TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN *HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL* UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI DI LAPANGAN TERANG SIRASUN BATUR (TSB)

Rinaldi Dwi Yarto
NRP 04111640000028

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020

TUGAS AKHIR – MN 184802

DESAIN *HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL* UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI DI LAPANGAN TERANG SIRASUN BATUR (TSB)

Rinaldi Dwi Yarto
NRP 04111640000028

Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

FINAL PROJECT – MN 184802

DESIGN OF HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL FOR EXPLORATION AND EXPLOITATION ACTIVITIES IN TERANG SIRASUN BATUR SITE (TSB)

Rinaldi Dwi Yarto
NRP 04111640000028

Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL* UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI DI LAPANGAN TERANG SIRASUN BATUR (TSB)

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

RINALDI DWI YARTO
NRP 04111640000028

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 06 AGUSTUS 2020

LEMBAR REVISI

DESAIN *HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL* UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI DI LAPANGAN TERANG SIRASUN BATUR (TSB)

TUGAS AKHIR
Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 Juli 2020

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RINALDI DWI YARTO
NRP 04111640000028

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. ……..……..……..
2. Hasanudin, S.T., M.T. ……..……..
3. Danu Utama, S.T., M.T. ……..……..……..

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D ……..……..……..

SURABAYA, 06 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir 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. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji dan Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
3. Ibu Febriani Rohma Dhana, S.T., M.T. selaku dosen yang turut membantu dan memberi saran kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini;
4. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. dan Bapak Danu Utama, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
5. Dosen-dosen rumpun mata kuliah desain yang telah membekali penulis mengenai ilmu desain kapal;
6. Bapak Indra Onggo dari Kangean Energy yang membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Orang tua, Abang, kakak, Lae dan semua yang sudah berjuang keras untuk menyekolahkan hingga ke tingkat sarjana di ITS.
8. Lydia Seftina Sinurat selaku kekasih penulis yang selalu menemani dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan teman-teman seperjuangan Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau – Surabaya (KPMKR – Surabaya) yang telah menjadi rumah kedua di perantauan.
9. Angkatan P56 Ironclad atas semangat dan doa-doanya.
10. Dan semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, 06 Agustus 2020

Rinaldi Dwi Yarto

DESAIN *HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL* UNTUK KEGIATAN EKSPLORASI DAN EKSPLOITASI DI LAPANGAN TERANG SIRASUN BATUR (TSB)

Nama Mahasiswa	:	Rinaldi Dwi Yarto
NRP	:	04111640000028
Departemen / Fakultas	:	Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	:	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D

ABSTRAK

Cadangan minyak dan gas di Indonesia tergolong masih sangat besar. Pada Maret 2019 lalu, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Ignasius Jonan meresmikan tambahan pasokan gas lapangan Terang Sirasun Batur (TSB) milik Kangean Energy sehingga diperlukan suatu *Offshore supply vessel* untuk memasok kebutuhan lapangan pengeboran tersebut. Pada penelitian ini, peneliti melakukan inovasi terhadap kapal dengan menambahkan fuel cell sebagai sumber tenaga penggerak berbahan bakar hidrogen. Bahan bakar yang digunakan pada *fuel cell* ini adalah gas hidrogen. Penambahan hidrogen sebagai bahan bakar dapat mengurangi biaya operasional tepatnya pada biaya bahan bakar. Selain itu, gas hidrogen juga terbukti hanya menghasilkan air sebagai emisi buangnya. Analisis teknis yang dibahas yaitu penentuan ukuran utama kapal melalui sketsa awal, koefisien bentuk kapal melalui pendekatan, hambatan & propulsi kapal melalui holtrop, berat & titik berat, trim, freeboard, dan stabilitas kapal menggunakan metode pendekatan dan software *maxsurf*. Ukuran utama kapal yang ialah Lpp = 43.2 m, B = 11.3 m, H = 4 m, dan T = 2.8 m. Analisis ekonomis dilakukan untuk menghitung biaya pembangunan kapal, biaya operasional, dan juga kelayakan investasinya. Dari segi ekonomis, investasi dalam pembuatan kapal ini sangat layak dijalankan dengan nilai BEP Rp. 113.494.789.274, NPV Rp. 28.137.119.108, PI 1.51907, IRR 18.25 %, *Payback Period* 5,42 tahun dengan harga sewa Rp. 293.269.231 per trip untuk jenis sewa *voyage charter* dan untuk jenis sewa *time charter* meiliki nilai BEP Rp 151.954.718.010, NPV Rp. 32.532.731.322, PI 1.60016, IRR 19,49 %, *Payback Period* 5,26 tahun dan harga sewa Rp 1.439.685.315 per bulan.

Kata Kunci: *Offshore supply vessel, Fuel Cell, Hydrogen, Hybrid*, Terang Sirasun Batur (TSB).

DESIGN OF HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL FOR EXPLORATION AND EXPLOITATION ACTIVITIES IN TERANG SIRASUN BATUR SITE (TSB)

Author	: Rinaldi Dwi Yarto
Student Number	: 04111640000028
Departement / Faculty	: Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Supervisors	: Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. Ph.D

ABSTRACT

Oil and gas reserves in Indonesia are still classified as large. In March 2019, the Minister of Energy and Mineral Resources, Ignasius Jonan, inaugurated the additional supply of Kangean Energy's Terang Sirasun Batur's (TSB) gas field, owned by Kangean Energy. With the addition of these drilling blocks, ships are needed to fulfill the logistics needs of the ship and the crew. In this study, the researchers innovated the ships by adding fuel cells as a source of propulsionto drive ships. The fuel used in this fuel cell is hydrogen gas. Adding hydrogen as fuel can reduce fuel costs. In addition, hydrogen gas is also proven to only produce water as its output. The technical analysis discussed was to determining the main size of the ship by sketch, the coefficient of the ship's shape using formula, resistance & propulsion of the ship using Holtrop method, weight & center of gravity, trim, freeboard, and the stability of the ship using formula and maxsurf software. The main dimensions of the ship are Lpp = 43.2 m, B = 11.3 m, H = 4 m, and T = 2.8 m. Economic analysis is carried out to calculate the cost of the ship's construction, operational costs, and also the feasibility of investment. In terms of economics, investment in shipbuilding is very feasible to run with a BEP value of Rp. 113.494.789.274, NPV Rp 28.137.119.108, PI 1.51907,, IRR 18.25 %, Payback Period 5,42 years with a rental price of Rp. 293.269.231 per string for the type of voyage charter rental, and for the type of time charter rental having a BEP value of Rp. 151.954.718.010, NPV Rp. 32.532.731.322, PI 1.60016, IRR 19,49 %, Payback Period 5,26 years with a rental price of Rp 1.439.685.315 per month.

Keywords: *Offshore supply vessel, Fuel Cell, Hydrogen, Hybrid*, Terang Sirasun Batur (TSB).

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN v
LEMBAR REVISI vii
HALAMAN PERUNTUKAN ix
KATA PENGANTAR xi
ABSTRAK xii
ABSTRACT xiii
DAFTAR ISI xv
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR TABEL xxi
DAFTAR SIMBOL xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 3
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Manfaat 3
1.6. Hipotesis 3
BAB 2 STUDI LITERATUR 5
2.1. Dasar Teori 5
2.1.1. Proses Desain Kapal 5
2.1.2. Metode Perancangan Kapal 7
2.1.3. Ukuran Utama Kapal 8
2.1.4. Koefisien Bentuk Badan Kapal 9
2.1.5. Hambatan Kapal 10
2.1.6. Propulsi Kapal 11
2.1.7. Berat Kapal 12
2.1.8. Freeboard 13
2.1.9. Perhitungan Stabilitas 13
2.1.10. Perhitungan GT dan NT 17
2.1.11. *Break Event Point* 19
2.1.12. *Net Present Value* 19
2.1.13. *Profitability Index* 19
2.1.14. *Internal Rate Return* 20
2.1.15. *Payback Period* 20
2.2. Tinjauan Pustaka 20
2.2.1. Sistem Propulsi *Hybrid* 20
2.2.2. *Offshore Supply Vessel* 21
2.2.3. Generator Diesel 22
2.2.4. *Fuel Cell* 23
2.2.5. Desain *Hybrid Offshore Supply Vessels* 29
2.2.6. Lapangan TSB 30
BAB 3 METODOLOGI 33

3.1. Pendahuluan 33
3.2. Proses Pengerjaan 33
3.2.1. Diagram Alir desain kapal 33
3.2.2. Tahap Identifikasi Masalah dan Tujuan 33
3.2.3. Tahap Studi Literatur 34
3.2.4. Tahap Pengumpulan Data 34
3.2.5. Tahap Perancangan 35
3.2.6. Pengujian dan Analisis *Hybrid Offshore Supply Vessel* 35
3.2.7. Kesimpulan dan Saran 36
BAB 4 ANALISIS TEKNIS 37
4.1. *Payload* (Kebutuhan Logistik *Offshore*) 37
4.2. Penentuan *Layout* Awal 38
4.3. Penentuan Ukuran Utama Awal 39
4.4. Pembuatan Model dengan Maxsurf 40
4.5. Pengecekan Perhitungan Teknis 40
4.5.1. Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal 40
4.5.2. Pengecekan Rasio Ukuran Utama Kapal 41
4.5.3. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal 41
4.5.4. Hasil Perhitungan Propulsi Kapal 42
4.5.5. Hasil Perhitungan Berat Baja Kapal 42
4.5.6. Hasil Perhitungan Berat Permesinan 43
4.5.7. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan 43
4.5.8. Total LWT 45
4.5.9. Perhitungan DWT 45
4.5.10. Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal 46
4.5.11. Koreksi Displacement 46
4.5.12. Perhitungan *Tonnage* 47
4.5.13. Perhitungan *Freeboard* 48
4.5.14. Penentuan *Loadcase* 49
4.5.15. Perhitungan *Trim* 49
4.5.16. Perhitungan Stabilitas 51
4.6. Konsep *Hybrid* 51
4.6.1. Skenario *Hybrid* 52
4.6.2. Perhitungan *Fuel Cell* 53
4.6.3. Proses Pemilihan *Mesin Hybrid* 55
4.7. Pembuatan *Lines Plan* 56
4.8. Pembuatan *General Arrangement* 60
4.8.1. *Profile View* 60
4.8.2. Rumah Geladak *(Deckhouses)* 61
4.8.3. Geladak Utama *(Main Deck)* 63
4.8.4. *Hold Plan* 63
4.9. Pemodelan Tiga Dimensi 64
BAB 5 ANALISIS EKONOMI 67
5.1. Biaya Pembangunan 67
5.1.1. Material 67
5.1.2. *Equipment* dan *Outfitting* 67
5.1.3. Tenaga Penggerak (Permesinan) 69
5.1.4. Biaya Pembangunan Kapal 69
5.1.5. Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah 69

5.1.6. Total Biaya Pembangunan 70
5.2. Biaya Operasional 70
5.2.1. Pinjaman Bank 70
5.2.2. Biaya Perawatan Kapal 71
5.2.3. Asuransi 71
5.2.4. Gaji Awak Kapal 71
5.2.5. Biaya Bahan Bakar dan Minyak Pelumas 71
5.2.6. Biaya Air Tawar (*Fresh Water*) 72
5.2.7. Total Biaya Operasional 73
5.3. Analisis Perbandingan Biaya 73
5.3.1. Penentuan Biaya Penyewaan *Offshore supply vessel* 73
5.3.2. Proyeksi Arus Kas 74
5.3.3. *Break Even Point, Net Present Value, Profitability Index, Internal Rate of Return,* dan *Payback Period* 75
5.3.4. Perbandingan Biaya Penyewaan 76
5.4. Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Dual Fuel* dan Konvensional 76
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 79
6.1. Kesimpulan 79
6.2. Saran 80
DAFTAR PUSTAKA 81
LAMPIRAN 83
BIODATA PENULIS 137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain Spiral yang Menggambarakan Proses SBSD.....5
Gambar 2.2 Contoh ilustrasi analisis fungsional.....6
Gambar 2.3 Momen Penegak (*Righting*) dan Momen Miring (*Heeling*).....15
Gambar 2.4 Kondisi Stabilitas Positif.....16
Gambar 2.5 Kondisi Stabilitas Netral.....16
Gambar 2.6 Kondisi Stabilitas Negatif.....17
Gambar 2.7 *Hybrid system of gas and diesel engine*.....21
Gambar 2.8 Contoh gambar *offshore supply vessel*.....21
Gambar 2.9 Reaksi kimia yang terjadi pada *fuel cell*.....23
Gambar 2.10 Gambar Skema AFC.....25
Gambar 2.11 Skema Proses PAFC.....25
Gambar 2.12 Skema MCFC.....26
Gambar 2.13 Skema SOFC.....27
Gambar 2.14 Skema PEMFC.....27
Gambar 2.15 Struktur Rangkaian *PEM Fuel Cell*.....28
Gambar 2.16 3D *Fuel Cell Room on board offshore supply vessel*.....29
Gambar 2.17 Model 3D dari konfigurasi 250 kW SOFC pada *Offshore supply vessel*.....29
Gambar 2.18 Empat titik pengeboran tambahan fase 2 dari lapangan TSB.....30
Gambar 2.19 Peta lokasi lapangan Terang Sirasun Batur, Kangean.....31
Gambar 2.20 Peta distribusi dari Tanjungwangi *shorebase.*.....31
Gambar 3.1 Diagram alir.....33
Gambar 4.1 *Layout* awal *offshore supply vessel*.....38
Gambar 4.2 *Hybrid Flow Diagram*.....52
Gambar 4.3 Skema Komponen Hibrida Kapal Suplai.....53
Gambar 4.4 Menu *Size Surfaces*.....56
Gambar 4.5 *Frame of Reference*.....57
Gambar 4.6 Pengaturan Jumlah *Station*.....57
Gambar 4.7 *Parametric Transformation*.....58
Gambar 4.8 Gambar Data *Hydrostatic*.....59
Gambar 4.9 *Lines Plan*.....60
Gambar 4.10 *Profile View* dari *Offshore Supply Vessel*.....61
Gambar 4.11 *Forecastle Deck*.....62
Gambar 4.12 *Winch Deck*.....62
Gambar 4.13 *Bridge Deck*.....63
Gambar 4.14 *Main Deck* dari *Offshore supply vessel*.....63
Gambar 4.15 *Hold Plan Offshore supply vessel*.....64
Gambar 4.16 Tampak Depan Perspective.....65
Gambar 4.17 Tampak Belakang Perspective.....65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 CSO Berdasarkan Tipe Kapal 13
Tabel 4.1 Data Kebutuhan di Lapangan Pengeboran Gas Terang Sirasun Batur 37
Tabel 4.2 Ukuran utama sketsa..... 39
Tabel 4.3 Koefisien Bentuk Kapal, LCB, dan *Displacement*..... 41
Tabel 4.4 Rasio Ukuran Utama 41
Tabel 4.5 Komponen Hambatan Kapal 42
Tabel 4.6 Komponen Propulsi Kapal 42
Tabel 4.7 Berat Permesinan..... 43
Tabel 4.8 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan..... 44
Tabel 4.9 Rincian LWT..... 45
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan DWT 46
Tabel 4.11 Hasil Koreksi *Displacement*..... 47
Tabel 4.12 Koreksi *Freeboard* 49
Tabel 4.13 Tabel *Loadcase*..... 49
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Stabilitas 51
Tabel 4.15 Spesifikasi *Fuel Cell* 55
Tabel 4.16 Spesifikasi Diesel generator utama 55
Tabel 4.17 Pemilihan Auxiliary Engine 55
Tabel 5.1 Biaya Material 67
Tabel 5.2 Biaya *Equipment & Outfitting*..... 68
Tabel 5.3 Komponen Tenaga Penggerak..... 69
Tabel 5.4 Biaya Pembangunan Kapal..... 69
Tabel 5.5 Komponen Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah 70
Tabel 5.6 Total Biaya Pembangunan..... 70
Tabel 5.7 Rincian Peminjaman Bank 71
Tabel 5.8 Rincian Gaji Awak Kapal..... 71
Tabel 5.9 Rincian Biaya Bahan Bakar Gas Hidrogen 72
Tabel 5.10 Rincian Biaya Bahan Bakar Minyak (MDO) 72
Tabel 5.11 Rincian Biaya Minyak Pelumas 72
Tabel 5.12 Rincian Biaya Air Tawar..... 72
Tabel 5.13 Total Biaya Operasional..... 73
Tabel 5.14 Komponen Analisis Ekonomis *Voyage Charter* 75
Tabel 5.15 Komponen Analisis Ekonomis *Time Charter* 75
Tabel 5.16 Perbandingan Harga Bahan Bakar 77

DAFTAR SIMBOL

Δ = *Displacement* (ton)
B = Lebar kapal (m)
BEP = *Break even point* (Rp. / $)
C_A = *Coleration Allowance*
C_B = Koefisien blok
C_F = Koefisien Gesek
C_M = Koefisien *midship*
C_P = Koefisin prismatik
C_{SO} = Koefisien jenis kapal
C_{WP} = Koefisin *waterplane*
DWT = *Dead weight tonnage* (ton)
H = Tinggi kapal (m)
IRR = *Internal rate of return* (%)
KB = Titik tekan *buoyancy* terhadap *keel* (m)
KG = *Keel of gravity* (m)
LCB = *Longitudinal center of buoyancy* (m)
LCG = *Longitudinal centre of gravity* (m)
Lpp = *Length Per Pendicular* (m)
LWT = *Light weight tonnage* (ton)
NPV = *Net present value* (Rp. / $)
P_B = Daya *break* (kW)
P_D = Daya *delivery* (kW)
P_E = Daya efektif (kW)
P_S = Daya *shaft* (kW)
PI = *Profitability index*
Rt = Tahanan Total Kapal *(*kN)
Rw = Tahanan Gelombang (kN)
T = Sarat kapal (m)
Vs = Kecepatan Dinas (knot)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Migas adalah singkatan yang memiliki kepanjangan minyak dan gas. Peran energi berupa minyak dan gas (migas) menjadi bagian yang tidak terpisahkan dengan kehidupan manusia. Dalam kebijakan umum pembangunan nasional, Migas mempunyai tiga peranan penting yaitu sebagai sumber energi dalam negeri, sebagai sumber penerimaan devisa dan sebagai bahan baku industri. Sebagai sumber energi, migas digunakan oleh masyarakat kalangan bawah sampai atas. Sejalan dengan pertumbuhan global dunia, kebutuhan migas semakin meningkat, permintaan terhadap sumber energi primer migas masih dominan dibanding jenis energi lain (Isdinarmiati, 2012).

Proses dalam mendapatkan migas dilakukan melalui kegiatan Migas. Kegiatan Migas yang dimaksud adalah eksplorasi dan eksploitasi. Eksplorasi adalah kegiatan yang bertujuan memperoleh informasi mengenai kondisi geologi untuk menemukan dan memperoleh perkiraan cadangan minyak dan gas bumi di wilayah kerja tertentu. Sedangkan eksploitasi adalah rangkaian kegiatan yang bertujuan menghasilkan minyak dan gas bumi di wilayah kerja yang ditentukan terdiri dari pengeboran, penyelesaian sumur, pembangunan saranan pengangkutan, penyumpanan dan pengolahan untuk pemisahan, pemurnian minyak dan gas bumi di lapangan serta kegiatan pendukung lainnya. Dua kegiatan migas tersebut memakan tidak sedikit biaya, ditambah lagi apabila dilakukan di laut lepas (*offshore*). Maka dibutuhkan biaya yang besar dan resiko yang tinggi untuk melakukan kegiatan migas tersebut di laut lepas (Kementrian ESDM, 2019).

Aktivitas eksploitasi dan ekspolari Migas di laut lepas juga memiliki kebutuhan-kebutuhan dalam menjalankan operasinya. *Offshore supply vessel* diciptakan untuk mendukung kegiatan operasi di daerah lepas pantai. Pada umumnya, kapal ini memiliki fungsi sebagai alat transportasi barang-barang seperti alat-alat pengeboran, bahan bakar, makanan, air, kebutuhan logistik para kru sehari-hari dan juga menghantar personil dari dan ke anjungan minyak lepas pantai dan struktur lepas pantai lainnya. Kapal ini

dirancang secara khusus dengan geladak dan kapasitas tangki yang besar didalam kapal. Panjang kapal ini berkisar antara 50 sampai 100 meter (Agustina, 2017).

Pada umumnya mesin yang menggerakan kapal adalah mesin diesel. Penggunaan bahan bakar minyak memiliki beberapa efek domino yang negatif bagi operasional kehidupan lain yaitu harga yang fluktuatif, nilai emisi dan tingkat pencemaran yang tinggi pula. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, belakangan ini telah dikembangkan substitusi bahan bakar minyak dengan teknologi *fuel cell* berbahan bakar hidrogen. Penelitian sebelumnya menunjukan penggunaan teknologi *fuel cell* ini lebih efektif dan efisien dari segi harga dan ramah lingkungan. Pada saat ini kapal yang telah menggunakan bahan bakar gas ini adalah The Viking Lady dan telah ditetapkan sebagai kapal yang paling ramah lingkungan (Hasan, 2007).

Pada 20 Maret 2019, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Ignasius Jonan, telah meresmikan tambahan pasokan gas lapangan Terang Sirasun Batur (TSB) milik Kangean Energy. Untuk meningkatkan produktivitas kegiatan eksplorasi di lapangan TSB, diperlukan kapal-kapal yang dapat mempercepat dan mempermudah kegiatan eksplorasi dibidang *offshore* tepatnya di lapangan TSB, salah satunya adalah *offshore supply vessel* (Ekonomi Bisnis.com, 2019).

Mengingat permasalahan tersebut, solusi yang ditawarkan ialah desain *offshore supply vessel* dengan sistem propulsi *hybrid*. Desain *hybrid offshore supply vessel* ditujukan untuk penggunaan di lapangan TSB yang merupakan daerah pengeboran migas, sehingga membutuhkan banyak teknologi ramah lingkungan dan hemat energi seperti *hybrid offshore supply vessel* ini.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan desain dari *hybrid offshore supply vessel* yang sesuai dengan karakteristik Lapangan TSB, meliputi ukuran utama, *Lines Plan*, *General Arrangement* dan 3D?
2. Bagaimana mendesain sistem propulsi dari *hybrid offshore supply vessel* yang efisien dan hemat bahan bakar?
3. Bagaimana kerja sistem hibrida yang terdapat pada *offshore supply vessel* yang akan didesain sehingga mengurangi biaya penggunaan bahan bakar?
4. Bagaimana menentukan nilai ekonomis dari desain *hybrid offshore supply vessel?*

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain *hybrid offshore supply vessel* yang sesuai dengan karakteristik Lapangan TSB, meliputi ukuran utama, *Lines Plan*, *General Arrangement* dan 3D.
2. Memperoleh desain sistem propulsi dari *hybrid offshore supply vessel* yang efisien dan hemat bahan bakar.
3. Menjelaskan sistem kerja hibrida yang terdapat pada kapal dengan kombinasi daya dari *fuel cell* dan diesel.
4. Menentukan nilai ekonomis dari desain *hybrid offshore supply vessel*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan Tugas Akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain *hybrid offshore supply vessel* untuk Lapangan TSB hanya sebatas konsep desain.
2. Kapal hanya beroperasi di Lapangan TSB, Kangean.
3. Tidak menghitung konstruksi kapal secara detail.

1.5. Manfaat

Dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, dapat menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktisi, dari hasil penelitian ini didapatkan suatu desain *hybrid offshore supply vessel* yang hemat bahan bakar dan ramah lingkungan sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam pengembangan fasilitas di lapangan TSB Kangean dan galangan.

1.6. Hipotesis

Hasil penelitian ini akan menghasilkan desain *hybrid offshore supply vessel* yang hemat bahan bakar dan ramah lingkungan beserta perhitungan performanya yaitu *Fuel Oil Consumption* (FOC), sesuai dengan karakteristik dari Lapangan TSB sehingga dapat mengurangi biaya operasi dari eksplorasi dan eksploitasi di Lapangan TSB, Kangean.

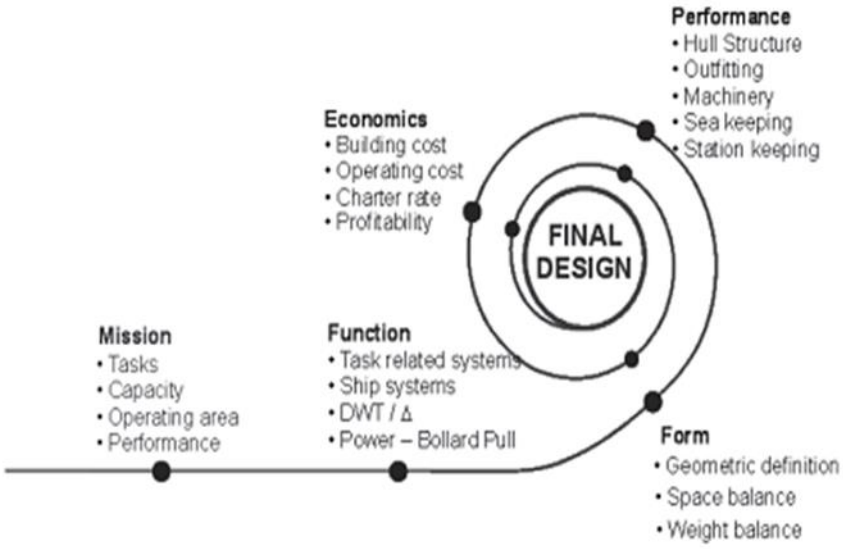
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

2.1.1. Proses Desain Kapal

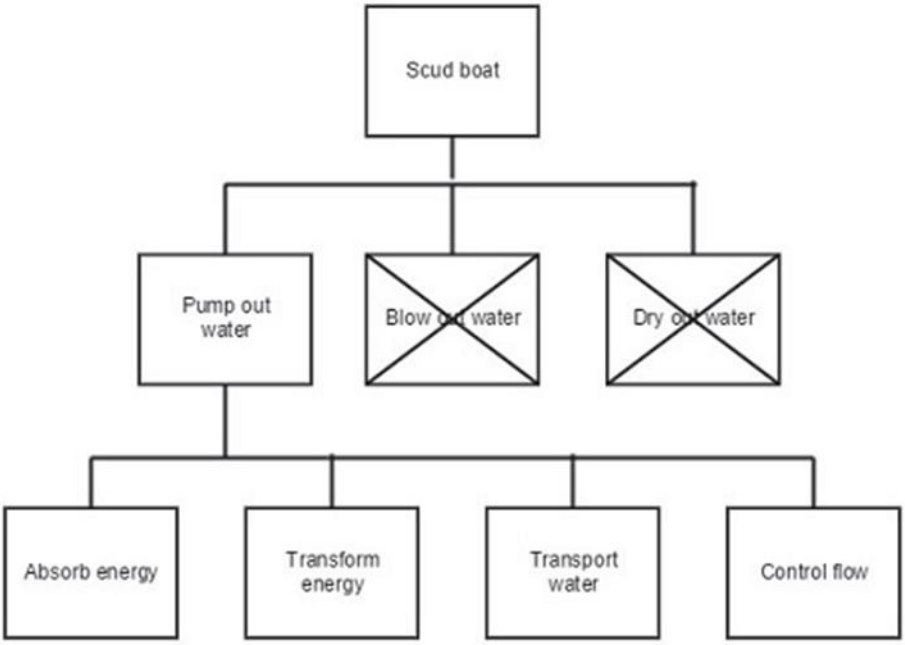
System Based Ship Design (SBSD) ditemukan oleh Kai Levander. Ini pertama kali dikenalkan pada tahun 1991 di *International Marine Design Conference* (IMDC) di Jepang (Levander K. , 2012). Pendekatan menggunakan metode ini mengurangi jumlah pengulangan yang diperlukan untuk menemukan solusi yang terbaik, dibandingkan dengan metode desain kapal secara konvensional. Ini karena metode tersebut membantu meluruskan diagram dari desain spiral (Levander S. O., 2012). Erikstad dan Levander (2012) menyajikan spiral design untuk SBSD bangunan lepas pantai dalam laporan mereka "*System Based Design of Offshore Support Vessels*". Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.1. Diagram spiral ini terlihat hampir sama pada semua kasus desain dan dimasukkan hanya untuk menggambarkan metodologi.



Gambar 2.1 Desain Spiral yang Menggambarakan Proses SBSD
Sumber: Erikstad and Levander, 2012

Metode SBSD dimulai dengan penentuan tujuan (*mission*) yang akan dicapai oleh kapal. Tujuan ini adalah dasar untuk mendefinisikan fungsi (*function*) kapal yang relevan. Fungsi suatu produk ditentukan dari tujuan awal dibuatnya produk tersebut. Setelah fungsi diatur, solusi yang memungkinkan untuk memenuhi fungsi ini kemudian dipilih lewat pertimbangan desainer. Ketika solusi yang tepat dipilih, sub fungsi selanjutnya yang relevan ditentukan

sampai fungsi utamanya tercapai. Fungsi ini adalah yang digunakan sebagai solusi (solution) dalam proses desain supaya produk beroperasi seperti yang diinginkan, dan umumnya dikenal dengan nama persyaratan fungsional (*functional requirements*). Jakobsen (1990) menggambarkan pendekatan analisis fungsional ini dalam bukunya "Produktutvikling". Gambaran ilustrasinya disajikan pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Contoh ilustrasi analisis fungsional
Sumber: Jakobsen, 1990

Setelah ditentukan, persyaratan fungsional ditransformasikan lebih lanjut menjadi data input yang relevan untuk proses desain. Input terdiri dari ketentuan dan item yang berkaitan untuk operasi kapal, berdasarkan persyaratan fungsional. Selanjutnya, akan ditentukan kapasitas kapal yang diperlukan. Dengan menerapkan input dalam eksplorasi parametrik, maka akan terbentuk dimensi utama kapal yang memenuhi persyaratan kapasitas tersebut. Setelah dimensi utama ditentukan, *performance* kapal ditentukan. Hal ini mencakup kecepatan, ketahanan (*endurance*) dan peralatan keselamatan. Akhirnya, biaya pembangunan dan operasi kapal dihitung (Levander K. , 2012). Dimungkinkan untuk melakukan proses desain menggunakan metode ini untuk lebih dari satu desain secara bersamaan. Dengan cara ini, berbagai alternatif hasil desain dapat dibandingkan pada tingkat yang lebih rinci daripada ketika menggunakan spiral desain konvensional.

2.1.2. Metode Perancangan Kapal

Perancangan kapal merupakan hasil dari permintaan pemilik kapal (*owner*) yang dituangkan dalam bahasa teknikal oleh *drafter*. Tujuan dari perancangan kapal ialah untuk tolak ukur awal yang digunakan untuk mendesain kapal yang sesuai dengan misi dan mematuhi peraturan yang ada. Aspek-aspek yang perlu disepakati oleh kedua pihak dapat berupa segi teknis, ekonomis dan juga artistik kapal. Dalam perancangan kapal terdapat beberapa metode yang digunakan sebagai pendekatan desain. Secara umum, metode perancangan kapal diklasifikasikan menjadi 5 jenis yaitu (Parsons, 2008);

a. *Parent Design Approach*

Pendekatan ini merupakan pendekatan yang membandingkan desain kapal dengan kapal sejenis yang sudah ada. Para *drafter* mengambil satu kapal yang sudah ada yang memiliki rekam jejak performa yang bagus untuk dijadikan acuan perancangan kapal yang akan dirancang. Perancangan kapal dengan metode ini memakan waktu yang lebih cepat dan performa (*stability*, *motion* dan *ressistance*) yang lebih stabil. Hal ini dikarenakan aktivitas yang dilakukan hanyalah modifikasi kapal acuan. Kekurangan metode ini adalah kesulitan merancang apabila terdapat teknologi yang baru.

b. *Parametric Design Approach*

Pendekatan ini adalah metode yang mendefinisikan sebuah objek kapal dengan menggunakan parameter seperti L,B, T, Cb, LCB, dll sebagai *main dimension.* Parameter-parameter tersebut didapatkan dari hasil regresi beberapa kapal pembanding kemudian disesuaikan dengan keinginan *owner.* Setelah penentuan parameter, kemudian dilakukan penghitungan hambatan kapal (Rt), perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan berat LWT & DWT, perhitungan titik berat, trim, *freeboard*, dll.

c. *Iteratif Design Approach*

Pada pendekatan ini difokuskan pada perbaikan-perbaikan yang berulang dari setiap proses perencanaan kapal seperti *prototyping*, *testing* dan *analyzing*. Kapal akan dilakukan iterasi berkali-kali dan dilakukan pengoreksian. Kelebihan dari pendekatan ini adalah hasil peningkatan kualitas dan fungsional kapal yang sudah ada. Pendekatan ini biasanya dilakukan oleh para ahli yang memiliki pengalaman dan pengetahuan yang luas.

d. *Trend Curve Approach*

Pendekatan *trend curve* merupakan pendekatan dengan menggunakan analisis statistik berupa regresi. Data didapat dari beberapa kapal yang dijadikan kapal pembanding. Hasil regresi dari beberapa kapal tersebut ditarik semua persamaan yang kemudian dijadikan rumus untuk merancang kapal yang baru.

e. *Optimation Design Approach*

Pendekatan ini bertujuan untuk mencari desain yang dapat menekan *Economic Cost of Transportation* (ECT). Fokus utama dari desain ini adalah pengoptimalan ukuran kapal dan kebutuhan daya motor penggerak terhadap *basic design.*

2.1.3. Ukuran Utama Kapal

Hal yang paling mendasar dalam perancangan kapal ialah ukuran utama (*main dimension).* Ukuran utama ini merupakan data yang didapat dari hasil pendekatan perancangan kapal-kapal pembanding seperti yang sudah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Ukuran utama yang dicari harus sesuai dengan jenis kapal yang telah ditentukan. Berikut adalah ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding;

a. Loa (*Lenght Overall)*

Loa merupakan panjang keseluruhan badan kapal yang diukur secara horizontal dari titik terluar depan hingga titik terluar belakang kapal.

b. Lwl (*Lenght Waterline)*

Lwl merupakan panjang garis air yang diukur dari badan kapal yang tercelup air dari bagian depan hingga belakang kapal.

c. Lpp (*Lenght Between Prependicular)*

Lpp adalah panjang kapal yang di ukur antara garis tegak vertikal di buritan (*after perpendicular*) dan garis tegak vertikal di haluan (*fore perpendicular*).

d. Bm *(Modulated Breadth*)

Bm adalah lebar terbesar yang diukur dari tengah kapal. Pada kapal baja, pengukuran dilakukan pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal. Sedangkan kapal yang terbuat dari kayu dan bahan non-logam lainnya, diukur dari dua sisi terluar kapal.

e. H (*Height)*

H ialah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak terendah, ditepi diukur ditengah-tengah panjang kapal (Lpp).

f. T (*Draught)*

T atau kata lainnya sarat yang direncanakan adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

2.1.4. Koefisien Bentuk Badan Kapal

Beberapa koefisien yang yang dihitung dalam perencanaan kapal adalah koefisien blok (C_B), koefisien prismatik (C_P), koefisien *midship* (C_M), koefisien *waterplane* (C_{WP}), LCB dan juga *displacement.*

a. Koefisien Blok (C_B)

Koefisien Blok merupakan perbandingan antara volume karene (badan yang tercelup air) dengan volume sebuah balok berdimensi panjang, lebar dan tinggi untuk melihat kerampingan atau kegemukan suatu kapal. Hasil dari C_B berkisar antara 0,20 – 0, 84. Rumus menghitung C_B menurut Watson & Gilfillan adalah:

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

b. Koefisien *Midship* (C_M)

Koefisien ini membandingkan luas penampang di bagian tengah kapal yang tercelup ke dalam air dengan luas persegi yang dimiliki ukuran B dan T. C_M diformulasikan sebagai berikut:

$$C_M = \frac{A_M}{B.T} \quad (2.2)$$

Dan menurut Watson & Gilfillan nilai C_M dapat dihasilkan melalui persamaan berikut:

$$C_M = 0.997 + 0.085(C_B - 0.6) \quad (2.3)$$

c. Koefisien *Waterplane* (C_{WP})

Koefisien garis air adalah koefisien yang membandingkan luas penampang air dengan luas persegi yang memiliki dimensi Lwl dan B. Rumus untuk mendapatkan C_{WP} ialah sebagai berikut:

$$C_{WP} = \frac{\mathrm{CB}}{0.471 + 0.551\mathrm{CB}} \quad (2.4)$$

d. Koefisien Prismatik (C_P)

Keofisien prismatic adalah perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang L. Rumus untuk mendapatkan nilai C_P adalah:

$$C_P = \frac{\mathrm{CB}}{\mathrm{CM}} \quad (2.5)$$

e. *Longitudial Center of Buoyancy* (LCB)

LCB merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Hasil dari perhitungan LCB bisa bernilai positif dan juga negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi kapal dan juga trim (Parsons, 2001).

$$CB = -13.5 + 19.4\, C_P \quad (2.6)$$

f. Displacement

Displacement adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton).

$$Volume\ Disp\ (\nabla) = L.B.T.C_B \quad (2.7)$$

$$Disp\ (\Delta) = L.B.T.C_B.\rho \quad (2.8)$$

2.1.5. Hambatan Kapal

Hambatan kapal adalah gaya fluida yang bekerja berlawanan arah dengan gerak kapal pada kecepatan tertentu (Lewis, 1988). Pendekatan untuk menghitung besarnya hambatan kapal ialah sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2}\,\rho V^2 S_{Tot}[C_F(1+k) + C_A] + \frac{R_W}{W}W \quad (2.9)$$

a. Koefisien Hambatan Gesek

Salah satu sifat fluida adalah memiliki kekentalan atau viskositas. Efek yang timbul dari sifat ini adanya gesekan yang timbul apabila dilewati oleh suatu benda. Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya hambatan gaya gesek yaitu:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} \quad (2.10)$$

b. Luas Permukaan Basah

Seluruh badan kapal yang tercelup didalam air memliki luas permukaan. Hal inilah yang disebut sebagai luas permukaan basah. Selain luasan badan kapal, terdapat luasan tambahan seperti luas *rudder*, *bilge keel*, dll. Hambatan kapal juga dipengaruhi oleh luas permukaan basah. Kapal yang memiliki luas permukaan basah yang besar maka hambatan yang dihasilkan kapal juga besar, dan sebaliknya bila luas permukaan basah kecil maka hambatan yang dihasilkan pun kecil.

c. Koefisien Bentuk

Keofisien bentuk kapal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$(1+k) = (1+k_1) + [(1+k_2) - (1+k_1)]\frac{S_{app}}{S_{tot}} \quad (2.11)$$

d. Correlation Allowance

Correlation Allowance adalah perbandingan antara sarat (T) dengan panjang garis air (Lwl).

$$CA = \frac{T}{Lwl} \quad (2.12)$$

e. Koefisien Hambatan Gelombang

Gaya yang menghambat gerak kapal dinamakan hambatan gelombang. Hambatan gelombang diperoleh dari gelombang air yang memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal. Rumus untuk menghitung koefisien hambatan gelombang adalah sebagai berikut:

$$Rw = C_1.C_2.C_3.e^{m_1.Fn^d + m_2 COS(\lambda Fn^2)} \quad (2.13)$$

f. Gaya Berat

Gaya berat dilakukan sesuai dengan prinsip hukum Newton III. Sehingga persamaan gaya berat kapal ialah sebagai berikut:

$W = Displacement$ (ton) x Percepatan Gravitasi (m/s2) (2.14)

2.1.6. Propulsi Kapal

Setelah mengetahui hambatan total yang dihasilkan kapal, desainer dapat menentukan kapasitas diesel generator utama untuk melawan hambatan tersebut. Kapasitas dari diesel generator utama yang memenuhi dapat ditentukan dengan mencari nilai *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah cara mendapatkan BHP

a. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang diperlukan kapal untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). Untuk mendapatkan nilai EHP dapat dilakukan dengan persamaan di bawah,

$$P_E = R_T.v \quad (2.15)$$

b. *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai pada *propeller*. Dipengaruhi oleh efesiensi *hull* (ηH), *relative-rotative efficiency* (ηH), dan *open water efficiency* (ηO). Untuk mencari nilai DHP dapat menggunakan persamaan di bawah,

$$P_D = \frac{P_E}{\eta H.\eta H.\eta O} \quad (2.16)$$

c. *Shaft Horse Power* (SHP)

SHP merupakan daya yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan letak kamar mesin di bagian belakang dan di tengah kapal memiliki *seal efficiency* (ηS) dan *line shaft bearing efficiency* (ηB).

$$P_S = \frac{P_D}{\eta S.\eta B} \quad (2.17)$$

d. *Break Horse Power* (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh diesel generator utama untuk mencapai kecepatan yang direncanakan. Persamaan untuk menghitung BHP adalah

$$P_B = \frac{P_D}{\eta T} \quad (2.18)$$

e. *Maximum Continious Rates* (MCR)

MCR adalah daya yang telah ditambahkan akibat loss dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BPH menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 15%-25%.

2.1.7. Berat Kapal

Berat keseluruhan kapal terdiri dari dua komponen yaitu *lightweight tonnage* (LWT) dan *deadweight tonnage* (DWT).

a. DWT

DWT adalah merupakan berat dari muatan yang tidak tetap yang meliputi berat *payload*, bahan bakar, minyak lumas, air tawar, bawaan penumpang, dan kebutuhan penumpang. Perhitungan tiap-tiap berat komponen ini dihitung dengan sesuai kebutuhan kapal.

b. LWT

LWT adalah merupakan berat dari muatan kapal kosong yang meliputi berat lambung kapal, *superstructure*, *deckhouses*, permesinan, peralatan dan perlengkapan kapal. Dengan menggunakan rumus pendekatan bisa didapatkan berat dari struktur kapal secara keseluruhan meliputi *hull* kapal, *superstructure*, serta *deckhouse*. Berikut rumus yang dipakai (Parsons, 2008)

$$W_{ST} = L.B.D_A.C_S\ (Ton) \quad (2.19)$$

D_A merupakan ukuran tinggi kapal yang disesuaikan menurut tinggi dari tiap *deckhouse* dan *superstructure.*

$$D_A = H + \frac{V_A + V_{DH}}{L.B} \quad (2.20)$$

C_S dapat dihitung dengan persamaan

$$C_S = C_{SO} + 0.06\, e^{-(0,5U+0,1U^{2.45})} \quad (2.21)$$

$$U = \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) \quad (2.22)$$

Dengan C_{SO} merupakan koefisien berdasarkan jenis kapal seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 CSO Berdasarkan Tipe Kapal

TIPE KAPAL	C_{SO}
Bulk carriers	0.0700
Cargo ship (1 deck)	0.0700
Cargo ship (2 decks)	0.0760
Cargo ship (3 decks)	0.0820
Passenger ship	0.0580
Product carriers	0.0664
Reefers	0.0609
Rescue vessels	0.0232
Support vessels	0.0974
Tanker	0.0752
Train ferries	0.6500
Tugs	0.0892
VLCC	0.0645

Sumber: Parsons, 2001

2.1.8. Freeboard

Freeboard atau lambung timbul adalah jarak vertikal antara garis geladak lambung timbul ke arah bawah hingga sisi atas garis muat yang diukur pada tengah kapal. Kuroda *et al.* (2003) menyatakan bahwa kapal dengan nilai *freeboard* yang minimum memiliki risiko terbalik yang besar disbanding dengan kapal dengan nilai *freeboard* yang besar. Panjang *freeboard* adalah panjang yang diukur dari 96% panjang garis air (Lwl) pada 85% tinggi kapal-kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% Lwl pada 85% tinggi *moulded*. Lebar *freeboard* adalah lebar yang diukur pada bidang tengah kapal. *Freeboard* memiliki tujuan sebagai daya apung cadangan untuk menjaga keselamatan penumpang, *crew*, muatan, dan kapal itu sendiri. *Freeboard* pada kapal harus memenuhi persyaratan dari *International Maritime Organization* (IMO) melalui *International Convention on Load Lines* (ICLL).

2.1.9. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas menurut (Rawson, K.J. and Tupper, E.C., 2001) adalah kecenderungan suatu *floating body* atau *system* untuk kembali ke posisi awal setelah mendapatkan gangguan-gangguan kecil pada saat beroperasi. Gangguan tersebut dapat bisa berasal dari dalam maupun luar kapal. Gangguan eksternal dapat berupa gelombang dan angin, sedangkan gangguan

internal seperti perpindahan muatan (*listing*). Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain (International Maritime Organization, 2008) :

1. *Metacentre* (M) adalah sebuah titik perpotongan antara 2 garis vertikal dari titik *buoyancy* dengan 2 sudut heel yang besarnya berbeda. Titik *metacentre* dapat dikatakan sebagai titik sumbu putar dari gerakan kapal.
2. *Centre of Buoyancy* (B) adalah sebuah titik tangkap gaya tekan keatas dari kapal. Secara fisik, titik *buoyancy* merupakan titik berat dari volume badan kapal yang tercelup dalam air.
3. *Centre of Gravity* (G) adalah titik berat dimana semua gaya gravitasi dari semua komponen kapal bekerja. Arah dari gaya tersebut adalah ke bawah.

Titik-titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

a. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus KM = KB + BM.

b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972). Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari berdasarkan ketentuan:

- Untuk kapal tipe plat *bottom*, KB = 0,50d
- Untuk kapal tipe V *bottom*, KB = 0,67d
- Untuk kapal tipe U *bottom*, KB = 0,53d

c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

BM dinamakan jari-jari metasentris atau *metacentris radius* karena bila kapal oleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (10°-15°).

d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal

dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

e. GM (Tinggi Metasentris)

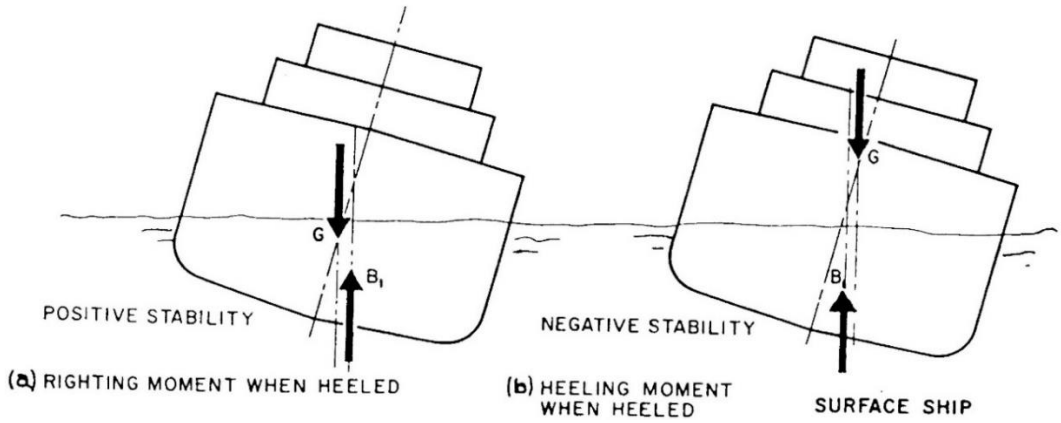
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) meruapakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

GM = KM – KG

GM = (KB + BM) – KG

f. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Momen Miring (*Heeling Moment*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi, sementara momen miring adalah momen yang akan menjauhkan kapal dari kedudukan tegaknya. Seperti pada Gambar 2.3 merupakan sketsa momen penegak dan momen miring (Lewis, PNA Vol.I, 1988).



Gambar 2.3 Momen Penegak (*Righting*) dan Momen Miring (*Heeling*)
Sumber: PNA Vol.I, 1998

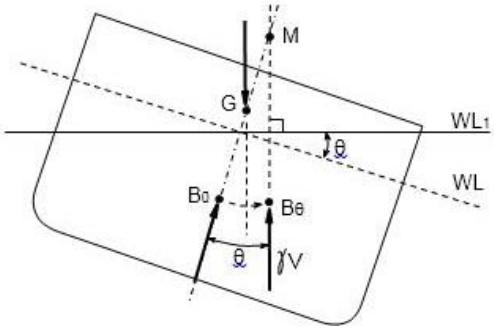
Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah:

a. Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup dalam air.
b. Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
c. *Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu:

1. Stabilitas Positif (*Stable Equlibrium*)

   Suatu kedaan dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas kokoh sewaktu miring pasti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.

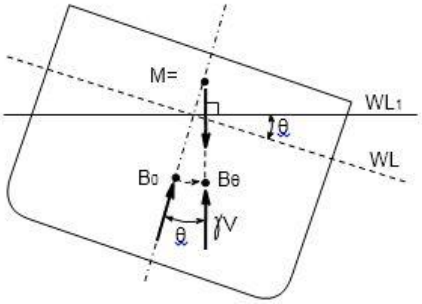


Gambar 2.4 Kondisi Stabilitas Positif
Sumber: PNA Vol.I, 1998

Pada Gambar 2.4 mengambarkan stabilitas positif dimana titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

2. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

   Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal miring dan tidak ada momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.

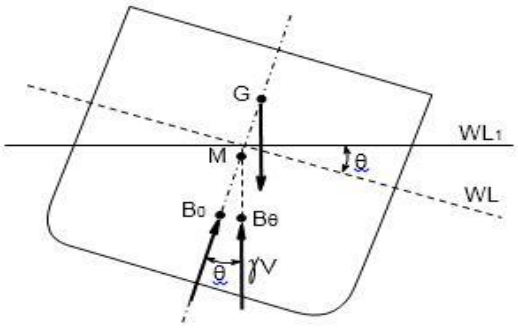


Gambar 2.5 Kondisi Stabilitas Netral
Sumber: PNA Vol.I, 1998

Pada Gambar 2.5 menggambarkan stabilitas netral dimana titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

3. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

   Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *heeling moment* sehingga kapal akan bertambah miring. Kondisi stabilitas negatif ini ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Kondisi Stabilitas Negatif
Sumber: PNA Vol.I, 1998

Beberapa kriteria dalam menghitung stabilitas kapal berdasarkan *Intact Stability* (IS) *Code* Reg. III/3.1, yang isinya adalah sebagai berikut:

1. $e_{0.30^o} \geq 0.055$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^o \geq 0.055$ m rad.
2. $e_{0.40^o} \geq 0.09$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^o \geq 0.09$ m rad.
3. $e_{30,40^o} \geq 0.03$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^o \sim 40^o \geq 0.03$ m rad.
4. $h_{30^o} \geq 0.2$ m, lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. h_{max} pada $\phi_{max} \geq 25^o$, lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25°.
6. $GM_0 \geq 0.15$ m, tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

2.1.10. Perhitungan GT dan NT

Tonase kapal yang merupakan hasil dari pengukuran volume-volume ruangan-ruangan tertutup pada kapal sangatlah penting untuk diketahui karena besarnya tonase kapal erat

kaitannya dengan pengoperasian kapal tersebut nantinya. Dari segi ekonomi, tonase kapal akan berpengaruh pada besarnya pengeluaran oleh pemilik kapal dan besarnya pendapatan pajak pemerintah dari pajak terhadap kapal tersebut yaitu pada saat kapal akan dilakukan *docking* atau pada saat tambat di pelabuhan. Adapun besarnya tonase kapal yang didesain dengan tonase kapal yang didapat setelah dilakukan pengukuran oleh ahli ukur tidak boleh terlalu jauh perbedaannya karena akan menyebabkan kerugian, baik kerugian untuk pemilik kapal atau pemerintah.

Tonase pada kapal ada dua macam yaitu *Gross Tonnage* (GT) dan *Net Tonnage* (NT). *Gross tonnage* (GT) merupakan ukuran volume ruangan kapal yang tertutup secara keseluruhan, mulai dari ruangan kapal dibawah geladak cuaca (V_U) sampai ruangan bangunan atas kapal (V_H) Pengukuran *Gross Tonnage* (GT) menggunakan cara pengukuran internasional berdasarkan ketetapan yang ada dalam *International Convention on Tonnage Meaurements of Ships*. Pengukuran GT kapal dapat ditentukan sesuai dengan rumus II.23 (International Maritime Organization, 1969)

$$GT = K_1 V \tag{2.23}$$

Dimana V merupakan jumlah isi semua ruang-ruang tertutup pada kapal yang dinyatakan dalam meter kubik dan K_1 merupakan koefisien yang diperoleh dari hasil interpolasi linear, rumus K_1 dapat dilihat pada rumus II.23 (International Maritime Organization, 1969).

$$K_1 = 0{,}2 + 0{,}02 \log 10(V) \tag{2.24}$$

Net Tonnage (NT) atau tonase bersih adalah perhitungan ruang dalam kapal untuk muatan (*cargo*) kapal. *Net Tonnage* dinyatakan dalam ton yang merupakan representasi dari dari 100 kubik kaki yang setara dengan 2,83 m^3. Pengukuran *Net Tonnage* dapat ditentukan dengan menggunakan formula berikut (IMO, 1969):

$$NT = K_2 \; x \; V_C \; x \; (\frac{4d}{3D})^2 + K3 \; x \; (N1 + \frac{N2}{10}) \tag{2.25}$$

Dimana *d* merupakan sarat kapal (*draught*), *D* merupakan nilai dari tinggi kapal (*depth*). N_1 merupakan jumlah penumpang dalam kabin (tidak boleh lebih dari 8 orang), dan N_2 merupakan jumlah dari penumpang lainnya. Nilai dari K_2 didapatkan dengan formula berikut:

$$K_2 = 0{,}2 + 0{,}02 \log 10(Vc) \tag{2.26}$$

Vc merupakan nilai volume dari muatan kapal yang dinyatakan dalam meter kubik. Nilai K_3 dapat dihitung dengan menggunaan rumus berikut:

$$K_3 = 1{,}25 \; x \; \frac{GT+10000}{10000} \tag{2.27}$$

2.1.11. *Break Event Point*

Break event point (BEP) disebut juga titik impas. Titik ini merupakan titik pertemuan antara pengeluaran dengan pemasukan. Bila ditinjau dari segi investasi, maka titik ini adalah titik dimana pendapatan yang dihasilkan sama dengan biaya yang dikeluarkan untuk berinvestasi dalam pembuatan suatu kapal. Pada titik ini pemilik modal tidak mendapatkan keuntungan ataupun mengalami kerugian. Rumus untuk menghitung BEP adalah sebagai berikut (Sudana, 2015) :

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{1-(Variable\ Cost/Price)} \quad (2.28)$$

Keterangan

Fixed Cost : biaya yang memiliki nominal harga yang tetap harganya

Variable Cost : biaya yang berubah tergantung unit

Cost/price : harga biaya sewa

2.1.12. *Net Present Value*

Net present value (NPV) merupakan metode penilaian investasi dengan memperhatikan *time value of money*. (Sudana, 2015) mengatakan, metode *net present value* ini menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional maupun terminal *cash flow*) dimasa yang akan datang. Penilaian kelayakan sebuah investasi dilihat dari nilai NPV. Bila NPV menghasilkan angka yang positif, maka investasi tersebut dinilai layak. Dan sebaliknya bila NPV negatif maka proyek tersebut dinilai kurang layak untuk berinvestasi. Rumus untuk menentukan NPV adalah:

$$NPV = \frac{R_t}{(1+i)^t} \quad (2.29)$$

Keterangan

Rt : arus kas bersih

i : arus pengembalian (*rate of return*)

t : waktu

2.1.13. *Profitability Index*

Metode *Profitability Index* (PI) adalah metode yang membandingkan antara *present value* dari penerimaan dengan *present value* dari investasi. Sebuah usaha dikatakan bagus apabila nilai dari *profitability index* nya lebih dari 1. Rumus dari *profitability index* adalah sebagai berikut (Sudana, 2015) :

$$PI = \frac{PV\ of\ future\ cash\ flow}{initial\ investment} \quad (2.30)$$

2.1.14. *Internal Rate Return*

Pengertian *internal rate of return* adalah besarnya tingkat pengembalian modal sendiri yang dipergunakan untuk menjalankan usaha. Jadi *internal rate of return* ini mengukur kemanfaatan modal sendiri untuk menghasilkan laba. Menurut Kuswadi (2007:41), IRR adalah suatu tingkat bunga (bukan bunga bank) yang menggambarkan tingkat keuntungan proyek dimana nilai sekarang netto dari seluruh ongkos investasi proyek, jumlahnya sama dengan biaya investasi. Pendapat lain menurut Sutrisno (2009:127), *Internal Rate of Return* (IRR) adalah tingkat *discount rate* yang dapat menyamakan PV *of cashflow* dengan PV *of investment.*

2.1.15. *Payback Period*

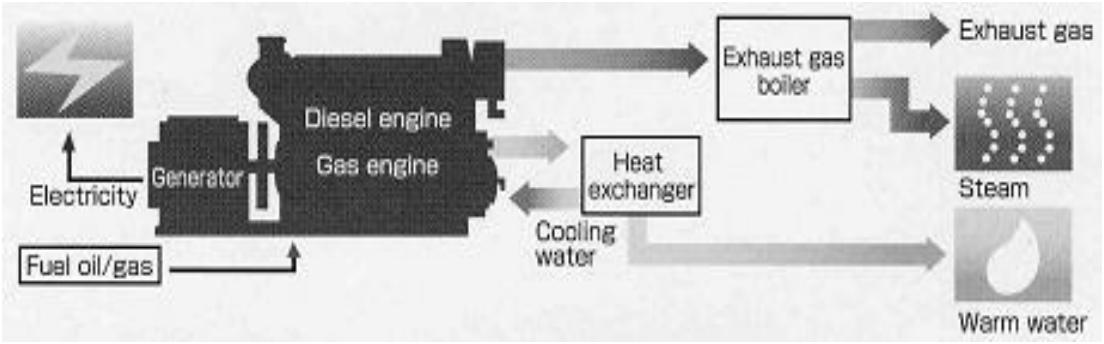
Metode *payback period* merupakan metode penghitungan investasi dalam jangka waktu tertentu yang menunjukkan terjadinya arus penerimaan kas (*cash inflows*) secara kumulatif sama dengan jumlah investasi dalam bentuk *present value*. Atau metode *payback period* merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu pengembalian investasi suatu proyek atau usaha. Menurut Riyanto (2001:125), *payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan *proceeds* atau aliran kas neto (*neto cash flows*).

$$Payback\ period = \frac{total\ investasi}{arus\ kas\ keuntungan\ tahunan} \tag{2.31}$$

2.2. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Sistem Propulsi *Hybrid*

Sistem propulsi *hybrid* merupakan kombinasi mesin penggerak kapal, antara lain *diesel engine* dan *electric motor*, *diesel engine* dan *gas turbine*, *diesel engine* dan *steam turbine*, *biodiesel engine* dan *electric motor*, *fuel engine* dan *diesel engine*, *diesel engine* dan *solar cell electric motor, gas engine* dan *diesel engine,* dan lain-lain (Ridwan, 2010). Sistem hibrida ini disamping untuk efisiensi pemakaian bahan bakar juga dapat memberikan efisiensi ruang/kamar mesin kapal. Selain hal tersebut, energi yang dihasilkan dimanfaatkan seekonomis mungkin, seperti terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Hybrid system of gas and diesel engine*
Sumber: Ridwan, 2010

2.2.2. *Offshore Supply Vessel*

Dalam Tugas Akhirnya (Farid, 2012) menyebutkan bahwa. "*Supply vessel* merupakan kapal yang dirancang secara khusus dan berfungsi sebagai kapal pemasok kebutuhan *rig* dan *offshore platform* serta sebagai penunjang kegiatan di lepas pantai. Selain itu *supply vessel* juga dapat membawa muatan besar (pipa *offshore* atau *spare part*), dan mampu beroperasi dengan aman dan nyaman (Lamb, 2003-2004)". *Supply vessel* memiliki lambung yang terdapat tangki-tangki seperti tangki muatan (*cargo tank*), tangki bahan bakar, tangki ballas, dan tangki air tawar untuk *rig* dan *offshore platform*. Contoh dari *offshore supply vessel* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Gambar 2.8 Contoh gambar *offshore supply vessel*
sumber: commons.wikimedia.org

Geladak utama pada *supply vessel* digunakan untuk tempat *general cargo* yang terdiri dari peralatan pengeboran seperti pipa, bor, dan perlengkapan lainnya. Sebagian besar muatan *supply vessel* diletakkan secara kombinasi. Penempatan muatan bisa diletakkan di atas geladak

dan di bawah geladak. Penempatan muatan tersebut berfungsi untuk menunjang stabilitas kapal menjadi lebih baik. *Supply vessel* mempunyai jenis khusus yang dibangun berdasarkan fungsi tertentu. *Supply vessel* jenis ini dilengkapi dengan peralatan pemadam kebakaran serta peralatan *fire platform monitor* yang berfungsi untuk mengatasi kebakaran. Beberapa *supply vessel* juga dilengkapi dengan peralatan pemulihan minyak untuk membantu dalam pembersihan minyak yang tumpah di laut.

Secara umum *supply vessel* mempunyai fungsi khusus, fungsi khusus ini nantinya akan menentukan tipe *supply vessel*. Fungsi *supply vessel* tersebut antara lain.

1. Survei seismic untuk menempatkan formasi bantalan geological minyak dan gas di bagian bawah laut.
2. Menarik *drilling rig* menuju lokasi eksplorasi serta memposisikan struktur-struktur bangunan laut, dan meletakkan jangkar-jangkar serta penambatan.
3. Melakukan proses *supply* kebutuhan *rig* dan *offshore platform*, antara lain: kebutuhan hidup manusia di laut, kebutuhan peralatan dan suku cadang mekanis (*equipment*), dan material-material dan lain-lain.
4. Pergantian *crew*.
5. Pemindahan material-material yang tidak terpakai lagi menuju *shorebase*.
6. Operasi bawah laut, termasuk Inspeksi dan operasi ROV (*Remotely Operated Vehicle*) atau pesawat selam kendali, Menunjang kegiatan penyelaman, Penyelesaian kegiatan bawah laut termasuk penggalian dan penempatan pipa, Pemeriksaan dan pemeliharaan bawah laut.
7. Keselamatan.
8. *Oil recovery/oil combat*, menampung tumpahan minyak.
9. Kombinasi dari beberapa fungsi di atas.

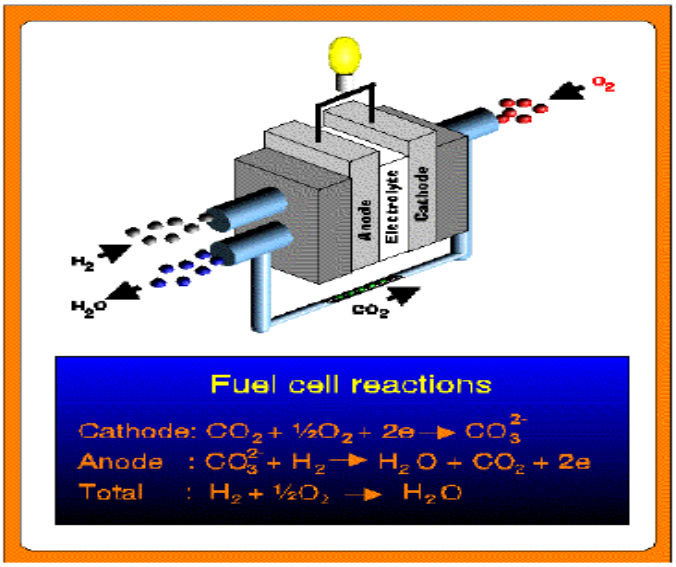
2.2.3. Generator Diesel

Generator Diesel adalah sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik. Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Mesin diesel sebagai penggerak mula berfungsi menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator. Motor diesel dinamai juga motor penyalaan kompresi (*compression ignition engine*) oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan

menyemprotkan bahan bakar kedalam udara bertekanan dan temperature tinggi, sebagai akibat dari proses didalam ruang bakar kepala silinder.

2.2.4. *Fuel Cell*

Fuel cell adalah sel bahan bakar yang menghasilkan energi listrik, yang dihasilkan oleh proses elektrokimia dengan memanfaatkan elektron bebas dan proton yang di konversi menjadi energi elektrik. *Fuel cell* merupakan alat yang mampu menghasilkan listrik arus searah. Alat ini terdiri dari dua buah elektroda, yaitu anoda dan katoda yang dipisahkan oleh sebuah membran polimer yang berfungsi sebagai elektrolit. Membran ini sangat tipis, ketebalannya hanya beberapa mikrometer saja. Hidrogen dialirkan ke dalam *fuel cell* yaitu ke bagian anoda, sedang oksigen atau udara dialirkan ke bagian katoda, dengan adanya membran, maka gas hidrogen tidak akan bercampur dengan oksigen. Membran dilapisi oleh platina tipis yang berfungsi sebagai katalisator yang mampu memecah atom hidrogen menjadi elektron dan proton. Proton mengalir melalui membran, sedang elektron tidak dapat menembus membran, sehingga elektron akan menumpuk pada anoda, sedang pada katoda terjadi penumpukan ion bermuatan positif. Apabila anoda dan katoda dihubungkan dengan sebuah penghantar listrik, maka akan terjadi pengaliran elektron dari anoda ke katoda, sehingga terdapat arus listrik. Elektron yang mengalir ke katoda akan bereaksi dengan proton dan oksigen pada sisi katoda dan membentuk air (Hasan, 2007). Reaksi kimia yang terjadi dalam *fuel cell* dapat dilihat pada Gambar 2.9.

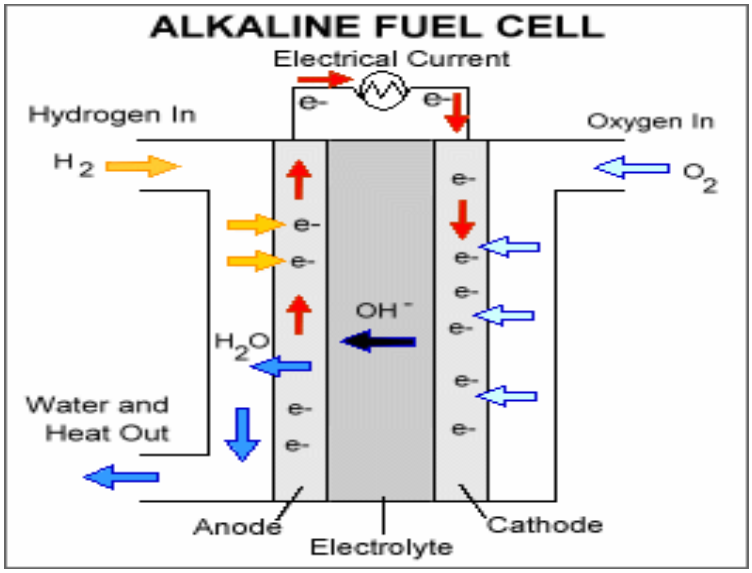


Gambar 2.9 Reaksi kimia yang terjadi pada *fuel cell*
Sumber: www.machine-history.com

Fuel cell memiliki jenis yang beragam dengan tingkat pengembangan dan aplikasi yang berbeda pula. Jenis *fuel cell* dapat dibedakan berdasarkan beberapa karakteristik, diantaranya adalah jenis elektrolit dan bahan bakar yang digunakan. Pemilihan tipe elektolit mempengaruhi perbedaan temperatur kerja masing-masing *fuel cell*. Temperatur kerja dari sel tersebut juga akan mempengaruhi tipe material lain yang digunakan seperti elektroda, elektrolit, katalis dan lain-lain. Temperatur kerja juga mempengaruhi tingkat pemrosesan bahan bakar sebelum masuk ke dalam *unit cell*. Dalam *fuel cell* bertemperatur rendah, semua bahan bakar harus dikonversikan menjadi hidrogen. *Fuel cell* juga dapat diklasifikasikan berdasarkan proses yang terjadi. *Fuel cell* dibagi menjadi langsung, tidak langsung, dan regeneratif. *Fuel cell* langsung dapat diartikan sebagai Sel Bahan Bakar yang langsung menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar yang akan diproses, sedangkan *fuel cell* tidak langsung memakai bahan bakar hidrokarbon lain yang terlebih dahulu diubah menjadi hidrogen. Dan *fuel cell* regeneratif adalah tipe Sel Bahan Bakar yang menggunakan kembali produk yang dihasilkan dalam proses selanjutnya.

Klasifikasi sel bahan bakar yang umum berdasarkan tipe elektrolit dan bahan bakar diantaranya:

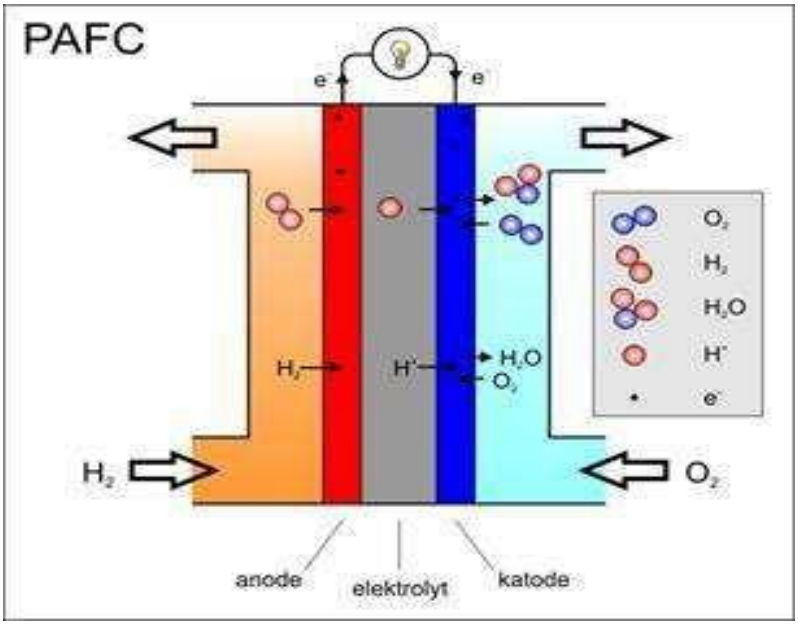
a. *Alkaline Fuel Cell* (AFC) / Sel Bahan Bakar Alkali
    - Efisiensi tinggi 50-70%
    - Temperatur operasi 65-90 C
    - Umpan hidrogen dan udara tidak boleh mengandung CO
    - Korosi dan mahal, sehingga tidak dipakai untuk komersial. Banyak digunakan oleh NASA untuk misi ulang-alik luar angkasa.
    - Jika terjadi kebocoran dalam tangki elektrolit akan terbentuk endapan K_2CO_3
    - Menggunakan elektrolit larutan kalium hidroksida atau larutan alkali



Gambar 2.10 Gambar Skema AFC
Sumber : www.machine-history.com

b. *Phosphoric Acid Fuel Cell* (PAFC) / Sel Bahan Bakar Asam Fosfat

- Pada umpan hidrogen boleh terdapat pengotor
- Efisiensi 40-45%
- Temperatur operasi 175-220 C
- Mudah korosi dan sulfur yang beracun
- Elektolit yang digunakan *phosporic acid*
- PAFC bersifat toleran tehadap kontaminan

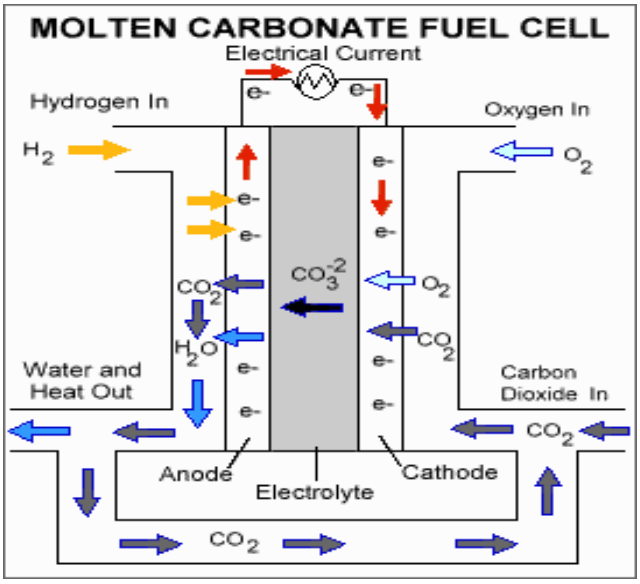


Gambar 2.11 Skema Proses PAFC
Sumber: www.e-sources.com

c. *Molten Carbonate Fuel Cell* (MCFC) / Sel Bahan Bakar Karbon

- Efisiensi tinggi 50-60%
- Temperatur operasi 600-650 C
- Tidak akan terjadi kontaminasi yang disebabkan oleh CO (*Carbon monoksida*)
- Elektrolitnya tidak stabil
- Mudah korosi dan sulfur yang beracun
- Elektrolit yang digunakan *molten lithium carbonate*

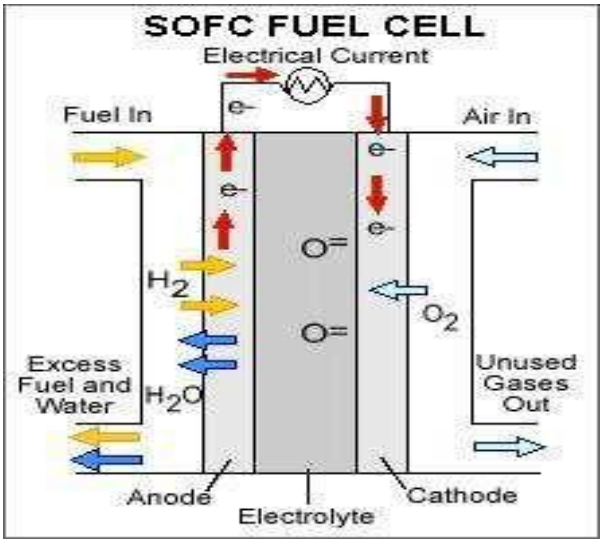
.



Gambar 2.12 Skema MCFC
Sumber: www.machine-history.com

d. *Solid Oxide Fuel Cell* (SOFC) / Sel Bahan Bakar Oksida Padat

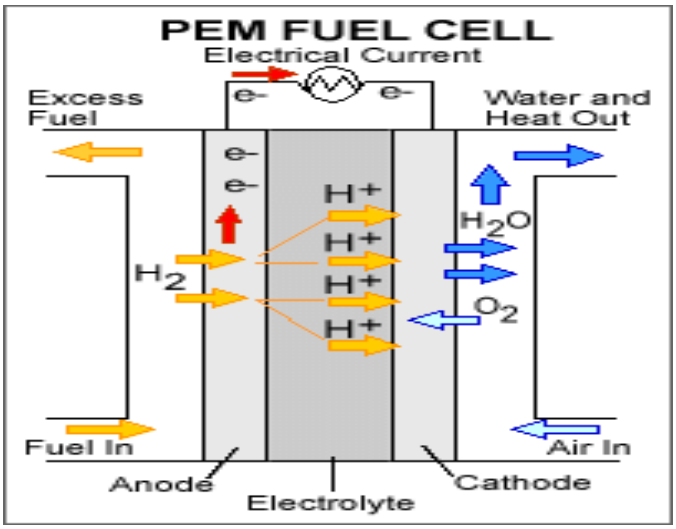
- Efisiensi tinggi 50-60%
- Temperatur operasi 800-1000 C, sehingga reaksi kimia yang tidak diinginkan dapat terjadi di dalam *fuel cell*
- Kemungkinannya untuk menggunakan jenis bahan bakar yang beragam
- Kemungkinannya untuk menggunakan jenis bahan bakar yang
- Mudah terbentuk kerak dan sulfur yang beracun
- Elektrolit yang digunakan ceramic,solid oxide dan zirkonia



Gambar 2.13 Skema SOFC
Sumber: www.machine-history.com

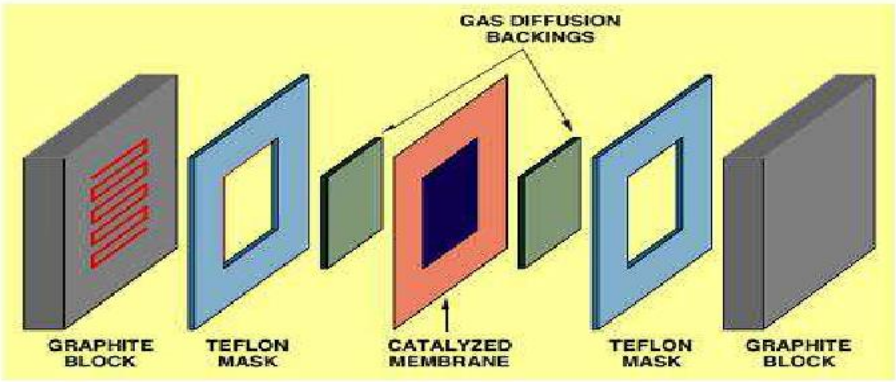
e. *Proton Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) / Sel Bahan Bakar Membran Pertukaran Proton

- Temperatur operasi rendah (60-100 C)
- Efisiensi 40-50%
- Mahal
- Umpan hidrogen tidak boleh mengandung CO
- Elektrolit yang digunakan Asam sulfonat dalam membran padatan. Membran ini secara selektif mengontrol transport proton dari anoda ke katoda dalam *fuel cell*
- *Fuel cell* ini tidak dipakai fluida yang bersifat korosif seperti jenis lainnya.



Gambar 2.14 Skema PEMFC
Sumber: www.machine-history.com

Dari kelima jenis *fuel cell* yang telah disebutkan sebelumnya, *fuel cell* jenis Proton *Exchange Membrane Fuel Cell* (PEMFC) atau biasa disebut juga dengan *Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell* merupakan salah satu jenis *fuel cell* yang banyak digunakan. PEMFC menggunakan membran pertukaran solid state untuk memisahkan elektrodanya. PEMFC merupakan sumber energi yang sangat baik bila diaplikasikan pada alat transportasi karena perangkatnya mudah didistribusikan dan mudah dibawa. Skema proses PEMFC dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.15 Struktur Rangkaian *PEM Fuel Cell*
Sumber: Handbook Fuel Cell, 2004

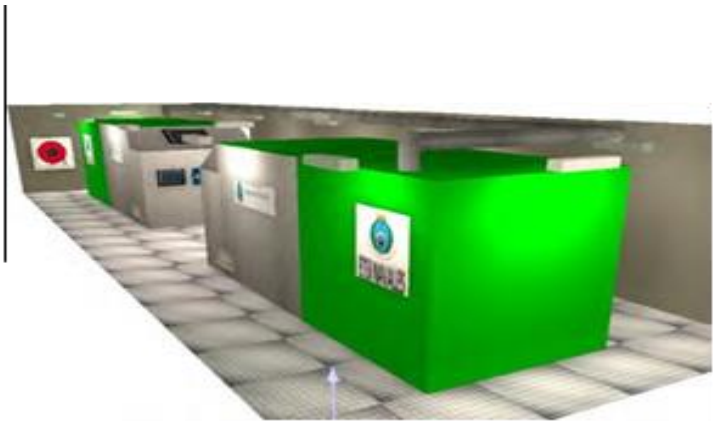
Beberapa keunggulan PEMFC adalah sebagai berikut:

1) Tingkat energi yang tinggi, densitas energi yang tinggi
2) PEMFC mempunyai elektrolit padat yang memberikan ketahanan yang sangat baik terhadap gas
3) Temperatur operasi PEMFC yang rendah memungkinkan waktu *start* yang cepat
4) PEMFC tidak memiliki konstituen sel yang bersifat korosif
5) PEMFC cocok digunakan terutama untuk situasi dimana hidrogen murni dapat digunakan sebagai bahan bakar
6) PEMFC mampu beroperasi pada kondisi tekanan hingga 3000 Psi dan memiliki diferensial tekanan hingga 500 Psi
7) Stack PEMFC mudah untuk disusun sehingga mudah untuk digunakan dalam berbagai aplikasi

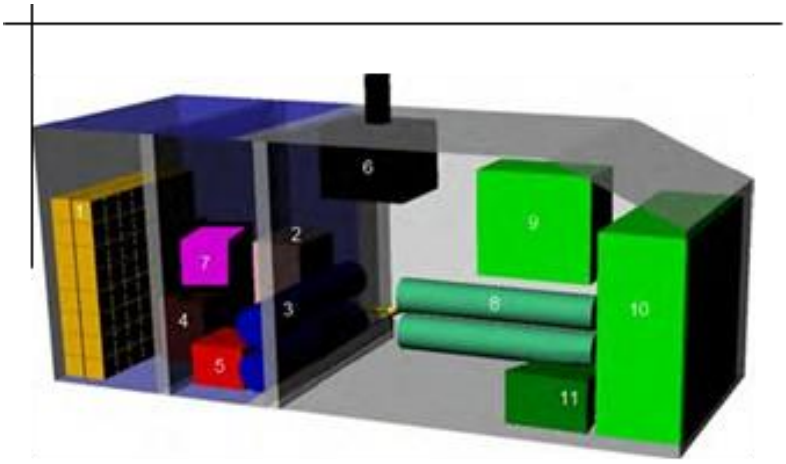
8) Kapasitas daya listrik yang dihasilkan oleh PEMFC cukup bervariasi mulai dari 0.1 watt 100 kW
9) PEMFC dapat beroperasi pada densitas arus yang sangat tinggi dibandingkan dengan jenis *fuel cell* yang lainnya.

2.2.5. Desain *Hybrid Offshore Supply Vessels*

Penentuan penggunaan *hybrid* terutama pada aplikasi *fuel cell* harus tepat, salah satunya ialah jenis kapal yang akan diintegrasikan dengan *fuel cell*. Sebagai contoh, penggunaan *fuel cell* pada kapal tanker atau kapal feri, bagaimanapun jumlah kebutuhan listrik pada kapal tersebut dianggap cukup penting dengan menambahkan *fuel cell*, akan tetapi penambahan *fuel cell* pada kapal tersebut tidak akan memberi pengaruh yang besar. Jadi jenis kapal dengan karakteristik tertentu yang sesuai dengan *fuel cell* dan mampu mengakomodir sebagian kebutuhan listrik dengan *fuel cell*, dalam hal ini adalah *offshore supply vessel*. Gambar 2.17 adalah elemen utama dari *fuel cell* tipe SOFC.



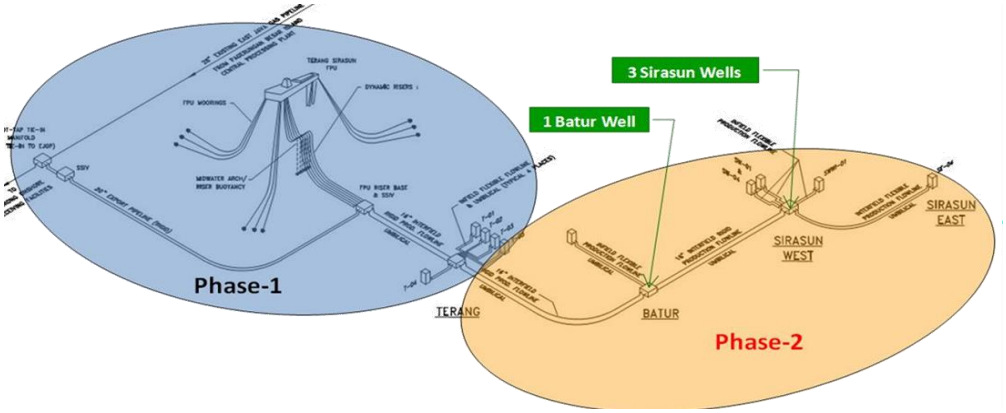
Gambar 2.16 3D *Fuel Cell Room on board offshore supply vessel*
Sumber: Jurnal *Conseptual Design*



Gambar 2.17 Model 3D dari konfigurasi 250 kW SOFC pada *Offshore supply vessel*
Sumber: Jurnal *Conseptual Design*

2.2.6. Lapangan TSB

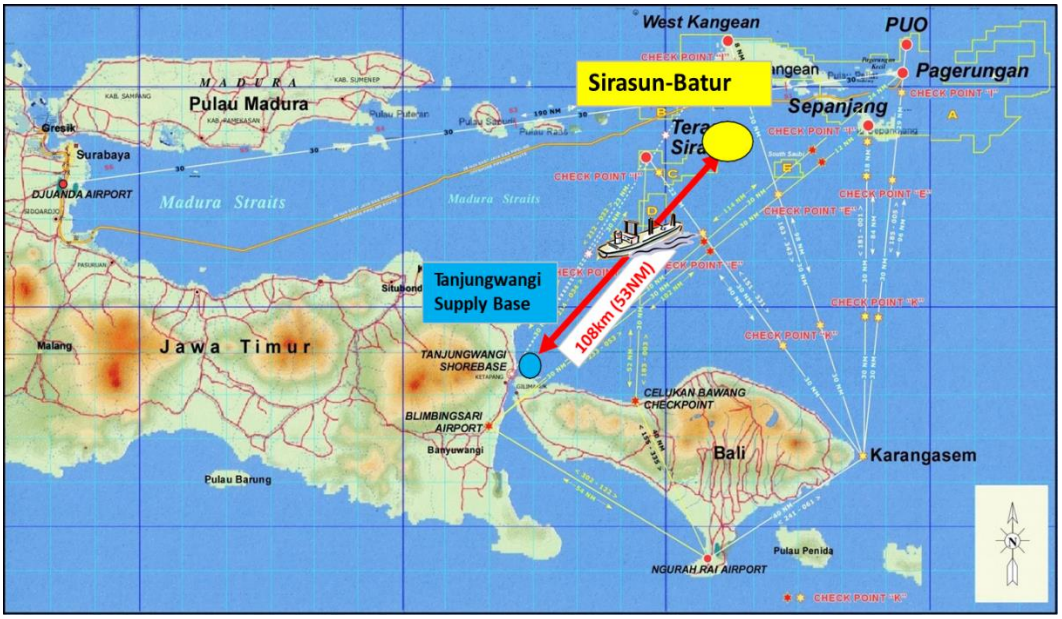
Lapangan TSB adalah Lapangan Terang-Sirasun-Batur yang merupakan lapangan gas lepas pantai yang berada Laut Jawa, Kabupaten Sumenep, Provinsi Jawa Timur. Lokasi lapangan TSB berada di lepas pantai, 30 km arah Tenggara dari Pulau Raas atau 35 km arah Barat Daya dari Pulau Kangean. Kedalaman laut di sekitar lokasi kegiatan berkisar antara 100 sampai 200 m. Hasil produksi gas yang akan diperoleh dari Lapangan Terang-Sirasun-Batur diproyeksikan sekitar 300 MMSCFD (juta kaki kubik per hari). Fasilitas Produksi Terapung (*Floating Production Unit*) akan ditempatkan di lokasi yang dilengkapi dengan fasilitas kompresor, fasilitas pemisahan gas dan air, fasilitas *emergency flaring*, dan fasilitas pengolahan air buangan. Gas yang dihasilkan akan disalurkan melalui jaringan pipa baru bawah laut 26 km dan disambungkan ke pipa gas yang sudah ada yaitu jalur pipa dari Pagerungan ke Gresik, Jawa Timur (EJGP-East Java Gas Pipeline). Dilapangan TSB fase 2 terdapat 4 sumur pengeboran diantaranya 3 berada pada blok Sirasun dan 1 di blok Batur. Peta titik pengeboran dari lapangan TSB digambarkan oleh Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Empat titik pengeboran tambahan fase 2 dari lapangan TSB
Sumber: scm.phe.pertamina.com

Untuk mendukung kegiatan eksplorasi dan eksploitasi di *worksite* dari lapangan TSB, pelabuhan yang dijadikan *shorebase* berada di pelabuhan Tanjungwangi (Tanjung wangi *shorebase*) yang berjarak 108 km atau 53 NM dari *Floating Production Unit* Jokotole.

Gambar 2.19 Peta lokasi lapangan Terang Sirasun Batur, Kangean
Sumber: scm.phe.pertamina.com



Gambar 2.20 Peta distribusi dari Tanjungwangi *shorebase.*
Sumber: scm.phe.pertamina.com

Halaman ini sengaja dikosongkan

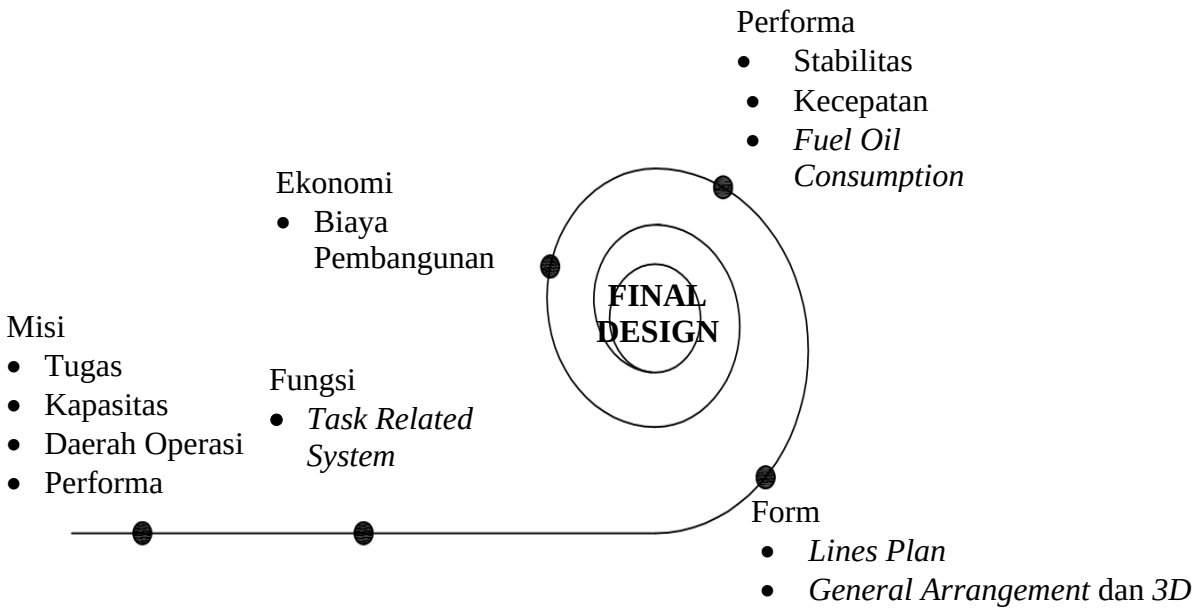
BAB 3
METODOLOGI

3.1. Pendahuluan

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan beberapa langkah-langkah dalam pengerjaanya yaitu identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, penentuan ukuran utama awal, proses optimisasi, analisis teknis, desain rencana garis, desain rencana umum, desain model 3D, dan yang terakhir adalah analisis ekonomis.

3.2. Proses Pengerjaan

3.2.1. Diagram Alir desain kapal



Gambar 3.1 Diagram alir
Sumber: *Journal of System Based Design of Offshore Support Vessels*

3.2.2. Tahap Identifikasi Masalah dan Tujuan

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa perlunya *offshore supply vessel* yang memiliki *fuel oil consumption* yang lebih irit sehingga menekan biaya operasional serta ramah lingkungan untuk digunakan di Lapangan TSB Kangean. Misi atau tujuan dari proses desain ditentukan berdasarkan masalah tersebut yaitu mendapakan *offshore*

supply vessel dengan sistem propulsi *hybrid* yang lebih hemat bahan bakar dan ramah lingkungan.

3.2.3. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

1. Desain *General Arrangement*

   Perlu untuk diketahui bagaimana proses mendesain *general arrangement* kapal. Sehingga, ketika direalisasikan dalam pembuatan sistem dapat sesuai dengan kebutuhan dan komponen yang akan digunakan pada kapal.
2. Sistem Propulsi

   Perlu untuk diketahui desain sistem propulsi khususnya sistem propulsi *hybrid* pada *offshore supply vessel* serta proses pembuatannya.
3. *Fuel Oil Consumption* (FOC)

   Perlu untuk diketahui bagaimana menghitung *Fuel Oil Consumption* (FOC) dari kapal dan membandingkannya dengan *offshore supply vessel* tanpa *hybrid*.

3.2.4. Tahap Pengumpulan Data

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

1. Model *Offshore supply vessel*

   Model yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah model baru yang akan dibuat sesuai kebutuhan *owner*.
2. Kebutuhan Sistem Propulsi *Hybrid*

   Untuk spesifikasi komponen sistem propulsi yang akan digunakan nantinya akan diambil dari *data sheet*/katalog masing-masing komponen.
3. Kebutuhan Performa *Offshore supply vessel* dalam menghemat bahan bakar

   Penentuan kebutuhan performa *offshore supply vessel* yang meliputi identifikasi komsumsi bahan bakar guna mengurangi biaya operasional dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi di lapangan TSB.

3.2.5. Tahap Perancangan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perancangan (desain) kapal. Tahap-tahap desain kapal *offshore supply vessel* dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan *Lines Plan* Kapal

   Pembuatan lines plan dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf* dengan memperhatikan kebutuhan *payload*, hambatan, dan stabilitas dari kapal.

2. Mendapatkan Desain *General Arrangement dan 3D*

   Pembuatan *General Arrangement* dan *3D* dilakukan dengan bantuan *software* sesuai kebutuhan yang diperlukan seluruh sistem yang digunakan di atas kapal.

3. Mendapatkan Desain Sistem Propulsi *Hybrid*

   Desain sistem propulsi *hybrid* dilakukan berdasarkan spesifikasi masing-masing komponen sistem propulsi berdasarkan *data sheet*/katalog yang tersedia dan menggunakam layout dari penelitian yang sudah ada sebelumnya.

3.2.6. Pengujian dan Analisis *Hybrid Offshore Supply Vessel*

Tahap-tahap pengujian dan analisa kapal *hybrid* dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Pengujian dan Analisis Desain *Hybrid Offshore supply vessel*

   Pengujian dan analisa desain *hybrid offshore supply vessel* mencakup kesesuaian terhadap *General Arrangement* yang telah didesain, tingkat kebocoran, daya apung, dan tingkat kestabilan.

2. Pengujian dan Analisis Sistem Propulsi

   Pengujian dan analisa dilakukan pada sistem propulsi mencakup kinerja mesin utama, motor bantu, generator diesel, *fuel cell*, *propeller*, dan *rudder*. Analisa dilanjutkan pada bagaimana performa *offshore supply vessel* yang meliputi *Fuel Oil Consumption* (FOC)

3. Analisis Ekonomis Hybrid *Offshore supply vessel*

   Analisis ekonomis dilakukan pada hasil desain *hybrid Offshore supply vessel* yaitu biaya pembangunan dan biaya operasional dari kapal. Biaya pembangunan meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan untuk membentuk kapal hingga layak untuk digunakan. Biaya operasional meliputi biaya-biaya yang dibutuhkan agar kapal bisa menjalankan operasinya mensupplai *platform* yang berada di *worksite*. Setelah perhitungan biaya pembangunan dan operasional maka dilakukan analisis-analisis ekonomi seperti *break event point, net present value, profitability index, internal rate of return*, serta *payback period* dari penyewaan *offshore supply vessel* ini.

3.2.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, seluruh analisis yang telah dilakukan sebelumnya ditarik sebuah kesimpulan mengenai pembuatan sebuah kapal. Berdasarkan data-data yang diperoleh maka dapat dibandingkan pembiayaan dan efisiensi dari dua jenis bahan bakar tersebut. Pada bagian saran memberitahukan kepada peneliti selanjutnya hal-hal yang perlu disempurnakan dari proses desain ini.

BAB 4
ANALISIS TEKNIS

4.1. *Payload* (Kebutuhan Logistik *Offshore*)

Kapal dengan jenis penyimpanan dan pembongkaran produksi terapung (FPSO) melaksanakan seluruh proses dimulai dari pengeboran, produksi hingga pendistribusian hasil akhir migas. Anjungan dengan tugas demikian, tentunya memiliki kebutuhan-kebutuhan yang tentu saja harus disuplai dari daratan. Dalam Tugas Akhir ini, penulis ingin mengidentifikasi kebutuhan yang akan menjadi *payload offshore supply vessel* di Pengeboran Gas Terang Sirasun Batur. Tabel 4.1 adalah data kebutuhan di Lapangan Pengeboran Gas Terang Sirasun Batur.

Tabel 4.1 Data Kebutuhan di Lapangan Pengeboran Gas Terang Sirasun Batur

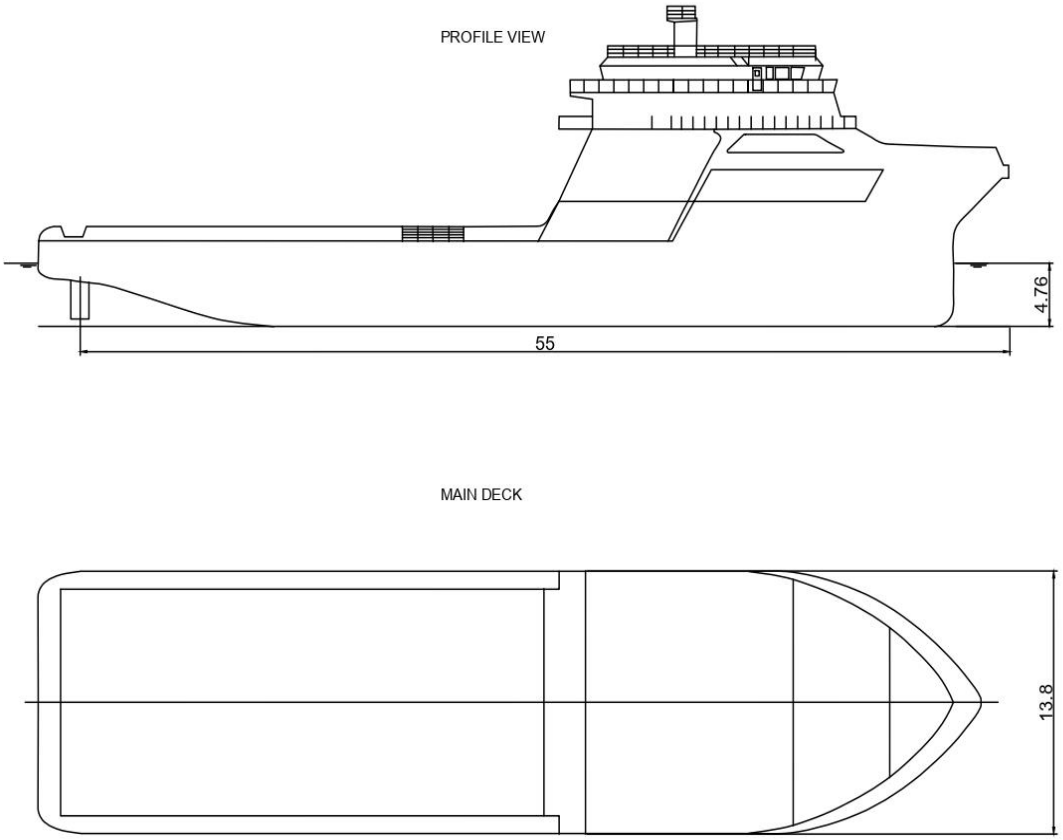
No	Nama Barang	Berat (Ton)	Dimensi (PxLxT)	Kemasan	Q
1	21" 75 ft Marine Riser With Green Bouyancy	45,9	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	3
2	21" 75 ft Marine Riser With Blue Bouyancy	78	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	5
3	21" 75 ft Marine Riser With Yellow Bouyancy	32,6	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	2
4	21" 75 ft Marine Riser With Black Bouyancy	52,2	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	3
5	21" 75 ft Slick Marine Riser	9,6	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	1
6	20" Casing, 106.5 PPF, X-56 0.5'WT, Leopard SD Double Start	5,7	12.00 x 0.40 x 0.40	Bdls	2
7	Diesel Fuel	179,83		Tank	
8	Potable Water	146,79		Tank	
9	Drill Water	20		Tank	
10	Brine	40		Tank	
11	Container C/W Sling & Shackles of Riser Liftinggear	35,7	2.70 x 2.70 x 2.40	Unit	1
12	Empty Red Mini Container C/W Sling & Shackle	10,5	1.50 x 2.00 x 3.00	Unit	7
13	Open Top Basket C/W Sling and Shackels	3	2.45 x 1.70 x 1.20	Bskt	1
14	Open Top Basket C/W Sling and Shackels (GKB-057)	6	7.00 x 2.00 x 2.00	Bskt	1
15	SHP/STOR	3		Skid	1
	Total Payload =	668,82	ton		
	DWT =	735,702	ton		

Sumber: Kangean Energy

Dari hasil identifikasi kebutuhan logistik dari sumur Terang Sirasun Batur, berat total kebutuhan sebesar 668,82 ton yang terdiri dari muatan geladak dan muatan cair yang disimpan dalam tanki kapal. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa muatan geladak dari *offshore supply vessel hybrid* ini terdiri dari pipa-pipa *maintenance* dan suku cadangnya. Perlu diketahui bahwa data kebutuhan (*payload)* dari sumur Terang Sirasun Batur tersebut bersifat tidak tetap (*tentakel)*. Data pada Tabel 4.1 merupakan rata-rata *payload* terberat yang diangkut oleh kapal selama *rig manager* memberikan *order*. Sehingga, dapat diasumsikan bahwa untuk berat total *payload* untuk kebutuhan lain masih dapat diakomodir.

4.2. Penentuan *Layout* Awal

Pada desain kapal secara umum, diperlukan desain *layout* awal kapal. *Layout* awal kapal ini digunakan untuk mengetahui letak-letak kompartemen dan ruangan secara garis besar. Selain itu, *layout* awal kapal juga digunakan untuk mengetahui bentuk dan gambaran kapal. *Layout* awal kapal pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Layout* awal *offshore supply vessel*

4.3. Penentuan Ukuran Utama Awal

Proses yang dilakukan *drafter* setelah mengetahui *payload* yang diinginkan adalah penentuan ukuran utama awal. Ukuran utama awal terdiri dari LWL dan B. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat ukuran utama awal yang digunakan dalam sketsa.

Tabel 4.2 Ukuran utama sketsa

No	Item		ukuran	diambil	satuan
1	LWL	=	44,64	45	m
2	B	=	11,3	11,3	m

Menghitung Sarat dan Tinggi Kapal adalah sebagai berikut:

1) Menentukan Displacemen

CDw = DWT/ Displacemen

CDW = 0,7 (CDw untuk kapal *supply*)

Displacemen = DWT/ CDw
= 735,7/ 0,7
= 1051 Ton

2) Menentukan LWT

Displacemen = DWT + LWT

LWT = Displacemen – DWT

LWT = 315,3 Ton

3) Menentukan Sarat Kapal

Vol. Displacemen = L x B x T x Cb

$$T = \frac{\text{Vol. Displacemen}}{L \times B \times Cb}$$

$$\text{Vol. Displacemen} = \frac{\text{Displacemen}}{\text{rho}}$$

Rho = 1,025 Ton/m3

Vol. Displacemen = 1025, 4

T = 2,8006 m

4) Menentukan Tinggi Kapal (H) dengan rasio T/H

T/H = 0.7 - 0.8 (Diambil 0.7)
T/H = 0,7
H = T/ 0.7
= 4,0009 m

5) Menentukan *Length Between Prependicular* (LBP)

LWL = 1.04 X Lpp
Lpp = LWL/1.04
= 43,269 m

4.4. Pembuatan Model dengan Maxsurf

Setelah penentuan *payload* dan perhitungan ukuran utama kapal diperoleh, maka Langkah selanjutnya adalah pembuatan model dengan *software maxsurf modeler*. Hasil dari perhitungan ukuran utama berupa panjang, lebar, tinggi dan sarat kapal di input pada model. Akan tetapi, pada *software maxsurf modeler,* terdapat *sample design* dari kapal suplai ini. Sehingga model lambung kapal bisa digunakan dari *sample design,* hanya perlu penyesuaian ukuran menjadi ukuran yang disyaratkan.

4.5. Pengecekan Perhitungan Teknis

Pengecekan perhitungan teknis merupakan proses untuk mengecek semua batasan dan parameter sudah terpenuhi. Dalam proses perancangan kapal ini dilakukan penghitungan yang menghasilkan data-data yang dijadikan sebagai ukuran utama dalam menghitung hambatan, propulsi, berat dan titik berat yang berpengaruh ke koreksi *displacement,* koreksi volume ruang muat, *freeboard,* dan pengecekan stabilitas, sehingga perlu dilakukan pengecekan ulang pada item-item tersebut.

4.5.1. Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal

Proses selanjutnya dalam perancangan kapal adalah perhitungan koefisien. Koefisien kapal merupakan data awal yang dibutuhkan dalam merencanakan penggambaran kapal. Koefisien tersebut dapat digunakan untuk mengetahui ukuran kapal yag bersifat volume maupun luasbidang kapal. Koefisien ini akan mempengaruhi karakteristik kapal. Dalam hal ini, koefisien yang dihitung adalah *block coefficient* (C_B), *midship section coeffiient* (C_m), *waterplane coefficient* (C_{WP}), dan *prismatic coefficient* (C_P). Selain itu dilakukan juga perhitungan LCB dan juga *displacement* kapal. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Koefisien Bentuk Kapal, LCB, dan *Displacement*

Nama	Nilai	Satuan
Koefisien Blok (C_B)	0,644	
Koefisien *Midship* (C_M)	0,98	
Koefisien Prismatik (C_P)	0,655	
Koefisien *Waterplane* (C_{WP})	0,804	
***Longitudinal Center of Buoyancy* (LCB)**	20,065	m dari AP
Volume *Displacement*	1025,4	m^3
Displacement	1051	Ton

4.5.2. Pengecekan Rasio Ukuran Utama Kapal

Tahap yang dilakukan setelah ukuran utama kapal ditentukan ialah pengecekan rasio ukuran utama kapal. Rasio ukuran utama kapal diperoleh dengan membandingkan tiap-tiap ukuran kapal. Rasio ukuran utama digunakan untuk melihat bagaimana proposional dari bentuk badan kapal. Ukuran utama kapal yang terdiri dari panjang, lebar, tinggi dan sarat memberi pengaruh dan karakteristik tersendiri. Dalam hal ini rasio ukuran utama kapal memberi pengaruh terhadap kekuatan memanjang, stabilitas, hambatan dan lain lain. Kriteria pengecekan rasio ukuran utama kapal menggunakan kriteria kapal khusus. Hasil dari pengecekan rasio ukuran utama kapal dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rasio Ukuran Utama

Rasio Ukuran Utama Kapal			
L/B	3,829135	3 < L/B < 5	OK
L/H	10,81485	10< B/T < 15	OK
B/T	4,0	2,0 - 4,5	OK
B/H	2,824359	1 < L/T < 3	OK
T/H	0,7	0,6-0,85	OK

4.5.3. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal

Tahap selanjutnya setelah perhitungan koefisien bentuk kapal adalah perhitungan hambatan kapal. Metode yang digunakan oleh penulis untuk menghitung hambatan kapal ialah metode Holtrop. Metode ini menghitung hambatan berupa hambatan gesek (*frictional resistance*), hambatan gelombang (*wave making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka diperoleh hasil perhitungan hambatan yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Komponen Hambatan Kapal

Komponen Hambatan Kapal		
Nama	**Nilai**	**Satuan**
Koefisien Hambatan Gesek (C_F)	$1{,}81 \times 10^{-3}$	
Luas Permukaan Basah (S_{TOT})	538,698	m^2
Faktor Bentuk Badan Kapal (1+k)	1,240	
Koefisien Hambatan Gelombang R_W/W	$3{,}5392 \times 10^{-4}$	
***Correlation Allowance* (C_A)**	7×10^{-4}	
Gaya Berat *W*	7665,505	N
Hambatan total (R_T)	41,557	kN
Hambatan total (R_T) + 15% (margin)	47,791	kN

Dari tabel diketahui bahwan hambatan total kapal setelah menjumlahkan *viscous resistance*, *appendage resistance* dan *wave making resistance*, dan *air resistance* adalah sebesar 41,557 kN atau dengan margin 15% yaitu 47,791 kN (*Kilo Newton*). Selain menghitung hambatan dengan metode Holtrop, penulis juga menghitung hambatan kapal dengan menggunakan *software Maxsurf resistance*. Total hambatan yang didapatkan oleh *software* ini ialah sebesar 89 kN. Perhitungan total hambatan untuk *offshore supply vesssel* baik secara manual dan penggunaan *software* Maxsurf akan dilampirkan.

4.5.4. Hasil Perhitungan Propulsi Kapal

Hasil perhitungan propulsi untuk *offshore supply vessel* ini dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Komponen Propulsi Kapal

Komponen Propulsi Kapal		
Nama	**Nilai**	**Satuan**
***Effective Horse Power* (EHP)**	859,239	kW
***Delivery Horse Power* (DHP)**	654,074	kW
***Shaft Horse Power* (SHP)**	667,422	kW
***Break Horse Power* (BHP)**	681,043	kW
***Maximum Continous Rate* (MCR)**	801,230	kW

Dari tabel tersebut diketahui bahwa daya propulsi yang dibutuhkan kapal adalah sebesar 801,230 kW (*Kilo Watt*). Daya propulsi pada kondisi MCR digunakan sebagai acuan untuk menentukan mesin yang akan digunakan. Perhitungan propulsi ini dijabarkan pada lampiran A.

4.5.5. Hasil Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode Harvald & Jensen (1992), dari buku *Ship Design Efficiency and Economy* (Schneekluth: 1998). Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal:

$$W_{ST} = L.B.D_A.C_S\ (Ton)$$

Dimana,

$D_A = H + \frac{V_A + V_{DH}}{L.B}$

$V_A = V_{FORECASTLE\ DECK} + V_{WINCH\ DECK} = 207{,}68\ m^3$

$V_{DH} = V_{wheel\ house} = 84{,}24\ m^3$

$D_A = 4{,}59 + \frac{607{,}904 + 618{,}05}{86{,}79\ .\ 12{,}8}$ = 4,599 m

$C_S = C_{SO} + 0.06\ e^{-(0{,}5U + 0{,}1U^{2.45})}$

$C_{SO} = 0{,}0974$

$C_S = 0{,}1379$

Sehingga,

$W_{ST} = 43{,}2692\ .\ 11{,}3\ .\ 4{,}599\ ,\ 0{,}1379$

$W_{ST} = 291{,}85$ ton

4.5.6. Hasil Perhitungan Berat Permesinan

Hasil perhitungan berat permesinan *offshore supply vessel* ini dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Berat Permesinan

Berat Permesinan		
Nama	**Nilai**	**Satuan**
Main Generator(propulsion)	4,95	ton
Propulsion unit (gearbox, shaft & propeller)	7,6	ton
Electrical unit	3,968	ton
Fuel cell unit	3,6	ton
Total berat permesinan	**20,118**	**ton**

Pada tabel dapat dilihat bahwa total berat permesinan (*machinery weight*) dari *offshore supply vessel* ini ialah sebesar 20,118 ton. Detail dari perhitungan berat permesinan ini dapat dilihat pada lampiran.

4.5.7. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Berat peralatan dan perlengkapan kapal terdiri dari peralatan keselamatan, peralatan navigasi dan peralatan permesinan. Peralatan keselamatan pada kapal *hybrid offshore supply vessel* ini disesuaikan dengan jumlah kru kapal. Hasil perhitungan berat peralatan dan perlengkapan dari *offshore supply vessel* ini dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Perhitungan Berat Equipment dan Outfitting			
1. **Peralatan Keselamatan (Life Jacket, Life Buoy)**			
-	**Life Jacket**		
	Jumlah penumpang dan kru kapal	18	orang
	life jacket yang dibutuhkan	18	buah
	Berat 1unit *life jacket*	0,74	kg
	Berat Total	13,32	kg
		0,01332	ton
	VCG	6,4	m
	VCG	37,5	m
-	**Life Raft**		
	Kapasitas 1 *Life Raft*	6	orang
	Life Raft yang dibutuhkan	3	buah
	Total Kapasitas	18	orang
	Berat 1unit *Life Raft*	57	kg
	Berat total *Life Raft*	171	kg
		0,171	ton
	VCG	4	m
	LCG	20,05	m
-	**Life Buoy**		
	Life Buoy yang dibutuhkan	18	buah
	Berat 1unit *Life Buoy*	14,5	kg
	Berat total	261	kg
		0,261	ton
	VCG	4.22	m
	LCG	17.21	m
	Total peralatan keselamatan	0,44532	ton
2. **Peralatan permesinan**			
	anchor	2340	kg
	anchor chain	5775	kg
	hydraulic anchor windlass	3280	kg
	capstans	1200	kg
	tugger winch	3600	kg
	towing pin	3200	kg
	deck crane	4950	kg
	fire & general service pump	130	kg
	ballast & bilge pump	130	kg
	fuel oil transfer pump	50	kg
	hot water circulating pump	23	kg
	sludge pump	23	kg
	emergency fire pump	80	kg
	fuel oil cargo pump	300	kg
	fresh water pressure pump	130	kg
	drill water pump	150	kg
	fresh water pressure set	600	kg
	sea water pressure set	600	kg
	dirty oil pump	20	kg

	OWS	25	kg
	rescue boat	1680	kg
	monitor control	272	kg
	HVAC system	90	kg
	Total	28648	kg
		28,648	ton
	Total *Outfitting*	29,093	ton

Dapat dilihat pada Tabel 4.8, berat peralatan dan perlengkapan total *offshore supply vessel* adalah 29,093 ton. Detail dari perhitungan berat peralatan dan perlengkapan ini dapat dilihat pada lampiran A.

4.5.8. Total LWT

Hasil Perhitungan LWT yaitu dengan rincian berat permesinan, berat *equipment* & *outfitting*, dan berat struktur kapal. Total *lightweight* (LWT) *offshore supply vessel* ini dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Rincian LWT

Item	Berat (ton)
Berat struktur total	291,85
Berat *equipment & outfitting*	29,093
Berat permesinan	20,118
Total	**341,066**

Pada Tabel 4.9 diatas dapat dilihat bahwa total *lightweight* (LWT) dari *offshore supply vessel* ini adalah 341,066 ton.

4.5.9. Perhitungan DWT

Komponen DWT kapal ini terdiri dari berat muatan kapal (*offshore logistic*), berat *crew* dan barang bawaannya, berat *fresh water*, berat bahan bakar, dan berat minyak pelumas. Bahan Bakar *offshore supply vessel* ini terdiri dari *hydrogen* dan *marine diesel oil* (MDO) untuk pemenuhan kebutuhan dari diesel generator utama serta mesin pendukung. Perhitungan berat bakan bakar dihitung dengan mengalikan antara kebutuhan bahan bakar mesin per kWh dengan nilai dari daya mesin dan jumlah waktu yang dibutuhkan *offshore supply vessel* dalam satu kali perjalanan. Berat minyak pelumas juga dapat diketahui dengan mengalikan antara kebutuhan minyak pelumas mesin per kWh dengan daya mesin dan jumlah waktu yang dibutuhkan *offshore supply vessel* dalam satu kali perjalanan. Sementara untuk *berat fresh water* dapat diketahui dengan mengalikan kebutuhan air tawar untuk masing-masing orang dikapal per hari dengan jumlah *crew* dan waktu yang dibutuhkan *offshore supply vessel* dalam satu kali perjalanan. Hasil perhitungan berat DWT kapal dapat dilihat dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan DWT

Hasil Perhitungan DWT		
Nama	**Nilai**	**Satuan**
Payload	668,82	Ton
Crew	3,06	Ton
Fuel gas (Hydrogen)	0.068	Ton
Marine Diesel Oil (MDO)	1.9125	Ton
Lubrication Oil	0,03	Ton
Fresh water	21,42	Ton
Provision & store	1,26	Ton
Total DWT	**688,48**	**Ton**

Pada Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa total *deadweight* (DWT) dari *offshore supply vessel* ini adalah 688,48 ton. Untuk jumlah *crew* yang ada dalam *offshore supply vessel* ini yaitu sebanyak 18 orang dengan asumsi berat *crew* per orang ialah 170 kg.

4.5.10. Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal

Hasil perhitungan titik berat kapal dibagi menurut DWT dan LWT dari kapal. Perhitungan letak titik berat dari komponen-komponen DWT didapat dari letak tiap-tiap tangki pada kapal. Komponen-komponen tersebut termasuk *payload*, *fuel oil tank*, *fuel gas tank*, *fresh water tank*, serta *crew*. Perhitungan letak titik berat dari komponen-komponen LWT didapat dari letak tiap-tiap item *lightweight* kapal. Komponen-komponen tersebut termasuk permesinan, *equipment* dan *outfitting*, serta titik berat struktur kapal itu sendiri. Hasil perhitungan titik berat dari *offshore supply vessel* ini dapat dilihat ringkasan dibawah ini.

Total DWT =	688,487	ton
LCG =	12,664	m
VCG =	1,283	m
Total LWT =	341,066	ton
LCG =	20,160	m
VCG =	2,799	m
Total =	1029,553	ton
LCG =	15,147	m
VCG =	1,785	m

4.5.11. Koreksi Displacement

Setelah mendapatkan total berat dari LWT dan DWT maka harus dilakukan pemeriksaan kembali dengan *displacement* kapal sesuai dengan rumusnya yaitu:

$$Displacement = LWT + DWT$$

Syarat selisih antara total LWT + DWT dengan *displacement* yang digunakan pada koreksi ini adalah tidak lebih dari 10%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Koreksi *Displacement*

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	**Komponen Berat Kapal**	**Value**	**Unit**
1	Berat Kapal Bagian DWT	688,488	Ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	341,066	ton
Total		**1029,553**	**ton**

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes			
No	**Komponen Berat Kapal**	**Value**	**Unit**
1	Displacement = Pemodelan Maxsurf	1051,003	ton
2	DWT	688,488	ton
3	LWT	341,066	ton
4	Displacement = DWT + LWT	1029,553	ton
Selisih		**21,450**	**ton**
		2,08%	**(2% ~ 10%)**

Dari hasil perhitungan, didapatkan margin berat kapal sebesar 2,08%. Margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 10%, sehingga perhitungan berat kapal diterima.

4.5.12. Perhitungan *Tonnage*

Perhitungan tonase kapal dilakukan dengan menghitung tonase kotor (*Gross Tonnage*) dan tonase bersih (*Net Tonnage*) kapal. Besarnya tonase kapal dihitung berdasarkan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969*. Untuk perhitungan tonase secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran A, sedangkan hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. *Gross Tonnage*

   Gross tonnage (GT) merupakan ukuran volume ruangan kapal yang tertutup secara keseluruhan, mulai dari ruangan kapal dibawah geladak cuaca (V_U) sampai ruangan bangunan atas kapal (V_H). Hasil perhitungan gross tonnage *offshore supply vessel* ini ialah sebagai berikut:

   - Volume ruangan tertutup di bawah geladak cuaca (V_U)

     $V_U = 2110\ m^3$
   - Volume ruangan tertutup di atas geladak cuaca (V_H)

     $V_H = 291{,}92\ m^3$

- Total volume ruangan tertutup (V)

  $V = V_U + V_H = 2401{,}92\ m^3$
- K_1 = 0,2 + 0,02 log V

  = 0,27
- GT = K_1 x V

  = 642,78

2. *Net Tonnage*

   Net Tonnage (NT) adalah volume ruang muat kapal (V_C) dengan memperhitungkan jumlah orang dalam kapal. Hasil perhitungan *net tonnage offshore supply vessel* ini ialah sebagai berikut:

   - Volume ruang muat (V_C)

     $V_C = 1256\ m^3$
   - K_2 = 0,2 + 0,02 log 10 (V_C)

     = 0,262
   - $K_3 = 1{,}25\ x\ \frac{GT+10000}{10000}$

     = 1,330
   - $NT = K_2\ x\ V_C\ x\ (\frac{4d}{3D})^2 + K3\ x\ (N1 + \frac{N2}{10})$

     = 291,425

Dari perhitungan di atas, didapatkan *gross tonnage* sebesar 642,78 GT dan dan *net tonnage* sebesar 291,425 NT.

4.5.13. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan, baik keselamatan *crew*, muatan, dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Dalam peraturan, perhitungan nilai *freeboard* dibedakan menjadi dua tipe sesuai dengan jenis dan kriteria kapal. *Dual fuel offshore supply vessel* ini merupakan kapal tipe B. Hasil perhitungan lambung timbul offshore supply vessel ini dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Koreksi *Freeboard*

Komponen Koreksi		***Freeboard***	
***Freeboard* Standard**	Fb 1	-39,88	Mm
Fb koreksi Cb	Fb 2	356,986	Mm
Fb Koreksi *Depth*	Fb 3	0,00	Mm
Fb Koreksi SuperSt.	Fb 4	107,332	Mm
Total *Freeboard* min	Fb'	**249,65**	**Mm**

Dari Tabel 4.12 diatas, dapat diketahui hasil perhitungan *freeboard* minimal kapal adalah sebesar 249,65 mm atau 0,25 m. Pada ukuran utama kapal telah ditentukan tinggi kapal (H) sebesar 4 m dan sarat kapal (T) sebesar 2.8 m sehingga dapat diketahui *freeboard* sebenarnya kapal, yaitu sebesar 1.2 m (H-T). Besar *freeboard* sebenarnya kapal (0.95 m) lebih besar dibandingkan dengan *freeboard* minimal (0,85 m) sehingga ukuran *freeboard* kapal telah memenuhi pemeriksaan *freeboard*. Perhitungan lambung timbul secara rinci dapat dilihat pada Lampiran A.

4.5.14. Penentuan *Loadcase*

Loadcase ditentukan berdasarkan kondisi kapal untuk setiap pelayaran atau rute. Setiap rute memiliki jarak pelayaran dan kebutuhan bahan bakar yang berbeda-beda. Pada desain *offshore supply vessel* hibrida ini, ditetapkan 4 *loadcase*, yaitu kapal pada saat berangkat, tengah jalan, sampai dan pulang kembali menuju *shorebase*. Tiap-tiap *loadcase* memiliki kriteria skenario volume tangki dan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Tabel *Loadcase*

Kondisi Kapal	**Fuel Oil**	**Water Ballast**	**Lub Oil**	**Potable Water**	**Diesel Cargo**	**Potable Cargo**
Loadcase 1 (Berangkat)	100%	0%	100%	100%	100%	100%
Loadcase 2 (Tengah Jalan)	75%	0%	75%	75%	100%	100%
Loadcase 3 (Sampai)	50%	0%	50%	50%	100%	100%
Loadcase 4 (Pulang)	25%	100%	25%	25%	0%	0%

4.5.15. Perhitungan *Trim*

Trim adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang Tb dan sarat depan Ta adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu:

1. *Trim* haluan
2. *Trim* buritan

Hasil perhitungan *trim* dengan rumus pendekatan yang diambil dari buku *Parametric design*:

- Input Data

  L = 43,269 m Disp = 980,00 m3

  B = 11,300 m KG = 2,00 m3

  T = 2,801 m LCG dr AP = 20,1500 m

  Cm = 0,972 LCB dr AP= 20,040 m

  Cb = 0,644 Cwp = 0,804

  Hydrostatic Properties

- KB

  KB/T = 0.90 – 0.30Cm – 0.1Cb

  = 0,5441

  KB = 1,52 m

- BMT

  CIT = 0.1216 Cwp – 0.0410

  = 0,0568

  IT = CI . L . B3

  = 3544,099107

  BMT =jarak antara titik tekan *bauyancy* terhadap titik metacenter secara melintang

  BMT = IT/vol

  = 3,62 m

- BML

  CIL = *longitudinal inertia coefficient*

  CIL = 0.350 Cwp2 – 0.405 Cwp + 0.146

  = 0,0466

  IL = *moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis*

  IL = CIL . B . L3

  = 42682

  BML = jarak antara titik tekan bouyancy terhadap titik metacenter secara memanjang.

  BML = IL/vol

  = 43,55 m

- GML = BML + KB - KG

  = 43,08 m

- Trim = (LCG – LCB).L / GML Ref : *Parametric Design page* 11-27

  = 0,110 m

Kondisi trim = Trim Haluan

- Batasan Trim

  LCB – LCG = -0,110 m

  0.1%Lpp = 0,043 m

- Kondisi Total = OK (karena selisih LCG & LCB < 0.1% Lpp)

Pada perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kondisi trim *offshore supply vessel* memenuhi kriteria batasan trim yang diizinkan.

4.5.16. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standard keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea* (SOLAS) yang diatur oleh *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise Education Version.* Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah *IS Code 2008*. Pada perhitungan stabilitas ini, *loadcase* yang sudah ditetapkan diawal menjadi tolak ukur kondisi-kondisi tangki maupun kompartemen dikapal.

Setelah *loadcase* didapat, maka dilakukan analisis stabilitas menggunakan *software maxsurf stability* sesuai yang disebutkan diatas dan diperoleh hasil sebagai berikut:

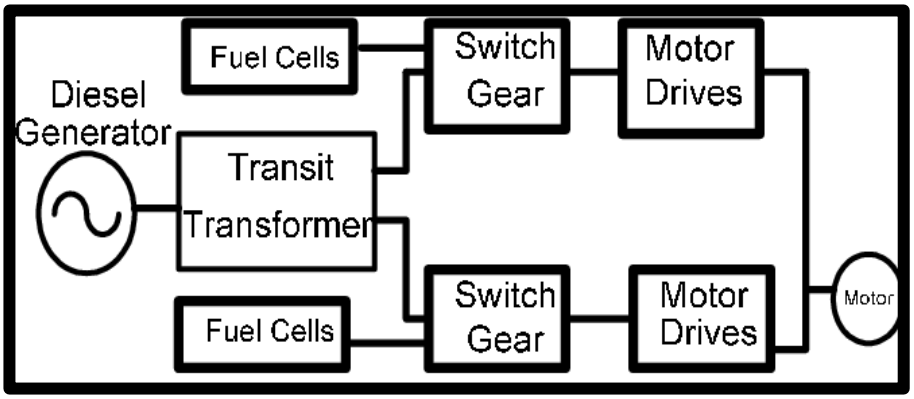
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Stabilitas

Data	*Loadcase 1* (Berangkat)	*Loadcase 2* (Tengah Jalan)	*Loadcase 3* (Sampai)	*Loadcase 4* (Pulang)	Kriteria	Status
GZ area between 0 and angle of maximum GZ (m.deg)	62.217	62.267	65.2042	61.0801	>=3.1513	**Accepted**
Area 30 to 40 (m.deg)	20.5573	20.6465	21.6388	20.407	>=1.7189	**Accepted**
Maximum GZ at 30 or greater (m)	2.393	2.379	2.502	2.3	>=0.2	**Accepted**
Angle of maximum GZ (deg)	45	45	45	45	>=15	**Accepted**
Initial GMt (m)	5.044	4.48	4.447	3.664	>0.15	**Accepted**

4.6. Konsep *Hybrid*

Sistem Hibrida kapal suplai yang akan didesain mengikuti sistem yang sudah diterapkan pada beberapa kapal sebelumnya, yakni menggunakan gas hidrogen sebagai bahan bakar *fuel cell.* Selain itu, juga terdapat *diesel generator* dengan bahan bakar *diesel oil.* Konsep sederhana dari desain propulsi hibrida ini adalah masing-masing sumber tenaga bekerja secara independen

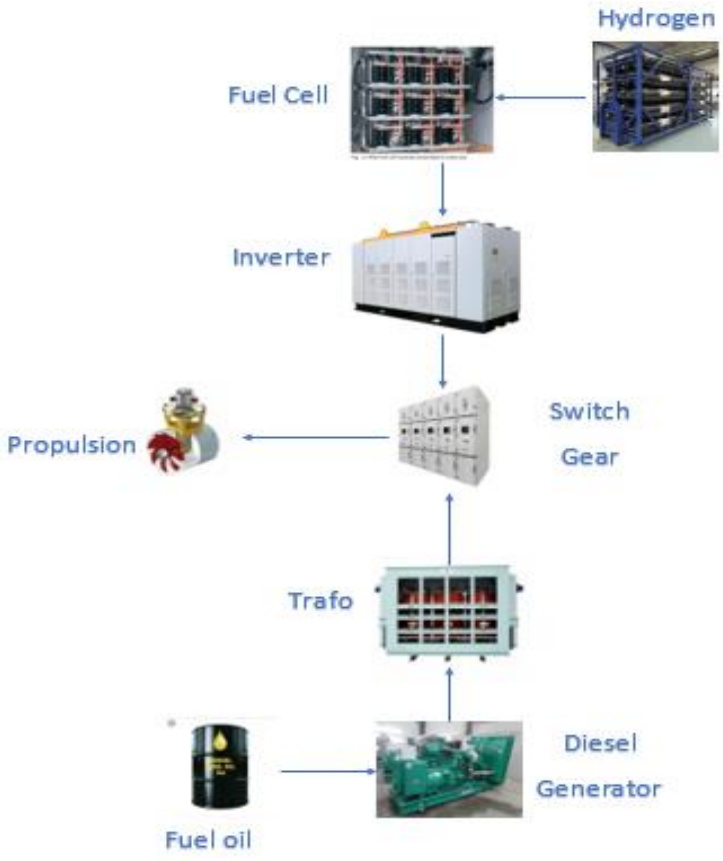
dan *switch gear* merupakan komponen elektrik yang akan memutus dan mengganti arah sumber tenaga yang akan dipakai. Skema hibrida pada kapal suplai yang akan didesain dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Hybrid Flow Diagram*
Sumber: Luckose

4.6.1. Skenario *Hybrid*

Pada sistem hibrida kapal suplai yang akan didesain ini, sistem propulsi yang dipakai adalah sistem propulsi elektrik. Sehingga membutuhkan *transit transformer* untuk pengubah tegangan listrik dari diesel generator. Pada diesel generator, setelah tegangan disesuaikan pada trafo, selanjutnya *switch gear* akan membuka gerbang aliran listrik, dan sumber tenaga propulsi kapal akan diterima dari diesel generator. Sedangkan pada *fuel cell,* bahan bakar hidrogen akan mengalami reaksi kimia pada *fuel cell.* Lalu listrik yang dihasilkan pada *fuel cell* merupakan listrik DC (arus searah), sedangkan motor listrik yang dipakai membutuhkan listrik AC (bolak-balik). Oleh karena itu, pada sumber tenaga *fuel cell* dibutuhkan sebuah inventer untuk mengubah listrik DC (arus searah) menjadi listrik AC (arus bolak-balik). Dan setelah arus keluaran inverter menjadi listrik AC (arus bolak-balik), maka *switch gear* akan membuka aliran listrik agar dapat digunakan sebagai sumber penggerak kapal. Komponen hibrida kapal suplai yang akan didesain dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Skema Komponen Hibrida Kapal Suplai

4.6.2. Perhitungan *Fuel Cell*

Sistem hibrida yang telah didesain memerlukan perhitungan untuk mengetahui kebutuhan hidrogen. Pada sistem hibrida kapal suplai yang akan didesain ini, perlu diingat bahwa *fuel cell* digunakan hanya untuk propulsi kapal, tidak untuk kebutuhan listrik kapal. Perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan hidrogen menggunakan pendekatan mol hidrogen dari listrik yang dibutuhkan untuk menggerakan propeller. Perhitungan yang sudah dilakukan menunjukan bahwa jumlah hidrogen yang dibutuhkan tiap hari ialah 68,85 kg. Kebutuhan hidrogen dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

Catatan: Fuel Cell digunakan hanya untuk sistem propulsi kapal

Input Data:

BHP =	1074.030938	HP
	801.2270798	kW
N motor elektrik =	2	(Twin Screw)

Perhitungan:

1. Kebutuhan tiap motor

= BHP / Nmotor listrik

= 400.6135399 kW

2. Fuel Cell yang dipakai = 135 kW

N Fuel Cell = 5.935015406

= 6

Tegangan = 3.5 Volt

3. Kebutuhan Hidrogen =

Perhitungan mol hidrogen tiap 1 Amper

NH2 = (1/2F) X 3600

$$NH2 = \frac{1 \text{ X } 3600}{2 \text{ X } 96485.3399}$$

$$NH2 = 0.018656 \ \frac{\text{g. Mol}}{\text{hr - A}} \ H2$$

Perhitungan MH2

$$MH2 = \frac{NH2 \text{ x g mol}}{1000} \ H2$$

g mol

H2 = 2.0158

$$MH2 = 0.00003761 \ \frac{\text{g H2}}{\text{hr - A}}$$

$$MH2 = 0.0376061197 \ \frac{\text{kg H2}}{\text{hr – kA}}$$

$$MH2 = 0.082907204 \ \frac{\text{lb H2}}{\text{hr - kA}}$$

Perhitungan arus

I = P/ V

= 228.9220228 kA

Perhitungan lama berlayar

jarak = 53 NM

= 98.156 Km

Vs = 14 Knot 1.852

= 25.928 km/hr

Lama berlayar = 3.785714286 Hr

= 4 Hr

= 8 Hr

Perhitungan mH2 consumed

mH2 consumed = MH2 x I

= 18.97928478 lb H2 / Hr 0.4535

= 8.607105646 kg H2 / Hr

= 68.85684517 kg/day

0.068856845 ton/day

4.6.3. Proses Pemilihan *Mesin Hybrid*

Sesuai dengan inovasi pada kapal suplai yang akan didesain, maka terdapat 2 teknologi berupa mesin yang dipergunakan untuk menggerakan kapal, yaitu diesel generator dan *fuel cell*. Dan untuk mesin diesel generator yang dipakai adalah mesin diesel Yanmar tipe 6EY22(A)LW dengan kapasitas 880 Kw. Sedangkan *fuel cell* yang dipakai ialah *fuel cell* FCM NG-135 dengan kapasitas 135 Kw. *Fuel cell* yang dipakai berjumlah 6 buah sesuai dengan perhitungan *fuel cell* pada sub-bab sebelumnya. Dan untuk memenuhi kebutuhan listrik selain propulsi, maka generator yang dipakai adalah generator merk Caterpillar tipe C18 dengan kapasitas 600 ekW. Spesifikasi mesin hibrida dan generator dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Spesifikasi *Fuel Cell*

Brand =	Siemens	
Type =	FCM NG 135	
Power =	135	kW
Weight =	900	kg
Length =	176	cm
Height =	50	cm
Width =	53	cm

Tabel 4.16 Spesifikasi Diesel generator utama

Brand	Yanmar	
Type	6EY22(A)LW	
Output Power	880	kW
Frekuensi	60	Hz
Length	276	cm
Height	170	cm
Width	164	cm
Weight	4950	Kg
	4,95	ton

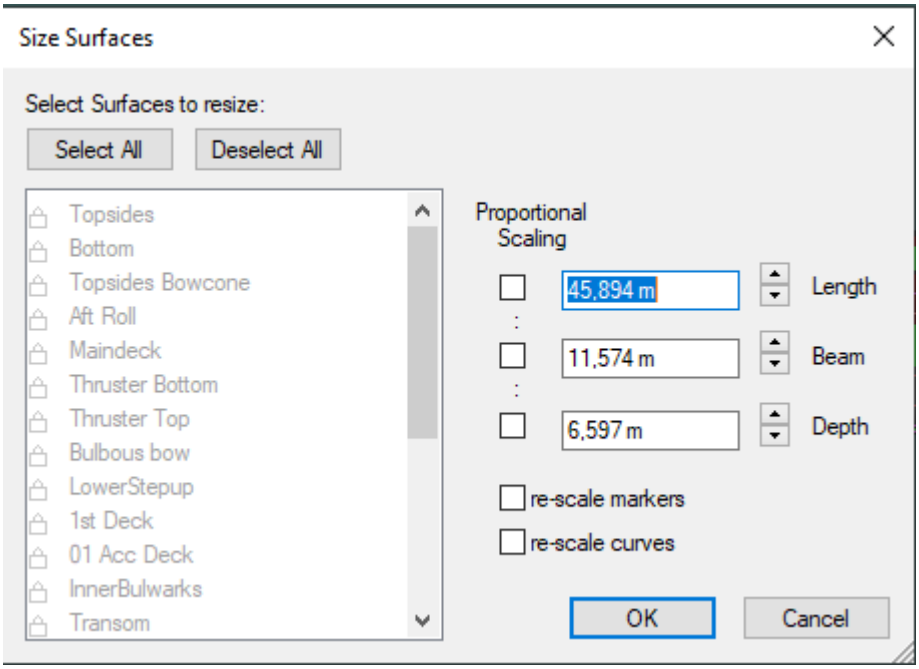
Tabel 4.17 Pemilihan Auxiliary Engine

	Brand	Caterpillar	
	Type	C18	
	n	1800	rpm
	Maximum Power	600	ekW
	Length	393	cm
	Height	217	cm
	Width	154	cm
	Weight=	3968	kg
		3,968	ton

4.7. Pembuatan *Lines Plan*

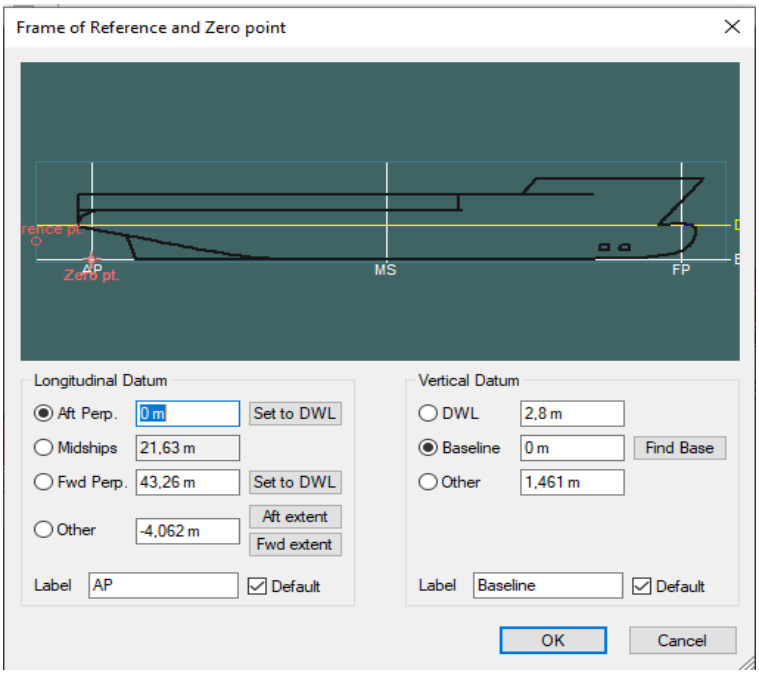
Proses pembuatan rencana garis (*lines plan*) *offshore supply vessel* ini dibantu dengan menggunakan *software* Maxsurf Modeler. Pada awalnya digunakan *sample design* yang sudah ada, kemudian *sample design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil perhitungan (memiliki ukuran utama, *displacement*, Cb, Cp, dan LCB yang sama) dan memiliki bentuk kapal yang bagus.

Langkah pertama ialah membuka *sample design* yang sudah ada, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface* > *size suface* seperti pada gambar berikut.



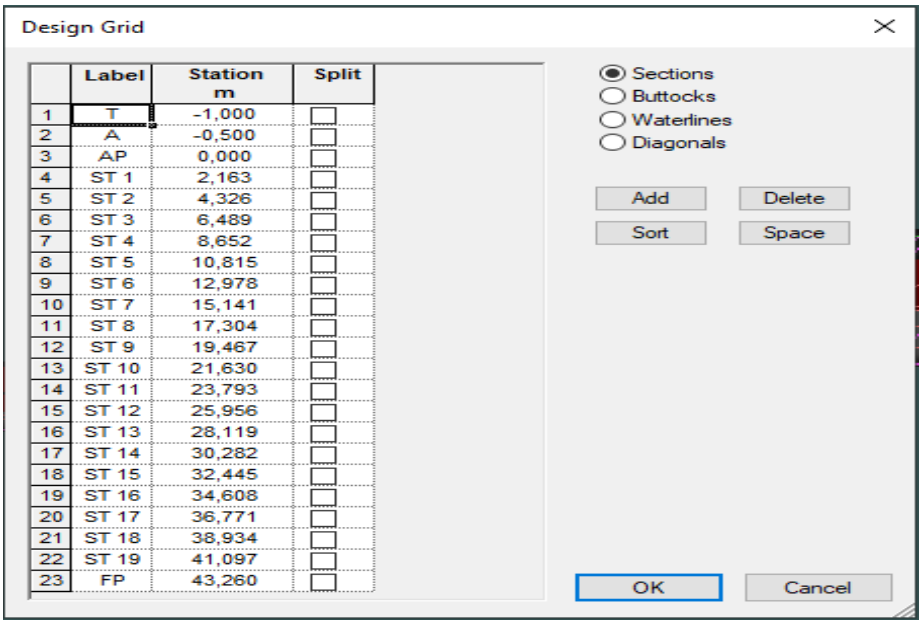
Gambar 4.4 Menu *Size Surfaces*

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan kotak dialog dari *size surface*. Untuk panjang diisi dengan Loa kapal, agar Lpp dapat sesuai dengan perhitungan. Lebar dan tinggi disesuaikan dengan hasil perhitungan. Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dan Lpp dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data* > *frame of reference* seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 *Frame of Reference*

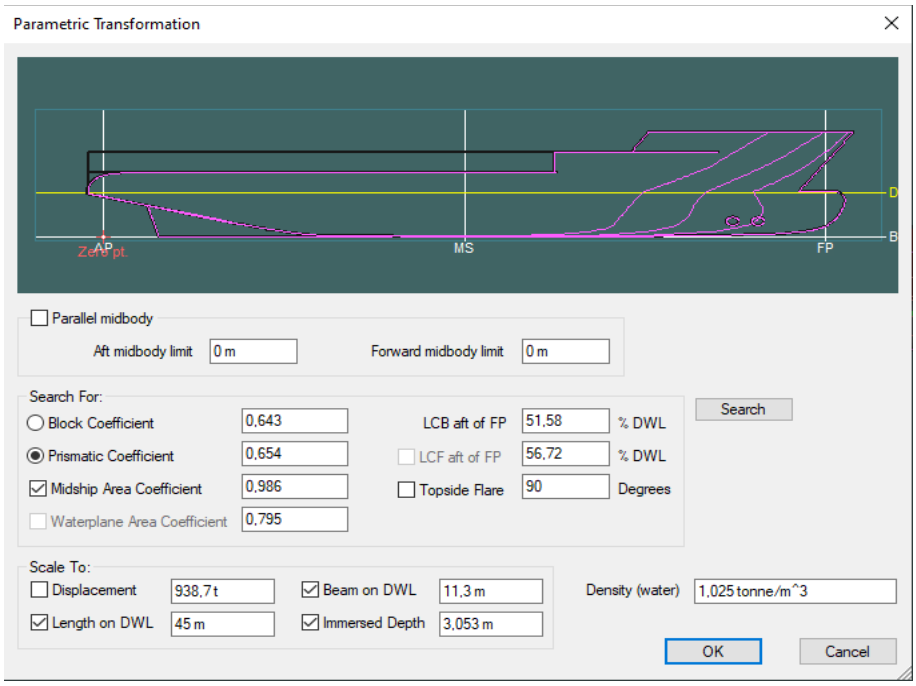
Pada Gambar 4.5 ditunjukkan kotak dialog dari menu *frame of reference*. Pada langkah ini dilakukan penentuan *zero piont*. Pada perancangan ini *zeropoint* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan ke desain. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat *offshore supply vessel* dan penentuan panjang *perpendicular*. Langkah selajutnya ialah mengatur jumlah dan letak dari station, *buttock line* dan *water line*, caranya ialah dengan mengakses *menu data* > *design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti Gambar 4.6



Gambar 4.6 Pengaturan Jumlah *Station*

Gambar 4.6 merupakan kotak dialog dari menu *design grid*. Pada kotak dialog ini dilakukan penentuan jumlah *waterline*, *buttock line*, dan *station* sesuai yang diinginkan. Dengan memasukkan jumlah garis dan jarak antar garis pada *data-grid spacing*, maka bentuk *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* bisa terlihat dengan jelas.

Langkah berikutnya ialah menyesuaikan karateristik model kapal (LCB, Cb, Cp, dan *displacement*) dari model yang dibuat dengan hasil perhitungan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengubah posisi dari *control point* dari model ataupun menggunakan fitur *parametric transformation* pada Maxsurf. Pada proses ini digunakan fitur *parametric transformation*, caranya ialah dengan mengakses *menu data* > *parametric transformation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

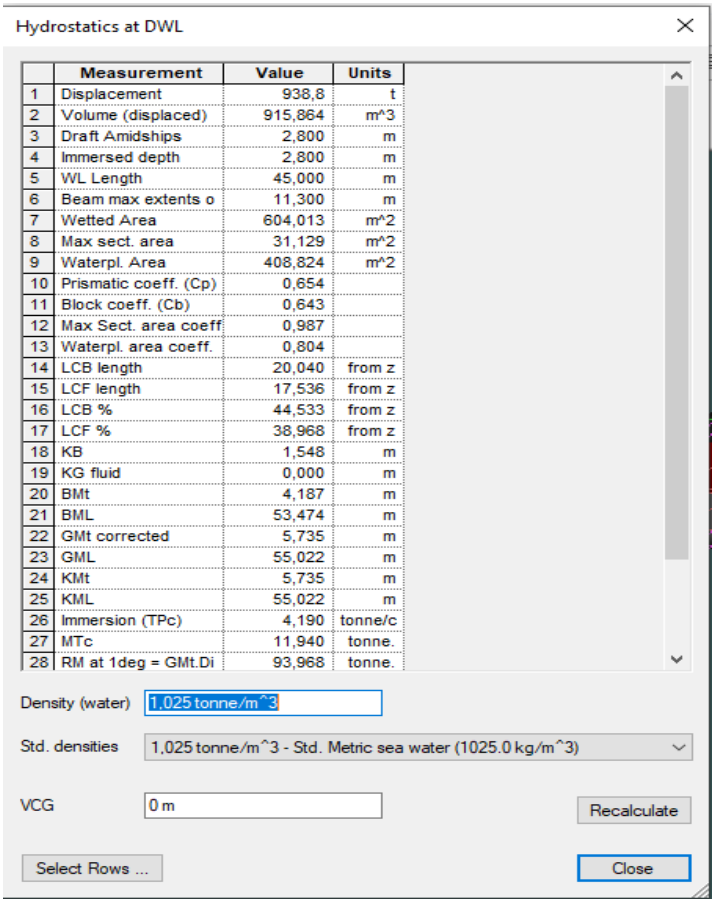


Gambar 4.7 *Parametric Transformation*

Gambar 4.7 merupakan kotak dialog dari menu *paramteric transformation*. Dengan fitur ini nilai-nilai koefisien, LCB dan *displacement* kapal dapat disesuaikan dengan hasil perhitungan. Nilai dari LCB, Cb, Cp, dan *displacement* dimasukkan dan kemudian menekan *"search"* untuk menghasilkan bentuk lambung yang diinginkan.

Dari model tersebut juga bisa langsung diketahui bagaimana karakteristik badan kapal model. Pengecekkan nilai hidrostatik dapat dilakukan dengan mengakses *menu data* > *calculate hydrostatic* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Dari sini akan tampak data-data hidrostatik dari model. Nilai yang muncul harus sama atau setidaknya mendekati nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu

dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatik telah sesuai maka model ini dapat langsung dilakukan *export* ke format *dxf* untuk diperbaiki dengan *software* Autocad.



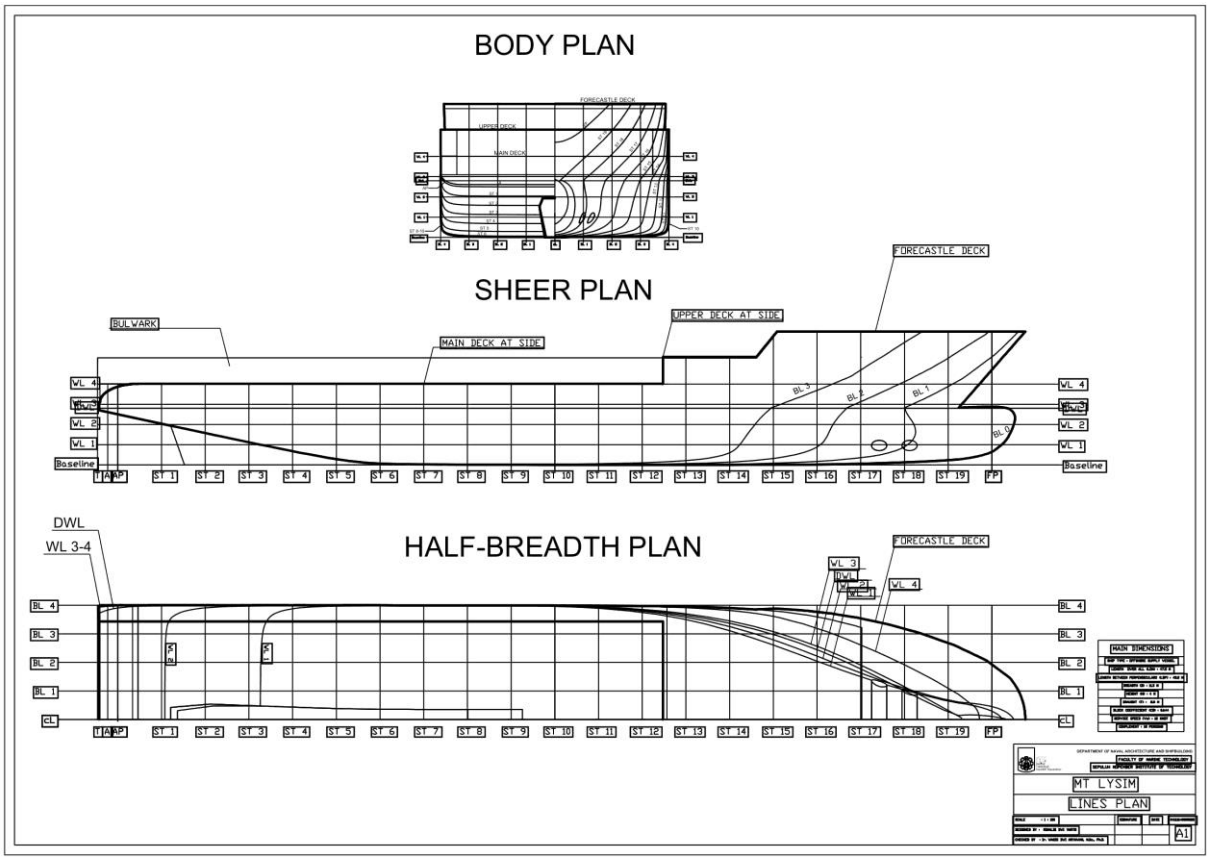
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	938,8	t
2	Volume (displaced)	915,864	m^3
3	Draft Amidships	2,800	m
4	Immersed depth	2,800	m
5	WL Length	45,000	m
6	Beam max extents o	11,300	m
7	Wetted Area	604,013	m^2
8	Max sect. area	31,129	m^2
9	Waterpl. Area	408,824	m^2
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,654	
11	Block coeff. (Cb)	0,643	
12	Max Sect. area coeff	0,987	
13	Waterpl. area coeff.	0,804	
14	LCB length	20,040	from z
15	LCF length	17,536	from z
16	LCB %	44,533	from z
17	LCF %	38,968	from z
18	KB	1,548	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	4,187	m
21	BML	53,474	m
22	GMt corrected	5,735	m
23	GML	55,022	m
24	KMt	5,735	m
25	KML	55,022	m
26	Immersion (TPc)	4,190	tonne/c
27	MTc	11,940	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	93,968	tonne.

Gambar 4.8 Gambar Data *Hydrostatic*

Dari Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan *displacement* adalah 940,06 Ton, sedangkan *displacement* dari *model* maxsurf adalah 938,8 Ton. Selisih antara keduanya adalah 1,26 Ton (0.1 %), ini masih dalam rentang batasan yaitu 1%. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file* > *export* > DXF and IGES, atur skala 1:1, kemudian *klik ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabung ketiganya dalam satu file *dwg* yang merupakan *output* dari *software* AutoCAD. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat. Gambar rencana garis dari *offshore supply vessel* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.



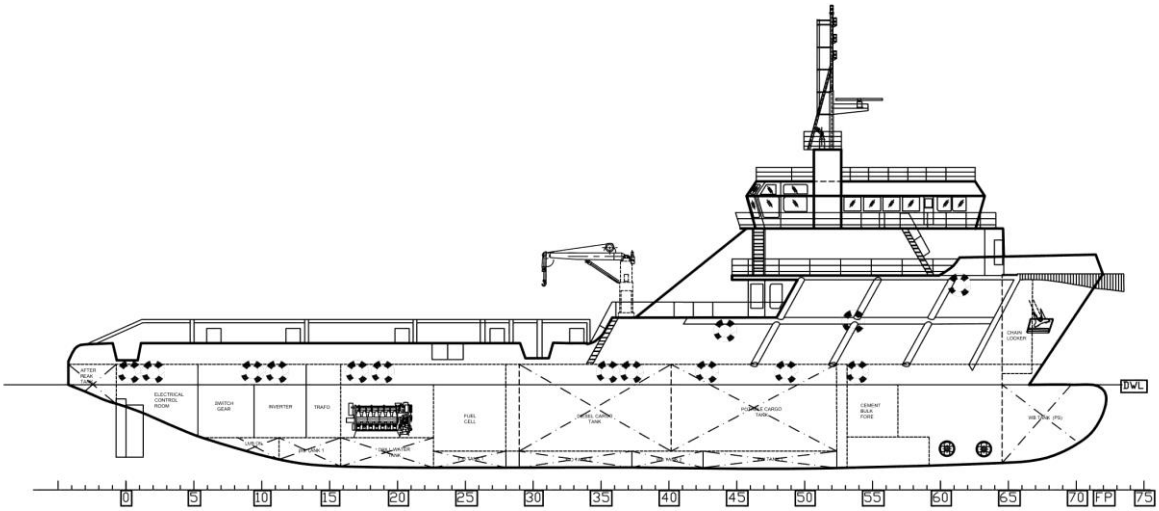
Gambar 4.9 *Lines Plan*

4.8. Pembuatan *General Arrangement*

Dari gambar *lines plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *general arrangement* dari *offshore supply vessel* ini. *General arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *general arrangement* dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD 2016. Gambar *general arrangement offshore supply vessel* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C.

4.8.1. *Profile View*

Pada pemodelan rencana umum dibuat proyeksi *layout* kapal tampak samping. Jarak gading yang digunakakan dalam desain *offshore supply vessel* ini adalah 0,6 m. Hasil pemodelan rencana umum tampak samping dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.

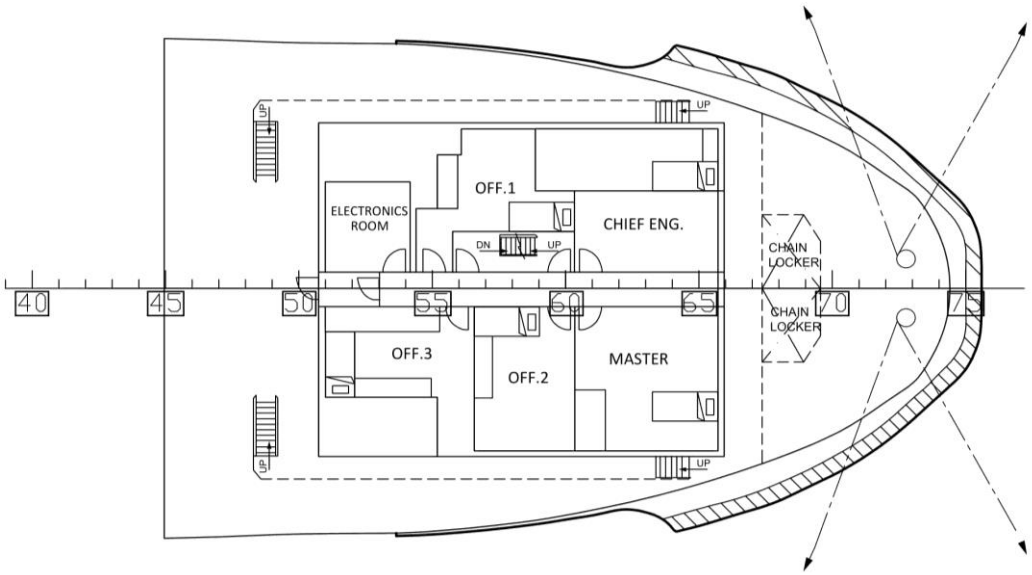


Gambar 4.10 *Profile View* dari *Offshore Supply Vessel*

Pada proyeksi kapal tampak samping yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa kapal memiliki 8 sekat melintang, yang terdiri dari 1 sekat buritan (sekat belakang kamar mesin), 1 sekat depan kamar mesin, 4 sekat kedap ruang muat, sekat *cofferdam*, dan 1 sekat tubrukan.

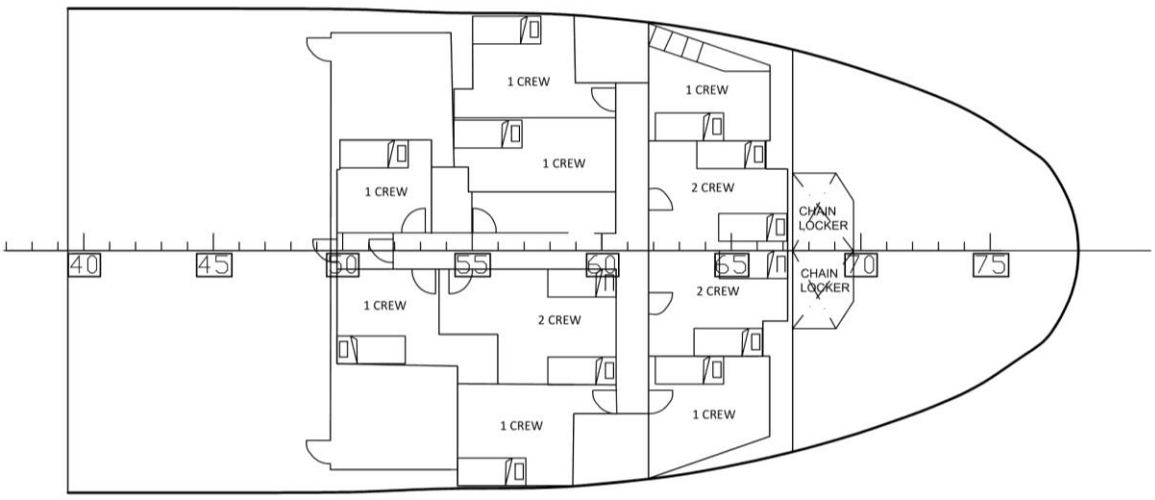
4.8.2. Rumah Geladak *(Deckhouses)*

Layout rumah geladak pada rencana umum diproyeksikan tampak atas. Pada bagian ini pemodelan *layout* dilakukan pada setiap *layer* geladak. Geladak tersebut terdiri dari *winch deck, forecastle deck* dan *bridge deck.*



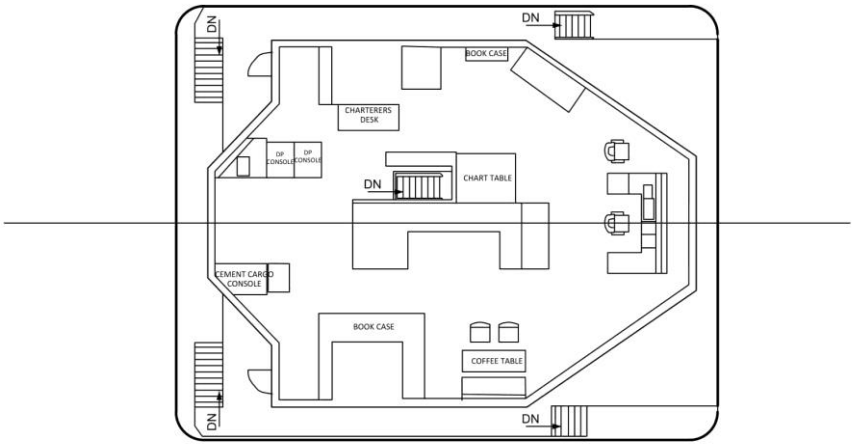
Gambar 4.11 *Forecastle Deck*

Pada Gambar 4.11 merupakan *forecastle deck* pada *offshore supply vessel* ini. Pada *deck* ini terdapat beberapa ruangan seperti *galley, cold store, dinning room, air handling room, crew recreation room, general store & electrical store.* Pada *forecastle deck* juga terdapat *cargo control room* dimana seluruh aktivitas peralatan pada ruang muat terpantau. Di bagian luar *poop deck* juga terdapat beberapa peralatan seperti *provision crane, windlass* dan *mooring lines equipment*.



Gambar 4.12 *Winch Deck*

Pada Gambar 4.12 merupakan *winch deck* pada *offshore supply vessel* ini. *Deck* ini berfungsi sebagai *deckhouse* yang berisi kamar tidur para kru kapal. Dan pada geladak ini terdapat mesin *winch*.

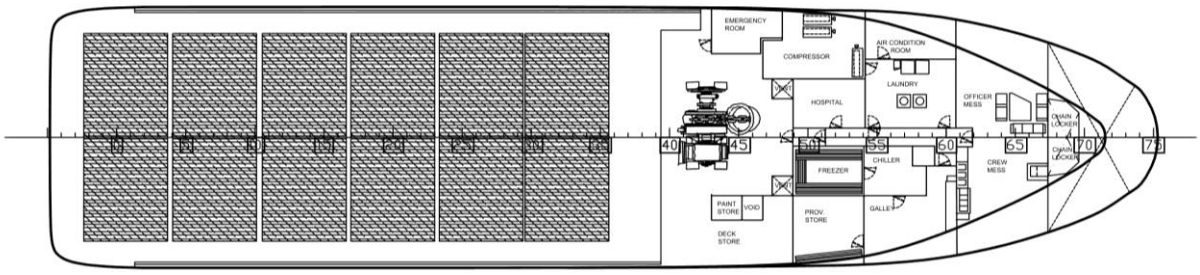


Gambar 4.13 *Bridge Deck*

Pada Gambar 4.13 merupakan *bridge deck* pada *offshore supply vessel* ini. *Deck* ini berfungsi sebagai kantor utama para *ship's officer*. Pada *navigation deck* terdapat peralatan-peralatan yang berhubungan dengan navigasi dan komunikasi.

4.8.3. Geladak Utama *(Main Deck)*

Layout geladak utama (*main deck)* pada rencana umum *offshore supply vessel* ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar 4.14.

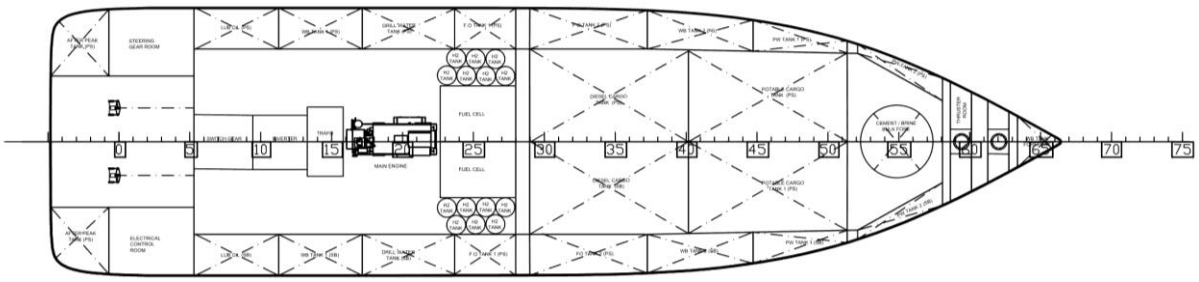


Gambar 4.14 *Main Deck* dari *Offshore supply vessel*

Gambar 4.14 merupakan *main deck* pada *dual fuel offshore supply vessel*. *Main deck* merupakan tempat beraktivitas utama pada kapal ini. *Offshore* logistik akan ditempatkan pada geladak utama dan disusun sedemikian rupa. Kekuatan dari geladak utama ini juga perlu diperhatikan dengan memperhatikan distribusi beban dari muatan.

4.8.4. *Hold Plan*

Layout hold plan pada rencana umum *offshore supply vessel* ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar 4.15.

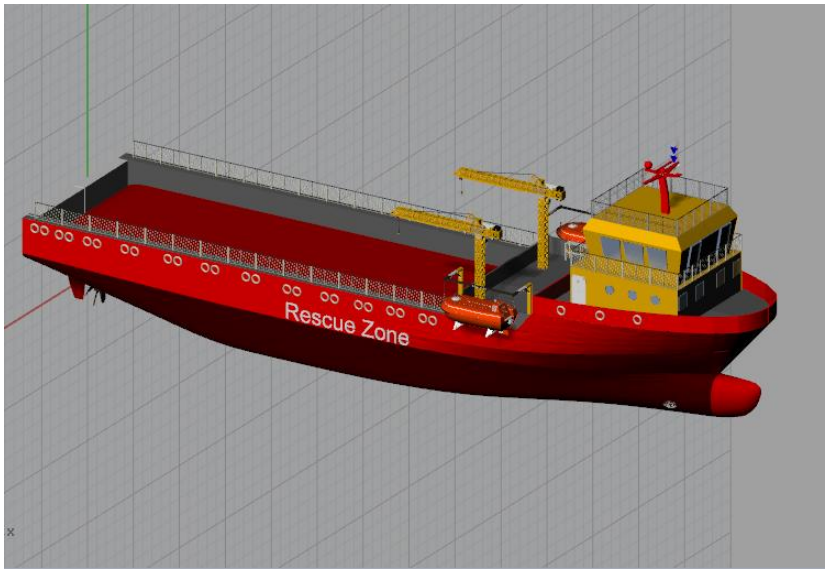


Gambar 4.15 *Hold Plan Offshore supply vessel*

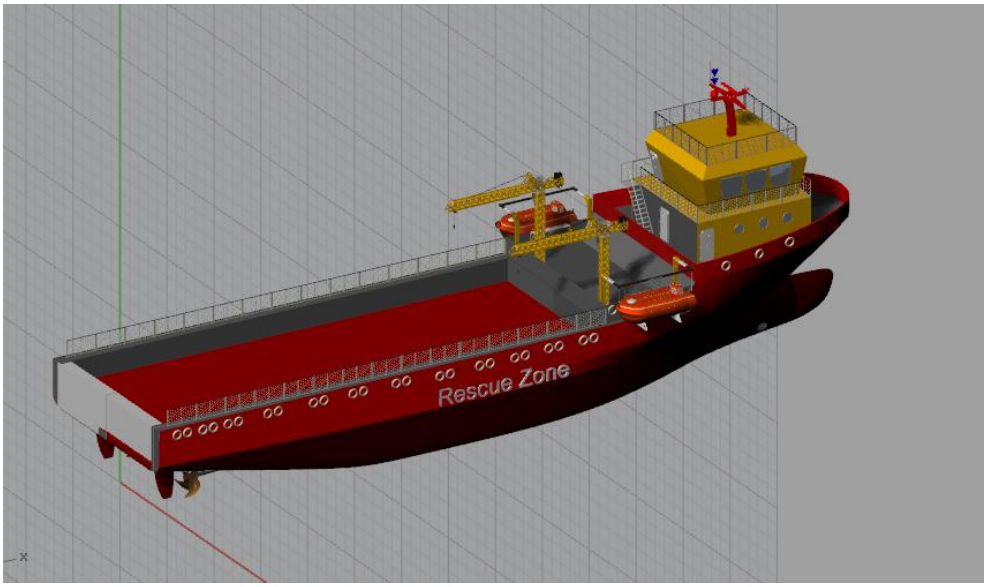
Gambar 4.15 merupakan *hold plan* pada kapal yang menggambarkan letak tangki-tangki pada kapal. Hal yang ditekankan pada Gambar 4.15 adalah letak tangki muatan berupa minyak diesel, air bersih, *brine*, dan *drill water.*

4.9. Pemodelan Tiga Dimensi

Setelah dilakukan pembuatan rencana umum, selanjutnya dilakukan pembuatan 3D Model dengan bantuan *software* Rhinoceros 5. Pada tahap awal pemodelan 3D, pembuatan lambung kapal menggunakan bantuan *software* Maxsurf Modeler. Kemudian kapal disesuaikan dengan ukuran utama serta karakteristik *displacement* dan koefisiennya sesuai dengan hasil analisis teknis yang telah dilakukan. Setelah itu, hasil pemodelan lambung kapal di Maxsurf Modeler dilakukan *export* ke *software* Rhinoceros 5, untuk memudahkan pemodelan bangunan atas dan detail pada bagian *main deck* dan *navigation deck*. Langkah pertama yaitu dari Maxsurf dilakukan *convert* dalam bentuk file .3dm dan kemudian pemodelan lambung kapal dapat diimport ke aplikasi Rhinoceros 5. Hasil pemodelan 3D *offshore supply vessel* ini dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan Gambar 4.17.



Gambar 4.16 Tampak Depan Perspective



Gambar 4.17 Tampak Belakang Perspective

Gambar 4.16 merupakan tampak depan perspective dari *hybrid offshore supply vessel.* Dari gambar tersebut dapat dilihat bagian depan kapal secara *isometric.* Lambung bagian depan kapal semakin membentuk kerucut dan terdapat *bulbous bow* untuk memecah ombak. Selain itu pada bagian depan kapal juga terdapat bangunan atas kapal (*superstructure)* dan rumah geladak (*deck house).* Sedangkan Gambar 4.17 merupakan tampak belakang perspective dari *hybrid offshore supply vessel*. Pada bagian belakang kapal terdapat *propeller* dan *rudder*. Selain itu, terdapat geladak utama untuk muatan geladak yang diakomodasi dengan *crane.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
ANALISIS EKONOMI

5.1. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan adalah biaya-biaya yang dikeluarkan untuk membangun sebuah kapal. Biaya pembuatan kapal terdiri dari total material yang dipakai, peralatan dan perlengkapan kapal, tenaga penggerak kapal, pajak pembangunan, harga pembangunan di galangan, serta inflasi.

5.1.1. Material

Material yang digunakan untuk pembuatan sebuah kapal adalah baja. Biaya baja yang digunakan adalah untuk membangun *hull*, *superstructures*, serta *deckhouses* dan juga elektroda yang dipakai dalam pengelasan. Pembahasan biaya material dipaparkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Biaya Material

Item	Jumlah	Harga	Total (USD)
Konstruksi hull, *superstructures*, dan *deckhouses*	411,80 ton	2000 USD/ton	823,600
Elektroda (asumsi 10% dari berat kapal)	41,18 ton	800 USD/ton	32,944
Total			**856,544**

Pada Tabel 5.1 diketahui bahwa total biaya material dalam membangun struktur *offshore supply vessel* ini adalah 856,544 USD. Untuk perhitungan yang lebih jelas dari pembangunan struktur ini terlampir pada Lampiran A.

5.1.2. *Equipment* dan *Outfitting*

Biaya *equipment dan outfitting* merupakan salah satu komponen biaya pembangunan kapal yang harus dipertimbangkan. Biaya *equipment dan outfitting* terdiri dari rincian dana kebutuhan peralatan-peralatan perlengkapan kapal seperti peralatan navigasi & komunikasi, keselamatan, *anchor handling*, *railing*, serta pintu dan jendela. Dari masing-masing pengelompokan *equipment* dan *outfitting*, rincian jumlah *equipment* dan *outfitting* tersebut dicari harga tiap *item*. Dan total harga dari masing-masing pengelompokan dapat dilihat pada pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Biaya *Equipment & Outfitting*

Item	Jumlah	Harga (USD)	Total (USD)
Peralatan Navigasi			
• **Radar**	1	5,500	5,500
• **Kompas**	1	80	80
• **GPS**	1	10,000	10,000
• **Lampu Navigasi**			
- ***Masthead Light***	1	13	13
- ***Anchor Light***	1	10	10
- ***Starboard Light***	1	50	50
- ***Portside Light***	1	55	55
• ***Simplified Voyage Data Recorder* (S-VDR)**	1	13,200	13,200
• ***Automatic Identification System* (AIS)**	1	1,130	1,130
• ***Telescope Binocular***	1	49	49
Peralatan Komunikasi			
• ***Radiotelephone***	1	1,800	1,800
• ***Digital Selective Calling (DSC)***	1	350,000	350,000
• ***Navigational Telex (Navtex)***	1	1,000	1,000
• **EPIRB**	1	300	300
• **SART**	2	220	440
• **SSAS**	1	2,781	2,781
• ***Portable 2-Way VHF Radiotelephone***	2	100	200
Hydrogen Tank	14	69	966
Peralatan Keselamatan			
• ***Rescue Boat***	1	8,999	8,999
• ***Lifebuoy***	8	10	80
• ***Liferaft***	2	400	800
• ***Life jacket***	18	25	450
Peralatan *Anchor Handling*			
• **Jangkar**	2	1,000	2,000
• ***Windlass***	2	4,900	9,800
• **Rantai (*Chain cables*)**	468 m	10 per m	4,675
• **Tali Tambat (*Ropes*)**	170 m	2 per m	340
Pintu			
• ***Watertight door***	8	300	2,400
• **Pintu ruangan (*Cabin door*)**	36	90	3,240
Jendela			
• **Jendela kotak**	24	100	2,400
• ***Side scuttles***	27	50	1,350
Railing & Tiang Penyangga	140 m	35 per m	4,900
Crane	1	5,000	5,000
Total			**84,358**

Pada Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa total biaya peralatan & perlengkapan dari *offshore supply vessel* ini ialah sebesar 84,358 USD. Detail perhitungan biaya peralatan & perlengkapan ini dapat dilihat pada Lampiran A.

5.1.3. Tenaga Penggerak (Permesinan)

Biaya rincian dari tenaga penggerak terdiri dari biaya mesin *fuel cell*, diesel generator utama, mesin bantu (*auxilliary engine*), *azimuth truster*, dan komponen kelistrikan. Rincian biaya terdapat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Komponen Tenaga Penggerak

Item	Jumlah Unit	Harga (USD)	Total (USD)
Fuel Cell	6	67,500 USD/unit	405,000
Main Engine	1	855,415	855,415
Komponen kelistrikan	1	11,100	11,100
Genset	2	290,000 USD/unit	580,000
Azimuth Truster	2	150,000	300,000
Total			**2,151,515**

Pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa total biaya komponen tenaga penggerak (permesinan) dari *offshore supply vessel* ini ialah sebesar 2,151,515 USD. Detail perhitungan biaya komponen tenaga penggerak (permesinan) ini dapat dilihat pada Lampiran A.

5.1.4. Biaya Pembangunan Kapal

Setelah menghitung masing-masing biaya pembangunan kapal (structural cost, outfitting & equipment cost, dan machinery cost), maka biaya pembangunan kapal dapat diketahui seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Biaya Pembangunan Kapal

Item	Nilai (USD)
Material Struktur	856,544
Equipment dan Outfitting	84,358
Tenaga Penggerak (Permesinan)	2,151,515
Total Harga (USD)	3,092,417
Kurs Rupiah-US Dollar (per 13 Des 2018)	14,368
Total Harga (Rupiah)	**44.431.847.456**

5.1.5. Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

Selanjutnya perhitungan ekonomis pakai rupiah dengan biaya yang sudah dikonversi. Biaya rincian dari koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah terdiri dari keuntungan

galangan kapal, biaya inflasi, dan biaya pajak pemerintah. Rincian biaya terdapat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Komponen Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

Item	Harga (Rupiah)
Keuntungan Galangan Kapal (10% dari biaya pembangunan awal)	4.443.184.746
Biaya untuk Inflasi (2% dari biaya pembangunan awal)	888.636.949
Biaya Pajak Pemerintah (10% dari biaya pembangunan awal)	4.443.184.746
Total	**9.775.006.440**

5.1.6. Total Biaya Pembangunan

Total biaya pembangunan merupakan penjumlahan dari semua total biaya dari biaya material, biaya *equipment* dan *outfitting*, biaya tenaga penggerak, serta biaya koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah. Untuk konversi biaya USD ke Rupiah mengikuti harga kurs Rp. 14.491/USD. Rincian total ada pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Total Biaya Pembangunan

Item	Harga (Rupiah)
Biaya material	44.431.847.456
Biaya koreksi keaadan ekonomi dan kebijakan pemerintah	9.775.006.440
Total	**54.206.853.896**

Pada Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa total biaya pembangunan *offshore supply vessel* ini setelah dilakukan koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah ialah sebesar 54.206.853.896 rupiah.

5.2. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang dibutuhkan untuk berjalannya operasi *offshore supply vessel* ini dalam waktu setahun. Rincian dana terdiri dari pinjaman bank, biaya perawatan kapal, asuransi, gaji *crew*, bahan bakar, minyak pelumas, serta air bersih.

5.2.1. Pinjaman Bank

Pinjaman bank merupakan biaya yang dibutuhkan untuk biaya pembangunan dengan meminjam dana ke bank. Bank yang digunakan menggunakan Bank Mandiri. Bank Mandiri sendiri mempunyai suku bunga 9.95%. Waktu peminjaman yang diberikan untuk mengembalikan yaitu 5 tahun. Rincian peminjaman dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rincian Peminjaman Bank

Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	54.206.853.869,32	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	35.234.455.032,61	Rp
Bunga Bank	9.95%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	3.505.828.275,74	Per tahun
Masa Pinjaman	5	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	10.552.719.282,27	Rp

5.2.2. Biaya Perawatan Kapal

Biaya perawatan kapal merupakan biaya perkiraan yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan kapal selama masa pemakaian dalam setahun. Biaya perawatan diperkirakan sekitar 10% dari harga pembuatan kapal yaitu Rp. 5.420.685.390.

5.2.3. Asuransi

Asuransi merupakan dana yang dibutuhkan untuk mengasuransikan *offshore supply vessel* ini. Perhitungan dilakukan dalam waktu kurun 1 tahun. Pengambilan biaya asuransi diasumsikan 2% dari harga pembuatan kapal yaitu Rp. 1.084.137.078 (Watson,1998).

5.2.4. Gaji Awak Kapal

Gaji awak kapal merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menggaji para awak kapal yang ada dalam *offshore supply vessel* ini. Total awak kapal yang ada dalam kapal ini adalah 18 orang. Rincian dari dana biaya gaji awak kapal ada pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Rincian Gaji Awak Kapal

Gaji *Crew* Kapal		
Jumlah *crew* kapal	18	Orang
Gaji *crew* kapal per bulan	Rp.4.500.000	per orang
Gaji *crew* kapal per tahun	Rp.54.000.000	per orang
Total	**Rp. 972.000.000**	

5.2.5. Biaya Bahan Bakar dan Minyak Pelumas

Biaya ini terdiri dari biaya bahan bakar hidrogen, *marine diesel oil* (MDO), dan biaya minyak pelumas. Hal pertama yang dilakukan agar dapat menghitung biaya bahan bakar adalah dengan menentukan jumlah bahan bakar dan minyak pelumas yang digunakan selama 1 kali perjalanan, waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali perjalanan, dan harga per satuan berat atau volume. Waktu untuk satu kali perjalanan membutuhkan 8 jam. Jumlah pelayaran yang

dilakukan selama satu tahun ialah 52 kali. Rincian biaya bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10 dan Tabel 5.11.

Tabel 5.9 Rincian Biaya Bahan Bakar Gas Hidrogen

Bahan Bakar Gas Hidrogen		
Kebutuhan bahan bakar Hidrogen	0,068	m^3/trip
Harga bahan bakar Hidrogen	US$ 8.000	per m^3
Harga bahan bakar Hidrogen	Rp. 114.944.000	per m^3
Harga bahan bakar Hidrogen	Rp. 7.816.192	per trip
Total	**Rp. 406.441.984**	**per tahun**

Tabel 5.10 Rincian Biaya Bahan Bakar Minyak (MDO)

Marine Diesel Oil (MDO)		
Kebutuhan bahan bakar MDO	0,05	ton/trip
Harga bahan bakar MDO	$ 518	per ton
Harga bahan bakar MDO	Rp. 7.442.624	per ton
Harga bahan bakar MDO	Rp. 372.131,2	per trip
Total	**Rp. 19.350.822**	**per tahun**

Tabel 5.11 Rincian Biaya Minyak Pelumas

Lubrication Oil		
Kebutuhan minyak pelumas	0,03	ton/trip
Harga minyak pelumas	$ 1,71	per liter
Harga minyak pelumas	24.569.280	per ton
Harga minyak pelumas	737.078	per trip
Total	**Rp. 61.914.586**	**per tahun**

5.2.6. Biaya Air Tawar (*Fresh Water*)

Biaya air tawar merupakan biaya yang dibutuhkan memenuhi kebutuhan air tawar (*fresh water*) *crew* kapal dan pendingin mesin selama perjalanan dalam kurun waktu satu tahun. Biaya air tawar dapat diketahui dengan menentukan terlebih dahulu kebutuhan air tawar dalam satu kali perjalanan, waktu yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan, dan harga air bersih per satuan volume. Rincian biaya air tawar dapa dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rincian Biaya Air Tawar

Air Tawar (*Fresh Water*)	Nilai	Unit
Kebutuhan air tawar	3,06	m^3/trip
Harga air Tawar	Rp. 50.000	per m^3
Harga air tawar	Rp. 153.000	per trip
Total	**Rp. 1.836.000**	**per tahun**

5.2.7. Total Biaya Operasional

Setelah dilakukan perincian dana maka dilakukan perhitungan total tiap-tiap komponen agar didapatkan total biaya operasional selama satu tahun. Rincian total biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Total Biaya Operasional

Biaya	Nilai	Waktu
Cicilan Pinjaman Bank	Rp. 10.552.719.282	per tahun
Maintenance Cost	Rp. 5.420.685.390	per tahun
Insurance Cost	Rp. 1.084.137.078	per tahun
Gaji *crew*	Rp. 972.000.000	per tahun
Bahan bakar *gas*	Rp. 406.441.984	per tahun
Bahan bakar *MDO*	Rp. 19.350.822	per tahun
Minyak Pelumas	Rp. 61.914.586	per tahun
Air bersih (*Fresh water*)	Rp. 1.836.000	per tahun
Total	**Rp. 18.519.085.142**	**per tahun**

5.3. Analisis Perbandingan Biaya

Perbandingan biaya dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu komponen ekonomis dari *offshore supply vessel* ini seperti penentuan biaya penyewaan *offshore supply vessel*, proyeksi arus kas, perhitungan *break even point*, *net present value*, *profitability index*, *internal rate of return*, serta *payback period*, kemudian dilakukan perbandingan dengan biaya sewa moda transportasi sejenis yang eksis.

5.3.1. Penentuan Biaya Penyewaan *Offshore supply vessel*

Biaya sewa kapal ditentukan dengan menjumlahkan total biaya pembangunan kapal dan total biaya operasional kemudian dibagi 5 tahun untuk biaya per tahunnya serta ditambahkan juga keuntungan untuk penyedia jasa sewa. Terdapat dua tipe penyewaan kapal yaitu *voyage charter* dan *time charter*. Untuk *offshore supply vessel* ini dilakukan analisis penyewaan untuk 2 jenis tipe *charter*, yaitu:

1. *Voyage charter*.

   Voyage charter merupakan sistem penyewaan kapal antara pemilik dan penyewa kapal atas dasar satu atau beberapa trayek angkutan/perjalanan kapal, dimana untuk trayek yang dimaksud, pemilik kapal akan menyerahkan seluruh atau sebagian ruang muatan kepada penyewa setelah yang bersangkutan membayar tarif sewa per *voyage* (trayek perjalanan/pengangkutan). Pada tipe *charter* ini, pemilik kapal akan menanggung semua biaya-biaya kapal, yaitu biaya *maintenance & asuransi kapal*, gaji *crew* kapal, biaya bakan bakar & minyak pelumas, serta biaya air bersih. Penyewa hanya berkewajiban membayar uang sewa muatan sesuai tarif yang telah di sepakati bersama untuk satu

trayek angkutan. Dengan analisis dan pertimbangan ekonomis yang dilakukan, maka didapatkan biaya sewa *offshore supply vessel* ini adalah Rp 293.269.231 untuk satu kali perjalanan (*voyage*) atau Rp 425.755,98 per ton. Kapal ini direncanakan berlayar sebanyak 52 *roundtrip*/*voyage* dalam 1 tahun sesuai perhitungan pada Bab 4.2. Sehingga total pemasukan dari biaya penyewaan dalam satu tahun untuk tipe *voyage charter* ini ialah sebesar Rp 15.250.000.000.

2. *Time charter*

   Time charter ialah sistem penyewaan kapal antara pemilik kapal (*ship owner*) dengan penyewa (*charterer*) yang di dasarkan pada jangka waktu (lamanya penyewaan) yang di setujui bersama oleh kedua belah pihak. *Charterer* menyewa kapal dari *ship owner* dalam keadaan siap berlayar / beroperasi untuk suatu jangka waktu sewa tertentu. Pada *time charter*, *charterer* kapal menanggung biaya *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas dan air bersih) yang diperlukan selama pelayaran. Sedangkan *ship owner* menanggung biaya-biaya seperti gaji *crew* kapal, biaya perawatan dan asuransi kapal. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, biaya penyewaan *offshore supply vessel* ini untuk tipe *time charter* ialah sebesar Rp 15.836.538.462 selama satu tahun. *Offshore supply vessel* ini memiliki waktu operasi efektif selama 11 bulan dalam 1 tahun, dikarenakan diasumsikan melakukan survei tahunan atau *docking* selama 1 bulan (30 hari) untuk tiap tahunnya. Sehingga biaya *time charter* dari *offshore supply vessel* ini untuk tiap bulan ialah sebesar Rp 1.439.685.315.

5.3.2. Proyeksi Arus Kas

Proyeksi arus kas merupakan perhitungan pengeluaran dan pemasukan yang terjadi selama beberapa tahun. Proyeksi arus kas dilakukan untuk masing-masing tipe penyewaan kapal dikarenakan adanya perbedaan aturan mengenai pihak yang menanggung biaya pelayaran kapal. Arus kas keluar pada tahun 2020 untuk kedua tipe penyewaan adalah Rp 54.206.835.896. Arus kas masuk pada voyage charter di tahun 2021 ialah sebesar Rp 15.250.000.000 dan pada tahun 2029 sebesar Rp 46.660.098.653 dengan penambahan sebesar 15% setiap tahunnya selama 10 tahun. Arus kas bersih pada tahun 2021 ialah sebesar Rp 3.671.059.547 dan pada tahun 2030 sebesar Rp32.466.303.254. Arus kas masuk untuk tipe time charter pada tahun 2021 adalah sebesar Rp 15.836.538.461 dan pada tahun 2029 sebesar Rp 48.444.333.217 dengan penambahan 15% setiap tahunnya selama 10 tahun. Arus kas bersih yang dihasilkan oleh tipe time charter pada tahun 2021 sebesar Rp 4.639.533.215 dan tahun 2029 sebesar

Rp34.394.507.035. Rincian Proyeksi Arus Kas *Voyage Charter* dan tipe *time charter* dapat dilihat pada Lampiran E.

5.3.3. *Break Even Point, Net Present Value, Profitability Index, Internal Rate of Return,* dan *Payback Period*

Break even point (BEP) adalah sebuah titik impas dimana pada titik tersebut biaya pengeluaran dan pendapatan adalah nol. *Net present value* (NPV) adalah selisih antara pengeluaran dengan pemasukan yang diperkirakan pada masa mendatang yang didiskonkan pada saat ini. NPV dikatakan baik apabila nilai NPV di atas nol. *Profitability Index* (PI) adalah sebuah index yang digunakan untuk memperkirakan keuntungan dari sebuah usaha. PI dikatakan baik apabila nilai PI di atas 1. *Internal Rate of Return* (IRR) adalah suatu indikator tingakt efisiensi sebuah investasi. IRR dikatakan baik apabila nilai IRR di atas suku bunga pengembalian dana pinjaman ke bank. Dalam kasus ini suku bunga bank adalah 9.95%. *Payback Period* (PP) adalah waktu yang dibutuhkan untuk sebuah usaha mendapatkan modalnya kembali. Hasil perhitungan ekonomis untuk tipe penyewaa *voyage charter* dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Komponen Analisis Ekonomis *Voyage Charter*

Komponen	Nilai
NPV	Rp. 28.137.119.108
PI	1.51907
IRR	18.25 %
PP	5.42 tahun
BEP (rupiah)	Rp. 113.494.789.274
BEP (unit)	387 *voyage*

Pada Tabel 5.14 dapat dilihat bahwa untuk tipe penyewaan *voyage charter* dengan biaya penyewaan sebesar Rp 293.269.231 per *voyage*, didapatkan nilai NPV yang positif atau diatas 0 (nol), PI diatas 1, IRR diatas 9,95%. Sehingga dari indikator yang didapatkan ini, dapat disimpulkan bahwa pembangunan *dual fuel offshore supply vessel* ini layak untuk dilakukan. Hasil perhitungan ekonomis untuk tipe penyewaan *time charter* dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Komponen Analisis Ekonomis *Time Charter*

Komponen	Nilai
NPV	Rp. 32.532.731.322
PI	1.60016
IRR	19,49 %
PP	5,26 tahun
BEP (rupiah)	Rp. 151.954.718.010
BEP (unit)	106 TC (bulanan)

Pada Tabel 5.15 dapat dilihat bahwa untuk tipe penyewaan *time charter* dengan biaya penyewaan sebesar Rp 1.439.685.315 per bulan, didapatkan nilai NPV diatas 0 (nol), PI diatas 1, dan IRR diatas 9,95%. Sehingga dari indikator yang didapatkan ini, dapat disimpulkan bahwa pembangunan *dual fuel offshore supply vessel* ini layak untuk dilakukan.

Dari analisis ekonomis yang dilakukan untuk kedua tipe penyewaan, dengan nilai NPV dan PI yang hampir sama, dapat dilihat bahwa laju pengembalian yang lebih besar terdapat pada tipe *time charter*. Hal Ini dapat dilihat pada nilai IRR *time charter* yaitu 19.49 %, lebih besar dari IRR *voyage charter* yaitu 18,25%. Namun, bila dilihat melalui nilai BEP maka persewaan jenis *voyage charter* lebih baik dari pada *time charter*. Dimana untuk mencapai titik BEP, tipe *time charter* memerlukan pemasukan dari biaya penyewaan kapal yang lebih besar dibandingkan *voyage charter*. Selain itu nilai *payback period* untuk tipe *time charter* lebih kecil daripada nilai *payback period voyage charter*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe *time charter* memiliki laju pengembalian modal yang lebih cepat.

5.3.4. Perbandingan Biaya Penyewaan

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan bahwa harga penyewaan yang cocok untuk *offshore supply vessel* ini untuk mendapatkan keuntungan dan dapat mengembalikan modal yaitu sebesar Rp 293.269.231 per *voyage* untuk tipe *voyage* charter dan Rp 1.439.685.315 per bulan untuk tipe *time charter*. Untuk harga jasa penyewaan kapal *supply* yang memiliki ukuran yang mendekati *offshore supply vessel* yang direncanakan yaitu sebesar Rp. 1.850.000.000 per bulan untuk tipe *time charter* (Sewa Kapal, 2018). Dapat dikatakan bahwa harga penyewaan *offshore supply vessel* ini lebih murah dibandingkan penyewaan kapal yang sudah ada.

5.4. Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar *Dual Fuel* dan Konvensional

Salah satu keuntungan dari penggunaan mesin hibrida ialah harga bahan bakar selama operasional kapal yang lebih murah dibandingkan dengan *diesel engine* konvensional. Perbandingan harga antara penggunaan mesin hibrida dan *diesel engine* konvensional ini dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Pada Tabel 5.16 dapat dilihat bahwa penggunaan mesin hibrida yang menggunakan bahan bakar hidrogen & MDO lebih hemat dibandingkan menggunakan *diesel engine* konvensional yang menggunakan bahan bakar MDO. Pengeluaran per tahun bahan bakar untuk penggunaan mode *hybrid* ialah sebesar Rp 421.571.488. Sedangkan penggunaan *diesel engine* konvensional memerlukan biaya sebesar Rp 578.854.823 untuk biaya bahan bakar dengan rute

pelayaran yang sama. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan mesin hibrida dapat menghemat biaya bahan bakar hingga 37.31%.

Tabel 5.16 Perbandingan Harga Bahan Bakar

Perbandingan Penggunaan MDO dengan Dual Fuel							
MDO				Hybrid Mode			
Kebutuhan MDO		1,913	Ton/trip	Kebutuhan Hidrogen		0,068	m3
Harga MDO	$	405,00	per ton	Harga Hidrogen	$	8.000	per m3
	Rp	5.819.040	per ton	Harga hidrogen	$	114.944.000	per m3
	Rp	11.131.824	per trip		Rp	7.816.192	per trip
Total Harga MDO	Rp	578.854.823	per tahun		Rp	7.816.192	per trip
					Rp	406.441.984	per tahun
				Kebutuhan MDO		0,05	ton/trip
				Harga MDO	$	405,00	per ton
					Rp	5.819.040	per ton
					Rp	290.952	per trip
					Rp	15.129.504	per tahun
TOTAL HARGA	**Rp**	**578.854.823**	**per tahun**	**TOTAL HARGA**	**Rp**	**421.571.488**	**per tahun**

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Hasil perhitungan dari analisis penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Payload* dari *offshore supply vessel* didapatkan dari total dari kebutuhan di Lapangan Pengeboran Gas Terang Sirasun Batur. Total *payload* yang diangkut dalam satu kali perjalanan sebesar 668,2 ton. Lama perjalaan dalam satu trip dapat ditempuh dengan waktu 8 jam. Penjadwalan perjalanan *offshore supply vessel* adalah setiap minggu dengan total perjalanan sebesar 52 kali trip. Desain *Lines Plan* telah dibuat dan dilampirkan pada Lampiran B, Desain *General Arrangement* telah dibuat dan dilampirkan pada Lampiran C, dan Pemodelan 3D telah dibuat dan dapat dilihat pada Lampiran D.

   Hasil analisis teknis didapatkan berupa ukuran utama kapal sebagai berikut:

   - *Length of perpendicular* (L_{PP}) : 43,2 meter
   - *Breadth* (B) : 11,3 meter
   - *Height* (H) : 4,00 meter
   - *Draft* (T) : 2,80 meter

2. Perhitungan teknis yang dilakukan telah memenuhi.
   - Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 2,08%. *Displacement* kapal adalah 1051 ton dan berat kapal (*LWT+DWT*) adalah 1029,553 ton, sehingga perhitungan berat diterima.
   - Perhitungan kapasitas ruang muat yang telah dilakukan menghasilkan margin volume sebesar 12,47 %. Volume ruang muat yang didesain ialah 441,5 m^3, sedangkan volume muatan yang akan dibawa ialah 392,515 m^3, sehingga perhitungan kapasitas ruang muat diterima.
   - Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, kondisi trim haluan diterima karena selisih *LCG* dan *LCB* kurang dari 0,1% dari Lpp kapal yaitu 0,043.
   - Perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan menghasilkan batasan lambung timbul sebesar 250 mm, sedangkan lambung timbul kapal sebenarnya adalah 1200 mm. Sehingga perhitungan lambung timbul diterima.

- Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari *IMO IS Code* 2008 Chapter 4.5 untuk *offshore supply vessel*. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah diterima.
- Desain sistem propulsi *hybrid offshore supply vessel* yang dirancang meningkatkan efisiensi sehingga dapat menghemat bahan bakar.

3. Sistem kerja hibrida dari *offshore supply vessel* dimulai saat bahan bakar dari sumber tenaga hibrida dimasukkan hingga menjadi tenaga dan menggerakkan kapal.
4. Berdasarkan analisis ekonomis yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:
    - Biaya investasi pembangunan *offshore supply vessel* sebesar Rp 54.206.853.896.
    - Harga penyewaan untuk tipe *voyage charter* sebesar Rp 293.269.231 per *voyage* dengan nilai BEP Rp 113.494.789.274, NPV Rp. 28.137.119.108, PI 1.51907, IRR 18.25 % dan *Payback Period* 5,42 tahun.
    - Harga penyewaan unuk tipe *time charter* dengan sebesar Rp 1.439.685.315 per bulan dengan nilai BEP Rp. 151.954.718.010, NPV Rp. 32.532.731.322, PI 1.60016, IRR 19,49 % dan *Payback Period* 5,26 tahun.
    - Dengan indikator kelayakan investasi yang didapatkan dimana nilai NPV > 0, IRR > suku bunga, dan PI > 1 untuk kedua tipe *charter*, maka dapat disimpulkan bahwa investasi *offshore supply vessel* dengan mode hibrida ini layak untuk dilakukan.
    - Penggunaan mode hibrida pada *offshore supply vessel* ini dapat menghemat biaya bahan bakar hingga 37,31% dibandingkan dengan *diesel engine* konvensional.

6.2. Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan penulis untuk penelitian berikutnya, yakni:

1. Perlu dilakukan analisis lebih mendalam mengenai kelistrikan dan peralatan sistem hibrida.
2. Perlu dilakukan analisis *fuel oil consumption* lebih mendalam pada sistem hibrida.

DAFTAR PUSTAKA

International Maritime Organization. (2008). Intact Stability (IS) Code. London: IMO Publishing.

(IMO), I. M. (1966). International Convention on Load Line 1966. London: IMO Publishing.

Agustina, Y. (2017). MODEL PENJADWALAN DAN POLA OPERASI ARMADA KAPAL PENDUKUNG AKTIVITAS ANJUNGAN MINYAK LEPAS PANTAI: STUDI KASUS AREA WEST MADURA OFFSHORE. *Jurnal Teknik ITS*, 5.

Basuki, D. (2017, Juli 27). *Pertamina.com.* Retrieved Juni 13, 2019, from http://scm.phe.pertamina.com/media/0e420c07-8b3e-4365-8c1d-a66f2f1b67be/7.%20KEI%20Introduction%20Vendors%20Day%202017.pdf

Ekonomi Bisnis.com. (2019, Mei 20). *Ekonomi Bisnis.com*. Retrieved from https://ekonomi.bisnis.com/read/20190320/44/902256/jonan-resmikan-tambahan-pasokan-gas-lapangan-tsb-milik-kangean-energy

Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships.* New York: John Wiley and Sons.

Hasan. (2007). APLIKASI SISTEM FUEL CELL. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 278.

Ikehata, M., and Chandra, S. (1989). Theoritical Calculation of Propulsive Performances of Stator-Propeller in Uniform Flow by Vortex Lattice Method. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 166*, 17-25.

IMO, I. M. (1969). International Convention on Tonnage Measurement of Ships. London: IMO Publishing.

International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974).* London: IMO Publishing.

International Maritime Organization. (1966). International Convention on Load Line . London: IMO Publishing.

Iqbal, M. (2019). Desain Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar High Density Polyethylene Sebagai Penunjang Potensi Laut Provinsi Kepulauan Riau. *JURNAL TEKNIK ITS, 8*(1), 3.

Isdinarmiati, T. (2012). Kenaikan Tarif Dasar Listrik dan Respon Kebijakan untuk Meminimasi Dampak Negatif Terhadap Perekonomian. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Pembangunan, 1*(1).

Issetiabudi, D. E. (2019, Maret 20). *Bisnis.com*. (Bisnis.com) Retrieved Mei 20, 2019, from https://ekonomi.bisnis.com/read/20190320/44/902256/jonan-resmikan-tambahan-pasokan-gas-lapangan-tsb-milik-kangean-energy

Kementrian ESDM. (2019). Peraturan Menteri No 7 . Indonesia.

Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Levander, K. (2012). System Based Ship Design.

Levander, S. O. (2012). System Based Ship Design of Offshore Support Vessel. *Marine Technology*. Trondheim: NTNU.

Lewis. (1988). *Principles of Naval Architecture.* Jersey.

Lewis, E. V. (1988). *PNA Vol.I.* New Jersey.

Parsons, M. (2008). *Parametric Design.*

Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.

RI, M. E. (2019). Peraturan Pemerintah . Indonesia.
Ridwan, M. (2010). Peningkatan Kinerja Sistem Propulsi Kapal Penangkap Ikan Tradisional Type Purseine 30 s/d 90 GT Menggunakan Sistem Hybrid. *GEMA TEKNOLOGI*, 108.
Sjahrir, A. (1993, Maret 22). Prospek Ekonomi Indonesia. *Jawa Pos*. Surabaya.
Sudana, I. M. (2015). *Teori & Praktik Manajemen Keuangan Perusahaan.* Surabaya: Erlangga.
van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge.* Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
Y, A. (2017). Model Penjadwalan dan Pola Operasi Armada Kapal Pendukung Aktivitas Anjungan Minyak Lepas Pantai: Studi Kasus Area West Madura Offshore. *Jurnal Teknik ITS*.

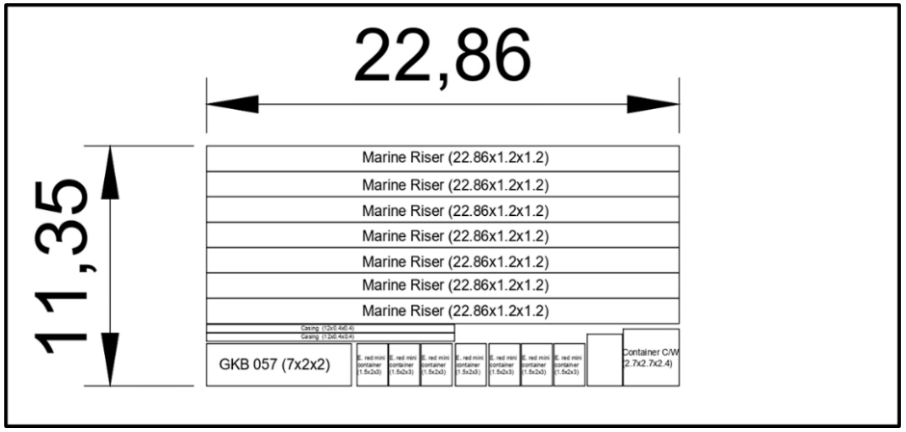
LAMPIRAN

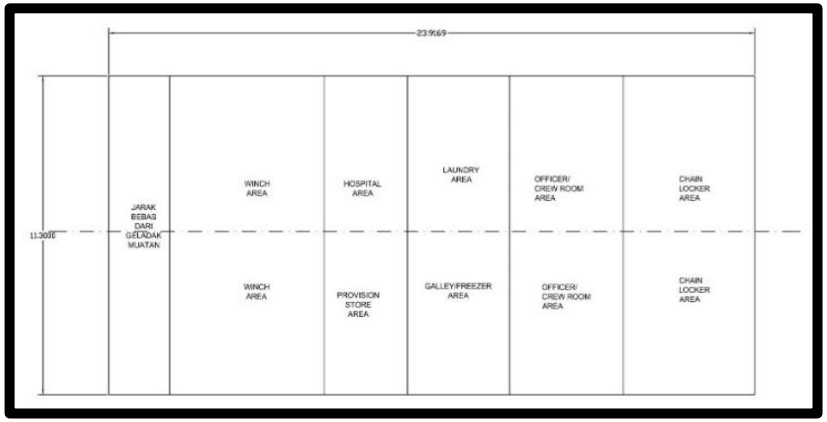
Lampiran A Perhitungan Teknis dan Ekonomis *Hybrid Offshore Supply Vessel*
Lampiran B Gambar *Lines Plan Hybrid Offshore Supply Vessel*
Lampiran C Gambar *General Arrangement Hybrid Offshore Supply Vessel*
Lampiran D Gambar 3G *Hybrid Offshore Supply Vessel*
Lampiran E Proyeksi Arus Kas *Voyage Charter* dan *Time Charter*

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL

PAYLOAD

No	Nama Barang	Berat (Ton)	Dimensi (Panjang x Lebar x Tinggi)	Kemasan	Quantity
1	21" 75 ft Marine Riser With Green Bouyancy	45.9	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	3
2	21" 75 ft Marine Riser With Blue Bouyancy	78	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	5
3	21" 75 ft Marine Riser With Yellow Bouyancy	32.6	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	2
4	21" 75 ft Marine Riser With Black Bouyancy	52.2	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	3
5	21" 75 ft Slick Marine Riser	9.6	22.86 x 1.20 x 1.20	Loose	1
6	20" Casing, 106.5 PPF, X-56 0.5'WT, Leopard SD Double Start	5.7	12.00 x 0.40 x 0.40	Bdls	2
7	Diesel Fuel	179.83		Tank	
8	Potable Water	146.79		Tank	
9	Drill Water	20		Tank	
10	Brine	40		Tank	
11	Container C/W Sling & Shackles of Riser Liftinggear	35.7	2.70 x 2.70 x 2.40	Unit	1
12	Empty Red Mini Container C/W Sling & Shackle	10.5	1.50 x 2.00 x 3.00	Unit	7
13	Open Top Basket C/W Sling and Shackels	3	2.45 x 1.70 x 1.20	Bskt	1
14	Open Top Basket C/W Sling and Shackels (GKB-057)	6	7.00 x 2.00 x 2.00	Bskt	1
15	SHP/STOR	3		Skid	1
	Total Payload =	668.82	ton		
	DWT =	735.702	ton		





Perhitungan Koefisien

Input Data

Lpp	=	43.26923	m	L/B	=	3.829135	
B	=	11.3	m	B/T	=	4.034799	
T	=	2.800635	m	T/H	=	0.7	
H	=	4.000908	m	L/T	=	15.44979	
Vs	=	6.173328	m/s	ρ	=	1.025	ton/m^3
Fn	=	0.299637					

Perhitungan :

1. Froude Number

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g.L}}$$

g = 9.81 m/s^2

= 0.299637

2. Ratios of Dimensions

L/B	=	3.829135	→	3.5 < L/B < 10	OK
B/T	=	4.034799	→	1.8 < B/T < 5	OK
T/H	=	0.7	→	0.7 - 0.8	OK
L/T	=	15.44979	→	10 < L/T < 30	OK

3. Coefficient

- Block Coefficient

C_B = – 4.22 + 27.8 √Fn – 39.1 Fn + 46.6 Fn3

= 0.535304

= (Pemodelan Maxsurf)

= 0.644

- Midship Section Coefficient (Series 60)

C_M = 0.977 + 0.085(C_B - 0.6)

= 0.971501

= (Pemodelan Maxsurf)

- Waterplane Coefficient

C_{WP} = C_B/(0.471+0.551C_B)

= 0.698874

= (Pemodelan Maxsurf)

= 0.804

- Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

LCB = (Pemodelan Maxsurf)
= 20.065 m dari AP
= -13.5 + 19.4*Cp
= -0.793 %

- Prismatic Coefficient

C_P = C_B/C_M
= 0.551007
= (Pemodelan Maxsurf)
= 0.655

- ∇ (m^3)

∇ = L_{WL} x B x T x C_B
= 917.1353 m^3
= (Pemodelan Maxsurf)
= 917.204 m^3

- Δ (ton)

Δ = L_{WL} x B x T x C_B x ρ
= 940.0637 ton
= (Pemodelan Maxsurf)
= 980 ton

Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

Input Data :

L =	43.269	m	C_B =	0.535
H =	4.001	m	C_M =	0.972
B =	11.300	m	C_{WP} =	0.699
T =	2.801	m	C_P =	0.551
Fn =	0.300		V =	7.202216

Choice No.	C_{stern}	Used for
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped Sections
3	0	Normal Section Shape
4	10	U - Shaped Sections with Hogner Stern

; PNA Vol. II Page 91

Calculation :

Viscous Resistance

Lwl = 104%.Lpp = 45.000 m

Fn = $\frac{Vs}{\sqrt{g.L}}$ = 0.300

- **C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957)** $L_{WL}.Vs/\nu$ ν=

R_n = 1.2E-06

= 272740042.581 ***; PNA Vol. II Page 59***

$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$

= 0.00181 ***; PNA Vol. II Page 90***

- **Harga 1 + k_1**

$1 + k_1 = 0{,}93 + 0{,}487c\left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681}\cdot\left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611}\cdot\left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216}\cdot\left(\frac{L^3}{\nabla}\right)\cdot 0{,}3649\,(1-C_p)^{-0.6042}$

= 1.2292

c = 1 + 0.011 c_{stern} c_{stern} = 0, karena bentuk Afterbody normal

= 1

$\frac{L_R}{L} = 1 - C_P + \frac{0.06\,C_P.LCB}{(4C_P - 1)}$ **LCB**

= -2.9048 %

= 0.413

L^3 / ∇ = 77.357 ***; PNA Vol. II Page 91***

Resistance of Appendages

- **Wetted Surface Area** ***; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 91*** ***; Practical Ship Design Page 254***

A_{BT} = Cross sectional area of bulb in FP

= 10% . B . T . C_M

= $\frac{L(2T+B)C_M^{0.5}(0.4530+0.4425C_B-0.2862C_M-0.003467\frac{B}{T}+0.3696C_{WP})+2.38\frac{A_{BT}}{C_B}}{}$

S =

= 505.542 m^2

$S_{Rudder} = C_1 . C_2 . C_3 . C_4 . \frac{1.75 \ . L \ . T}{100}$

= 2.121 m^2 ***; BKI Vol. II Section 14-1***

$S_{Bilge\ Keel}$ = $L_{Keel} . H_{Keel} . 4$ L_{Keel} = $0.6 . C_B . L$ H_{Keel} = $0.18 / (C_B - 0.2)$

= 31.035 = 14.453 m 0.537

; Practical Ship Design Page 254

S_{app} = Total wetted surface of appendages

= $S_{Rudder} + S_{Bilge\ Keel}$

; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 92 ***; PNA Vol. II Page 92***

= 33.156 m^2

S_{tot} = Wetted surface of bare hull and appendages

= $S + S_{app}$

; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 92 ***; PNA Vol. II Page 92***

= 538.698 m^2

- **Harga 1 + k2**

; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 92 ***; PNA Vol. II Page 92***

$(1+k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i \ (1 + k_2)i}{\sum s_i}$

= 1.406 → rudder of single screw ship

Harga $(1+k_2)$ = 1.3 - 1.5

= 1.406

$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$

= 1.240

Wave Making Resistance *; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 92* *; PNA Vol. II Page 92*

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

= 7.804 → 0.11 ≤ B/L ≤ 0.25

C_4 = B/L B / L = 0.251

= 0.251

Even Keel → Ta = T

Tf = T

$i_E = 125.67 \frac{B}{L} - 1622.5 C_P^2 + 2343.2 C_p^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T}\right)^3$

= 21.150 *; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 93* *; PNA Vol. II Page 93*

- **Harga m_1**

$m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \nabla^{\frac{1}{3}} / L - 4.7932 B / L - C_5$

= -2.730

C_5 = 1.7301 - 0.7067 . C_P → $C_p \leq 0.8$

= 1.341

- **Harga m_2**

$F_n^{-3.29}$ = 52.723

$m_2 = C_6 \, 0.4 \, e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$

= 0.167

= -0.11283

C_6 = -1.694 L^3 / ∇ < 517 L^3 / ∇ = 77.357

- **Harga λ**

λ = 1.446 C_p - 0.03 L/B 3.98230088

= 0.677 → L/B ≤ 12

$$c_2 = \exp(-1.89\sqrt{c_3})$$

- **Harga C_2**

C_2 = 0.151071809 d = -0.9

- **Harga C_3** A_T = 0

C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B.T.C_M) A_T = The immersed area of the transom at zero speed

= 1 Saat V = 0 , Transom tidak tercelup air

; PNA Vol. II Page 93

- **Harga Rw/w** $\frac{R_W}{W}$ $C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\left\{m_1 \cdot F_n{}^d + m_2 \cos\left(\lambda F_n{}^{-2}\right)\right\}}$

=

= 0.00035391927

→ Tf/Lwl ≥ 0.04

- **C_A (Correlation Allowance)**

C_A = 0.006 (Lwl + 100)$^{-0.16}$ - 0.00205 Tf/Lwl = 0.062

; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 93

= 0.0007 ***; PNA Vol. II Page 93***

- **W (gaya berat)**

W = $\rho \cdot g \cdot \nabla$

= 9222.716 N

- **R_{Total}** ***; PNA Vol. II Page 93***

$R_T = \frac{1}{2}\rho V^2 S_{tot}\left[C_F(1+k)+C_A\right]+\frac{R_W}{W}W$

= 41557.705 N

= 41.558 kN

- **R_{Total}+15%(margin)** ***; Engineering Judgement***

= 47.791 kN

Pemodelan Maxsurf - Hambatan

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	7,000	0,171	0,389	15,4	110,836
2	7,200	0,176	0,380	16,2	120,209
3	7,400	0,181	0,390	17,1	130,141
4	7,600	0,186	0,401	18,0	140,670
5	7,800	0,191	0,411	18,9	151,837
6	8,000	0,196	0,422	19,9	163,690
7	8,200	0,201	0,432	20,9	176,280
8	8,400	0,206	0,443	21,9	189,662
9	8,600	0,211	0,453	23,0	203,905
10	8,800	0,216	0,464	24,2	219,096
11	9,000	0,220	0,474	25,4	235,339
12	9,200	0,225	0,485	26,7	252,734
13	9,400	0,230	0,495	28,1	271,350
14	9,600	0,235	0,506	29,5	291,215
15	9,800	0,240	0,517	31,0	312,336
16	10,000	0,245	0,527	32,5	334,748
17	10,200	0,250	0,538	34,2	358,578
18	10,400	0,255	0,548	35,9	384,083
19	10,600	0,260	0,559	37,7	411,656
20	10,800	0,264	0,569	39,8	441,794
21	11,000	0,269	0,580	42,0	475,039
22	11,200	0,274	0,590	44,4	511,903
23	11,400	0,279	0,601	47,1	552,768
24	11,600	0,284	0,611	50,1	597,787
25	11,800	0,289	0,622	53,3	646,806
26	12,000	0,294	0,633	56,6	699,329
27	12,200	0,299	0,643	60,1	754,575
28	12,400	0,304	0,654	63,6	811,600
29	12,600	0,309	0,664	67,1	869,480
30	12,800	0,313	0,675	70,4	927,488
31	13,000	0,318	0,685	73,7	985,231
32	13,200	0,323	0,696	76,8	1042,706
33	13,400	0,328	0,706	79,8	1100,290
34	13,600	0,333	0,717	82,8	1158,680
35	13,800	0,338	0,727	85,8	1218,809
36	14,000	0,343	0,738	89,0	1281,772
37	14,200	0,348	0,748	92,3	1348,766
38	14,400	0,353	0,759	95,9	1421,052
39	14,600	0,358	0,770	99,9	1499,947
40	14,800	0,362	0,780	104,2	1586,817
41	15,000	0,367	0,791	109,1	1683,090

Perhitungan Propulsi

Input Data

R_T =	89	kN
ρ =	1025	kg/m^3
ρ =	1.025	ton/m^3
V =	14	knot
=	7.20216	m/s

nMain Engine=

Calculation :

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

EHP

= RT x V

= 640.99224 Kw

= 859.238928 HP

(ref : PNA vol.II, hal.153)

1 HP = 0.746 kW

2. Perhitungan Power Engine

A. Perhitungan DHP

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D}$$

= 654.0737 kW

η_D (**ref : Ship Resistance and Propulsion ch.11 pg:248**)

= 0.98

There may be some restriction on blade area

in order to be able to reverse the blades.

B. Perhitungan SHP

SHP = DHP / hshb
= 667.4222 kW

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami losses sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian midship kapal mengalami losses sebesar 3%.
(Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131)
Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

hshb = Losses letak kamar mesin
= 0.98

C. Perhitungan BHPscr

BHPscr = SHP/hG
= 681.043 KW

digunakan gearbox yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi losses akibat gearbox.

; Parametric Design, Page 11-33

hG = Losses akibat gearbox
= 0.98

D. Perhitungan BHPmcr

BHPmcr =
= 801.2271 KW
= 1074.031 HP

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan engine margin sebesar 15%.
Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

Perhitungan Fuel Cell

Catatan : Fuel Cell digunakan hanya untuk sistem propulsi kapal

Input Data :

BHP =	1074.030938	HP
	801.2270798	kW
N motor elektrik =	2	(Twin Screw)

Perhitungan :

1. Kebutuhan tiap motor = BHP / Nmotor listrik

= 400.6135399 kW

2. Fuel Cell yang dipakai = 135 kW

N Fuel Cell = 5.935015406

= 6

Tegangan = 3.5 Volt

3. Kebutuhan Hidrogen =

Perhitungan mol hidrogen tiap 1 Amper

NH2 = (1/2F) X 3600

$$NH2 = \frac{1 \times 3600}{2 \times 96485.3399}$$

$$NH2 = 0.018656 \ \frac{g \ . \ Mol}{hr - A} \ H2$$

Perhitungan MH2

$$MH2 = \frac{NH2 \times g\ mol}{1000} \ H2$$

g mol H2 = 2.0158

$$MH2 = 0.00003761 \ \frac{g\ H2}{hr - A}$$

$$MH2 = 0.0376061197 \ \frac{kg\ H2}{hr - kA}$$

$$MH2 = 0.082907204 \ \frac{lb\ H2}{hr - kA}$$

Perhitungan arus

I = P/ V

= 228.9220228 kA

Perhitungan lama berlayar

jarak =	53	NM	
=	98.156	km	
Vs =	14	Knot	1.852
=	25.928	km/hr	
Lama berlayar =	3.785714286	hr	
=	4	hr	

	=	8	hr	

Perhitungan mH2 consumed

mH2 consumed =	MH2 x I			
	=	18.97928478	lb H2 / hr	0.4535
	=	8.607105646	kg H2 / hr	
	=	68.85684517	kg/day	
		0.068856845	ton/day	

Perhitungan Berat Permesinan dan Propulsi

Input Data :

		DHP =	654.0737	kW
n =	1850	BHP =	801.2271	kW
		Power		
z =		=	560.1	kW

Calculation :

1. Main Engine

n =	1	
W_E =	4.95	ton
VCG =	2.228	m
LCG =	11.35	m

2. Propulsion Unit

Shafting

n =	2	
Panjang Poros =	1500	kg/unit
Wsaft =	3	ton
VCG =	1.26	m
LCG =	3.615	m

Rudder

n =	2	
WRud =	2200	kg
=	2.2	ton
VCG =	1.15	m
LCG =	0	m

Propeller

n =	2	
Wprop =	Katalog Propeller	
=	2.4	ton
VCG =	1.3	m
LCG =	2.52	m

Total

WTotal Propulsi =	Ms + Wrudder + Wpropeller	
=	7.6	ton
VCG =	1.24078947	m
LCG =	2.22276316	m

3. Electrical Unit

Wgen =	3.968	ton
VCG =	2.24	m
LCG =	5.8	m

4. Fuel Cell Unit

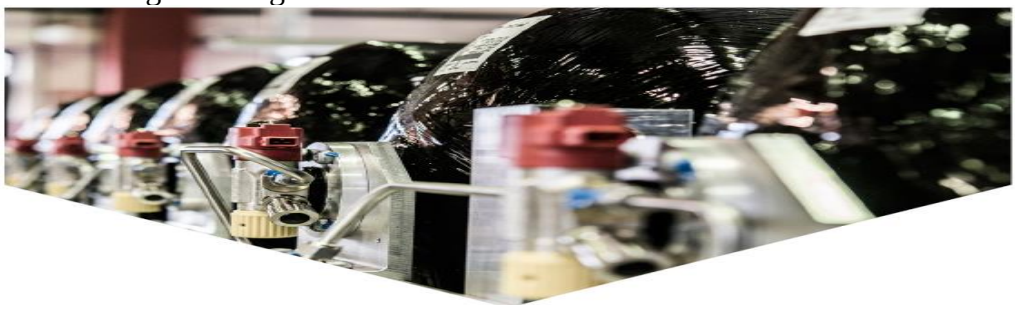
Wfuel Cell =	3.6	ton
VCG =	2.19	m
LCG =	15.3	m

5.
Total

WTotal =	20.118	ton
VCG =	1.8506273	m
LCG =	7.51416145	m

Katalog Sistem Hibrida

- Tangki Hidrogen



REF	NOMINAL WORKING PRESSURE (15° C) MPa	OUTSIDE DIAMETER MM	OVERALL LENGTH MM	WEIGHT KG	WATER VOLUME L	HYDROGEN CAPACITY KG
A*	20	315	1 060	16	46	0.7
B	25	541	2 783	164	450	8.0
C	25	503	2 342	94	350	6.0
D	30	509	2 342	112	350	7.2
E	35	420	3 190	101	312	7.5
F	35	509	2 342	112	350	8.4
G	50	565	3 277	280	530	16.5

- *Fuel Cell*

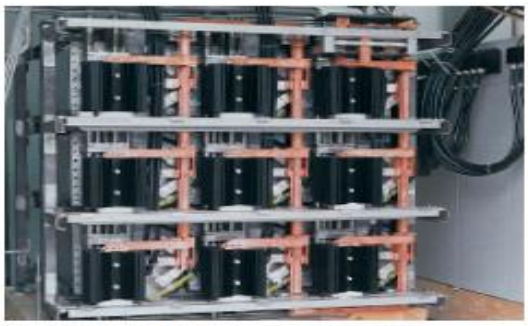


Fig. 12: PEM Fuel Cell modules assembled in a test rack

Technical data	FCM 34	FCM 120	FCM NG 80	FCM NG 135
Rated power	34 kW	120 kW	80 kW	135 kW*
Voltage range	50–55 V	208–243 V	65–80 V	110–130 V
Efficiency at rated load, approx.	59 %	54 %	54 %	54 %
Efficiency at 20 % load, approx.	69 %	68 %	68 %	68 %
Operating temperature	75 °C	75 °C	75 °C	75 °C
H_2 pressure	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.
O_2 pressure	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.
Dimensions	H = 48 cm W = 48 cm L = 145 cm	H = 50 cm W = 53 cm L = 176 cm	Similar to FCM 120	
Weight (without module electronics)	650 kg	900 kg	Similar to FCM 120	

* The nominal load will be defined at the end of the development in range of 130–140 kW

- Diesel Generator

6EY22(A)LW

Engine Model	6EY22LW					
No. of Cylinders						
Cylinder Bore×Stroke [mm]						
Rated Output [kW(PS)]	660 (897)	745 (1013)	800 (1088)	880 (1197)	970 (1319)	1080 (1468)
Generator Capacity [kWe]	600	680	740	800	900	1020
Engine Speed [min^{-1}]	720/750					

- Generator kelistrikan lainnya

MODEL	DIMENSIONS: MM (IN)			WEIGHTS: KG (LB)	OUTPUT *RATINGS AT 0.8 POWER FACTOR	FUEL CONSUMPTION LI/HR. (US GAL/HR.)	
	LENGTH	WIDTH	HEIGHT		GENERATING SET MODEL	FUEL TANK CAPACITY	FUEL CONSUMPTION
C18 DIESEL GENERATOR (600 KWE)	3933.9 (154.88)	1536.0 (60.47)	2167.2 (85.32)	3968 kg (8,748 lb)	60 Hz 1800 rpm 480 Volts	100% load with fan 162.8 (43.0)	
					Standby 750 kVA (600 ekW)	75% load with fan 119.5 (31.6)	
						50% load with fan 81.1 (21.4)	

Perhitungan Berat Lambung

Input Data :

L =	43.26923077	m
B =	11.3	m
T =	2.800635423	m
H =	4.000907747	m
Fn =	0.299636877	

Calculation :

- Volume Forecastle

(LForecastle) =	11 . jarak gading haluan + 4 . Jarak gading di ruang muat	
=	9.0	m
(BForecastle) =	6.6	m
(hForecastle) =	1.8	m
VForecastle =	0,5.Lforecastle x Bforecastle x hForecastle	
=	53.46	m3

- Volume Winch Deck

(Lwinch Deck) =	10.2	m	VA =	207.68	m3
(Bwinch Deck) =	8.4	m	VDH =	84.24	m3
(Hwinch Deck) =	1.8	m			
(Vwinch Deck) =	Lw x Bw x Hw				
=	154.22	m			

- Volume Wheel house

Panjang (LWH) =	7.8	m
Lebar (BWH) =	6.0	m
Tinggi (hWH) =	1.8	m
VDH.wheel house =	LWH x BWH x hWH	

= 84.24 m3

Steel Weight ; Ship Design for Efficiency and Economy Page 154

- DA = Tinggi kapal setelah dikoreksi dengan superstructure dan deckhouse
  = H + (VA+VDH)/(Lpp*B)
  = 4.599 m
- CSO = Supply Vessel
  = 0.0974
- Δkapal = 1051 ton
- U = $\log\left(\frac{\Delta}{100}\right)$
  = 1.0216
- CS = $C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0,5U + 0,1U^{2,45})}$
  = 0.13
- WST = Lpp x B x DA x CS
  = 291.85 ton

Center Gravity of Steel

Input Data :

LPP =	43.2	m	
B =	11.3	m	
H =	4	m	
A = Superstructure =	207.68	m3	
DH = Deckhouse =	84.24	m3	
LCB (%) =	-0.793	%	

Koefisien titik berat

Type kapal	CKG
Passanger ship	0.67 – 0.72
Large cargo ship	0.58 – 0.64
Small cargo ship	0.60 – 0.80
Bulk carrier	0.55 – 0.58
Tankers	0.52 – 0.54

Perhitungan :

KG ;

CKG =		0.58	
KG =	CKG . DA =		
=		2.666845133	m

LCG dari midship

dalam %L =	-0.15 + LCB		
=		-0.943	%L
dalam m =	LCG(%)*L		
=		-0.407376	m

LCG dari AP

LCGAP =	0.5*L + LCG dr midship		
=		21.192624	m

Perhitungan Berat Equipment dan Outfitting

1. Peralatan Keselamatan (Life Jacket, Life Buoy)

- **Life Jacket**

Jumlah penumpang dan kru kapal	=	18	orang
life jacket yang dibutuhkan	=	18	buah
Berat 1 unit life jacket	=	0.74	kg
Berat Total	=	13.32	kg
	=	0.01332	ton
VCG	=	6.4	m
VCG	=	37.5	m

- **Life Raft**

Kapasitas 1 Life Raft	=	6	orang
Life Raft yang dibutuhkan	=	3	buah
Total Kapasitas	=	18	orang
Berat 1 unit Life Raft	=	57	kg
Berat total Life Raft	=	171	kg
	=	0.171	ton
VCG	=	4	m
LCG	=	20.05	m

- **Life Buoy**

Life Buoy yang dibutuhkan	=	18	buah
Berat 1 unit Life Buoy	=	14.5	kg
Berat total	=	261	kg
	=	0.261	ton
VCG	=	4.22	m
LCG	=	17.21	m
Total peralatan keselamatan	=	0.44532	

2. Peralatan permesinan		(kg)	(ton)	VCG (m)	LCG (m)
anchor	=	2340	2.34	5.83	40.37
anchor chain	=	5775	5.775	4.2	15.37
hydraulic anchor windlass	=	3280	3.28	5.2	36.94
capstans	=	1200	1.2	5.1	15.22
tugger winch	=	3600	3.6	5.2	15.22
towing pin	=	3200	3.2	3	-1.8
deck crane	=	4950	4.95	6.1	12.88
fire & general service pump	=	130	0.13	0.8	12.4
ballast & bilge pump	=	130	0.13	0.8	38.17
fuel oil transfer pump	=	50	0.05	0.8	14.77
hot water circulating pump	=	23	0.023	0.8	15.77
sludge pump	=	23	0.023	0.8	15.37
emergency fire pump	=	80	0.08	0.8	16.77
fuel oil cargo pump	=	300	0.3	0.8	14.77

fresh water pressure pump		=	130	0.13	0.8	14.77
drill water pump		=	150	0.15	0.8	14.77
fresh water pressure set		=	600	0.6	0.8	29.77
sea water pressure set		=	600	0.6	0.8	29.77
dirty oil pump		=	20	0.02	0.8	14.77
OWS		=	25	0.025	0.8	14.77
rescue boat		=	1680	1.68	7.5	19.5
monitor control		=	272	0.272	8.5	26.77
HVAC system		=	90	0.09	8.5	15.17
	total	=	28648	28.648		

Total Outfitting	=	29093	ton
LCG	=	18.547	m
VCG	=	4.7758	m

Katalog Equipment dan Outfitting

- Anchor and Mooring Windlass

Anchor and Mooring Windlass	
Model	Deyuan DY170306
Working Load	75kN
Speed	9m/min
Supporting Load	442 kN
Chain Diameter	42mm
Weight	4 T
Quantity	2

- Tugger Winch

Tugger Winch	
Model	MG-HUW-1040UL
Drum Capacity	250m x Dia.22mm SWR@8 Layers
Rated Pull (1st Layer)	10T x 0-15m/min (1st Layer)
Braking Holding	15T (static, 1st layer)
Rated Power	36 kW
Weight	1,8T
Quantity	2

- Deck Crane

GP crane

Applications: Safe, reliable handling of spares and provisions on all type of vessels and for handling free-fall boats.

Hoisting capacity:	3–25t
Jib radius:	8–24m
Hoisting speed:	10–30 m/min

- Towing Winch

Anchor Handling & Towing Winch	
Model	MG-AHTW
Drum Capacity	1000m x Dia. 56mm SWR @10 Layers
Rated Pull (1st Layer)	150T x 0-6m/min (1st speed)
	71T x 0-12m/min (2nd speed)
	23T x 0-36m/min (3rd speed)
Braking Holding	250T (static, 1st layer)
Rated Power	215 kW
Weight	42T
Quantity	1

- Capstan

Capstan	
Model	MG-HVC-0540
Rated Pull	5T x 0-15m/min
Warping Head Dia. Size	400mm
Rated Power	18 kW
Weight	0,6T
Quantity	2

- *Life jacket*

DY-A6	Adult life jacket		*comform to SOLAS 74/96,MSC.201(81) MSC.81(70) MSC.200(80) * certification: CCS/EC *Material:Cover:PU & Polyester compound *inside: EPE foam *Size:length 550mm width:270mm *Weight:0.74kg *Buoyancy: >147N

- *lifebouy*

SIMA
Marine & Industry equipment

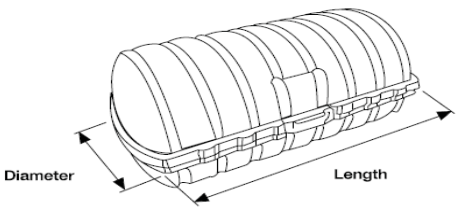
Bouée couronne / Lifebuoy

Description *Description*	Bouée couronne standard approuvée SOLAS *Standard lifebuoy, SOLAS approved*
Matière *Material*	Coque polyéthylène traité anti-UV, mousse polyuréthane *Stabilised polyethylene body, polyurethane foam*
Normes *Standards*	Conforme à la convention SOLAS 74 *Complies with SOLAS 74 convention*

RÉF. / CODE	Flottabilité Floatability (kg)	ø extérieur Outer ø (mm)	ø intérieur Inner ø (mm)	Épaisseur Width (mm)	Poids Weight (kg)
201 775	14.5	740	430	80	2.7

- *Life raft*

Throw Over Cylindrical Container MK14						
Capacity Persons	Container A Pack			Container B Pack		
	L mm	D mm	Weight kg	L mm	D mm	Weight kg
6	1066	556	76	1066	556	57
10	1156	584	99	1066	556	79
12	1156	584	106	1156	584	79
16	1 308	685	144	1156	584	101
20	1308	685	160	1156	584	106
25	1308	685	180	1308	685	130



Perhitungan DWT Kapal

DWT = Wcargo + Whfo + WDO+ WLO+WFW+WPR

1. Berat Bahan Bakar

Wfo = SFC x MCR x Range/speed x margin

Konsumsi (no hybrid)=	1.912504	ton/day	rho (Fo) =	0.9443	ton/m^3
(hybrid)=	0.0507584	ton/day			
VFo=	2.025313989	m^3			
LCG=	21.73	m			
VCG=	0.4	m			

2. Berat Minyak Pelumas

Wlo =	(SFR . MCR .S/VS)*(1+Margin)	ton untuk medium speed diesel			
WLO =	0.01501225	ton	SFR =	0.000002	ton/kWhr
WLO =	0.0300245	ton	MCR =	1030	kW
VLo=	0.032635326	m^3	Margin =	0.1	
LCG=	5.0172	m	rho (Lo) =	0.92	ton/m^3
VCG=	0.65	m			

3. Berat Air Tawar

W.Fw =	0.17 ton/orang		rho (Fw) =	1	ton/m^3
Jumlah kru =	18	Orang			
Lama Penympanan =	7	hari			
WFw =	21.42	ton			
VFw=	21.42	m^3			
LCG=	31.4325	m			
VCG=	0.4	m			

4. Berat Crew dan Perlengkapan

$W_{C\&E}$ =	0.17	ton/orang
jumlah kru =	18	orang
WC&E =	3.06	ton
LCG=	30.8726	m
VCG=	6.4	m

5. Berat Perbekalan

			rho (Fo)
WPr =	0.01	ton/orang. Hari	=
jumlah kru =	18	orang	
lama berlayar =	7	hari	
WPr =	1.26	ton	
LCG=	30.8726	m	
VCG=	4	m	

6. Muatan

Total Muatan Cair =	326.62	ton
LCG=	24.0973	m
VCG=	2.6	m
Total Muatan =	660.82	ton

Total DWT =	688.4875163	ton
LCG =	12.6640252	m
VCG =	1.282795253	m

CREWING LEVELS		
Offshore Supply Vessel		
No	Position	Jumlah
1	Master	1
2	Deck Officers	2
3	Chief Engineer	1
4	1st Machinary Officer	2
5	Radio Operator	1
6	Seafarers	6
7	Oilers	2
8	Medic	1
9	Staff	2
Total		18

Total LWT =	341.0657742	ton
LCG =	20.16011911	m
VCG =	2.79859866	m

Total =	1029.55329	ton
LCG =	15.14729741	m
VCG =	1.784943774	m

SFC =	0.000211	ton/kWh			x =	6.625				One-way =	4	hr
MCR =	1030	Kw			Jarak =	53	NM	98.156	km	PP =	8	hr/trip
Jarak =	53	NM			=	14	knots	1.852		SFR =	0.0000056	ton/kWh
Speed =	7.202216	m/s	8	knot	=	25.928	km/hr					
Margin =	5%		0.1		=	3.785714	hr					

Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	**Komponen Berat Kapal**	**Value**	**Unit**
1	Berat Kapal Bagian DWT	688,488	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	341,066	ton
Total		**1029,553**	**ton**

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes			
No	**Komponen Berat Kapal**	**Value**	**Unit**
1	Displacement = Pemodelan Maxsurf	1051,003	ton
2	DWT	688,488	ton
3	LWT	341,066	ton
4	Displacement = DWT + LWT	1029,553	ton
Selisih		**21,450**	**ton**
		2,08%	**(2% ~ 10%)**

(Accepted)

Perhitungan Ruang Muat

Diesel Tank

Input :

Area = 53 m^2

Tinggi = 3.65 m

Vol. Tangki Diesel oil = 193.45 m^3

Potable Tank

Input :

Area = 53 m^2

Tinggi = 3.65 m

Vol. Tangki Potable = 193.45 m^3

Drill Water

Input :

Area = 30 m^2

Tinggi =	0.7	m	
Vol. Tangki Drill Water =	21	m^3	

Brine

Input :		
Area =	14	m^2
Tinggi =	2.4	m
Vol. Tangki Brine =	33.6	m^3

Volume ruang muat = 248.05 m^3

Kebutuhan Volume Cargo				
Diesel Oil	=	179.83	ton	
rho	=	0.935	ton/m^3	
Required Volume	=	192.33155	m^3	
Volume tanki desain	=	193.45	m^3	Accepted
Potable Water	=	146.79	ton	
rho	=	1	ton/m^3	
Required Volume	=	146.79	m^3	
Volume tanki desain	=	193.45	m^3	Accepted
Drill Water	=	20	ton	
rho	=	0.997	ton/m^3	
Required Volume	=	20.060181	m^3	
Volume tanki desain	=	21	m^3	Accepted
Brine	=	40	ton	
rho	=	1.2	ton/m^3	
Required Volume	=	33.333333	m^3	
Volume tanki desain	=	33.6	m^3	Accepted

Tonnage Measurement

Input Data :

H =	4,001	m
T =	2,801	m
Vwinch deck =	154,224	m^3
$V_{forecastle}$ =	53,460	m^3
$V_{deckhouse}$ =	84,240	m^3
Z_C =	18,000	orang
N_1 =	2	*(Asumsi penumpang dalam kabin 2 orang (tidak boleh lebih dari 8 penumpang))*
N_2 =	16	*(jumlah penumpang yang lain)*
∇ =	917,204	m^3
Δ =	980,000	ton

Perhitungan :

Gross Tonnage

V_U = *Volume dibawah geladak cuaca*
= 2110,00 m^3 *;Maxsurf*
V_H = *Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca*
= 291,92 m^3
V = 2401,92 m^3
K_1 = 0.2+0.02*Log10(V)
= 0,27
GT= 642,78

Net Tonnage

V_C = 1256,000 m^3
K_2 = 0.2 + 0.02 * Log 10 (Vc)
= 0,262
K_3 = 1.25*[(GT+10000)/10000] =
= 1,330
a = $K_2 * V_C * (4d/3D)^2$
= 286,636
a ≥ 0.25GT = **yes** **0.25 GT =** 160,6954

NT = a + K_3*(N_1 + N_2 / 10)
= 291,425
NT ≥ 0.30GT = **yes** **0.30 GT =** 192,8345

Freeboard Calculation

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data :

L =	43.27	m	l_{poop} =	10.20	m
LWL=	45.00	m	T=	3.78	
B =	11.30	m	l_{FC} =	9.00	m
D =	2.80	m	S =	$l_{Poop} + l_{FC}$	
d_1=	85% Moulded Depth		=	19.20	m
=	2.38	m			
C_B =	0.644		H =	4	m
Tipe kapal=	Type B				

Perhitungan :

- **Freeboard Standard**

L= 43.27

[Tabel A ICLL 1966]

L (m)	Fb
43.00	364
44.00	374

Fb = 366.69 mm (Menggunakan interpolasi)

- **Koreksi**

1. Koreksi panjang kapal L

untuk kapal dengan panjang 24 < L < 100 m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang mencapai 35%L

F_{b1} = 7.5 (100-L)(0.35 - E/L) 0.4437333

E = 19.20

35% L = 15.1442308

Karena E < 35% L, maka tidak ada koreksi

F_{b1} = -39.881731 mm

2. Koreksi *Cb*

untuk CB > 0.68

Fb2 = Fb*(CB+0.68)/1.36

faktor pengali = 0.974

Fb2= 356.986 mm

3. Koreksi *Depth* (D)

Untuk kapal dengan harga D < L/15 maka tidak ada koreksi ; Jika D > L/15 maka dikoreksi sebagai berikut :

L/15 = 2.8846 D < L/15

Fb_3 = R(D-L/15) [mm]

R = 90.144 (R=250 ; untuk L>120m)

(D-L/15)R = -7.57 m (R=L/0.48 ; untuk L<120m)

Fb_3 = 0.00 mm Jika D < L/15 tidak ada koreksi

0 **3. Koreksi Bangunan Atas *(Super Structure)***

Forecastle

h_{FC} = 2,40 m

ls_{FC} = 9,00 m

L_1 (m)	⇨	h_{st} (m)
75	⇨	1,8
125	⇨	2,3
interpolasi		
43,269	⇨	1,4826923 m

t_{FC} = 2,40 m

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

E_{FC} = S_{FC}

= 9,00 m

Poop

h_{poop} = 2,4 m

ls_{poop} = 10,20 m m

L_1 (m)	⇨	h_{st} (m)
75	⇨	1,8
125	⇨	2,3
interpolasi		
43,269	⇨	1,4826923

t_{PO} = 2,4

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

E_{PO} = S_{PO}

= 10,20

Total Panjang Efektif

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

= 19,20 m

= 0,4437333 · L

Superstructure **Regulation 37**

L_1 (m)	⇨	h_{st} (mm)
24	⇨	350
85	⇨	860
interpolasi		
43,269	⇨	511,103

Regulation 37 table 37.1

Pengurangan

Fb_4 = 21% · 859,218

Fb_4 = 107,332 mm

Total Freeboard

Fb' = Fb_3+(-Fb4)

= 249,65 mm

Fb' = 0,250 m

- **Minimum Bow height**

CB kapal sampai upper deck = C_B kapal/L*B*d_1= 0,64

$$Bwm = 56L\left(1-\frac{L}{500}\right)\left(\frac{1.36}{Cb+0.68}\right)$$

= 2273,57 mm

= 2,274 m

- **Batasan Freeboard**

Actual Freeboard

Fba= H-T

= 1,20 m

Kondisi (Fba - Fb')= Accepted *(karena Fba > Fb' maka Accepted)*

Sf bernilai 0 karena kapal tanpa sheer

- **Minimum Bow Height**

Fba + Sf + h_{FC} = 3,60 m

Kondisi Minimum Bow Height = Accepted *(jika nilai dari Fba + Sf + hFC > Bwm, maka Accepted)*

Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

L =	43,269	m	Disp =	980,00	m^3
B =	11,300	m	KG =	2,00	m^3
T =	2,801	m	LCG dr AP =	20,1500	m
Cm =	0,972		LCB dr AP=	20,040	m
Cb =	0,644				
Cwp =	0,804				

Hydrostatic Properties

KB

KB/T = 0.90 – 0.30Cm – 0.1Cb

= 0,5441

KB = 1,52 m

BM_T

C_{IT} = 0.1216 Cwp – 0.0410

= 0,0568

$I_T = C_I . L . B^3$

= 3544,099

B_{MT} = *jarak antara titik tekan bauyancy terhadap titik metacenter secara melintang*

$B_{MT} = I_T/vol$

= 3,62 m

BM_L

C_{IL} = *longitudinal inertia coefficient*

$C_{IL} = 0.350\ Cwp^2 – 0.405\ Cwp + 0.146$

= 0,0466

I_L = *moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis*

$I_L = C_{IL} . B . L^3$

= 42682

BM_L = *jarak antara titik tekan bouyancy terhadap titik metacenter secara memanjang*

$BM_L = I_L/vol$

= 43,55 m

GM_L = B_{ML} + KB - KG

= 43,08 m

Trim = (LCG – LCB).L / G_{ML} Ref : Parametric Design page 11-27

= 0,110 **m**

Kondisi trim= **Trim Haluan**

Batasan Trim

LCB - LCG = -0,110 m

0.1%Lpp = 0,043 m

Kondisi Total = OK **(karena selisih LCG & LCB < 0.5% Lpp)**

***Loadcase* kapal supplai hibrida**						
Kondisi Kapal	Fuel Oil	Water Ballast	Lub Oil	Potable Water	Diesel Cargo	Potable Cargo
Loadcase 1 (Berangkat)	100%	0%	100%	100%	100%	100%
Loadcase 2 (Tengah Jalan)	75%	0%	75%	75%	100%	100%
Loadcase 3 (Sampai)	50%	0%	50%	50%	100%	100%
Loadcase 4 (Pulang)	25%	100%	25%	25%	0%	0%

Hasil Perhitungan Stabilitas Kapal Supplai Hibrida						
Data	*Loadcase 1* (Berangkat)	*Loadcase 2* (Tengah Jalan)	*Loadcase 3* (Sampai)	*Loadcase 4* (Pulang)	Kriteria	Status
GZ area between 0 and angle of maximum GZ (m.deg)	62,217	62,267	65,2042	61,0801	>=3.1513	Accepted
Area 30 to 40 (m.deg)	20,5573	20,6465	21,6388	20,407	>=1.7189	Accepted
Maximum GZ at 30 or greater (m)	2,393	2,379	2,502	2,3	>=0.2	Accepted
Angle of maximum GZ (deg)	45	45	45	45	>=15	Accepted
Initial GMt (m)	5,044	4,48	4,447	3,664	>0.15	Accepted

BUILDING COST

Material			
No	**Item**	**Value**	**Unit**
1	**Konstruksi Lambung Kapal dan Deckhouse**		
	(Krakatau Steel per)		
	Harga	2000	USD/ton
	Berat baja keseluruhan	411.80	ton
	Harga baja keseluruhan	**$ 823,600.00**	**USD**
2	**Elektroda**		
	(Diasumsikan 10% dari berat pelat kapal) *Sumber: Alibaba.com*		
	Harga	800	USD/ton
	Berat elektroda	41.180	ton
	Harga Elektroda	**$ 32,944.00**	**USD**
Total Harga Pelat dan Elektroda Kapal		**$ 856,544.00**	**USD**

Equipment & Outfitting			
No	**Item**	**Value**	**Unit**
1	**Peralatan Navigasi**		
	Radar *(www.alibaba.com)*	5,500	USD
	Kompas *(www.ebay.com)*	80.0	USD
	GPS *(www.alibaba.com)*	10,000	USD
	Lampu Navigasi *(www.alibaba.com)*		
	-Masthead Light	13.0	USD
	-Anchor Light	10.0	USD
	-Starboard Light	50	USD
	-Portside Light	55	USD
	Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR) *(www.alibaba.com)*	13,200	USD
	Automatic Identification System (AIS) *(www.alibaba.com)*	1,130	USD
	Telescope Binocular *(www.alibaba.com)*	49	USD
	Total Harga Peralatan Navigasi	**$ 30,087.00**	**USD**

	Peralatan Komunikasi (www.alibaba.com)		
	Radiotelephone *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	1800	USD
	Harga total	**$ 1,800.00**	**USD**
	Digital Selective Calling **(DSC)** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	350.000	USD
	Harga total	**$ 350.00**	**USD**
	Navigational Telex **(Navtex)** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	1,000.00	USD
	Harga total	**$ 1,000.00**	**USD**
2	**EPIRB** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	300	USD
	Harga total	**$ 300.00**	**USD**
	SART *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	220	USD
	Harga total	**$ 440.00**	**USD**
	SSAS		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	2,781	USD
	Harga total	**$ 2,781.00**	**USD**
	Portable 2-Way VHF Radiotelephone *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	100	USD
	Harga total	**$ 200.00**	**USD**
	Total Harga Peralatan Komunikasi	**$ 6,871.00**	**USD**
3	***Resque boat*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	Unit

	Harga per unit	8,999	USD
	Harga total	**$ 8,999.00**	**USD**
4	***Lifebuoy*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	8	Unit
	Harga per unit	10	USD
	Harga total	**$ 80.00**	**USD**
5	***Liferaft*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	400	USD
	Harga total	**$ 800.00**	**USD**
6	***Life Jacket*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	18	Unit
	Harga per unit	25	USD
	Harga total	**$ 450.00**	**USD**
7	**Hidrogen Tank (16,5m^3)***(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	14	Unit
	Harga per unit	69	USD
	Harga total	**$ 966.00**	**USD**
8	***Railing*** **dan Tiang Penyangga** *(www.metalsdepot.com)*		
	(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)		
	Harga	35	USD/m
	Panjang *railing* dan tiang penyangga	140	m
	Harga *Railing* dan Tiang Penyangga	**$ 4,900.00**	**USD**
9	**Jendela** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah jendela kotak	24	Unit
	Harga per unit	100	USD
	Jumlah *side scuttle*	27	Unit
	Harga per unit	50	USD
	Harga total	**$ 3,750.00**	**USD**
10	**Pintu** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah *watertight door*	8	Unit
	Harga per unit	300	USD
	Jumlah pintu ruangan (*cabin door*)	36	Unit
	Harga per unit	90	USD

	Harga total	**$ 5,640.00**	**USD**
11	**Jangkar (*Anchor*)** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	1,000	USD
	Harga total	**$ 2,000.00**	**USD**
12	***Windlass*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	4,900	USD
	Harga total	**$ 9,800.00**	**USD**
13	**Rantai (*Chain cables*)** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	468	m
	Harga per unit	10.0	USD/m
	Harga total	**$ 4,675.00**	**USD**
14	**Tali Tambat (*Ropes*)** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	170	m
	Harga per unit	2.0	USD/m
	Harga total	**$ 340.00**	**USD**
15	**Crane** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	1	m
	Harga per unit	5,000.0	USD/m
	Harga total	**$ 5,000.00**	**USD**
Total Harga *Equipment & Outfitting*		**$ 84,358.00**	**USD**

Permesinan			
No	**Item**	**Value**	**Unit**
1	***Fuel Cell*** *(www.alibaba.com)*		
	Jumlah	6	unit
	Harga per unit	67,500	USD/unit
	Harga *Fuel Cell*	405,000	
	Main Engine		
	Jumlah	1	
	Harga per unit	855,415	
	Harga *Main Engine*	855,415	
	Harga Dual-Fuel Engine	**$ 1,260,415.00**	USD

2	**Komponen Kelistrikan**		
	Power Control Unit	10,000	USD
	ACOS	500	USD
	AC/DC Inverter	400	USD
	Saklar, kabel, dll	200	USD
	Harga Komponen Kelistrikan	**$ 11,100.00**	USD
3	**Genset**		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	290000	USD/unit
	Harga Genset	**$ 580,000.00**	USD
4	**Azimuth Thruster**		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	150000	USD
	Harga Azimuth Truster	**$ 300,000.00**	USD
Total Harga Tenaga Penggerak		**$ 2,151,515**	**USD**

Biaya Pembangunan			
No	**Item**	**Value**	**Unit**
1	Konstruksi	$ 856,544	USD
2	*Equipment & Outfitting*	$ 84,358	USD
3	Tenaga Penggerak	$ 2,151,515	USD
Total Harga (USD)		**$ 3,092,417**	**USD**
Kurs Rupiah - US Dollar (per 13 Dec 2018)		**14,368**	**Rp/USD**
Total Harga (Rupiah)		**Rp 44,431,847,456.00**	**Rp**

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah			
Sumber: Watson, Practical Ship Design, 1998			
No	**Item**	**Value**	**Unit**
1	**Biaya Pembangunan Kapal**		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Keuntungan Galangan Kapal	Rp 4,443,184,746	Rp
2	**Biaya Untuk Inflasi** *(Watson, 1998)*		
	2% dari biaya pembangunan awal		

	Biaya Inflasi	Rp 888,636,949	Rp
3	**Biaya Pajak Pemerintah** *(Watson, 1998)*		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Pajak Pemerintah	Rp 4,443,184,746	Rp
Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi		**Rp 9,775,006,440**	**Rp**

Jadi, total harga kapal adalah =

= Biaya Pembangunan + Profit Galangan + Biaya Inflasi + Pajak Pemerintah

= **Rp 54,206,853,896**

Pinjaman Bank		
Biaya	**Nilai**	**Unit**
Building Cost	Rp 54,206,853,896.32	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	Rp 35,234,455,032.61	Rp
Bunga Bank	9.95%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	Rp 3,505,828,275.74	Per tahun
Masa Pinjaman	5	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	Rp 10,552,719,282.27	Rp

Biaya Perawatan	**Nilai**	**Unit**
Diasumsikan 10% total dari *Building Cost*		
Total M*aintenance Cost*	Rp 5,420,685,390	per tahun

Asuransi	**Nilai**	**Unit**
Diasumsikan 2% dari total Building Cost (Watson, 1998)		
Biaya asuransi	Rp 1,084,137,078	per tahun

Gaji *Crew*	**Nilai**	**Unit**
Jumlah *crew* kapal	18	orang
Gaji *crew* kapal per bulan	Rp 4,500,000	per orang
Gaji *crew* kapal per tahun	Rp 54,000,000	per orang
Total Gaji *Crew*	Rp 972,000,000	

Bahan Bakar Hidrogen	**Nilai**	**Unit**
Kebutuhan Bahan Bakar	0.06800	m3/trip
Harga bahan bakar	$ 8,000.00	per m3

Harga bahan bakar	Rp	114,944,000	per m3
Harga bahan bakar	Rp	7,816,192	per trip
Harga bahan bakar	Rp	406,441,984.00	per tahun

Bahan Bakar MDO	**Nilai**		**Unit**
Kebutuhan Bahan Bakar		0.05	ton/trip
Harga bahan bakar	$	518.00	per ton
Harga bahan bakar	Rp	7,442,624	per ton
Harga bahan bakar	Rp	372,131.20	per trip
Harga bahan bakar	Rp	19,350,822	per tahun

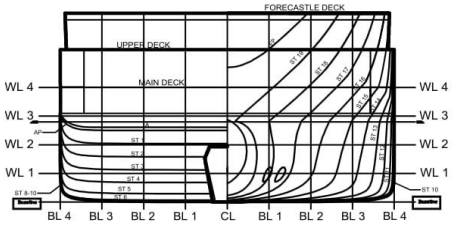
Lubrication Oil	**Nilai**		**Unit**
Kebutuhan Minyak Pelumas		0.03	m^3/trip
Harga Minyak Pelumas	$	1.71	per liter
Harga bahan bakar	Rp	24,569,280	per m^3
Harga bahan bakar	Rp	737,078	per trip
Harga bahan bakar	Rp	61,914,586	per tahun

Air Bersih (*Fresh Water*)	**Nilai**		**Unit**
Kebutuhan air bersih		3.06	m3/trip
Harga air bersih	Rp	50,000	per m3
Harga air bersih	Rp	153,000	per trip
Harga air bersih	Rp	1,836,000	per tahun

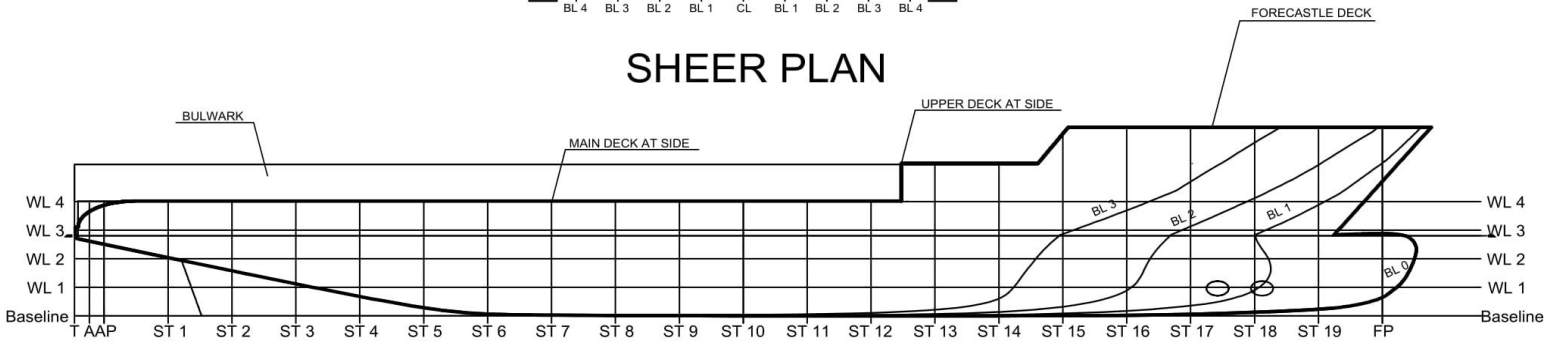
OPERATIONAL COST			
Biaya	**Nilai**		**Waktu**
Cicilan Pinjaman Bank	Rp	10,552,719,282	per tahun
Maintenance Cost	Rp	5,420,685,390	per tahun
Insurance Cost	Rp	1,084,137,078	per tahun
Gaji *crew*	Rp	972,000,000	per tahun
Bahan Bakar Gas	Rp	406,441,984	per tahun
Bahan Bakar *Diesel Oil (MDO)*	Rp	19,350,822	per tahun
Minyak Pelumas	Rp	61,914,586	per tahun
Air Bersih (Fresh Water)	Rp	1,836,000	per tahun
TOTAL	**Rp**	**18,519,085,142**	**per tahun**

LAMPIRAN B
GAMBAR LINES PLAN HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL

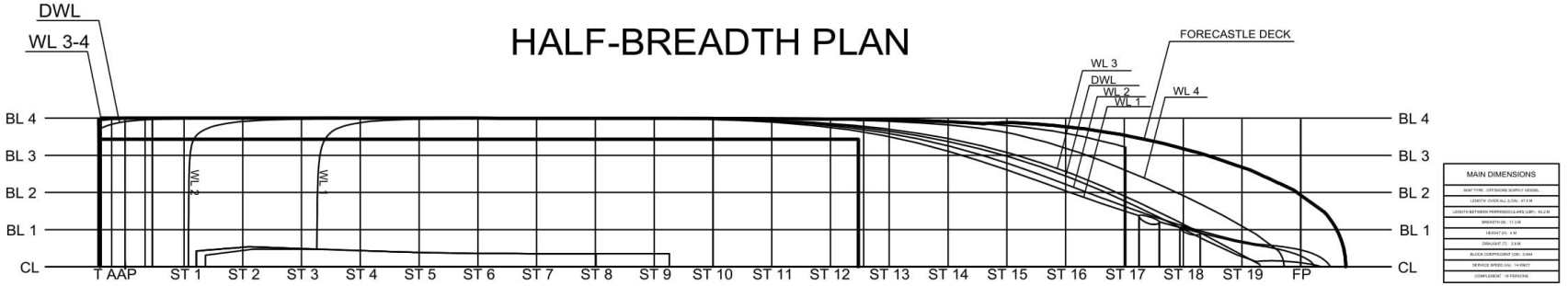
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN



MAIN DIMENSIONS
SHIP TYPE : OFFSHORE SUPPLY VESSEL
LENGTH OVER ALL (LOA) : 47.8 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP) : 43.2 M
BREADTH (B) : 11.3 M
HEIGHT (H) : 4 M
DRAUGHT (T) : 2.8 M
BLOCK COEFFICIENT (CB) : 0.644
SERVICE SPEED (VS) : 14 KNOT
COMPLEMENT : 18 PERSONS

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

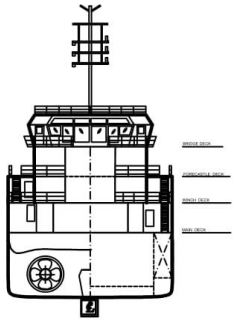
MV LYSIM

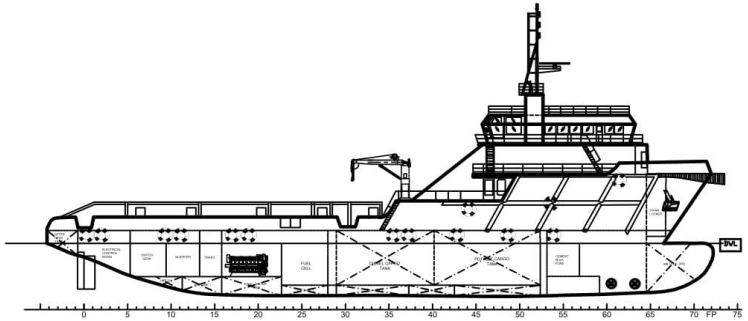
LINES PLAN

SCALE : 1 : 100	SIGNATURE	DATE	04111640000029
DESIGNED BY : RIMALDI DWI YARTO			A1
CHECKED BY : K. WAIDS DWI ARYAWAN, M.Sc., Ph.D.			

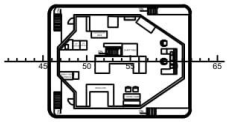
LAMPIRAN C
GAMBAR GENERAL ARRANGEMENT HYBRID OFFSHORE SUPPLY VESSEL

GENERAL ARRANGEMENT

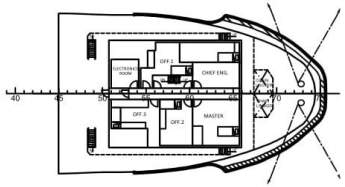




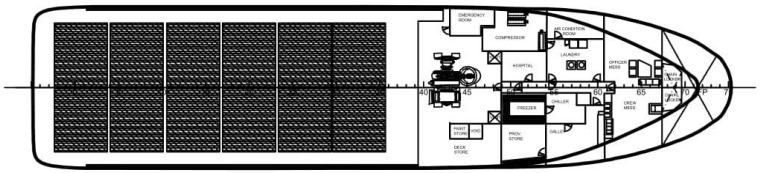
BRIDGE DECK



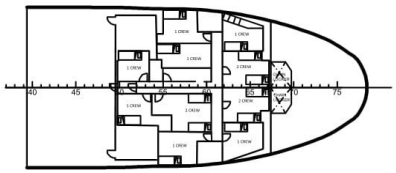
FORECASTLE DECK



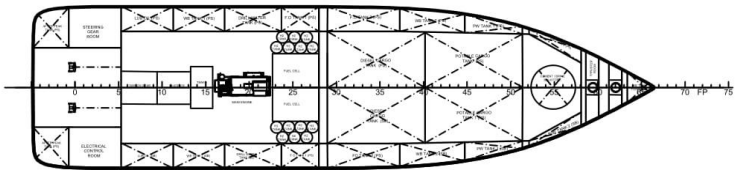
MAIN DECK



WINCH DECK



HOLD PLAN



MAIN DIMENSIONS
SHIP TYPE : OFFSHORE SUPPLY VESSEL
LENGTH OVER ALL (LOA) : 47.5 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP) : 43.2 M
BREADTH (B) : 11.3 M
HEIGHT (H) : 4 M
DRAUGHT (T) : 2.8 M
BLOCK COEFFICIENT (CB) : 0.684
SERVICE SPEED (VS) : 14 KNOT
COMPLEMENT : 18 PERSONS

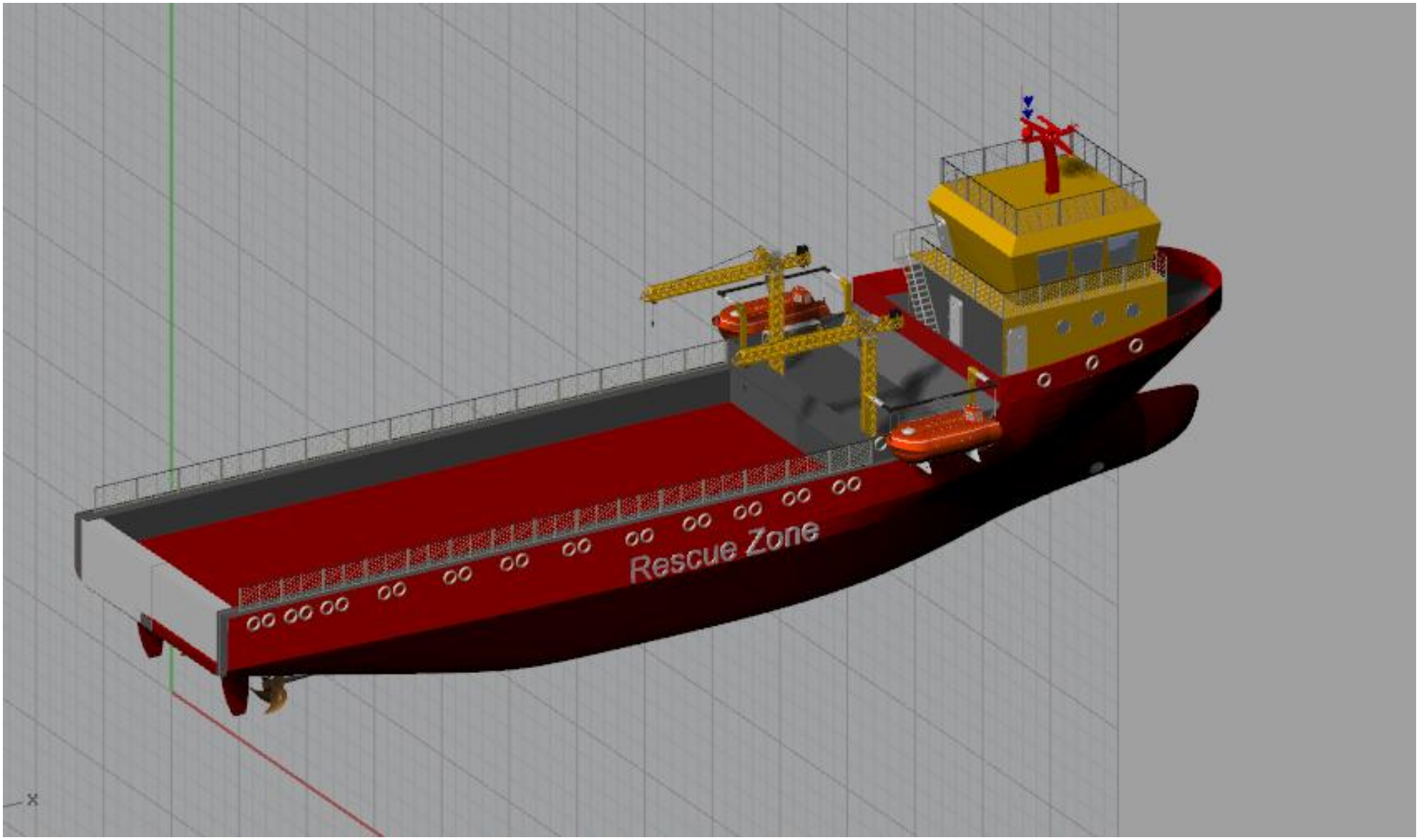
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

MV LYSIM

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE : 1 : 100	SIGNATURE	DATE	04111640000026
DESIGNED BY : RAMLIS DAN YANTI			A1
CHECKED BY : K. WAKIS DAN ARIYANAN, M.Sc., Ph.D.			

LAMPIRAN D
GAMBAR 3D *HYBRID OFFSHORE SUPPLY* VESSEL


Rescue Zone

LAMPIRAN E
PROYEKSI ARUS KAS *VOYAGE CHARTER* DAN *TIME CHARTER*

Pendapatan Usaha	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Perencanaan Harga Sewa		Rp 15.250.000.000,00	Rp 17.537.500.000,00	Rp 20.168.125.000,00	Rp 23.193.343.750,00	Rp 26.672.345.312,50	Rp 30.673.197.109,38	Rp 35.274.176.675,78	Rp 40.565.303.177,15	Rp 46.650.098.653,72
Operational Cost										
Gaji Crew		Rp 972.000.000,00	Rp 1.069.200.000,00	Rp 1.176.120.000,00	Rp 1.293.732.000,00	Rp 1.423.105.200,00	Rp 1.565.415.720,00	Rp 1.721.957.292,00	Rp 1.894.153.021,20	Rp 2.083.568.323,32
Fresh Water		Rp 1.836.000,00	Rp 2.019.600,00	Rp 2.221.560,00	Rp 2.443.716,00	Rp 2.688.087,60	Rp 2.956.896,36	Rp 3.252.586,00	Rp 3.577.844,60	Rp 3.935.629,06
Hidrogen		Rp 406.441.984,00	Rp 447.086.182,40	Rp 491.794.800,64	Rp 540.974.280,70	Rp 595.071.708,77	Rp 654.578.879,65	Rp 720.036.767,62	Rp 792.040.444,38	Rp 871.244.488,82
MDO		Rp 19.350.822,40	Rp 21.285.904,64	Rp 23.414.495,10	Rp 25.755.944,61	Rp 28.331.539,08	Rp 31.164.692,98	Rp 34.281.162,28	Rp 37.709.278,51	Rp 41.480.206,36
Minyak Pelumas		Rp 61.914.585,60	Rp 68.106.044,16	Rp 74.916.648,58	Rp 82.408.313,43	Rp 90.649.144,78	Rp 99.714.059,25	Rp 109.685.465,18	Rp 120.654.011,70	Rp 132.719.412,87
Perawatan Kapal		Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63
Asuransi Kapal		Rp 1.084.137.077,93	Rp 1.192.550.785,72	Rp 1.311.805.864,29	Rp 1.442.986.450,72	Rp 1.587.285.095,79	Rp 1.746.013.605,37	Rp 1.920.614.965,91	Rp 2.112.676.462,50	Rp 2.323.944.108,75
Depresiasi		Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82
Total Operational Cost		Rp 10.676.708.554,37	Rp 10.931.276.601,37	Rp 11.211.301.453,06	Rp 11.519.328.789,92	Rp 11.858.158.860,47	Rp 12.230.871.938,07	Rp 12.640.856.323,43	Rp 13.091.839.147,33	Rp 13.587.920.253,62
Laba Usaha		Rp 4.573.291.445,63	Rp 6.606.223.398,63	Rp 8.956.823.546,94	Rp 11.674.014.960,08	Rp 14.814.186.452,03	Rp 18.442.325.171,31	Rp 22.633.320.352,35	Rp 27.473.464.029,82	Rp 33.062.178.400,10
Bunga		Rp 3.505.828.275,74	Rp 2.804.662.620,60	Rp 2.103.496.965,45	Rp 1.402.331.310,30	Rp 701.165.655,15	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Laba Sebelum Pajak		Rp 1.067.463.169,88	Rp 3.801.560.778,04	Rp 6.853.326.581,49	Rp 10.271.683.649,78	Rp 14.113.020.796,88	Rp 18.442.325.171,31	Rp 22.633.320.352,35	Rp 27.473.464.029,82	Rp 33.062.178.400,10
Pajak		Rp 106.746.316,99	Rp 380.156.077,80	Rp 685.332.658,15	Rp 1.027.168.364,98	Rp 1.411.302.079,69	Rp 1.844.232.517,13	Rp 2.263.332.035,23	Rp 2.747.346.402,98	Rp 3.306.217.840,01
Laba Bersih		Rp 960.716.852,89	Rp 3.421.404.700,23	Rp 6.167.993.923,34	Rp 9.244.515.284,80	Rp 12.701.718.717,20	Rp 16.598.092.654,18	Rp 20.369.988.317,12	Rp 24.726.117.626,84	Rp 29.755.960.560,09
FIXED COST	Rp 54.206.853.896,32									
PROYEKSI ARUS KAS 10 TAHUN										
In-Flow										
Laba Bersih		Rp 960.716.852,89	Rp 3.421.404.700,23	Rp 6.167.993.923,34	Rp 9.244.515.284,80	Rp 12.701.718.717,20	Rp 16.598.092.654,18	Rp 20.369.988.317,12	Rp 24.726.117.626,84	Rp 29.755.960.560,09
Depresiasi		Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82
NET INFLOW		Rp 3.671.059.547,71	Rp 6.131.747.395,05	Rp 8.878.336.618,16	Rp 11.954.857.979,62	Rp 15.412.061.412,01	Rp 19.308.435.348,99	Rp 23.080.331.011,93	Rp 27.436.460.321,65	Rp 32.466.303.254,91
Out-Flow										
Investment	Rp 54.206.853.896,32									
NET OUTFLOW	Rp 54.206.853.896,32	Rp -								
FREE CASH FLOW	-Rp 54.206.853.896,32	Rp 3.671.059.547,71	Rp 6.131.747.395,05	Rp 8.878.336.618,16	Rp 11.954.857.979,62	Rp 15.412.061.412,01	Rp 19.308.435.348,99	Rp 23.080.331.011,93	Rp 27.436.460.321,65	Rp 32.466.303.254,91

Pendapatan Usaha	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Perencanaan Harga Sewa		Rp 15.836.538.461,54	Rp 18.212.019.230,77	Rp 20.943.822.115,38	Rp 24.085.395.432,69	Rp 27.698.204.747,60	Rp 31.852.935.459,74	Rp 36.630.875.778,70	Rp 42.125.507.145,50	Rp 48.444.333.217,33
Operational Cost										
Gaji Crew		Rp 972.000.000,00	Rp 1.069.200.000,00	Rp 1.176.120.000,00	Rp 1.293.732.000,00	Rp 1.423.105.200,00	Rp 1.565.415.720,00	Rp 1.721.957.292,00	Rp 1.894.153.021,20	Rp 2.083.568.323,32
Fresh Water		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
LNG		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
MDO		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Minyak Pelumas		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Perawatan Kapal		Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63	Rp 5.420.685.389,63
Asuransi Kapal		Rp 1.084.137.077,93	Rp 1.192.550.785,72	Rp 1.311.805.864,29	Rp 1.442.986.450,72	Rp 1.587.285.095,79	Rp 1.746.013.605,37	Rp 1.920.614.965,91	Rp 2.112.676.462,50	Rp 2.323.944.108,75
Depresiasi		Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82
Total Operational Cost		Rp 10.187.165.162,37	Rp 10.392.778.870,17	Rp 10.618.953.948,74	Rp 10.867.746.535,17	Rp 11.141.418.380,24	Rp 11.442.457.409,82	Rp 11.773.600.342,36	Rp 12.137.857.568,15	Rp 12.538.540.516,52
Laba Usaha		Rp 5.649.373.299,16	Rp 7.819.240.360,60	Rp 10.324.868.166,65	Rp 13.217.648.897,52	Rp 16.556.786.367,36	Rp 20.410.478.049,92	Rp 24.857.275.436,34	Rp 29.987.649.577,35	Rp 35.905.792.700,81
Bunga		Rp 3.505.828.275,74	Rp 3.155.245.448,17	Rp 2.804.662.620,60	Rp 2.454.079.793,02	Rp 2.103.496.965,45	Rp 1.752.914.137,87	Rp 1.402.331.310,30	Rp 1.051.748.482,72	Rp 701.165.655,15
Laba Sebelum Pajak		Rp 2.143.545.023,42	Rp 4.663.994.912,43	Rp 7.520.205.546,05	Rp 10.763.569.104,50	Rp 14.453.289.401,91	Rp 18.657.563.912,04	Rp 23.454.944.126,04	Rp 28.935.901.094,63	Rp 35.204.627.045,66
Pajak		Rp 214.354.502,34	Rp 466.399.491,24	Rp 752.020.554,61	Rp 1.076.356.910,45	Rp 1.445.328.940,19	Rp 1.865.756.391,20	Rp 2.345.494.412,60	Rp 2.893.590.109,46	Rp 3.520.462.704,57
Laba Bersih		Rp 1.929.190.521,08	Rp 4.197.595.421,19	Rp 6.768.184.991,45	Rp 9.687.212.194,05	Rp 13.007.960.461,72	Rp 16.791.807.520,84	Rp 21.109.449.713,44	Rp 26.042.310.985,17	Rp 31.684.164.341,09
FIXED COST	Rp 54.206.853.896,32									
PROYEKSI ARUS KAS 5 TAHUN										
In-Flow										
Laba Bersih		Rp 1.929.190.521,08	Rp 4.197.595.421,19	Rp 6.768.184.991,45	Rp 9.687.212.194,05	Rp 13.007.960.461,72	Rp 16.791.807.520,84	Rp 21.109.449.713,44	Rp 26.042.310.985,17	Rp 31.684.164.341,09
Depresiasi		Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82	Rp 2.710.342.694,82
NET INFLOW		Rp 4.639.533.215,89	Rp 6.907.938.116,00	Rp 9.478.527.686,26	Rp 12.397.554.888,87	Rp 15.718.303.156,53	Rp 19.502.150.215,66	Rp 23.819.792.408,25	Rp 28.752.653.679,98	Rp 34.394.507.035,91
Out-Flow										
Investment	Rp 54.206.853.896,32									
NET OUTFLOW	Rp 54.206.853.896,32	Rp -								
FREE CASH FLOW	-Rp 54.206.853.896,32	Rp 4.639.533.215,89	Rp 6.907.938.116,00	Rp 9.478.527.686,26	Rp 12.397.554.888,87	Rp 15.718.303.156,53	Rp 19.502.150.215,66	Rp 23.819.792.408,25	Rp 28.752.653.679,98	Rp 34.394.507.035,91

BIODATA PENULIS

Rinaldi Dwi Yarto, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Batam pada 18 September 1997 silam, Penulis merupakan anak ketiga dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Tunas Baru, kemudian melanjutkan ke SDS Tunas Baru, SMPN 11 Batam dan SMAN 1 Batam. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN/undangan.

Selama masa perkuliahan penulis aktif berorganisasi dalam Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL sebagai *staff* pada kepengurusan 2017/2018. Penulis juga tergabung kepengurusan forum daerah KPMKR-Surabaya sebagai Kepala Departemen Hubungan Luar pada kepengurusan 2017/2018 dan menjadi Kepala Divisi asrama putra KPMKR-Surabya pada kepengurusan 2018/2019.

Pada masa perkuliahan penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Batamec (Batam) dan PT. Bureau Veritas (Batam). Pada Departemen Perkapalan ITS terdapat beberapa tugas besar yang harus diselesaikan oleh mahasiswa, dan penulis telah menyelesaikan tugas-tugas besar yakni Tugas Rencana Garis (TRG) dibimbing oleh Bapak Mohammad Sholikhan Arif, S.T., M.T., Tugas Desain Kapal 1 dibimbing oleh Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., Tugas Desain Kapal 2 dibimbing oleh Bapak Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng., Perencanaan Produksi Kapal dibimbing oleh Mohammad Sholikhan Arif, S.T., M.T. serta Tugas Akhir "Desain *Hybrid Offshore Supply Vessel* untuk Kegiatan Eksplorasi dan Eksploitasi dilapangan Terang Sirasun Batur (TSB)" yang dibimbing oleh Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

Email: simatupangrinaldi6@gmail.com