. Jadi, total panjang *graving dock* adalah $200 + 3 + 7 = 210$ meter.

- Lebar *graving dock* adalah lebar kapal ditambah dengan *clearances* untuk setiap sisi kapal. Untuk *clearances* setiap sisi kapal = 3 – 4,6 meter. Dengan pertimbangan pekerjaan di bagian lambung kapal untuk penggantian pelat, pengecatan, dan akses masuknya material untuk pembanguna kapal, maka diambil *clearances* 4 meter untuk setiap sisi *graving dock*. Diasumsikan kapal terbesar dengan kapasitas 30.000 DWT (kapasitas angkut 45.000 m³) memiliki lebar sekitar 30 m. Jadi, total lebar *graving dock* adalah $30 + 4 + 4 = 38$ meter.
- Tinggi *graving dock* adalah sarat kapal kosong ditambah dengan *clearances* untuk *keel blocks*. Untuk *clearances* tinggi *keel blocks* normal = 1,2 – 1,8 meter (diambil 1,8 meter untuk bangunan *graving dock* baru) dan jarak antara balok kayu dengan kapal saat di *dock* adalah 0,6 meter. Dengan sarat kapal kosong diasumsikan 5, maka tinggi *graving dock* adalah $5 + 1,8 = 6,8$ meter (dibulatkan menjadi 7 meter).

Sehingga ukuran *graving dock* untuk pembangunan *Small Scale LNG Carrier* dengan ukuran maksimum yang didapat dari pasar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L &= 210 \text{ m} \\ B &= 38 \text{ m} \\ H &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

5.11. Perencanaan Tata Letak Galangan Kapal

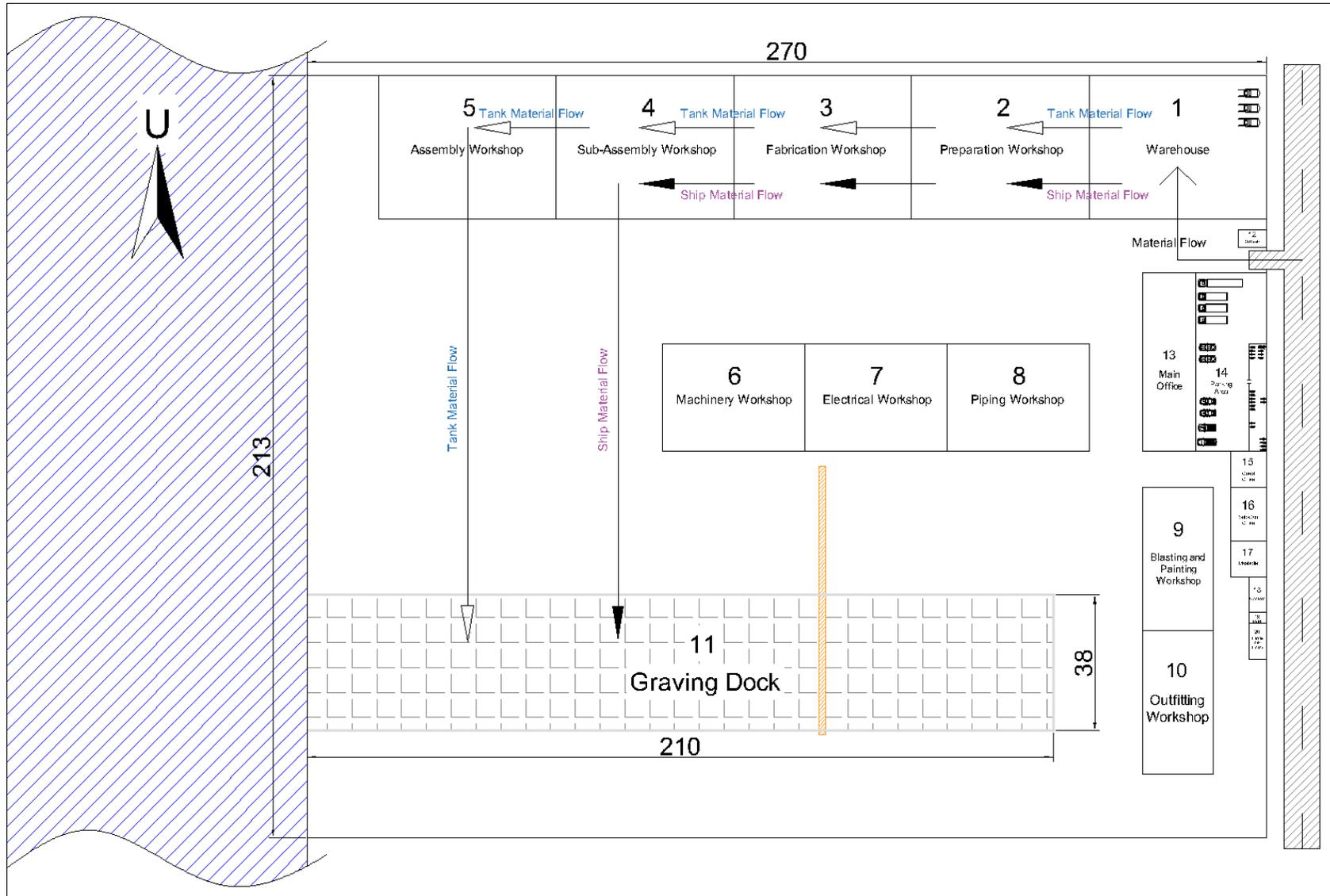
Dengan memperhitungkan luas gudang penyimpanan material, luas bengkel persiapan, bengkel fabrikasi, bengkel *sub-assembly*, bengkel *assembly*, bengkel *blasting* dan *painting*, bengkel *outfitting*, bengkel *machinery*, bengkel *piping*, bengkel *electrical*, luas area untuk proses *assembly* dan *erection* serta dimensi kapal yang akan dibangun nantinya di *graving dock*, maka dapat direncanakan tata letak (*layout*) galangan kapal yang optimal dan efisien. Didapatkan perencanaan luas galangan kapal dengan ukuran 270 m x 170 m, untuk fasilitas sarana pendedokan menggunakan *graving dock* sebanyak satu buah. Pemilihan ini didasarkan pada analisa teknis dan ekonomis yang telah dilakukan pada masing-masing fasilitas pendedokan. Berdasarkan fasilitas pendedokan yang digunakan, maka direncanakan pembangunan *Small Scale LNG Carrier* sebanyak satu unit untuk setiap dua tahun. Dari analisa teknis yang telah dilakukan, maka perencanaan *layout* galangan kapal dapat dilakukan *plotting*

pada lokasi tersebut. Berikut pada Gambar 5.48 merupakan *layout* galangan kapal yang direncanakan.

- Keterangan *Layout* Galangan Kapal *Small Scale LNG Carrier*:

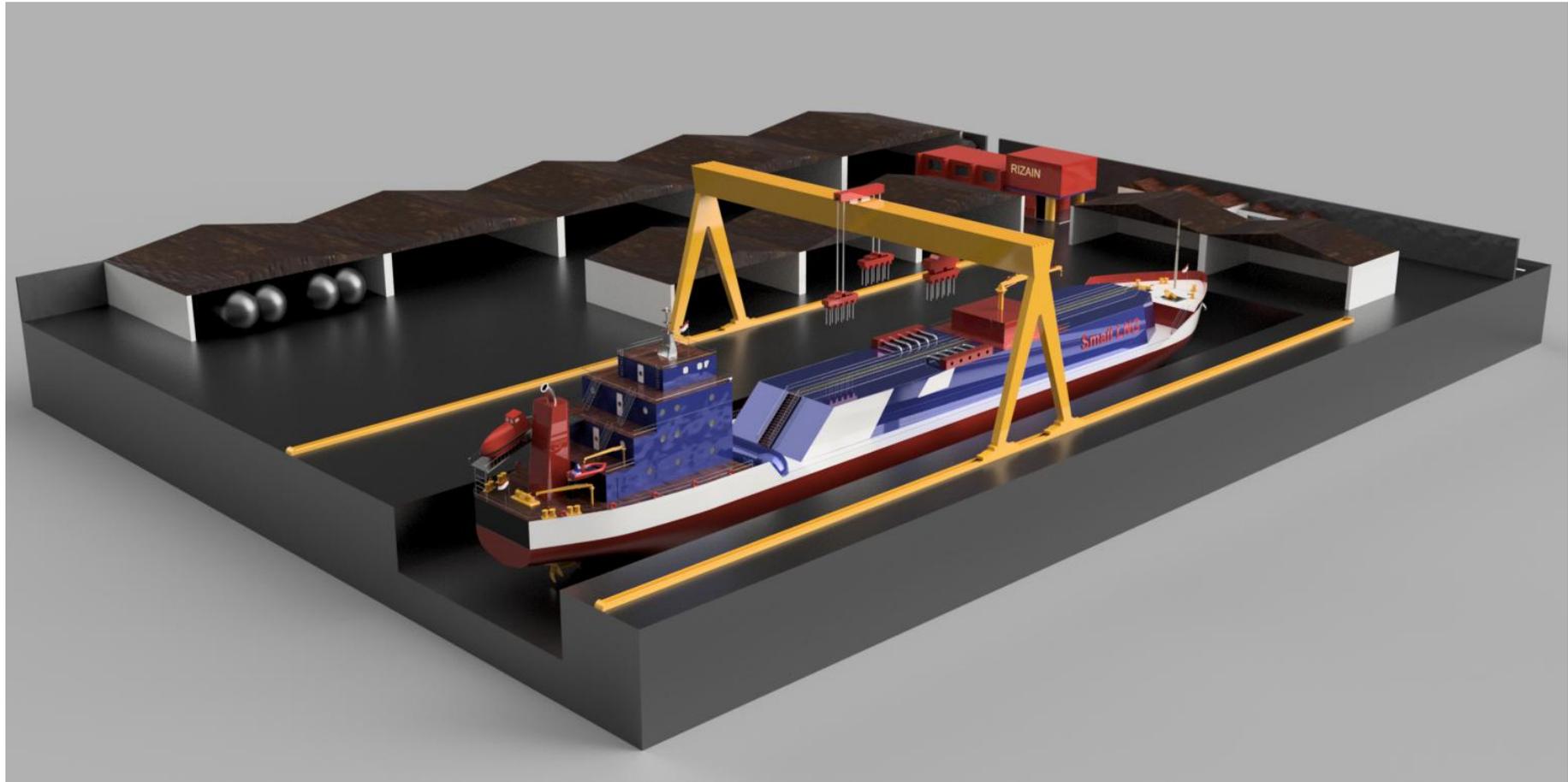
Luas area galangan kapal (270 m x 213 m)

1. *Warehouse* (50 m x 40 m)
2. *Preparation Workshop* (50 m x 40 m)
3. *Fabrication Workshop* (50 m x 40 m)
4. *Sub-Assembly Workshop* (50 m x 40 m)
5. *Assembly Workshop* (50 m x 40 m)
6. *Machinery Workshop* (40 m x 30 m)
7. *Electrical Workshop* (40 m x 30 m)
8. *Piping Workshop* (40 m x 30 m)
9. *Blasting and Painting Workshop* (20 m x 40 m)
10. *Outfitting Workshop* (20 m x 40 m)
11. *Graving Dock* 30.000 DWT (210 m x 38 m)
12. *Security* (8 m x 5m)
13. *Main Office* (15 m x 50 m)
14. *Parking Area* (20 m x 50 m)
15. *Guest Office* (10 m x 10 m)
16. *Sub-Contractor Office* (10 m x 15 m)
17. *Musholla* (10 m x 10 m)
18. *Canteen* (5 m x 10 m)
19. *Toilet* (5 m x 3 m)
20. *Electricity Room* (5 m x 10 m)



Gambar 5.48. *Layout Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier 2D*

Berikut ini merupakan *layout* galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* dalam bentuk 3D.



Gambar 5.49. *Layout* Galangan Kapal *Small Scale LNG Carrier* 3D

BAB 6

ANALISA EKONOMIS PEMBANGUNAN GALANGAN KAPAL *SMALL SCALE LNG CARRIER*

6.1. Analisa Nilai Investasi

Pada bab ini dilakukan analisa ekonomis pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia. Aspek-aspek yang dilakukan analisa pada bab ini antara lain mengenai kondisi pasar, analisa investasi yang membahas tentang estimasi nilai biaya investasi awal dalam pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*. Selain itu, dilakukan perhitungan mengenai estimasi waktu kembali dari investasi yang telah dilakukan.

Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan oleh calon pemilik galangan kapal pada saat pengadaan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk produksi *Small Scale LNG Carrier*. Berdasarkan analisa perencanaan fasilitas dan tata letak (*layout*) galangan kapal yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat dilakukan perhitungan estimasi nilai investasi yang diperlukan untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*. Estimasi nilai investasi tersebut antara lain:

- Estimasi nilai investasi untuk tanah dan bangunan
- Estimasi nilai investasi untuk fasilitas penunjang
- Estimasi nilai investasi untuk pekerjaan persiapan dan instalasi
- Estimasi pengeluaran gaji tenaga kerja

Berikut ini adalah uraian dari estimasi nilai investasi tersebut.

6.1.1. Estimasi Nilai Investasi untuk Tanah dan Bangunan

Uraian investasi dan besarnya nilai investasi untuk tanah dan bangunan termasuk fasilitas pendedokan dapat dilihat pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2.

Tabel 6.1. Investasi untuk Tanah

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
1	Tanah	270	213		57510		600.000	34.506.000.000
2	Area Shipyard (Pengurugan)	270	213		57510		120.000	6.901.200.000
3	Area Shipyard (Pemadatan)	270	213		57510		200.000	11.502.000.000
4	Pengerukan Lahan	100	213	2	21300	42600	80.000	3.408.000.000

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
Total								56.317.200.000

Sumber: Rukindo, 2018

Tabel 6.2. Investasi untuk Bangunan

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
1	Graving Dock 30.000 DWT	210	38	7	7980	55860	20.000.000	159.600.000.000
1	Gudang Penyimpanan	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
2	Bengkel Persiapan	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
3	Bengkel Fabrikasi	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
4	Bengkel Sub-Assembly	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
5	Bengkel Assembly	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
6	Bengkel Blasting & Painting	20	40	15	800	12000	3.000.000	2.400.000.000
7	Bengkel Machinery	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
8	Bengkel Perpipaan	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
9	Bengkel Electrical	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
10	Bengkel Outfitting	20	40	15	800	12000	3.000.000	2.400.000.000
11	Pos Keamanan	8	5	2,5	40	100	3.000.000	120.000.000
12	Pagar Luar Area	270	208	3,15	56160		950.000	710.600.000
13	Pintu Gerbang Sliding	5	1	3,15	5		1.000.000	5.000.000
14	Area Pakir	20	50		1000		800.000	800.000.000
15	Kantor Utama	15	50	15	750	11250	8.000.000	6.000.000.000
16	Kantor Tamu	10	10	5	100	500	3.500.000	350.000.000
17	Kantor Sub-Kontraktor	10	15	5	150	750	3.500.000	525.000.000
18	Mushollah	10	10	5	100	500	3.500.000	350.000.000
19	Kantin	5	10	2,5	50	125	3.500.000	175.000.000
20	Toilet	5	3	2,5	15	37,5	3.500.000	52.500.000
21	Ruangan Electricity	5	10	3	50	150	3.500.000	175.000.000
Total								214.463.100.000

Dari Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 tersebut dapat diketahui bahwa harga untuk investasi tanah sebesar Rp56.317.200.000, sedangkan untuk bangunan dan fasilitas pengedokan membutuhkan investasi sebesar Rp214.463.100.000. Dengan demikian estimasi dana investasi yang diperlukan untuk tanah dan bangunan adalah sebesar Rp270.780.300.000.

6.1.2. Estimasi Nilai Investasi untuk Peralatan Fasilitas Penunjang

Untuk estimasi nilai investasi untuk peralatan fasilitas penunjang pembangunan *Small Scale LNG Carrier*, yaitu sebesar Rp45.420.148.880. Rincian estimasi tersebut bisa dilihat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Estimasi Nilai Investasi untuk Peralatan Fasilitas Penunjang

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
1	Gudang					
	Rak	150	2.000.400	25	Unit	50.010.000
	Forklift	23.000	306.728.000	3	Unit	920.184.000
2	Bengkel Persiapan					
	Plate Straightening Machine	125.000	1.667.000.000	1	Unit	1.667.000.000
	Shot Blasting Machine	140.000	1.867.040.000	1	Unit	1.867.040.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
	Conveyor	28.000	373.408.000	3	Unit	1.120.224.000
3	Bengkel Fabrikasi					
	Cutting Machine	150.000	2.000.400.000	1	Unit	2.000.400.000
	Flame Planner	80.000	1.066.880.000	1	Unit	1.066.880.000
	Bending Machine	85.000	1.133.560.000	2	Unit	2.267.120.000
	Frame Bending Machine	78.500	1.046.876.000	1	Unit	1.046.876.000
	Hydraulic Press Machine	95.000	1.266.920.000	1	Unit	1.266.920.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000
4	Bengkel Sub-Assembly					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	7	Set	140.028.000
	Overhead Crane	250.000	3.334.000.000	1	Unit	3.334.000.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000
5	Bengkel Assembly					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	7	Set	140.028.000
	Overhead Crane	250.000	3.334.000.000	1	Unit	3.334.000.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
6	Bengkel Blasting dan Painting					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Portable Shot Blasting	20.000	266.720.000	2	Unit	533.440.000
	Dust Collector	9.800	130.692.800	2	Unit	261.385.600
	Compressor	1.370	18.270.320	4	Unit	73.081.280
	Paint Mixer	20.000	266.720.000	1	Unit	266.720.000
7	Bengkel Outfitting					
	Stud Welding	1.400	18.670.400	2	Unit	37.340.800
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Grinding Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Screw Driver Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Router Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Planner Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Pneumatic Nail Gun	3.600	48.009.600	2	Unit	96.019.200
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
8	Bengkel Machinery					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Pneumatic Drill	2.800	37.340.800	2	Unit	74.681.600
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
9	Bengkel Electrical					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Electrical Test Equipment	12.000	160.032.000	1	Set	160.032.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
10	Bengkel Perpipa					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Cutting Machine	25.000	333.400.000	1	Unit	333.400.000
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
11	Erection Area					
	Keel Block	350	4.667.600	180	m ³	840.168.000

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
	Mobile Crane	320.000	4.267.520.000	2	Unit	8.535.040.000
	Gantry Crane	500.000	6.668.000.000	1	Unit	6.668.000.000
	Transporter	200.000	2.667.200.000	1	Unit	2.667.200.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	8	Set	160.032.000
Total						45.420.148.880

6.1.3. Estimasi Nilai Investasi untuk Pekerjaan Persiapan dan Instalasi

Estimasi nilai investasi untuk pekerjaan persiapan, seperti pengadaan pembangkit tenaga listrik, biaya instalasi pengolahan air limbah, dan keperluan terkait teknologi seperti *software* dan komputer. Total nilai investasi sebesar Rp20.100.000.000. Rincian estimasi tersebut bisa dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Estimasi Nilai Investasi untuk Pekerjaan Persiapan dan Instalasi

No	Item	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Generator (100 KVA)	4	unit	350.000.000	1.400.000.000
2	Generator (80 KVA)	2	unit	200.000.000	400.000.000
3	Generator (60 KVA)	2	unit	150.000.000	300.000.000
4	Biaya Perizinan	1	set	550.000.000	550.000.000
5	Biaya Perencanaan	1	set	650.000.000	650.000.000
6	Biaya Pengawasan	1	set	550.000.000	550.000.000
7	Biaya Amdal	1	set	400.000.000	400.000.000
8	Office Supply	1	set	750.000.000	750.000.000
9	Biaya BPHTB	1	set	1.600.000.000	1.600.000.000
10	Instalasi Air Bersih	15	m3	55.000.000	825.000.000
11	HPL	1	set	12.000.000.000	12.000.000.000
12	IPAL	15	m3	45.000.000	675.000.000
Total					20.100.000.000

6.1.4. Estimasi Nilai Total Investasi

Dari perhitungan pada sub bab sebelumnya telah diketahui estimasi besarnya biaya yang dikeluarkan untuk persiapan dan manajemen, pembebasan lahan, pembuatan bangunan serta pengadaan peralatan fasilitas penunjang pada pembangunan galangan kapal untuk produksi *Small Scale LNG Carrier*. Sehingga total investasi awal yang dibutuhkan untuk pembangunan galangan kapal sebesar Rp340.842.463.768 dengan rincian yang bisa dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Estimasi Nilai Total Investasi

No	Biaya Investasi	Harga
1	Total Harga Tanah	56.317.200.000
2	Total Harga Bangunan	214.463.100.000
3	Biaya Utilitas	20.100.000.000
4	Total Harga Peralatan	45.420.148.880
5	Perawatan Peralatan per Tahun (10%)	4.542.014.888
Total Biaya Investasi		340.842.463.768

6.1.5. Estimasi Pengeluaran Gaji Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan tenaga kerja selama proses produksi. Biaya tenaga kerja dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- Biaya Tenaga Kerja Langsung

Bagian dari upah atau gaji yang ditujukan kepada orang yang secara khusus dan konsisten ditugaskan atau berhubungan dengan pembuatan produk, urutan pekerjaan tertentu, atau penyediaan layanan. Biaya tenaga kerja langsung disebut juga biaya pekerjaan yang dilakukan oleh para pekerja yang benar-benar membuat produk pada lini produksi.

- Biaya Tenaga Kerja Tak Langsung

Bagian dari upah atau gaji yang dapat secara khusus dan konsisten diberikan kepada orang yang tidak berhubungan dengan pembuatan produk atau dapat juga dikatakan sebagai biaya pekerjaan yang dilakukan oleh para pekerja yang tidak terlibat langsung membuat produk pada lini produksi.

Tabel 6.6. Biaya Tenaga Kerja Galangan Kapal

No	Deskripsi	Unit	Kenaikan Gaji	Gaji Pekerja
Tenaga Kerja Tidak Langsung				
1	Direktur Utama	1	10%	30.000.000
2	Direktur Desain dan Teknologi	1	10%	20.000.000
3	Divisi Desain	7	10%	6.000.000
4	Divisi Riset dan Teknologi	7	10%	6.000.000
5	Direktur Perencanaan dan P.Usaha	1	10%	20.000.000
6	Divisi Pengadaan	5	10%	5.000.000
7	Divisi Pemasaran	5	10%	5.000.000
8	Direktur Produksi	1	10%	20.000.000
9	Divisi Konstruksi	7	10%	6.000.000
10	Divisi Pemeliharaan	7	10%	6.000.000
11	Divisi Rekayasa Umum	7	10%	6.000.000

No	Deskripsi	Unit	Kenaikan Gaji	Gaji Pekerja
12	Direktur Administrasi dan Keuangan	1	10%	20.000.000
13	Divisi Akuntansi	5	10%	5.000.000
14	Divisi Manajemen Risiko	5	10%	5.000.000
15	Divisi Pembendaharaan	3	10%	5.000.000
16	Direktur SDM	1	10%	20.000.000
17	Divisi K3	5	10%	5.000.000
18	Divisi Pengelolaan SDM	5	10%	5.000.000
19	Divisi Training Centre	3	10%	5.000.000
20	Security	2	10%	2.000.000
21	Cleaning	5	10%	2.000.000
Tenaga Kerja Langsung				
1	Engineer	6	10%	6.000.000
2	Quality Control/Quality Assurance	6	10%	6.000.000
3	Superintendent	6	10%	6.000.000
4	Foreman	12	10%	5.000.000
5	Welder	35	10%	4.500.000
6	Fitter	25	10%	4.000.000
7	Helper	25	10%	3.500.000
8	Crane Operator	20	10%	3.500.000
9	Machine Operator	56	10%	3.500.000
10	Safety	4	10%	3.500.000
Total		279		249.500.000

Perhitungan biaya tenaga kerja langsung dan tenaga kerja tidak langsung dilakukan untuk durasi selama 1 tahun. Tabel 6.6 menunjukkan besarnya pengeluaran untuk biaya tenaga kerja tidak langsung dan tenaga kerja langsung. Dimana pada setiap tahunnya masing-masing tenaga kerja mengalami kenaikan gaji sebesar 10% per lima tahun.

6.1.6. Estimasi Pengeluaran Total

Total pengeluaran dalam satu proyek juga diperhatikan karena digunakan sebagai acuan untuk mencari keuntungan perusahaan. Pengeluaran yang harus dikeluarkan perusahaan setiap tahunnya adalah sebagai berikut:

- Biaya operasional

Pada biaya operasional pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* terdiri dari:

- Biaya Langsung = Rp189.609.279.309,-
- Biaya Perawatan = Rp193.000.000,-
- Biaya Tidak Langsung = Rp6.408.000.000,-

Sehingga didapat biaya operasional total sebesar Rp196.210.279.309. Untuk rinciannya dapat dilihat pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Estimasi Biaya Operasional Total dalam 1 Tahun

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	1
					2018
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER					
BIAYA LANGSUNG				5%	
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		50.625.163.008
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		103.354.000.000
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		9.516.000.000
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		6.014.116.301
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		20.100.000.000
TOTAL BIAYA LANGSUNG					189.609.279.309
BIAYA PERAWATAN				5%	
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock				
	1. Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		40.000.000
	2. Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		35.000.000
	3. Lisensi Software	1	25.000.000		25.000.000
2	Biaya Lain-Lain				
	1. Biaya Promosi	1	25.000.000		25.000.000
	2. Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		30.000.000
	3. Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		30.000.000
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		8.000.000
TOTAL BIAYA PERAWATAN					193.000.000
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)					
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					6.408.000.000

- Depresiasi

Depresiasi atau penyusutan dalam akuntansi adalah alokasi sistematis jumlah yang dapat disusutkan dari suatu aset selama umur manfaatnya. Penerapan depresiasi akan mempengaruhi laporan keuangan, termasuk penghasilan kena pajak suatu perusahaan. Untuk menghitung depresiasi digunakan nilai inflasi sebesar 6%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Nilai Depresiasi Investasi

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun	
		2018	2019
		0	1
10	Graving Dock 30.000 DWT	159.600.000.000	28.581.929.237
20	Gudang Penyimpanan	6.000.000.000	962.140.642
20	Bengkel Persiapan	6.000.000.000	962.140.642
20	Bengkel Fabrikasi	6.000.000.000	962.140.642
20	Bengkel Sub-Assembly	6.000.000.000	962.140.642
20	Bengkel Assembly	6.000.000.000	962.140.642
20	Bengkel Blasting & Painting	2.400.000.000	384.856.257
20	Bengkel Machinery	3.600.000.000	577.284.385
20	Bengkel Perpipaan	3.600.000.000	577.284.385
20	Bengkel Electrical	3.600.000.000	577.284.385
20	Bengkel Outfitting	2.400.000.000	384.856.257
20	Pos Keamanan	120.000.000	19.242.813
20	Pagar Luar Area	710.600.000	113.949.523
20	Pintu Gerbang Sliding	5.000.000	801.784
20	Area Pakir	800.000.000	128.285.419
20	Kantor Utama	2.625.000.000	420.936.531
20	Kantor Tamu	350.000.000	56.124.871
20	Kantor Sub-Kontraktor	525.000.000	84.187.306
20	Mushollah	300.000.000	48.107.032
20	Kantin	150.000.000	24.053.516
20	Toilet	45.000.000	7.216.055
20	Ruangan Electricity	150.000.000	24.053.516
10	Peralatan	45.420.148.880	8.187.237.793
Total		259.883.248.880	37.118.618.294

- Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan

- Pembayaran Angsuran Pinjaman
- Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman

Pengembalian pinjaman dengan *Estimated Interest Loans* sebesar 11%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9. Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan

Tahun ke-	Bunga Pinjaman (Juta Rupiah)	Angsuran (Juta Rupiah)	Pembayaran (Juta Rupiah)	Sisa Pinjaman (Juta Rupiah)
0				204.505.478.261
1	22.495.602.609	5.944.000.710,8	28.439.603.319	198.561.477.550
2	21.841.762.531	6.597.840.789,0	28.439.603.319	191.963.636.761
3	21.116.000.044	7.323.603.275,8	28.439.603.319	184.640.033.485

Tahun ke-	Bunga Pinjaman (Juta Rupiah)	Angsuran (Juta Rupiah)	Pembayaran (Juta Rupiah)	Sisa Pinjaman (Juta Rupiah)
4	20.310.403.683	8.129.199.636,1	28.439.603.319	176.510.833.849
5	19.416.191.723	9.023.411.596,1	28.439.603.319	167.487.422.253
6	18.423.616.448	10.015.986.871,6	28.439.603.319	157.471.435.382
7	17.321.857.892	11.117.745.427,5	28.439.603.319	146.353.689.954
8	16.098.905.895	12.340.697.424,5	28.439.603.319	134.012.992.530
9	14.741.429.178	13.698.174.141,2	28.439.603.319	120.314.818.388
10	13.234.630.023	15.204.973.296,8	28.439.603.319	105.109.845.092
11	11.562.082.960	16.877.520.359,4	28.439.603.319	88.232.324.732
12	9.705.555.721	18.734.047.598,9	28.439.603.319	69.498.277.133
13	7.644.810.485	20.794.792.834,8	28.439.603.319	48.703.484.298
14	5.357.383.273	23.082.220.046,6	28.439.603.319	25.621.264.252
15	2.818.339.068	25.621.264.251,8	28.439.603.319	0
16	0			
17				
18				
19				
20				
Jumlah	222.088.571.531	204.505.478.261	426.594.049.792	

- Pajak

Earning Before Tax (EBT) adalah uang yang disimpan oleh perusahaan sebelum dikurangi karena harus membayar pajak. Laba sebelum pajak mengkuantifikasi keuntungan operasional dan non-operasional perusahaan sebelum pajak diperhitungkan. Dengan besar pajak 21% per tahun dari EBT dapat dilihat rinciannya pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10. Besar Pajak per Tahun (dalam Ribu Rupiah)

Description	Years to Year				
	0	1	2	19	20
EBT (Earning Before Tax)		38.231.499	28.741.385	188.165.001	199.706.185
Pajak 21 %		(8.028.614)	(6.035.690)	(39.514.650)	(41.938.298)

6.1.7. Estimasi Pendapatan Galangan Kapal

Untuk estimasi pendapatan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* dapat dilihat pada Tabel 6.11.

Tabel 6.11. Estimasi Pendapatan Galangan Kapal (dalam Juta Rupiah)

Fasilitas	Waktu Kerja (bulan)	Nilai Project	Kenaikan Pendapatan/ Tahun. (%)	Tahun ke-						
				50%	100%	50%	100%	50%	50%	100%
				1	2	3	4	5	19	20
GD (30.000 DWT)	24	600.000	5%	300.000	300.000	315.000	330.750	347.288	687.605	721.986
Pendapatan Graving Dok untuk bangunan baru				300.000	300.000	315.000	330.750	347.288	687.605	721.986

Proyek pembangunan *Small Scale LNG Carrier* mempunyai nilai sekitar 600 miliar rupiah dengan target pembangunan *Small Scale LNG Carrier* sebanyak satu unit setiap dua tahun.

6.2. Analisa Kelayakan Investasi

Dengan memperhatikan estimasi pendapatan dan keuntungan, maka dapat disusun perhitungan *Net Present Value* (NPV) dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

- Diasumsikan penetapan tingkat suku bunga pinjaman adalah suku bunga komersial pada bank pemerintah/swasta dalam rupiah rata-rata sebesar 11%/tahun.
- Harga-harga yang ditetapkan adalah harga pada bulan Januari 2018 dan kemungkinan masih akan terjadi kenaikan harga.
- Harga peralatan produksi sangat bervariasi tergantung oleh spesifikasi alat dan hasil negosiasi dengan pihak penjual.

Dengan memperhatikan asumsi di atas, maka telah disusun perhitungan NPV berdasarkan estimasi pendapatan dan keuntungan dan rencana investasi dengan rincian pada Tabel 6.13.

Tabel 6.12. *Net Present Value* (NPV)

Tahun ke-			PRESENT VALUE	Akumulasi Profit (Non-discounted)
0	Investasi Awal	(340.842.464)	(340.842.464)	
1	FCF Tahun 1	30.202.884	27.209.806	(310.639.579,50)
2	FCF Tahun 2	22.705.694	18.428.451	(287.933.885,26)
3	FCF Tahun 3	26.683.645	19.510.851	(261.250.240,55)
4	FCF Tahun 4	30.860.493	20.328.762	(230.389.747,86)
5	FCF Tahun 5	35.246.183	20.916.894	(195.143.564,78)
6	FCF Tahun 6	39.344.926	21.035.404	(155.798.638,79)
7	FCF Tahun 7	44.180.150	21.279.741	(111.618.489,15)
8	FCF Tahun 8	49.257.134	21.373.976	(62.361.354,67)
9	FCF Tahun 9	54.587.969	21.339.789	(7.773.386,11)
10	FCF Tahun 10	60.185.344	21.196.344	52.411.958,23
11	FCF Tahun 11	67.867.034	21.533.078	120.278.992,59

Tahun ke-			PRESENT VALUE	Akumulasi Profit (Non-discounted)
12	FCF Tahun 12	74.038.141	21.163.123	194.317.133,75
13	FCF Tahun 13	80.517.803	20.734.482	274.834.937,05
14	FCF Tahun 14	87.321.449	20.258.124	362.156.385,59
15	FCF Tahun 15	94.465.276	19.743.653	456.621.661,65
16	FCF Tahun 16	123.821.041	23.314.537	580.442.702,49
17	FCF Tahun 17	131.697.111	22.340.125	712.139.813,16
18	FCF Tahun 18	139.966.984	21.390.059	852.106.797,15
19	FCF Tahun 19	148.650.351	20.465.829	1.000.757.148,12
20	FCF Tahun 20	157.767.886	19.568.567	1.158.525.034,43
	Total FCF	1.499.367.498	423.131.596	
	Bunga Bank 11%		74.968.375	

Tabel 6.13 merupakan *cash flow* dari galangan kapal *Small Scale LNG Carrier*.

Tabel 6.13. *Cash Flow* Galangan Kapal (dalam Ribu Rupiah)

Description	Years to Year						
	0	1	2	3	4	19	20
Investasi	340.842.464						
DANA MASUK							
Pendapatan							
- Graving Dock		300.000.000	300.000.000	315.000.000	330.750.000	687.605.495	721.985.770
EBITDA (Earning Before Interest, Tax, Depresiation and Amortation)		300.000.000	300.000.000	315.000.000	330.750.000	687.605.495	721.985.770
DANA KELUAR							
Dana Keluar Graving Dock							
1. Biaya Langsung		(189.609.279)	(199.089.743)	(209.044.230)	(219.496.442)	(456.317.338)	(479.133.205)
2. Biaya Perawatan		(193.000)	(202.650)	(212.783)	(223.422)	(464.478)	(487.701)
3. Biaya Tidak Langsung (pekerja)		(6.408.000)	(6.408.000)	(6.408.000)	(6.408.000)	(8.529.048)	(8.529.048)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Investasi							
Nilai Depresiasi (Graving Dock)		(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)	(34.129.630)	(34.129.630)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan							
Graving Dock							
1. Pembayaran Angsuran Pinjaman		(5.944.001)	(6.597.841)	(7.323.603)	(8.129.200)	-	-
2. Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman		(22.495.603)	(21.841.763)	(21.116.000)	(20.310.404)	-	-
Total		(261.768.501)	(271.258.615)	(281.223.235)	(291.686.085)	(499.440.494)	(522.279.585)
EBT (Earning Before Tax)		38.231.499	28.741.385	33.776.765	39.063.915	188.165.001	199.706.185
Pajak	0,21	(8.028.615)	(6.035.691)	(7.093.121)	(8.203.422)	(39.514.650)	(41.938.299)
EAT (Earning After Tax)		30.202.884	22.705.694	26.683.645	30.860.493	148.650.351	157.767.886
Akumulasi Pendapatan Bersih		30.202.884	52.908.579	79.592.223	110.452.716	1.341.599.612	1.499.367.498

Tabel 6.14. Nilai NPV, IRR, ROI, dan *Payback Periode*

No.	Deskripsi	Nilai	Unit
1	Jumlah Komulatif FCF x Rumus PV = NPV	82.289.132	(ribu rupiah)
2	Pengembalian Invest.(+) : Invest.= IRR	13,41	%
3	Rata-rata NPV : Invest. = ROI	22,00	%
4	Payback Periode	9,13	tahun
		9	tahun
		1,5	bulan
Go Project / Layak			

Pada Tabel 6.14 menunjukkan bahwa waktu investasi untuk pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* kembali pada tahun ke-9 bulan ke-1,5. Dengan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp82,3 miliar, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 13,41% lebih besar dari bunga bank yang telah ditetapkan yakni 11%, sehingga investasi pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* layak dilakukan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

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

1. Potensi pasar untuk *Small Scale LNG Carrier* cukup tinggi karena berdasarkan analisa yang telah dilakukan penulis pada RUPTL PLN 2017-2026, Indonesia membutuhkan *Small Scale LNG Carrier* berjumlah 26 unit kapal dengan kapasitas yang berbeda-beda (1.500 m³ – 45.000 m³). Oleh karena itu, pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* di Indonesia layak dilakukan karena selain belum adanya galangan kapal dalam negeri yang mampu untuk memproduksinya, kebutuhan pasar untuk kapal tersebut di Indonesia juga cukup tinggi.
2. Pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* direncanakan berada di Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura, dengan luas area sekitar 270 m x 213 m atau sebesar 57.510 m². Pada galangan kapal dilengkapi dengan fasilitas pengedokan berupa *graving dock* 30.000 DWT dan fasilitas penunjang berupa satu gudang penyimpanan material, satu bengkel persiapan, satu bengkel fabrikasi, satu bengkel *sub-assembly*, satu bengkel *assembly*, satu bengkel *blasting* dan *painting*, satu bengkel *outfitting*, satu bengkel *electrical*, satu bengkel *piping*, satu bengkel *machinery*, serta kantor utama, kantor tamu, kantor sub-kontraktor, musholla, kantin, toilet umum, dengan fasilitas dan kapasitas sesuai dengan jumlah tenaga kerja di galangan kapal.
3. Dengan nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp82,3 miliar, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 13,41% lebih besar dari bunga bank yang telah ditetapkan yakni 11%, dan *Payback Period* pada tahun ke-9 bulan ke-1,5 sehingga investasi pembangunan galangan kapal *Small Scale LNG Carrier* layak dilakukan.

7.2. Saran

1. Perlu adanya pemahaman lebih lanjut mengenai teknologi *Small Scale LNG Carrier* baik dari segi sistem maupun dari tangkinya serta perlu adanya *Standard Operating Procedure*

(SOP) dan kualitas kontrol yang benar dan tepat agar kualitas dari material dan *finishing* tetap terjaga.

2. Perlu adanya dukungan dari pemerintah untuk mempercepat proyek pembangunan *Small Scale* LNG baik dari segi transportasi maupun infrastrukturnya seperti fasilitas regasifikasi, *liquefaction*, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping (ABS). (2014). "Gas Carriers: Arrangements & Characteristics". *Presentation to Marine Chemists*. Las Vegas, U.S.
- Cornick, H.F. (1968). *Dock and Harbour Engineering Vol 1: The Design of Dock*. London: Charles Griffin & Company Limited.
- Daft, R.L. (2016). *Management*. Boston: Cengage Learning.
- Department of Defense. (2012). *Unified Facilities Criteria, Design: Graving Drydocks*. United States of America.
- DNV GL. (2016). *Liquefied Gas Carriers with Independent Cylindrical Tanks of Type C*.
- DNV GL. (2016). "Update on Alternative Maritime Fuels". *DNV GL Technology Week 2016*.
- Gas Entec. (2016). "LNG Engineering Solutions for LNG Fuelled Ships and Small-Mid Scale LNG Carriers". *Gas Indonesia Summit and Exhibition*.
- International Association of Classification Societies (IACS). (2016). *Cargo Containment of Gas Tankers*.
- International Gas Union (IGU). (2015). "Small Scale LNG". *26th World Gas Conference*. Paris, France.
- International Maritime Organization (IMO). (2014). *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (2015). *International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code)*. London: IMO Publishing.
- International Safety Guide for Inland Navigation Tank-barges and Terminals (ISGINTT). (2010). *Types of Gas Carriers*.
- Kementerian ESDM. (2014). *Peta Jalan Kebijakan Gas Bumi Nasional 2014-2030*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Keppel Offshore & Marine Technology Centre. (2014). "Small-scale LNG Carriers". *Sustainable Marine Transportation Conference 2014*.
- Lloyd's Register (LR). (2015). *Small-scale LNG Ships*. Southampton.
- Man Diesel & Turbo. (2012). *Costs and Benefits of LNG as Ship Fuel for Container Vessels*. Copenhagen, Denmark.
- Marine Insight. (2017). *Understanding The Design of Liquefied Gas Carriers*. Bangalore, India.
- Orue, E.P. (2017). *Membrane or Type C Tanks in Small Scale LNG Ships?*. Retrieved December 10, 2017, from linkedin website: <http://www.linkedin.com>
- Orue, E.P. (2017). *Infographic: Small LNG Carriers 2017*. Retrieved September 25, 2017, from linkedin website: <http://www.linkedin.com>
- Orue, E.P. (2015). *Small LNG Carriers are NOT Smaller LNG Carriers*. Retrieved September 29, 2017, from linkedin website: <http://www.linkedin.com>
- PT PLN (Persero). (2017). *Rencana Usaha Penyediaan Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2017 s.d. 2026*.
- Saaty, T.L. (1990). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Pennsylvania State University.
- Schlott, H.W. (1980). *Shipbuilding Technology*. Lecture Notes.
- Small Scale LNG Shipping Consultant (2012). *Small Scale LNG*. Retrieved September 5, 2017, from Small Scale LNG Shipping Consultant website: <http://www.small-lng.com>

- Soegiono. (2004). *Teknologi Produksi dan Perawatan Bangunan Laut*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Soegiono and Artana, K.B. (2005). *Transportasi LNG Indonesia*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Soeharto, A. and Soejitno. (1996). *Galangan Kapal*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan – ITS.
- Soejitno. (1997). *Teknologi Produksi Kapal*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan – ITS.
- Storch et al. (1995). *Ship Production*. Centreville: Cornell Maritime Press.
- TGE Marine Gas Engineering. (2011). “LNG Storage and Fuel Gas Systems”. *LNG: Fuel for Shipping*. London, U.K.
- TGE Marine Gas Engineering. (2014). “New Generation of Modern Small LNG Carriers and Re-Gas Barges for the Chinese Market”. *Small Scale LNG*. Stavanger, Norway.
- Wignjosoebroto, S. (1991). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Surabaya: PT Bima Ilmu Offset.
- Wärtsilä. (2013). “Small and Medium Size LNG for Power Generation”. *Power Gen Asia*.
- Wärtsilä. (2014). *Class AIP (Approval in Principle) Granted for Gas Carriers*. Retrieved October 7, 2017, from Wärtsilä website: <http://www.wartsila.com>

LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Pasar LNG di Indonesia untuk Menentukan Kebutuhan *Small Scale LNG Carrier* dan Kapasitas Tangki

Lampiran B Pembobotan Lokasi Galangan Kapal *Small Scale LNG Carrier*

Lampiran C Analisa Pemilihan Sarana Pokok Galangan Kapal

Lampiran D *Layout* Galangan Kapal

Lampiran E Data Kapal Wärtsilä WSD50 20K

Lampiran F Perhitungan Analisa Ekonomis

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN PASAR LNG DI INDONESIA UNTUK
MENENTUKAN KEBUTUHAN *SMALL SCALE LNG CARRIER*
DAN KAPASITAS TANGKI

PERHITUNGAN PASAR LNG DI INDONESIA UNTUK MENENTUKAN KEBUTUHAN SMALL SCALE LNG CARRIER DAN KAPASITAS TANGKI

Perhitungan kebutuhan Small Scale LNG Carrier beserta dengan kapasitas tangkinya didapatkan dari perhitungan pasar LNG di Indonesia untuk proyek pemerintah, yaitu program pembangkit listrik **35.000 MW** yang dirancang melalui **RUPTL PLN 2017-2026**.

Program 35.000 MW adalah proyek pemerintah untuk membangun pembangkit listrik mencapai 35.000 MW hingga 2019. Program 35.000 MW ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Indonesia dari Sabang sampai Merauke. Hal ini tentu akan berdampak signifikan bagi pertumbuhan ekonomi di luar Jawa, yang sebelumnya kekurangan suplai listrik.

Langkah Perhitungan:

1. Kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier didapat dengan menghitung kapasitas Power Plant yang akan dituju.
2. Kapasitas Power Plant (MW) lalu dikonversi menjadi kebutuhan bahan bakar yaitu LNG dalam bentuk m^3 .
3. Kebutuhan bahan bakar (LNG) Power Plant dikali dengan durasi perjalanan dari LNG Plant (sebagai pemasok LNG) ke Power Plant yang dituju dan kembali lagi ke LNG Plant asal.
4. Konsep pengiriman LNG ke Power Plant di Indonesia dilakukan secara milk run.
5. Jumlah kapasitas LNG yang dikirim sebanyak 2 kali perjalanan (berangkat-pulang) karena begitu kapal kembali ke LNG Plant, kapal tersebut kembali mengisi LNG untuk dikirimkan kembali ke Power Plant.
6. Sehingga ketika sampai ke Power Plant pertama yang sudah mulai kehabisan bahan bakar, kapal tersebut bisa memasok kembali LNG dengan tepat waktu.

Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Kalbar - Bangka Belitung (LNG Plant Bontang - Kalbar - Bangka - Belitung)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Pontianak/Kalbar	1048,4	69,84	2,91
Pontianak - Bangka	231,8	15,36	0,64
Bangka - Belitung	107,7	7,20	0,30
Total	1387,9	92,40	3,85

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 7,7

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Pontianak Peaker	100	20	360	18720	883
MPP Kalbar	100	20	360	18720	883
MPP Bangka	50	10	180	9360	442
MPP Belitung	25	5	90	4680	221
Total	275	55	990	51480	2428

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 7.7 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Pontianak Peaker	100	883	6799	1,9	69,84	74	3,1
MPP Kalbar	100	883	6799	1,9			
MPP Bangka	50	442	3400	0,9	15,36	16	0,7
MPP Belitung	25	221	1700	0,5	7,2	8	0,3
Total	275	2428	18698	5,2	92,4	98	4,1

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 8,1

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 8.1 hari
PLTMG Pontianak Peaker	100	883	7181
MPP Kalbar	100	883	7181
MPP Bangka	50	442	3591
MPP Belitung	25	221	1795
Total	275	2428	19749

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 19.749 m³ = **20.000 m³**

Rute Pelayaran:

*Karena wilayah Bangka (Air Anyir, Merawang) tidak dapat ditemukan rute pelayarannya, maka penulis menggunakan Sungailiat sebagai alternatifnya



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Papua (LNG Plant Tangguh - Fakfak - Timika - Merauke)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Tangguh - Fakfak	156	10,32	0,4
Fakfak - Timika	375,5	24,96	1,0
Timika - Merauke	420,2	28,08	1,2
Total	951,7	63,36	2,6

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 5,3

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
MPP Fakfak	10	2	36	1872	88
MPP Timika	30	6	108	5616	265
PLTMG Merauke	20	4	72	3744	177
Total	60	12	216	11232	530

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 5.3 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
MPP Fakfak	10	88	466	0,4	10,3	11	0,4
MPP Timika	30	265	1399	1,2	25,0	26	1,1
PLTMG Merauke	20	177	932	0,8	28,1	29	1,2
Total	60	530	2797	2,3	63,4	66	2,7

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

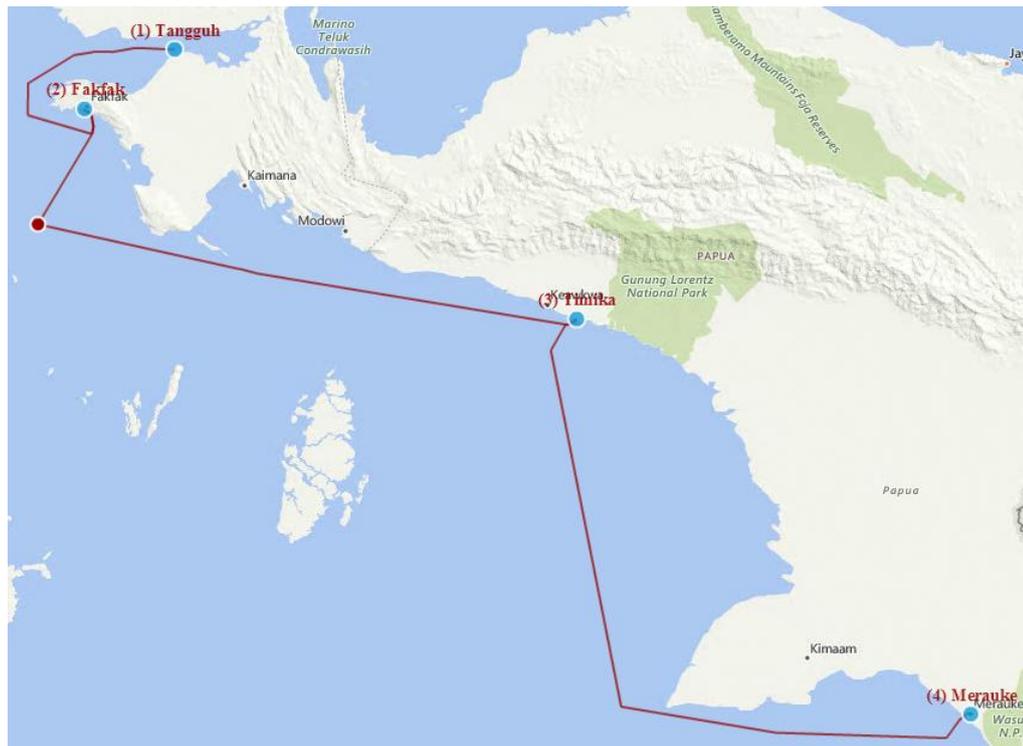
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 5,5

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 5.5 hari
MPP Fakfak	10	88	483
MPP Timika	30	265	1450
PLTMG Merauke	20	177	967
Total	60	530	2900

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 2.900 m³ = **3.000 m³**

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Papua (LNG Plant Tangguh - Bintuni - Sorong - Raja Ampat)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Tangguh - Bintuni	49,5	3,4	0,1
Bintuni - Sorong	436,3	29,0	1,2
Sorong - Raja Ampat	54,1	3,6	0,2
Total	539,9	36,0	1,5

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 3

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Bintuni	10	2	36	1872	88
PLTG Sorong	30	6	108	5616	265
PLTMG Raja Ampat	10	2	36	1872	88
Total	50	10	180	9360	442

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 3 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Bintuni	10	88	265	0,2	3,4	4	0,1
PLTG Sorong	30	265	795	0,7	29,0	30	1,2
PLTMG Raja Ampat	10	88	265	0,2	3,6	4	0,2
Total	50	442	1325	1,1	36,0	37	1,5

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 3,1

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 3.1 hari
PLTMG Bintuni	10	88	273
PLTG Sorong	30	265	819
PLTMG Raja Ampat	10	88	273
Total	50	442	1365

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar $1.365 \text{ m}^3 = 1.500 \text{ m}^3$

Rute Pelayaran:

*Raja Ampat (Waisai, Pulau Waigeo)



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Papua

(LNG Plant Tangguh - Manokwari - Nabire - Biak - Jayapura)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Tangguh - Manokwari	726,8	48,5	2,0
Manokwari - Nabire	177,8	11,8	0,5
Nabire - Biak	215,8	14,4	0,6
Biak - Jayapura	348,3	23,3	1,0
Total	1468,7	97,9	4,1

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 8,2

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Manokwari	40	8	144	7488	353
MPP Manokwari	20	4	72	3744	177
MPP Nabire	20	4	72	3744	177
PLTMG Biak	15	3	54	2808	132
PLTMG Jayapura Peaker	40	8	144	7488	353
MPP Jayapura	50	10	180	9360	442
Total	185	37	666	34632	1634

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 8.2 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Manokwari	40	353	2882	1,6	48,5	51	2,1
MPP Manokwari	20	177	1441	0,8			
MPP Nabire	20	177	1441	0,8	11,8	13	0,5
PLTMG Biak	15	132	1081	0,6	14,4	15	0,6
PLTMG Jayapura Peaker	40	353	2882	1,6	23,3	27	1,1
MPP Jayapura	50	442	3603	2,0			
Total	185	1634	13330	7,4	97,9	105	4,4

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)
 Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)
 Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 8,8

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 8.8 hari
PLTMG Manokwari	40	353	3100
MPP Manokwari	20	177	1550
MPP Nabire	20	177	1550
PLTMG Biak	15	132	1163
PLTMG Jayapura Peaker	40	353	3100
MPP Jayapura	50	442	3875
Total	185	1634	14338

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 14.338 m³ = **14.500 m³**

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Kalimantan Selatan (LNG Plant Bontang - Kalimantan Selatan)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Kalsel	495,8	33,1	1,4
Total	495,8	33,1	1,4

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 2,8

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTGU/MGU Kalsel Peaker	200	40	720	37440	1766
Total	200	40	720	37440	1766

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 2.8 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTGU/MGU Kalsel Peaker	200	1766	4874	4,1	33,1	37	1,5
Total	200	1766	4874	4,1	33,1	37	1,5

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 3,1

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 3.1 hari
PLTGU/MGU Kalsel Peaker	200	1766	5472
Total	200	1766	5472

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 5.472 m³ = **5.500 m³**

Rute Pelayaran:

*Kalimantan Selatan (Banjarmasin)



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Sulawesi Selatan (LNG Plant Bontang - Sulawesi Selatan)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Sulsel	365	24,2	1,0
Total	365	24,2	1,0

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 2

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTGU Sulsel Peaker	450	90	1620	84240	3974
PLTGU Makassar Peaker	450	90	1620	84240	3974
Total	900	180	3240	168480	7947

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 2 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTGU Sulsel Peaker	450	3974	8027	2,2	24,2	29	1,2
PLTGU Makassar Peaker	450	3974	8027	2,2			
Total	900	7947	16053	4,5	24,2	29	1,2

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

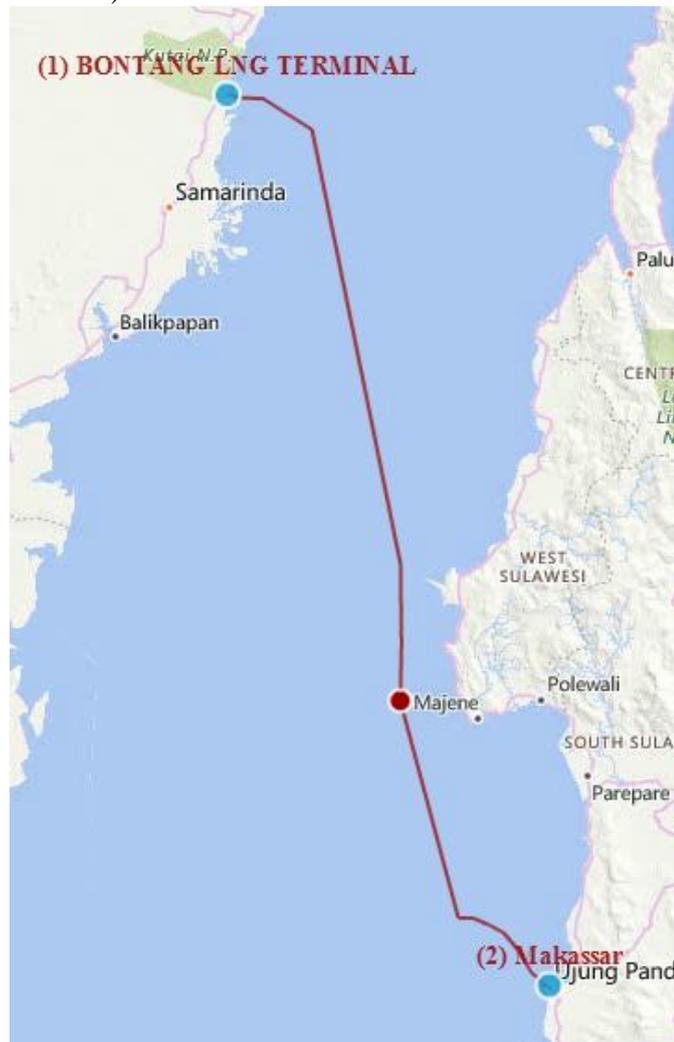
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 2,4

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 2,4 hari
PLTGU Sulsel Peaker	450	3974	9503
PLTGU Makassar Peaker	450	3974	9503
Total	900	7947	19006

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 19.006 m³ = **20.000 m³**

Rute Pelayaran:
*Sulawesi Selatan (Makassar)



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Nusa Tenggara (LNG Plant Bontang - Lombok - Sumbawa - Bima)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Lombok	585,3	39,1	1,6
Lombok - Sumbawa	57,4	3,8	0,2
Sumbawa - Bima	141,2	9,4	0,4
Total	783,9	52,3	2,2

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 4,4

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
MPP Lombok	50	10	180	9360	442
PLTMG Sumbawa	50	10	180	9360	442
PLTMG Bima	50	10	180	9360	442
Total	150	30	540	28080	1325

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 4.4 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
MPP Lombok	50	442	1925	1,6	39,1	41	1,7
PLTMG Sumbawa	50	442	1925	1,6	3,8	5	0,2
PLTMG Bima	50	442	1925	1,6	9,4	11	0,5
Total	150	1325	5775	4,8	52,3	57	2,4

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

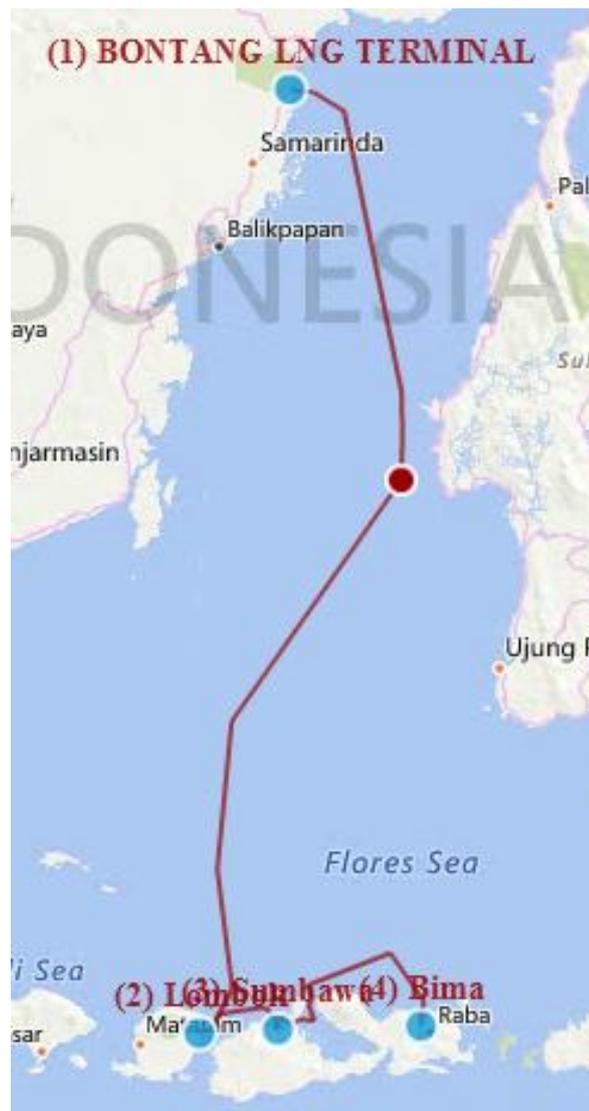
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 4,8

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 4.8 hari
MPP Lombok	50	442	2102
PLTMG Sumbawa	50	442	2102
PLTMG Bima	50	442	2102
Total	150	1325	6306

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar $6.306 \text{ m}^3 = 6.500 \text{ m}^3$

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Nusa Tenggara

(LNG Plant Bontang - Maumere - Labuanbajo - Waingapu - Kupang)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Maumere	655,1	43,7	1,8
Maumere - Labuanbajo	187,3	12,5	0,5
Labuanbajo - Waingapu	109,7	7,2	0,3
Waingapu - Kupang	206,3	13,7	0,6
Total	1158,4	77,0	3,2

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 6,4

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Maumere	40	8	144	7488	353
MPP Flores	20	4	72	3744	177
PLTMG Waingapu	10	2	36	1872	88
PLTMG Kupang Peaker	40	8	144	7488	353
Total	110	22	396	20592	971

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 6.4 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Maumere	40	353	2268	1,9	43,7	46	1,9
MPP Flores	20	177	1134	0,9	12,5	13	0,6
PLTMG Waingapu	10	88	567	0,5	7,2	8	0,3
PLTMG Kupang Peaker	40	353	2268	1,9	13,7	16	0,6
Total	110	971	6236	5,2	77,0	82	3,4

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 6,9

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 6.9 hari
PLTMG Maumere	40	353	2421
MPP Flores	20	177	1210
PLTMG Waingapu	10	88	605
PLTMG Kupang Peaker	40	353	2421
Total	110	971	6657

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar $6.657 \text{ m}^3 = 7.000 \text{ m}^3$

Rute Pelayaran:

*MPP Flores (Labuanbajo)



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Regasifikasi Arun (LNG Plant Tangguh - Regasifikasi Arun)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Tangguh - Arun	2509,7	167,3	7,0
Total	2509,7	167,3	7,0

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 13,9

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Arun	184	36,8	662,4	34444,8	1625
PLTMG Sumbagut-2	250	50	900	46800	2208
PLTGU Belawan	935	187	3366	175032	8256
MPP Paya Pasir	75	15	270	14040	662
Total	1444	288,8	5198,4	270316,8	12751

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 13,9 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Arun	184	1625	22649	1,1	167,3	176	7,3
PLTMG Sumbagut-2	250	2208	30773	1,5			
PLTGU Belawan	935	8256	115092	5,6			
MPP Paya Pasir	75	662	9232	0,5			
Total	1444	12751	177746	8,7	167,3	176	7,3

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 14,7

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 14.7 hari
PLTMG Arun	184	1625	23829
PLTMG Sumbagut-2	250	2208	32376
PLTGU Belawan	935	8256	121087
MPP Paya Pasir	75	662	9713
Total	1444	12751	187004

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 187.004 m³ = 187.500 m³ dibagi menjadi 5 kapal dengan kapasitas masing-masing **45.000 m³** berjumlah 4 dan sisanya **7.500 m³**

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster FSRU Sumut (LNG Plant Bontang - FSRU Sumut)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - FSRU Sumut	1605	107,0	4,5
Total	1605	107,0	4,5

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 8,9

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTGU Sumbagut 134	800	160	2880	149760	7064
Total	800	160	2880	149760	7064

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 8,9 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTGU Sumbagut 134	800	7064	63012	7,5	107,0	115	4,8
Total	800	7064	63012	7,5	107,0	115	4,8

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 9,5

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 9.5 hari
PLTGU Sumbagut 134	800	7064	67428
Total	800	7064	67428

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 67.428 m³ = 67.500 m³ dibagi menjadi 2 kapal dengan kapasitas masing-masing **45.000 m³** dan **22.500 m³**

Rute Pelayaran:

*Karena FSRU Sumut maupun PLTGU Sumbagut 134 tidak ditemukan lokasi pastinya, maka penulis menggunakan alternatif perairan di Medan



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster Kepulauan Riau (LNG Plant Bontang - Kepulauan Riau)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - Dabo Singkep	1125,2	75,1	3,1
Dabo Singkep - Karimun	170,8	11,3	0,5
Karimun - Bintan	67,2	4,6	0,2
Bintan - Natuna	362,3	24,2	1,0
Total	1725,5	115,2	4,8

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 9,6

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Dabo Singkep	15	3	54	2808	132
PLTMG Tanjung Batu	15	3	54	2808	132
PLTMG Tanjung Balai Karimun	40	8	144	7488	353
PLTMG Bintan	30	6	108	5616	265
PLTMG Natuna	20	4	72	3744	177
Total	120	24	432	22464	1060

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 9.6 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Dabo Singkep	15	132	1272	1,1	75,1	76	3,2
PLTMG Tanjung Batu	15	132	1272	1,1	11,3	15	0,6
PLTMG Tanjung Balai Karimun	40	353	3391	2,8			
PLTMG Bintan	30	265	2543	2,1	4,6	7	0,3
PLTMG Natuna	20	177	1695	1,4	24,2	26	1,1
Total	120	1060	10172	8,5	115,2	124	5,2

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)
 Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)
 Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 10,3

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 10.3 hari
PLTMG Dabo Singkep	15	132	1365
PLTMG Tanjung Batu	15	132	1365
PLTMG Tanjung Balai Karimun	40	353	3640
PLTMG Bintan	30	265	2730
PLTMG Natuna	20	177	1820
Total	120	1060	10921

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 10.921 m³ = **11.000 m³**

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster FSRU Jawa 1 (LNG Plant Tangguh - FSRU Jawa 1)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Tangguh - FSRU Jawa 1	2038,8	135,8	5,7
Total	2038,8	135,8	5,7

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 11,3

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTGU Jawa 1	1760	352	6336	329472	15541
Total	1760	352	6336	329472	15541

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 11.3 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTGU Jawa 1	1760	15541	175926	8,6	135,8	144	6,0
Total	1760	15541	175926	8,6	135,8	144	6,0

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 12

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 12 hari
PLTGU Jawa 1	1760	15541	187094
Total	1760	15541	187094

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 187.094 m³ = 187.500 m³ dibagi menjadi 5 kapal dengan kapasitas masing-masing **45.000 m³** berjumlah 4 dan sisanya **7.500 m³**

Rute Pelayaran:

*Karena lokasi FSRU Jawa 1 maupun PLTGU Jawa 1 (Cilamaya, Karawang) tidak ditemukan rute pelayarannya, maka penulis menggunakan alternatif perairan di Bandung



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster FSRU Gorontalo (LNG Plant Bontang - FSRU Gorontalo)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - FSRU Gorontalo	755,6	50,4	2,1
Total	755,6	50,4	2,1

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 4,2

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTG Gorontalo	60	12	216	11232	530
Total	60	12	216	11232	530

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 4.2 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTG Gorontalo	60	530	2225	1,9	50,4	52	2,2
Total	60	530	2225	1,9	50,4	52	2,2

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 4,4

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 4.4 hari
PLTG Gorontalo	60	530	2307
Total	60	530	2307

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 2.307 m³ = 2.500 m³

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster FSRU NR (LNG Plant Bontang - FSRU NR)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - FSRU NR	929,5	61,9	2,6
Total	929,5	61,9	2,6

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 5,2

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTGU Muara Karang Ekspansi	500	100	1800	93600	4415
PLTGU Tanjung Priok	800	160	2880	149760	7064
PLTGU Muara Tawar	600	120	2160	112320	5298
Total	1900	380	6840	355680	16777

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 5.2 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTGU Muara Karang Ekspansi	500	4415	22782	2,1	61,9	70	2,9
PLTGU Tanjung Priok	800	7064	36451	3,4			
PLTGU Muara Tawar	600	5298	27338	2,5			
Total	1900	16777	86571	8,0	61,9	70	2,9

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 5,8

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 5.8 hari
PLTGU Muara Karang Ekspansi	500	4415	25731
PLTGU Tanjung Priok	800	7064	41170
PLTGU Muara Tawar	600	5298	30877
Total	1900	16777	97778

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 97.778 m³ = 98.000 m³ dibagi menjadi 3 kapal dengan kapasitas masing-masing **45.000 m³** berjumlah 2 dan sisanya **8.000 m³**

Rute Pelayaran:



Perhitungan Market LNG untuk Indonesia

Keterangan:

$V_s = 15$ knots

Cargo Pumps = 600 m³/h (Wärtsilä Svanehøj Deepwell Cargo Pumps)

Cluster FSU FRU Benoa (LNG Plant Bontang - FSU FRU Benoa)

Perhitungan Durasi Pelayaran:

Rute Pelayaran	Jarak (nm)	Durasi (jam)	Durasi (hari)
Bontang - FSU FRU Benoa	638,3	42,5	1,8
Total	638,3	42,5	1,8

Durasi pelayaran dihitung dari berangkat dan pulang kembali ke LNG Plant asal
Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang) = 3,5

Perhitungan Kapasitas Tangki:

Nama Pembangkit	MW	MMSCFD	TPD	MMBTU	m ³
PLTMG Pesanggaran	200	40	720	37440	1766
Total	200	40	720	37440	1766

Satuan LNG:

1 MW = 0,2 MMSCFD (Million Standard Cubic Feet per Day)

1 MMSCFD = 18 TPD ((Ton per Day)

1 TPD = 52 MMBTU (Million British Thermal Units)

1 m³ LNG = 21,2 MMBTU

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 3,5 hari	Bongkar Muat (jam)	Durasi Pelayaran (jam)	Total (jam)	Total (hari)
PLTMG Pesanggaran	200	1766	6252	5,2	42,5	48	2,0
Total	200	1766	6252	5,2	42,5	48	2,0

Durasi pelayaran (jam) + bongkar muat (jam)

Total durasi (hari) dikali 2 (berangkat-pulang)

Total durasi pelayaran (hari) keseluruhan sebesar = 4

Nama Pembangkit	MW	m ³	m ³ x 4 hari
PLTMG Pesanggaran	200	1766	7019
Total	200	1766	7019

Jadi kapasitas tangki Small Scale LNG Carrier untuk cluster ini didapat sebesar 7.019 m³ = **7.500 m³**

Rute Pelayaran:



Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pasar Small Scale LNG Carrier di Indonesia untuk Menentukan Kapasitas Tangki

LNG Plant	Power Plant	Cargo Tank	Cargo Tank Capacity	Cargo Pumps
Bontang	PLTMG Pontianak Peaker - MPP Kalbar - MPP Bangka - MPP Belitung	3 x IMO Type C - Bilobe	20.000 m3	6 x 600 m3/h
Tangguh	MPP Fakfak - MPP Timika - PLTMG Merauke	2 x IMO Type C - Cylindrical	3.000 m3	2 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Bintuni - PLTG Sorong - PLTMG Raja Ampat	2 x IMO Type C - Cylindrical	1.500 m3	2 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Manokwari - MPP Manokwari - MPP Nabire - PLTMG Biak - PLTMG Jayapura - MPP jayapura	3 x IMO Type C - Cylindrical	14.500 m3	3 x 600 m3/h
Bontang	PLTGU/MGU Kalsel Peaker	2 x IMO Type C - Cylindrical	5.500 m3	2 x 600 m3/h
Bontang	PLTGU Sulsel Peaker - PLTGU Makassar Peaker	3 x IMO Type C - Bilobe	20.000 m3	6 x 600 m3/h
Bontang	MPP Lombok - PLTMG Sumbawa - PLTMG Bima	2 x IMO Type C - Cylindrical	6.500 m3	2 x 600 m3/h
Bontang	PLTMG Maumere - MPP Flores - PLTMG Waingapu - PLTMG Kupang Peaker	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.000 m3	2 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTMG Arun - PLTMG Sumbagut 2 - PLTGU Belawan - MPP Paya Pasir	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m3	2 x 600 m3/h
Bontang	PLTGU Sumbagut 134	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Bontang	PLTGU Sumbagut 134	3 x IMO Type C - Bilobe	22.500 m3	6 x 600 m3/h
Bontang	PLTMG Dabo Singkep - PLTMG Tanjung Batu - PLTMG Tanjung Balai Karimun - PLTMG Bintan - PLTMG Natuna	2 x IMO Type C - Cylindrical	11.000 m3	2 x 600 m3/h
Tangguh	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTGU Jawa 1	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m3	8 x 600 m3/h
Tangguh	PLTGU Jawa 1	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m3	2 x 600 m3/h

LNG Plant	Power Plant	Cargo Tank	Cargo Tank Capacity	Cargo Pumps
Bontang	PLTG Gorontalo	2 x IMO Type C - Cylindrical	2.500 m ³	2 x 600 m ³ /h
Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	4 x IMO Type C - Bilobe	45.000 m ³	8 x 600 m ³ /h
Bontang	PLTGU Muara Karang Ekspansi - PLTGU Tanjung Priok - PLTGU Muara Tawar	2 x IMO Type C - Cylindrical	8.000 m ³	2 x 600 m ³ /h
Bontang	PLTMG Pesanggaran	2 x IMO Type C - Cylindrical	7.500 m ³	2 x 600 m ³ /h

Berdasarkan data kebutuhan LNG untuk bahan bakar pembangkit listrik di seluruh wilayah Indonesia yang ada dalam RUPTL PLN 2017-2026, kebutuhan untuk Small Scale LNG Carrier didapat sebanyak **26 unit kapal** dengan kapasitas tangki yang berbeda-beda (**1.500 m³ – 45.000 m³**).

LAMPIRAN B
PEMBOBOTAN LOKASI GALANGAN KAPAL *SMALL SCALE*
LNG *CARRIER*

Pembobotan Lokasi Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier

Metode pembobotan AHP (Analytical Hierarchy Process)

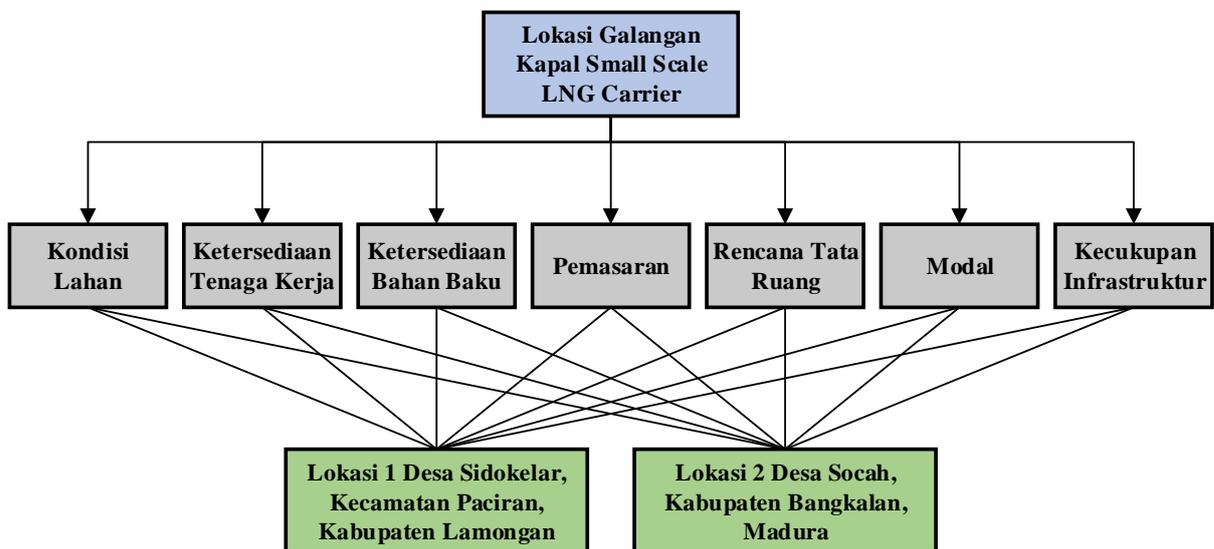
Reference : Operations Research and Introduction – 8th ed. (2007), Hamdy A. Taha pp. 490

Goal : Mendapatkan lokasi galangan kapal Small Scale LNG Carrier

Kriteria : 1. Kondisi lahan
2. Ketersediaan tenaga kerja
3. Ketersediaan bahan baku
4. Pemasaran
5. Rencana tata ruang
6. Modal
7. Kecukupan infrastruktur

Alternatif : Lokasi 1 Desa Sidokelar, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan
Lokasi 2 Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura

Hierarki :



Skala Penilaian

1 jika kedua kriteria **sama** penting

3 jika kriteria pada baris **sedikit lebih** penting dibandingkan kriteria pada kolom

5 jika kriteria pada baris **lebih** penting dibandingkan kriteria pada kolom

7 jika kriteria pada baris **sangat lebih** penting dibandingkan kriteria pada kolom

9 jika kriteria pada baris **pasti lebih** penting dibandingkan kriteria pada kolom

2 nilai tengah antara 2 penilaian 1 dan 3

4 nilai tengah antara 2 penilaian 3 dan 5

6 nilai tengah antara 2 penilaian 5 dan 7

8 nilai tengah antara 2 penilaian 7 dan 9

1/3 jika kriteria pada kolom **sedikit lebih** penting dibandingkan kriteria pada baris dan seterusnya

Tabel Penilaian Lokasi Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier

Pertimbangan	Bobot	Sub Pertimbangan	Bobot	Skor Lokasi 1	Skor Lokasi 2	Penilaian Lokasi 1	Penilaian Lokasi 2
Kondisi lahan	0.175	Kemampuan lahan	0.087	3	3	0.044	0.044
		Penggunaan lahan	0.087	3	3	0.044	0.044
Ketersediaan tenaga kerja	0.068	Ketersediaan tenaga kerja	0.068	3	3	0.034	0.034
Ketersediaan bahan baku	0.109	Kuantitas bahan baku	0.036	3	3	0.018	0.018
		Kontinuitas bahan baku	0.036	3	3	0.018	0.018
		Jarak bahan baku	0.036	3	2	0.022	0.014
Pemasaran	0.124	Adanya galangan kapal dan pesaing	0.124	2	3	0.050	0.074
Rencana tata ruang	0.039	Rencana tata ruang	0.039	3	3	0.020	0.020
Modal	0.245	Harga tanah per m ²	0.245	1	2	0.082	0.163
Kecukupan infrastruktur	0.241	Kecukupan listrik	0.08	3	3	0.040	0.040
		Kecukupan air bersih	0.08	3	3	0.040	0.040
		Kecukupan akses jalan	0.08	3	3	0.040	0.040
Total	1	Total	1	33	34	0.449	0.549

Dari hasil perhitungan di atas, maka didapatkan lokasi 2 sebagai lokasi yang dipilih untuk pembangunan galangan kapal Small Scale LNG Carrier, yaitu di **Desa Socah, Kabupaten Bangkalan, Madura.**

Tabel Perhitungan Matriks Pairwise Comparison

Kriteria	Kondisi lahan	Tenaga kerja	Bahan baku	Pemasaran	Tata ruang	Modal	Infrastruktur
Kondisi lahan	1,00	3,00	3,00	2,00	5,00	0,50	0,25
Tenaga kerja	0,33	1,00	0,33	0,50	2,00	0,33	0,50
Bahan baku	0,33	3,00	1,00	0,50	3,00	0,50	0,50
Pemasara	0,50	2,00	2,00	1,00	4,00	0,50	0,33
Tata ruang	0,20	0,50	0,33	0,25	1,00	0,25	0,20
Modal	2,00	3,00	2,00	2,00	4,00	1,00	2,00
Infrastruktur	4,00	2,00	2,00	3,00	5,00	0,50	1,00
Jumlah	8,37	14,50	10,67	9,25	24,00	3,58	4,78

Tabel Perhitungan Normalisasi

Kriteria	Kondisi lahan	Tenaga kerja	Bahan baku	Pemasaran	Tata ruang	Modal	Infrastruktur
Kondisi lahan	0,12	0,21	0,28	0,22	0,21	0,14	0,05
Tenaga kerja	0,04	0,07	0,03	0,05	0,08	0,09	0,1
Bahan baku	0,04	0,21	0,09	0,05	0,13	0,14	0,1
Pemasara	0,06	0,14	0,19	0,11	0,17	0,14	0,07
Tata ruang	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,04
Modal	0,24	0,21	0,19	0,22	0,17	0,28	0,42
Infrastruktur	0,48	0,14	0,19	0,32	0,21	0,14	0,21
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Kriteria	Jumlah normalisasi	Priority vector [1]	Hasil kali [2]	[2] / [1]
Kondisi lahan	1,22	0,18	1,33	7,60
Tenaga kerja	0,47	0,07	0,50	7,42
Bahan baku	0,76	0,11	0,79	7,26
Pemasaran	0,87	0,12	0,92	7,43
Tata ruang	0,27	0,04	0,28	7,37
Modal	1,71	0,25	1,90	7,76
Infrastruktur	1,68	0,24	1,98	8,23
Jumlah	7,00	1,00		

Lambda	7,58
CI	0,0970
RI	1,4143
CR	0,0686

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

$$RI = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Dimana:

Lambda = Nilai rata-rata dari hasil kali/priority vector
CI = Consistency Index
RI = Random Consistency
CR = Consistency Ratio ; $CR \leq 0,1$ inkonsisten diterima
n = Jumlah kriteria

LAMPIRAN C
ANALISA PEMILIHAN SARANA POKOK GALANGAN
KAPAL

PERBANDINGAN KUALITATIF SARANA POKOK GALANGAN KAPAL (SLIPWAY, GRAVING DOCK, FLOATING DOCK)

Attribute	Pertimbangan	Slipway	Graving dock	Floating dock
Kesesuaian lokasi dan kondisi teknis	Waterfront	Disesuaikan dengan lebar / panjang kapal maksimum, ditambah area floating (tergantung jenis slipway)	Disesuaikan dengan lebar kapal maksimum, ditambah area floating	Disesuaikan dengan lebar kapal maksimum, ditambah area floating
	Kedalaman Air	Kapasitas tidak begitu tergantung pada kedalaman perairan	Kapasitas sangat tergantung pada kedalaman perairan. Penambahan kapasitas membutuhkan biaya pengerukan yang besar	Kapasitas sangat tergantung pada kedalaman perairan. Penambahan kapasitas membutuhkan biaya pengerukan yang besar
	Angin	Tidak terlalu dipengaruhi	Tidak terlalu dipengaruhi	Tidak terlalu dipengaruhi
	Gelombang	Tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi gelombang	Tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi gelombang	Sangat dipengaruhi oleh kondisi gelombang
	Arus	Tidak terlalu dipengaruhi	Tidak terlalu dipengaruhi	Tidak terlalu dipengaruhi
	Pasang Surut	Tidak terlalu dipengaruhi	Tidak terlalu dipengaruhi	Sangat dipengaruhi
Level of services	Jenis pekerjaan	Dapat digunakan untuk bangunan baru dan reparasi	Dapat digunakan untuk bangunan baru dan reparasi	Hanya efisien untuk pekerjaan reparasi
	Mobilitas	Tidak mobile, namun pemanfaatan second hand dimungkinkan	Tidak mobile sama sekali	Sangat mobile, dapat dipindah-pindahkan
Kapasitas	Kapasitas Angkat	Terbatas, Dengan cradle memungkinkan sampai kapasitas 3.000-5.000 DWT, penambahan kapasitas harus mengganti motor winch	Tidak terbatas	Terbatas oleh kapasitas ponton
	Kapasitas Produksi	Jumlah kapal tidak terbatas, sesuai luas lahan yang disediakan, karena dapat menggunakan transfer car	Terbatas, menyesuaikan dengan ukuran graving dock	Terbatas, menyesuaikan dengan ukuran floating dock
	Dimensi Kapal	Terbatas, sesuai dimensi dan kapasitas (berat) awal kapal perencanaan. Namun panjang dan lebar dapat disesuaikan	Terbatas, pada dimensi panjang dan lebar kapal, namun lebih fleksibel dari sisi berat	Dapat menampung kapal melebihi panjang dock
	Posisi Kapal	Bisa memanjang atau melintang arah rel, tergantung disain	Umumnya didisain memanjang posisi kapal	Umumnya didisain memanjang posisi kapal

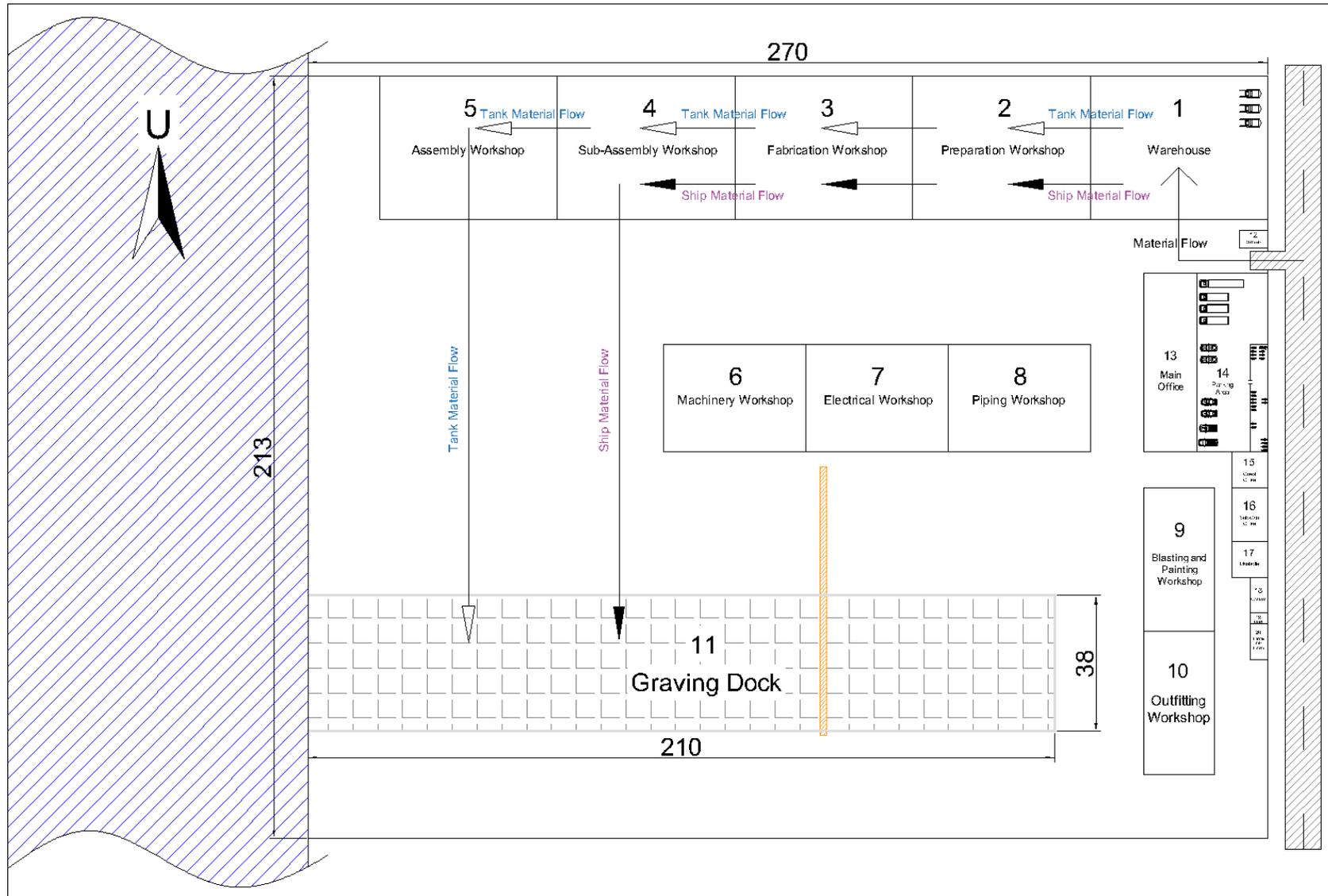
Attribute	Pertimbangan	Slipway	Graving dock	Floating dock
	Area Pembangunan (building berth)	Terbatas, langsung menyatu dengan slipway	Lebih fleksibel, karena proses pembangunan dapat di lakukan terpisah	Lebih fleksibel, karena proses pembangunan dapat di lakukan terpisah
	Waktu keluar-masuk kapal	Paling cepat, dibandingkan dengan floating dan graving dock	Paling lama, karena membutuhkan pemompaan air	Lebih lama dari slip way karena membutuhkan pemompaan air
Ekonomi	Investasi awal	Investasi awal paling murah dibandingkan dengan graving dock dan floating dock	Biaya investasi paling mahal dibandingkan dengan slipway dan floating dock	Biaya investasi awal lebih murah dari graving dock
	Biaya perawatan	Tidak mahal, karena konstruksi sebagian besar berada di atas air	Tidak mahal, karena konstruksi terbuat dari beton	Mahal karena semua konstruksi terbuat dari baja dan terbenam di air serta biaya perawatan pompa yang relatif mahal
	Life time	Relatif panjang, karena sekalipun konstruksi dari baja, namun hanya sebagian yang terendam air	Panjang, karena konstruksi fixed dan terbuat dari beton. Tidak terpengaruh korosi	Relatif pendek, karena konstruksi terbuat dari baja dan terendam di air
	Pengembalian modal	Relatif pendek, karena investasi relatif rendah	Relatif panjang, karena investasi relatif tinggi	Relatif pendek, karena investasi relatif rendah

Berdasarkan analisa sarana pokok galangan kapal untuk Small Scale LNG Carrier yang telah dilakukan melalui perbandingan kualitatif, maka dipilih **graving dock** sebagai sarana pokok atau sarana pendedakan. Alasannya adalah sebagai berikut:

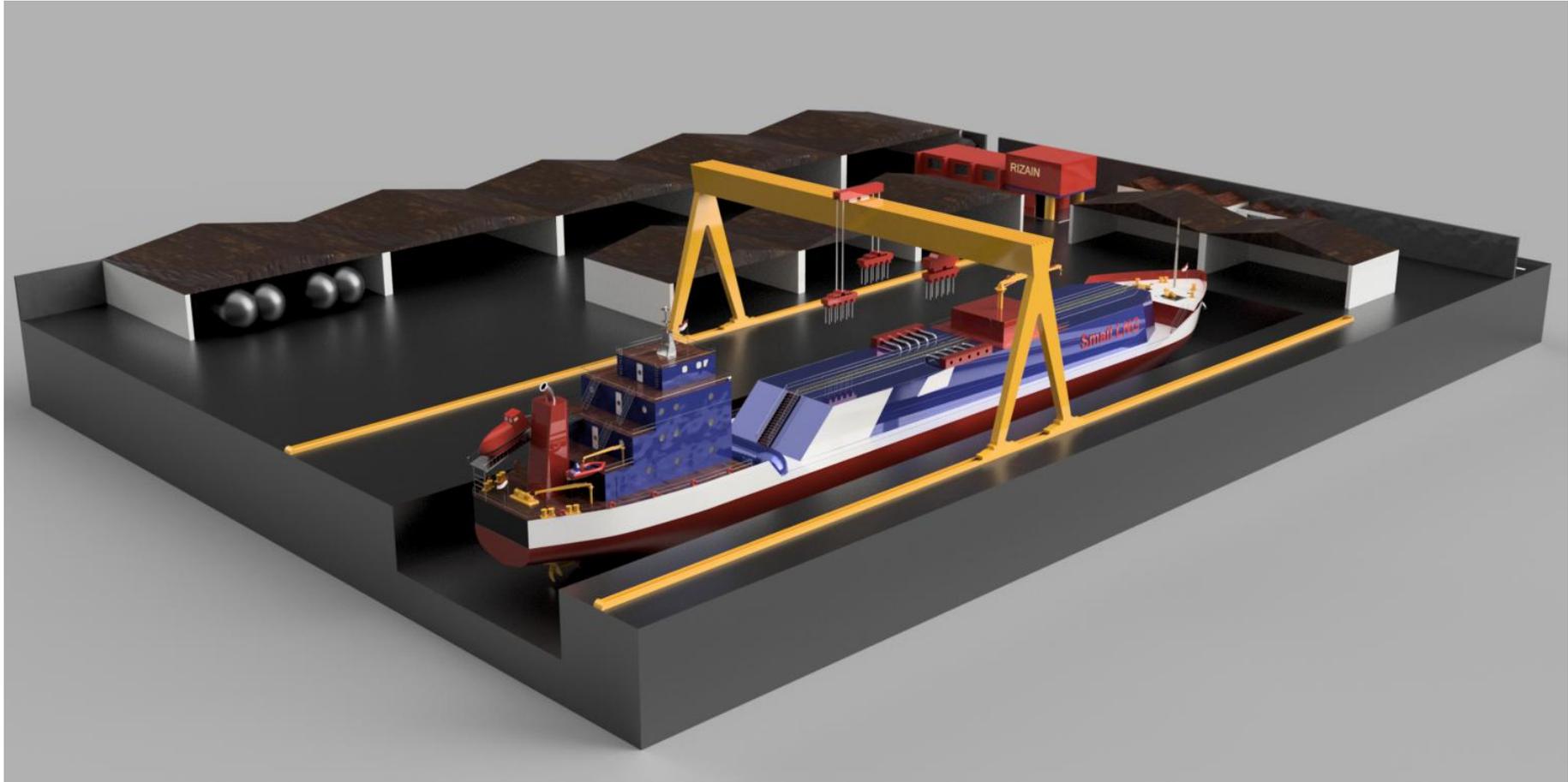
- Graving dock dapat digunakan untuk bangunan baru dan reparasi
- Graving dock memiliki kapasitas angkat tidak terbatas, tidak seperti slipway dan floating dock (direncanakan kapal dengan ukuran paling besar yang akan dibangun memiliki kapasitas sebesar 30.000 DWT)
- Graving dock memiliki life time paling panjang diantara sarana pokok lainnya

LAMPIRAN D
LAYOUT GALANGAN KAPAL

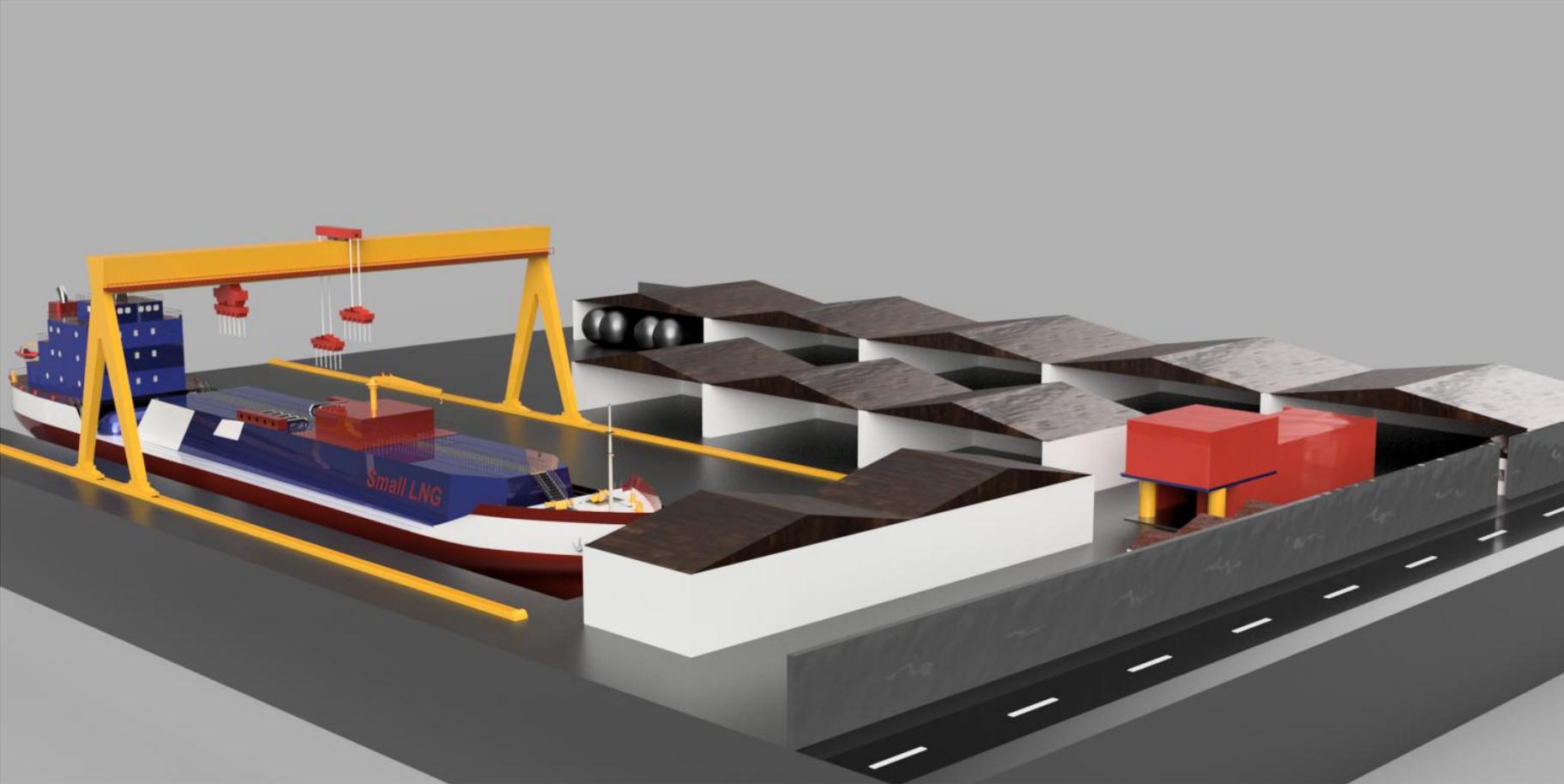
SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 2D LAYOUT



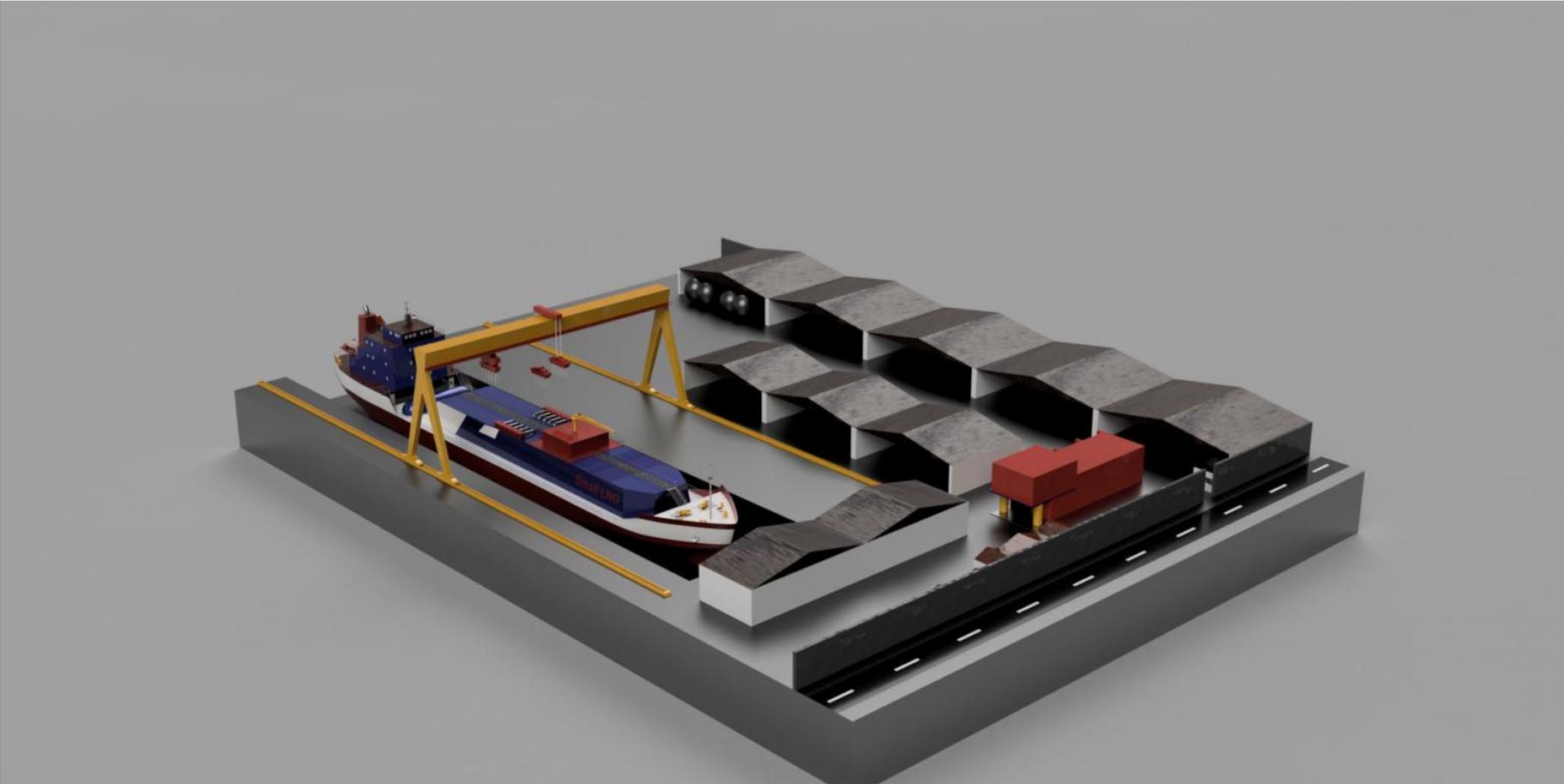
**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 3D LAYOUT
(ISOMETRIC VIEW)**



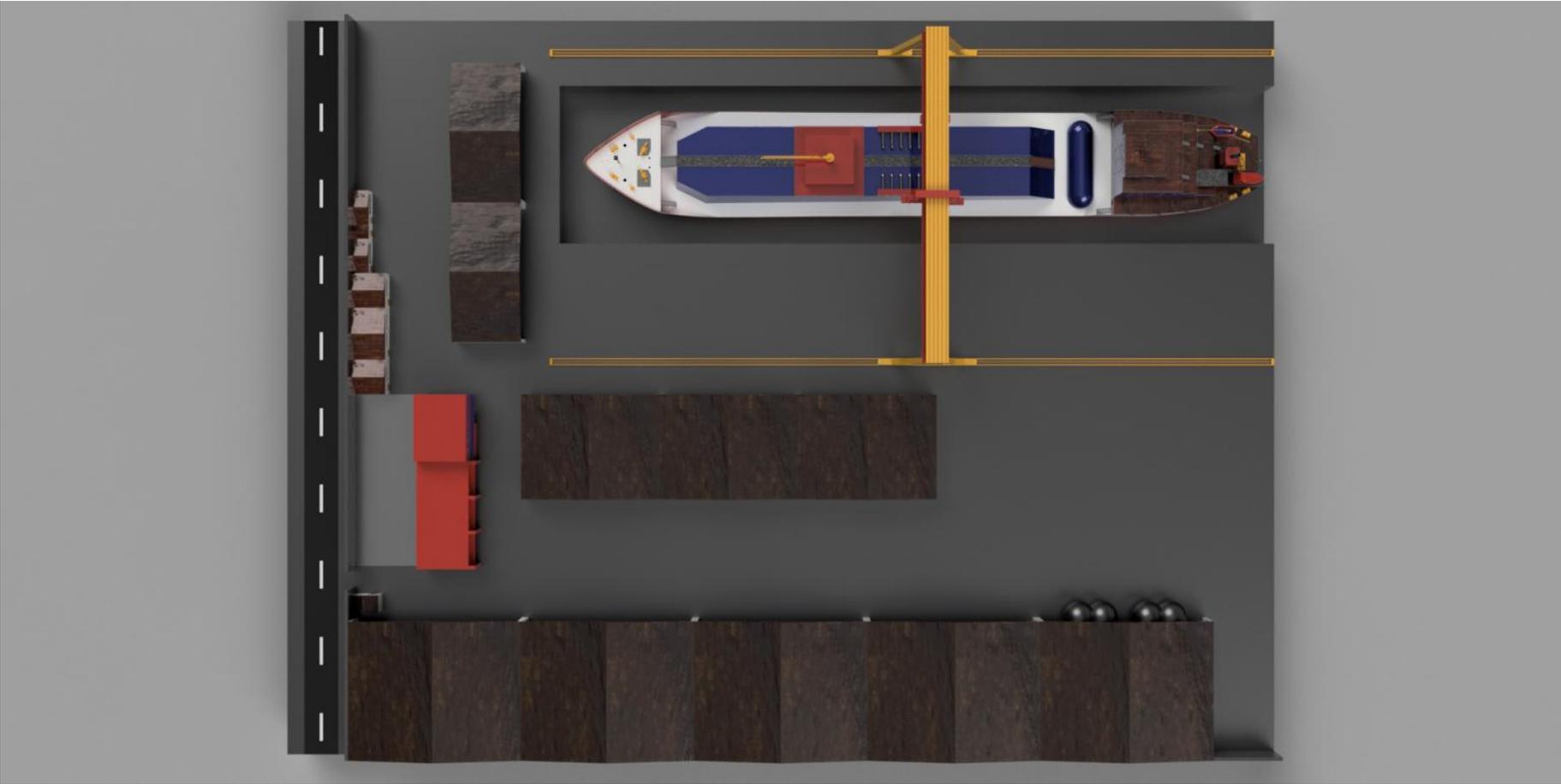
**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 3D LAYOUT
(ISOMETRIC VIEW)**



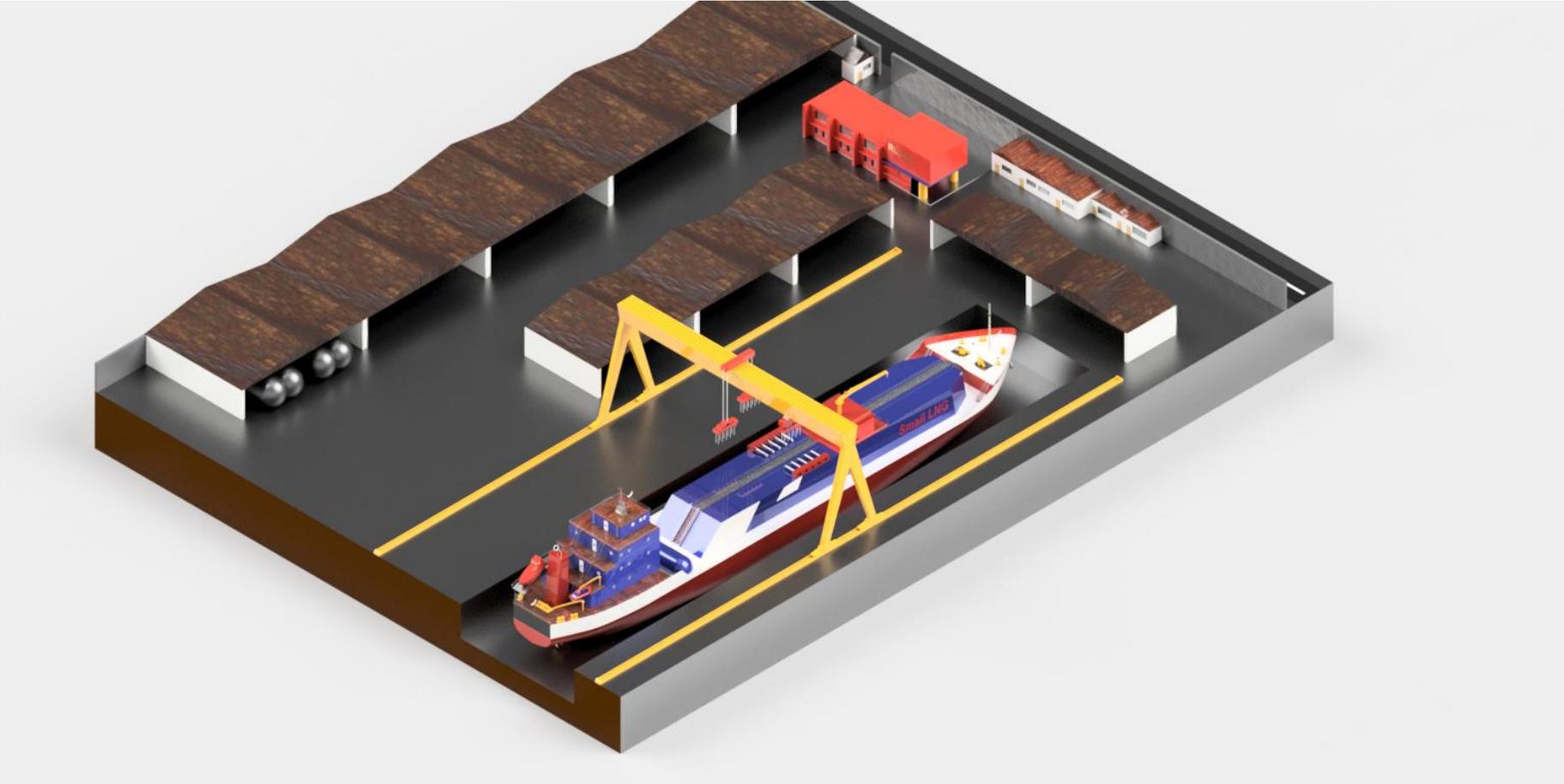
**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 3D LAYOUT
(ISOMETRIC VIEW)**



**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 3D LAYOUT
(TOP VIEW)**



**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD 3D LAYOUT
(ISOMETRIC VIEW)**

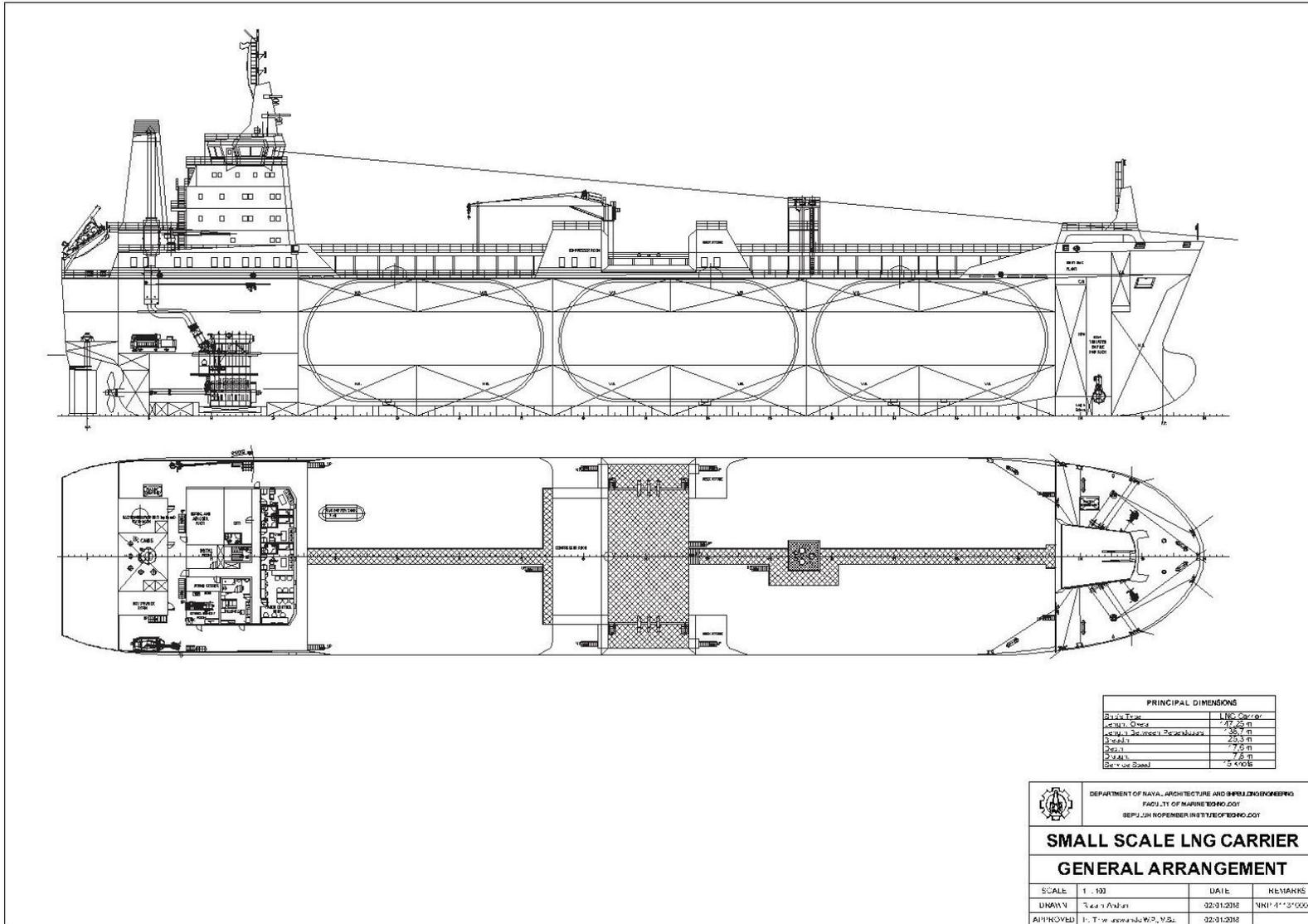


**SMALL SCALE LNG CARRIER SHIPYARD OFFICE 3D LAYOUT
(FRONT VIEW)**



LAMPIRAN E
DATA KAPAL WÄRTSILÄ WSD50 20K

GENERAL ARRANGEMENT SMALL SCALE LNG CARRIER 20.000 m³



PRINCIPAL DIMENSIONS	
Builder Name	LINC Carrier
Design Owner	177,25 m
Design Displacement (Deadweight)	38,7 m
Length	23,5 m
Beam	7,5 m
Draught	7,5 m
Service Speed	15 knots

	DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY		
	SMALL SCALE LNG CARRIER GENERAL ARRANGEMENT		
SCALE	1 : 100	DATE	02/01/2018
DRAWN BY	T. A. A. A. A.	DATE	02/01/2018
APPROVED BY	T. T. W. A. A. A. A.	DATE	02/01/2018

ENERGY
ENVIRONMENT
ECONOMY

**WSD50 20K
20,000 M³ LNG CARRIER, TYPE 2G**



TECHNICAL SPECIFICATION

Length over all, approx. 147.25 m
 Deadweight, max. 12,500 DWT
 Gross Tonnage 17,270 GT
 Net Tonnage 5,180 NT

Design Speed 15.0 knots
 Operation "Worldwide"

Main engine..... 2-stroke Wärtsilä
 1 x 5,950 kW 5RT-Flex50DF

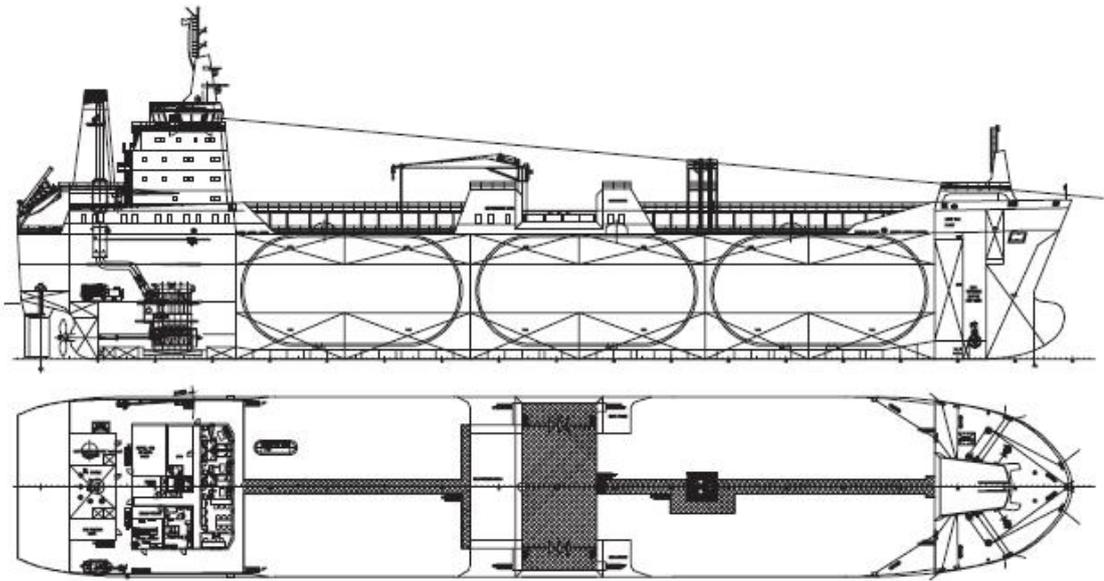
Cargo capacity(100%) 20,000 m³

Daily fuel oil cons. (LNG)
 Design draught, 18.1 t

DESIGN HIGHLIGHTS

- Latest technology Dual Fuel Engines to operate on LNG in ECA zones (IMO Tier II) and MDO outside at competitive fuel cost
- Single-decked with machinery and accommodation located aft
- Single-screw propulsion with low speed DF main engine
- Ballast water treatment plant compliant with the latest MARPOL V
- Sewage and garbage handling fully compliant with MARPOL IV/V
- Superior hull lines, CFD optimized
- Low fuel consumption, high propulsive efficiency
- 2 x 7,500 m³ Bilobe and 1 x 5,000 m³ Bilobe type C cargo tank
- Pure LNG carrier
- Fuel feeding by BOG and forced vaporizing
- Joint Design Project with Lloyd's Register





■ ■ ■ **MAIN DIMENSIONS**

Length over all, approx.	147.25 m
Length PP 138.70 m	
Breadth moulded 25.30 m	
Depth moulded 17.60 m	
Draught 7.60 m	
Deadweight (T= 7.8m)	12,500 t

SERVICE SPEED

Speed (T= 7.8m)	15.0 knots
-----------------------	------------

CAPACITIES

HFO capacity.....	800 m ³
FW capacity.....	200 m ³
Endurance (FO).....	10,800 nm

CARGO EQUIPMENT

- Deepwell pumps
- Cargo heating/vaporising equipment
- Nitrogen generator unit
- Reliquefaction unit for LNG (Option)
- Gas combustion unit (Option)
- Elevated manifold (Option)

ENVIRONMENTAL EQUIPMENT

- B.W.T. unit, Wärtsilä AQ-550-EC
- Sewage and garbage treatment

ESDs

- Energo ProFin
- Mewis Duct (or equivalent)

DECK'S MACHINERY

- 2 x combined anchor/mooring winches fwd and 2 x mooring winches aft, all auto-tension
- El.-hydr. steering gear for flap rudder
- 1 x el.-hydr. hose crane
- Free fall lifeboats for 24 persons
- Life rafts for 24 persons
- Life raft for 6 persons

MACHINERY

Main engine (SRT Flex 50DF)	5,950 kW
Generator sets (6L20DF)	3 x 1,065 kW
Emerg. generator	1 x 150 kW
Bow thrusters (CT-200H).....	1 x 813 kW
Propeller.....	1 x FPP, dia. 5,200 mm

E-PLANT 230V/450V

Power	450 V, 60 Hz
Lighting	230 V, 60 Hz
Automation	230V, 60 Hz / 24 VDC

ACCOMMODATION

24 persons full HVAC in single cabins

CLASSIFICATION

LR + 100A1 liquefied gas carrier, Ship type 2G, Methane(LNG) in Independent tanks Type C, Maximum specific gravity 0.5, Maximum vapour pressure 4.0bar, Minimum cargo temperature minus 163°C, ShipRight ACS(B), *TWS, LI, ECO, +LMC, IGS, UMS, PMRL, NAV1, +Lloyd's RMC (LG)** with descriptive notes, ShipRight(BWMP(T), SCM, SERS), ETA

**Optional

Q equivalent

WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2015 Wärtsilä Corporation. Specifications are subject to change without prior notice.

shipdesign@wartsila.com



LAMPIRAN F
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMIS

ANALISA BIAYA INVESTASI GALANGAN KAPAL SMALL SCALE LNG CARRIER

Estimasi Nilai Investasi Biaya Tanah

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
1	Tanah	270	213		57510		600.000	34.506.000.000
2	Area Shipyard (Pengurugan)	270	213		57510		120.000	6.901.200.000
3	Area Shipyard (Pemadatan)	270	213		57510		200.000	11.502.000.000
4	Pengerukan Lahan	100	213	2	21300	42600	80.000	3.408.000.000
Total								56.317.200.000

Estimasi Nilai Investasi Biaya Bangunan Galangan Kapal

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
1	Graving Dock 30.000 DWT	210	38	7	7980	55860	20.000.000	159.600.000.000
1	Gudang Penyimpanan	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
2	Bengkel Persiapan	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
3	Bengkel Fabrikasi	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
4	Bengkel Sub-Assembly	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
5	Bengkel Assembly	50	40	15	2000	30000	3.000.000	6.000.000.000
6	Bengkel Blasting & Painting	20	40	15	800	12000	3.000.000	2.400.000.000
7	Bengkel Machinery	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
8	Bengkel Perpipaian	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
9	Bengkel Electrical	40	30	15	1200	18000	3.000.000	3.600.000.000
10	Bengkel Outfitting	20	40	15	800	12000	3.000.000	2.400.000.000
11	Pos Keamanan	8	5	2,5	40	100	3.000.000	120.000.000
12	Pagar Luar Area	270	208	3,15	56160		950.000	710.600.000
13	Pintu Gerbang Sliding	5	1	3,15	5		1.000.000	5.000.000
14	Area Pakir	20	50		1000		800.000	800.000.000
15	Kantor Utama	15	50	15	750	11250	8.000.000	6.000.000.000
16	Kantor Tamu	10	10	5	100	500	3.500.000	350.000.000
17	Kantor Sub-Kontraktor	10	15	5	150	750	3.500.000	525.000.000

No.	Uraian	Ukuran					Unit Price	Total Price
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	RP/UNIT	RP
18	Mushollah	10	10	5	100	500	3.500.000	350.000.000
19	Kantin	5	10	2,5	50	125	3.500.000	175.000.000
20	Toilet	5	3	2,5	15	37,5	3.500.000	52.500.000
21	Ruangan Electricity	5	10	3	50	150	3.500.000	175.000.000
Total								214.463.100.000

Estimasi Nilai Investasi Biaya Pekerjaan Persiapan dan Instalasi

No	Item	Jumlah	Satuan	Harga/Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Generator (100 KVA)	4	unit	350.000.000	1.400.000.000
2	Generator (80 KVA)	2	unit	200.000.000	400.000.000
3	Generator (60 KVA)	2	unit	150.000.000	300.000.000
4	Biaya Perizinan	1	set	550.000.000	550.000.000
5	Biaya Perencanaan	1	set	650.000.000	650.000.000
6	Biaya Pengawasan	1	set	550.000.000	550.000.000
7	Biaya Amdal	1	set	400.000.000	400.000.000
8	Office Supply	1	set	750.000.000	750.000.000
9	Biaya BPHTB	1	set	1.600.000.000	1.600.000.000
10	Instalasi Air Bersih	15	m ³	55.000.000	825.000.000
11	HPL	1	set	12.000.000.000	12.000.000.000
12	IPAL	15	m ³	45.000.000	675.000.000
Total					20.100.000.000

Estimasi Nilai Investasi untuk Peralatan Fasilitas Penunjang

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
1	Gudang					
	Rak	150	2.000.400	25	Unit	50.010.000
	Forklift	23.000	306.728.000	3	Unit	920.184.000
2	Bengkel Persiapan					
	Plate Straightening Machine	125.000	1.667.000.000	1	Unit	1.667.000.000
	Shot Blasting Machine	140.000	1.867.040.000	1	Unit	1.867.040.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
	Conveyor	28.000	373.408.000	3	Unit	1.120.224.000
3	Bengkel Fabrikasi					
	Cutting Machine	150.000	2.000.400.000	1	Unit	2.000.400.000
	Flame Planner	80.000	1.066.880.000	1	Unit	1.066.880.000
	Bending Machine	85.000	1.133.560.000	2	Unit	2.267.120.000
	Frame Bending Machine	78.500	1.046.876.000	1	Unit	1.046.876.000
	Hydraulic Press Machine	95.000	1.266.920.000	1	Unit	1.266.920.000

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000
4	Bengkel Sub-Assembly					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	7	Set	140.028.000
	Overhead Crane	250.000	3.334.000.000	1	Unit	3.334.000.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000
5	Bengkel Assembly					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	7	Set	140.028.000
	Overhead Crane	250.000	3.334.000.000	1	Unit	3.334.000.000
	Small Tools	1.000	13.336.000	1	Set	13.336.000
6	Bengkel Blasting dan Painting					
	Jig	6.500	86.684.000	2	Set	173.368.000
	Portable Shot Blasting	20.000	266.720.000	2	Unit	533.440.000
	Dust Collector	9.800	130.692.800	2	Unit	261.385.600
	Compressor	1.370	18.270.320	4	Unit	73.081.280
	Paint Mixer	20.000	266.720.000	1	Unit	266.720.000
7	Bengkel Outfitting					
	Stud Welding	1.400	18.670.400	2	Unit	37.340.800
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Grinding Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Screw Driver Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Router Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Planner Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Pneumatic Nail Gun	3.600	48.009.600	2	Unit	96.019.200
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
8	Bengkel Machinery					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Pneumatic Drill	2.800	37.340.800	2	Unit	74.681.600
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
9	Bengkel Electrical					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000

No	Item	Harga Satuan		Volume	Satuan	Total Investasi (IDR)
		Price (USD)	Price (IDR)			
		1	13.336			
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Electrical Test Equipment	12.000	160.032.000	1	Set	160.032.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
10	Bengkel Perpipaan					
	Welding Machine	1.500	20.004.000	2	Unit	40.008.000
	Cutting Machine	25.000	333.400.000	1	Unit	333.400.000
	Cutting Wheel Machine	3.500	46.676.000	2	Unit	93.352.000
	Drilling Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Grinding Machine	1.600	21.337.600	2	Unit	42.675.200
	Hacksaw Machine	3.000	40.008.000	2	Unit	80.016.000
	Overhead Crane	30.000	400.080.000	1	Unit	400.080.000
11	Erection Area					
	Keel Block	350	4.667.600	180	m ³	840.168.000
	Mobile Crane	320.000	4.267.520.000	2	Unit	8.535.040.000
	Gantry Crane	500.000	6.668.000.000	1	Unit	6.668.000.000
	Transporter	200.000	2.667.200.000	1	Unit	2.667.200.000
	Welding Machine/Automatic	6.900	92.018.400	1	Set	92.018.400
	Welding Machine/ Semi Manual	1.500	20.004.000	8	Set	160.032.000
Total						45.420.148.880

Total Rekapitulasi Biaya Pembangunan Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier

No	Biaya Investasi	Harga
1	Total Harga Tanah	56.317.200.000
2	Total Harga Bangunan	214.463.100.000
3	Biaya Utilitas	20.100.000.000
4	Total Harga Peralatan	45.420.148.880
5	Perawatan Peralatan per Tahun (10%)	4.542.014.888
Total Biaya Investasi		340.842.463.768

Pinjaman Modal Biaya Investasi Pembangunan Galangan Kapal Small Scale LNG Carrier

PINJAMAN MODAL			
No.	SUMBER PINJAMAN	PROPORSI	TOTAL PINJAMAN
1	Modal Sendiri	40%	136.336.985.507
2	Bank	60%	204.505.478.261
TOTAL		100%	340.842.463.768

REINVESTMENT (DEPRESIASI)

Data inflasi rata-rata per tahun berdasarkan:

<http://www.bi.go.id/en/moneter/inflasi/data/Default.aspx>

<http://www.indonesia-investments.com/id/keuangan/angka-ekonomi-makro/inflasi-di-indonesia/item254>

Inflasi: 6%

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun				
		2018	2019	2020	2021	2022
		0	1	2	3	4
10	Graving Dock 30.000 DWT	159.600.000.000	28.581.929.237	28.581.929.237	28.581.929.237	28.581.929.237
20	Gudang Penyimpanan	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Persiapan	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Fabrikasi	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Sub-Assembly	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Assembly	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Blasting & Painting	2.400.000.000	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Bengkel Machinery	3.600.000.000	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Perpipaan	3.600.000.000	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Electrical	3.600.000.000	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Outfitting	2.400.000.000	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Pos Keamanan	120.000.000	19.242.813	19.242.813	19.242.813	19.242.813
20	Pagar Luar Area	710.600.000	113.949.523	113.949.523	113.949.523	113.949.523
20	Pintu Gerbang Sliding	5.000.000	801.784	801.784	801.784	801.784
20	Area Pakir	800.000.000	128.285.419	128.285.419	128.285.419	128.285.419
20	Kantor Utama	6.000.000.000	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Kantor Tamu	350.000.000	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871
20	Kantor Sub-Kontraktor	525.000.000	84.187.306	84.187.306	84.187.306	84.187.306
20	Mushollah	350.000.000	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun				
		2018	2019	2020	2021	2022
		0	1	2	3	4
20	Kantin	175.000.000	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435
20	Toilet	52.500.000	8.418.731	8.418.731	8.418.731	8.418.731
20	Ruangan Electricity	175.000.000	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435
10	Peralatan	45.420.148.880	8.134.056.900	8.134.056.900	8.134.056.900	8.134.056.900
Total		259.883.248.880	37.118.618.294	37.118.618.294	37.118.618.294	37.118.618.294

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun				
		2023	2024	2025	2026	2027
		5	6	7	8	9
10	Graving Dock 30.000 DWT	28.581.929.237	28.581.929.237	28.581.929.237	28.581.929.237	28.581.929.237
20	Gudang Penyimpanan	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Persiapan	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Fabrikasi	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Sub-Assembly	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Assembly	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Blasting & Painting	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Bengkel Machinery	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Perpipaan	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Electrical	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Outfitting	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Pos Keamanan	19.242.813	19.242.813	19.242.813	19.242.813	19.242.813
20	Pagar Luar Area	113.949.523	113.949.523	113.949.523	113.949.523	113.949.523
20	Pintu Gerbang Sliding	801.784	801.784	801.784	801.784	801.784
20	Area Pakir	128.285.419	128.285.419	128.285.419	128.285.419	128.285.419
20	Kantor Utama	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun				
		2023	2024	2025	2026	2027
		5	6	7	8	9
20	Kantor Tamu	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871
20	Kantor Sub-Kontraktor	84.187.306	84.187.306	84.187.306	84.187.306	84.187.306
20	Mushollah	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871	56.124.871
20	Kantin	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435
20	Toilet	8.418.731	8.418.731	8.418.731	8.418.731	8.418.731
20	Ruangan Electricity	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435	28.062.435
10	Peralatan	8.134.056.900	8.134.056.900	8.134.056.900	8.134.056.900	8.134.056.900
Total		37.118.618.294	37.118.618.294	37.118.618.294	37.118.618.294	37.118.618.294

Life Time	Deskripsi investasi	Tahun				
		2028	2029	2030	2031	2032
		10	11	12	13	14
10	Graving Dock 30.000 DWT	28.581.929.237	25.592.941.068	25.592.941.068	25.592.941.068	25.592.941.068
20	Gudang Penyimpanan	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Persiapan	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Fabrikasi	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Sub-Assembly	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Assembly	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642	962.140.642
20	Bengkel Blasting & Painting	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Bengkel Machinery	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Perpipaian	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Electrical	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385	577.284.385
20	Bengkel Outfitting	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257	384.856.257
20	Pos Keamanan	19.242.813	19.242.813	19.242.813	19.242.813	19.242.813
20	Pagar Luar Area	113.949.523	113.949.523	113.949.523	113.949.523	113.949.523
20	Pintu Gerbang Sliding	801.784	801.784	801.784	801.784	801.784

PENDAPATAN GRAVING DOCK GALANGAN KAPAL SMALL SCALE LNG CARRIER

Fasilitas	Estimasi Pengerjaan Bangunan Baru (Bulan)	Nilai Pembangunan Kapal (dalam 2 tahun)	Kenaikan Pendapatan/ Tahun. (%)	Tahun				
				50%	50%	50%	50%	50%
	Graving Dock			1	2	3	4	5
GD (30.000 DWT)	24	600.000.000.000	5%	300.000.000.000	300.000.000.000	315.000.000.000	330.750.000.000	347.287.500.000
Pendapatan Graving Dock untuk Bangunan Baru				300.000.000.000	300.000.000.000	315.000.000.000	330.750.000.000	347.287.500.000

Fasilitas	Estimasi Pengerjaan Bangunan Baru (Bulan)	Nilai Pembangunan Kapal (dalam 2 tahun)	Kenaikan Pendapatan/ Tahun. (%)	Tahun				
				50%	50%	50%	50%	50%
	Graving Dock			6	7	8	9	10
GD (30.000 DWT)	24	600.000.000.000	5%	364.651.875.000	382.884.468.750	402.028.692.188	422.130.126.797	443.236.633.137
Pendapatan Graving Dock untuk Bangunan Baru				364.651.875.000	382.884.468.750	402.028.692.188	422.130.126.797	443.236.633.137

Fasilitas	Estimasi Pengerjaan Bangunan Baru (Bulan)	Nilai Pembangunan Kapal (dalam 2 tahun)	Kenaikan Pendapatan/ Tahun. (%)	Tahun				
				50%	50%	50%	50%	50%
	Graving Dock			11	12	13	14	15
GD (30.000 DWT)	24	600.000.000.000	5%	465.398.464.794	488.668.388.033	513.101.807.435	538.756.897.807	565.694.742.697
Pendapatan Graving Dock untuk Bangunan Baru				465.398.464.794	488.668.388.033	513.101.807.435	538.756.897.807	565.694.742.697

Fasilitas	Estimasi Pengerjaan Bangunan Baru (Bulan)	Nilai Pembangunan Kapal (dalam 2 tahun)	Kenaikan Pendapatan/ Tahun. (%)	Tahun				
				50%	50%	50%	50%	50%
	Graving Dock			16	17	18	19	20
GD (30.000 DWT)	24	600.000.000.000	5%	593.979.479.832	623.678.453.823	654.862.376.515	687.605.495.340	721.985.770.107
Pendapatan Graving Dock untuk Bangunan Baru				593.979.479.832	623.678.453.823	654.862.376.515	687.605.495.340	721.985.770.107

No	Deskripsi	Unit	Kenaikan Gaji	Gaji Pekerja	Gaji Pekerja					
					12	13	14	15	16	17
Tenaga Kerja Langsung										
1	Engineer	6	10%	6.000.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	574.992.000	574.992.000
2	Quality Control/Quality Assurance	6	10%	6.000.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	574.992.000	574.992.000
3	Superintendent	6	10%	6.000.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	522.720.000	574.992.000	574.992.000
4	Foreman	12	10%	5.000.000	871.200.000	871.200.000	871.200.000	871.200.000	958.320.000	958.320.000
5	Welder	35	10%	4.500.000	2.286.900.000	2.286.900.000	2.286.900.000	2.286.900.000	2.515.590.000	2.515.590.000
6	Fitter	25	10%	4.000.000	1.452.000.000	1.452.000.000	1.452.000.000	1.452.000.000	1.597.200.000	1.597.200.000
7	Helper	25	10%	3.500.000	1.270.500.000	1.270.500.000	1.270.500.000	1.270.500.000	1.397.550.000	1.397.550.000
8	Crane Operator	20	10%	3.500.000	1.016.400.000	1.016.400.000	1.016.400.000	1.016.400.000	1.118.040.000	1.118.040.000
9	Machine Operator	56	10%	3.500.000	2.845.920.000	2.845.920.000	2.845.920.000	2.845.920.000	3.130.512.000	3.130.512.000
10	Safety	4	10%	3.500.000	203.280.000	203.280.000	203.280.000	203.280.000	223.608.000	223.608.000

No	Deskripsi	Unit	Kenaikan Gaji	Gaji Pekerja	Gaji Pekerja		
					18	19	20
Tenaga Kerja Langsung							
1	Engineer	6	10%	6.000.000	574.992.000	574.992.000	632.491.200
2	Quality Control/Quality Assurance	6	10%	6.000.000	574.992.000	574.992.000	632.491.200
3	Superintendent	6	10%	6.000.000	574.992.000	574.992.000	632.491.200
4	Foreman	12	10%	5.000.000	958.320.000	958.320.000	1.054.152.000
5	Welder	35	10%	4.500.000	2.515.590.000	2.515.590.000	2.767.149.000
6	Fitter	25	10%	4.000.000	1.597.200.000	1.597.200.000	1.756.920.000
7	Helper	25	10%	3.500.000	1.397.550.000	1.397.550.000	1.537.305.000
8	Crane Operator	20	10%	3.500.000	1.118.040.000	1.118.040.000	1.229.844.000
9	Machine Operator	56	10%	3.500.000	3.130.512.000	3.130.512.000	3.443.563.200
10	Safety	4	10%	3.500.000	223.608.000	223.608.000	245.968.800

HARGA MATERIAL

Kurs USD (19 Januari 2018): Rp13.336

Kebutuhan	Total Berat (ton)	Harga (Rp)
Pelat	5644,8	60.750.195.610
Profil	2822,4	30.375.097.805
Pipa	940,8	10.125.032.602
Total	9408	101.250.326.016



STEELBENCHMARKER PRICES
January 8, 2018
dollars per metric tonne
(net ton) [gross ton] {Euros}

Region: USA, East of the Mississippi

Hot-rolled band:	726	(658)
Cold-rolled coil:	906	(822)
Rebar**:	663	(601)
Standard plate:	807	(732)
#1 Heavy melting scrap:	305	[310]
Shredded scrap*:	339	[345]
#1 Busheling scrap:	379	[385]

Region: Mainland China***

Hot-rolled band:	549	
Cold-rolled coil:	644	
Rebar:	531	
Standard plate:	545	

Region: Western Europe

Hot-rolled band:	648	{543}
------------------	-----	-------

Region: World Export Market

Hot-rolled band:	578	
Cold-rolled coil:	628	

HARGA MACHINERY AND SYSTEM

Kebutuhan	Spesifikasi	Harga (Rp)
Main Engine	Wartsila (5RT Flex 50DF) 5.950 kW	50.010.000.000
BOG Compressor		4.667.600.000
Cryogenic Heat Exchanger		1.600.320.000
Nitrogen Compressor and Expander		11.335.600.000
Piping/Instrumentation		8.801.760.000
Other Equipment		266.720.000
Gas Combustion Unit		26.672.000.000
Total		103.354.000.000

BIAYA OPERASIONAL

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	1	2	3	4
					2018	2019	2020	2021
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER								
BIAYA LANGSUNG				5%				
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		50.625.163.008	53.156.421.158	55.814.242.216	58.604.954.327
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		103.354.000.000	108.521.700.000	113.947.785.000	119.645.174.250
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		9.516.000.000	9.991.800.000	10.491.390.000	11.015.959.500
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		6.014.116.301	6.314.822.116	6.630.563.222	6.962.091.383
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		20.100.000.000	21.105.000.000	22.160.250.000	23.268.262.500
TOTAL BIAYA LANGSUNG					189.609.279.309	199.089.743.274	209.044.230.438	219.496.441.960
BIAYA PERAWATAN				5%				
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock							
	Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		40.000.000	42.000.000	44.100.000	46.305.000
	Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		35.000.000	36.750.000	38.587.500	40.516.875
	Lisensi Software	1	25.000.000		25.000.000	26.250.000	27.562.500	28.940.625
2	Biaya Lain-Lain:							
	Biaya Promosi	1	25.000.000		25.000.000	26.250.000	27.562.500	28.940.625
	Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		30.000.000	31.500.000	33.075.000	34.728.750
	Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		30.000.000	31.500.000	33.075.000	34.728.750
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		8.000.000	8.400.000	8.820.000	9.261.000
TOTAL BIAYA PERAWATAN					193.000.000	202.650.000	212.782.500	223.421.625
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)								
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					6.408.000.000	6.408.000.000	6.408.000.000	6.408.000.000

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	5	6	7	8
					2022	2023	2024	2025
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER								
BIAYA LANGSUNG				5%				
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		61.535.202.043	64.611.962.146	67.842.560.253	71.234.688.266
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		125.627.432.963	131.908.804.611	138.504.244.841	145.429.457.083
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		11.566.757.475	12.145.095.349	12.752.350.116	13.389.967.622
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		7.310.195.952	7.675.705.749	8.059.491.037	8.462.465.589
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		24.431.675.625	25.653.259.406	26.935.922.377	28.282.718.495
TOTAL BIAYA LANGSUNG					230.471.264.058	241.994.827.261	254.094.568.624	266.799.297.055
BIAYA PERAWATAN				5%				
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock							
	Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		48.620.250	51.051.263	53.603.826	56.284.017
	Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		42.542.719	44.669.855	46.903.347	49.248.515
	Lisensi Software	1	25.000.000		30.387.656	31.907.039	33.502.391	35.177.511
2	Biaya Lain-Lain:							
	Biaya Promosi	1	25.000.000		30.387.656	31.907.039	33.502.391	35.177.511
	Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		36.465.188	38.288.447	40.202.869	42.213.013
	Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		36.465.188	38.288.447	40.202.869	42.213.013
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		9.724.050	10.210.253	10.720.765	11.256.803
TOTAL BIAYA PERAWATAN					234.592.706	246.322.342	258.638.459	271.570.382
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)								
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					6.408.000.000	7.048.800.000	7.048.800.000	7.048.800.000

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	9	10	11	12
					2026	2027	2028	2029
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER								
BIAYA LANGSUNG				5%				
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		74.796.422.679	78.536.243.813	82.463.056.003	86.586.208.804
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		152.700.929.937	160.335.976.434	168.352.775.256	176.770.414.019
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		14.059.466.003	14.762.439.303	15.500.561.268	16.275.589.332
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		8.885.588.868	9.329.868.312	9.796.361.727	10.286.179.814
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		29.696.854.420	31.181.697.141	32.740.781.998	34.377.821.098
TOTAL BIAYA LANGSUNG					280.139.261.908	294.146.225.003	308.853.536.253	324.296.213.066
BIAYA PERAWATAN				5%				
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock							
	Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		59.098.218	62.053.129	65.155.785	68.413.574
	Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		51.710.941	54.296.488	57.011.312	59.861.878
	Lisensi Software	1	25.000.000		36.936.386	38.783.205	40.722.366	42.758.484
2	Biaya Lain-Lain:							
	Biaya Promosi	1	25.000.000		36.936.386	38.783.205	40.722.366	42.758.484
	Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		44.323.663	46.539.846	48.866.839	51.310.181
	Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		44.323.663	46.539.846	48.866.839	51.310.181
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		11.819.644	12.410.626	13.031.157	13.682.715
TOTAL BIAYA PERAWATAN					285.148.901	299.406.346	314.376.663	330.095.496
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)								
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					7.048.800.000	7.048.800.000	7.753.680.000	7.753.680.000

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	13	14	15	16
					2030	2031	2032	2033
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER								
BIAYA LANGSUNG				5%				
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		90.915.519.244	95.461.295.206	100.234.359.966	105.246.077.965
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		185.608.934.720	194.889.381.456	204.633.850.528	214.865.543.055
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		17.089.368.798	17.943.837.238	18.841.029.100	19.783.080.555
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		10.800.488.804	11.340.513.244	11.907.538.907	12.502.915.852
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		36.096.712.153	37.901.547.761	39.796.625.149	41.786.456.406
TOTAL LANGSUNG					340.511.023.719	357.536.574.905	375.413.403.650	394.184.073.833
BIAYA PERAWATAN				5%				
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock							
	Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		71.834.253	75.425.966	79.197.264	83.157.127
	Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		62.854.971	65.997.720	69.297.606	72.762.486
	Lisensi Software	1	25.000.000		44.896.408	47.141.229	49.498.290	51.973.204
2	Biaya Lain-Lain:							
	Biaya Promosi	1	25.000.000		44.896.408	47.141.229	49.498.290	51.973.204
	Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		53.875.690	56.569.474	59.397.948	62.367.845
	Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		53.875.690	56.569.474	59.397.948	62.367.845
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		14.366.851	15.085.193	15.839.453	16.631.425
TOTAL BIAYA PERAWATAN					346.600.271	363.930.284	382.126.799	401.233.139
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)								
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					7.753.680.000	7.753.680.000	7.753.680.000	8.529.048.000

No	Deskripsi	Jumlah Produk (Unit)	Biaya (Rp)	Kenaikan Harga/Tahun	17	18	19	20
					2034	2035	2036	2037
PERHITUNGAN BIAYA OPERASIONAL PEMBUATAN SMALL SCALE LNG CARRIER								
BIAYA LANGSUNG				5%				
1	Biaya Material	1	50.625.163.008		110.508.381.863	116.033.800.956	121.835.491.004	127.927.265.554
2	Biaya System and Machinery	1	103.354.000.000		225.608.820.208	236.889.261.218	248.733.724.279	261.170.410.493
3	Biaya Tenaga kerja langsung	1	9.516.000.000		20.772.234.583	21.810.846.312	22.901.388.628	24.046.458.059
4	Biaya Overhead	1	6.014.116.301		13.128.061.645	13.784.464.727	14.473.687.963	15.197.372.361
5	Biaya Utilitas	1	20.100.000.000		43.875.779.226	46.069.568.188	48.373.046.597	50.791.698.927
TOTAL BIAYA LANGSUNG					413.893.277.525	434.587.941.401	456.317.338.471	479.133.205.394
BIAYA PERAWATAN				5%				
1	Biaya Pemeliharaan Fasilitas Dock							
	Pemeliharaan Bangunan Bengkel/ Gudang	1	40.000.000		87.314.984	91.680.733	96.264.769	101.078.008
	Pemeliharaan Peralatan dan Mesin	1	35.000.000		76.400.611	80.220.641	84.231.673	88.443.257
	Lisensi Software	1	25.000.000		54.571.865	57.300.458	60.165.481	63.173.755
2	Biaya Lain-Lain:							
	Biaya Promosi	1	25.000.000		54.571.865	57.300.458	60.165.481	63.173.755
	Biaya Pendidikan dan Pelatihan	1	30.000.000		65.486.238	68.760.550	72.198.577	75.808.506
	Biaya Perawatan Kesehatan	1	30.000.000		65.486.238	68.760.550	72.198.577	75.808.506
3	Biaya Administrasi	1	8.000.000		17.462.997	18.336.147	19.252.954	20.215.602
TOTAL BIAYA PERAWATAN					421.294.796	442.359.535	464.477.512	487.701.388
BIAYA TIDAK LANGSUNG (GAJI PEKERJA)								
TOTAL BIAYA TIDAK LANGSUNG					8.529.048.000	8.529.048.000	8.529.048.000	8.529.048.000

PENGEMBALIAN PINJAMAN

Estimated Interest Loans: 11%

Tahun ke-	Bunga Pinjaman (Juta Rupiah)	Angsuran (Juta Rupiah)	Pembayaran (Juta Rupiah)	Sisa Pinjaman (Juta Rupiah)
0				204.505.478.261
1	22.495.602.609	5.944.000.710,8	28.439.603.319	198.561.477.550
2	21.841.762.531	6.597.840.789,0	28.439.603.319	191.963.636.761
3	21.116.000.044	7.323.603.275,8	28.439.603.319	184.640.033.485
4	20.310.403.683	8.129.199.636,1	28.439.603.319	176.510.833.849
5	19.416.191.723	9.023.411.596,1	28.439.603.319	167.487.422.253
6	18.423.616.448	10.015.986.871,6	28.439.603.319	157.471.435.382
7	17.321.857.892	11.117.745.427,5	28.439.603.319	146.353.689.954
8	16.098.905.895	12.340.697.424,5	28.439.603.319	134.012.992.530
9	14.741.429.178	13.698.174.141,2	28.439.603.319	120.314.818.388
10	13.234.630.023	15.204.973.296,8	28.439.603.319	105.109.845.092
11	11.562.082.960	16.877.520.359,4	28.439.603.319	88.232.324.732
12	9.705.555.721	18.734.047.598,9	28.439.603.319	69.498.277.133
13	7.644.810.485	20.794.792.834,8	28.439.603.319	48.703.484.298
14	5.357.383.273	23.082.220.046,6	28.439.603.319	25.621.264.252
15	2.818.339.068	25.621.264.251,8	28.439.603.319	0
16	0			
17				
18				
19				
20				
Jumlah	222.088.571.531	204.505.478.261	426.594.049.792	

NET PRESENT VALUE (NPV)

Tahun ke-			PRESENT VALUE	Akumulasi Profit (Non-discounted)
0	Investasi Awal	(340.842.464)	(340.842.464)	
1	FCF Tahun 1	30.202.884	27.209.806	(310.639.579,50)
2	FCF Tahun 2	22.705.694	18.428.451	(287.933.885,26)
3	FCF Tahun 3	26.683.645	19.510.851	(261.250.240,55)
4	FCF Tahun 4	30.860.493	20.328.762	(230.389.747,86)
5	FCF Tahun 5	35.246.183	20.916.894	(195.143.564,78)
6	FCF Tahun 6	39.344.926	21.035.404	(155.798.638,79)
7	FCF Tahun 7	44.180.150	21.279.741	(111.618.489,15)
8	FCF Tahun 8	49.257.134	21.373.976	(62.361.354,67)
9	FCF Tahun 9	54.587.969	21.339.789	(7.773.386,11)
10	FCF Tahun 10	60.185.344	21.196.344	52.411.958,23
11	FCF Tahun 11	67.867.034	21.533.078	120.278.992,59
12	FCF Tahun 12	74.038.141	21.163.123	194.317.133,75
13	FCF Tahun 13	80.517.803	20.734.482	274.834.937,05
14	FCF Tahun 14	87.321.449	20.258.124	362.156.385,59
15	FCF Tahun 15	94.465.276	19.743.653	456.621.661,65
16	FCF Tahun 16	123.821.041	23.314.537	580.442.702,49
17	FCF Tahun 17	131.697.111	22.340.125	712.139.813,16
18	FCF Tahun 18	139.966.984	21.390.059	852.106.797,15
19	FCF Tahun 19	148.650.351	20.465.829	1.000.757.148,12
20	FCF Tahun 20	157.767.886	19.568.567	1.158.525.034,43
	Total FCF	1.499.367.498	423.131.596	
	Bunga Bank 11%		74.968.375	

CASH FLOW GALANGAN KAPAL SMALL SCALE LNG CARRIER

Keterangan: Dalam ribu rupiah

Description		Years to Year				
		0	1	2	3	4
Investasi		340.842.464				
DANA MASUK						
Pendapatan						
Graving Dock			300.000.000	300.000.000	315.000.000	330.750.000
EBITDA (Earning Before Interest, Tax, Depresiation and Amortation)			300.000.000	300.000.000	315.000.000	330.750.000
DANA KELUAR						
Dana Keluar Graving Dock						
1. Biaya Langsung			(189.609.279)	(199.089.743)	(209.044.230)	(219.496.442)
2. 'Biaya Perawatan			(193.000)	(202.650)	(212.783)	(223.422)
3. Biaya Tidak Langsung (pekerja)			(6.408.000)	(6.408.000)	(6.408.000)	(6.408.000)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Investasi						
Nilai Depresiasi (Graving Dock)			(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan						
Graving Dock						
1. Pembayaran Angsuran Pinjaman			(5.944.001)	(6.597.841)	(7.323.603)	(8.129.200)
2. Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman			(22.495.603)	(21.841.763)	(21.116.000)	(20.310.404)
Total			(261.768.501)	(271.258.615)	(281.223.235)	(291.686.085)
EBT (Earning Before Tax)			38.231.499	28.741.385	33.776.765	39.063.915
Pajak	0,21		(8.028.615)	(6.035.691)	(7.093.121)	(8.203.422)
EAT (Earning After Tax)			30.202.884	22.705.694	26.683.645	30.860.493
Akumulasi Pendapatan Bersih			30.202.884	52.908.579	79.592.223	110.452.716

Description		Years to Year				
		5	6	7	8	9
Investasi						
DANA MASUK						
Pendapatan						
Graving Dock		347.287.500	364.651.875	382.884.469	402.028.692	422.130.127
EBITDA (Earning Before Interest, Tax, Depresiasi and Amortation)		347.287.500	364.651.875	382.884.469	402.028.692	422.130.127
DANA KELUAR						
Dana Keluar Graving Dock						
1. Biaya Langsung		(230.471.264)	(241.994.827)	(254.094.569)	(266.799.297)	(280.139.262)
2. 'Biaya Perawatan		(234.593)	(246.322)	(258.638)	(271.570)	(285.149)
3. Biaya Tidak Langsung (pekerja)		(6.408.000)	(7.048.800)	(7.048.800)	(7.048.800)	(7.048.800)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Investasi						
Nilai Depresiasi (Graving Dock)		(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)	(37.118.618)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan						
Graving Dock						
1. Pembayaran Angsuran Pinjaman		(9.023.412)	(10.015.987)	(11.117.745)	(12.340.697)	(13.698.174)
2. Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman		(19.416.192)	(18.423.616)	(17.321.858)	(16.098.906)	(14.741.429)
Total		(302.672.078)	(314.848.171)	(326.960.229)	(339.677.889)	(353.031.432)
EBT (Earning Before Tax)		44.615.422	49.803.704	55.924.240	62.350.803	69.098.694
Pajak	0,21	(9.369.239)	(10.458.778)	(11.744.090)	(13.093.669)	(14.510.726)
EAT (Earning After Tax)		35.246.183	39.344.926	44.180.150	49.257.134	54.587.969
Akumulasi Pendapatan Bersih		145.698.899	185.043.825	229.223.975	278.481.109	333.069.078

Description		Years to Year				
		10	11	12	13	14
Investasi						
DANA MASUK						
Pendapatan						
Graving Dock		443.236.633	465.398.465	488.668.388	513.101.807	538.756.898
EBITDA (Earning Before Interest, Tax, Depresiasi and Amortation)		443.236.633	465.398.465	488.668.388	513.101.807	538.756.898
DANA KELUAR						
Dana Keluar Graving Dock						
1. Biaya Langsung		(294.146.225)	(308.853.536)	(324.296.213)	(340.511.024)	(357.536.575)
2. Biaya Perawatan		(299.406)	(314.377)	(330.095)	(346.600)	(363.930)
3. Biaya Tidak Langsung (pekerja)		(7.048.800)	(7.753.680)	(7.753.680)	(7.753.680)	(7.753.680)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Investasi						
Nilai Depresiasi (Graving Dock)		(37.118.618)	(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan						
Graving Dock						
1. Pembayaran Angsuran Pinjaman		(15.204.973)	(16.877.520)	(18.734.048)	(20.794.793)	(23.082.220)
2. Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman		(13.234.630)	(11.562.083)	(9.705.556)	(7.644.810)	(5.357.383)
Total		(367.052.653)	(379.490.826)	(394.949.222)	(411.180.537)	(428.223.419)
EBT (Earning Before Tax)		76.183.980	85.907.638	93.719.166	101.921.270	110.533.479
Pajak		0,21 (15.998.636)	(18.040.604)	(19.681.025)	(21.403.467)	(23.212.031)
EAT (Earning After Tax)		60.185.344	67.867.034	74.038.141	80.517.803	87.321.449
Akumulasi Pendapatan Bersih		393.254.422	461.121.456	535.159.598	615.677.401	702.998.849

Description		Years to Year					
		15	16	17	18	19	20
Investasi							
DANA MASUK							
Pendapatan							
Graving Dock		565.694.743	593.979.480	623.678.454	654.862.377	687.605.495	721.985.770
EBITDA (Earning Before Interest, Tax, Depresiation and Amortation)		565.694.743	593.979.480	623.678.454	654.862.377	687.605.495	721.985.770
DANA KELUAR							
Dana Keluar Graving Dock							
1. Biaya Langsung		(375.413.404)	(394.184.074)	(413.893.278)	(434.587.941)	(456.317.338)	(479.133.205)
2. 'Biaya Perawatan		(382.127)	(401.233)	(421.295)	(442.360)	(464.478)	(487.701)
3. Biaya Tidak Langsung (pekerja)		(7.753.680)	(8.529.048)	(8.529.048)	(8.529.048)	(8.529.048)	(8.529.048)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Investasi							
Nilai Depresiasi (Graving Dock)		(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)	(34.129.630)
Uang Keluar Berdasarkan Aktivitas Keuangan							
Graving Dock							
1. Pembayaran Angsuran Pinjaman		(25.621.264)	-	-	-	-	-
2. Pembayaran Angsuran Bunga Pinjaman		(2.818.339)	-	-	-	-	-
Total		(446.118.444)	(437.243.985)	(456.973.250)	(477.688.979)	(499.440.494)	(522.279.585)
EBT (Earning Before Tax)		119.576.299	156.735.495	166.705.203	177.173.397	188.165.001	199.706.185
Pajak	0,21	(25.111.023)	(32.914.454)	(35.008.093)	(37.206.413)	(39.514.650)	(41.938.299)
EAT (Earning After Tax)		94.465.276	123.821.041	131.697.111	139.966.984	148.650.351	157.767.886
Akumulasi Pendapatan Bersih		797.464.125	921.285.166	1.052.982.277	1.192.949.261	1.341.599.612	1.499.367.498

NILAI NPV, IRR, ROI, DAN PAYBACK PERIODE

No.	Deskripsi	Nilai	Unit
1	Jumlah Komulatif FCF x Rumus PV = NPV	82.289.132	(ribu rupiah)
2	Pengembalian Invest.(+) : Invest.= IRR	13,41	%
3	Rata-rata NPV : Invest. = ROI	22,00	%
4	Payback Periode	9,13	tahun
		9	tahun
		1,5	bulan
Go Project / Layak			

BIODATA PENULIS



Rizain Andrian, nama lengkap penulis. Dilahirkan di Sleman pada 18 Februari 1995 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada SD Muhammadiyah Sokonandi Yogyakarta, kemudian melanjutkan ke SMP Muhammadiyah 2 Yogyakarta, dan SMA Internasional Budi Mulia Dua Yogyakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, Penulis juga telah menyelesaikan kegiatan Kerja Praktek di PT Bureau Veritas Indonesia Batam dan PT Pertamina (Persero) – Shipping (NSPC) Jakarta. Selain kuliah Penulis juga pernah menjadi pengurus INDOCOR SC ITS serta panitia SAMPAN.

Email: rizainandrian@gmail.com