



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL AUTONOMOUS SEBAGAI SARANA
PENYEBERANGAN DAN WISATA RUTE
SURABAYA - MADURA**

**Prisheila Maharani
NRP 0411164000006**

**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 KAPAL AUTONOMOUS SEBAGAI SARANA
PENYEBERANGAN DAN WISATA RUTE
SURABAYA - MADURA**

**Prisheila Maharani
NRP 0411164000006**

**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

**AUTONOMOUS FERRY DESIGN FOR CROSSING
AND TOURISM ON SURABAYA - MADURA
ROUTE**

**Prisheila Maharani
NRP 0411164000006**

**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 KAPAL AUTONOMOUS SEBAGAI SARANA PENYEBERANGAN DAN WISATA RUTE SURABAYA - MADURA

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:

PRISHEILA MAHARANI
NRP 04111640000006

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

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, 6 AGUSTUS 2020



LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL AUTONOMOUS SEBAGAI SARANA PENYEBERANGAN DAN WISATA RUTE SURABAYA - MADURA

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:

PRISHEILA MAHARANI
NRP 04111640000006

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, 6 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia, rahmat, dan hidayah-Nya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril ataupun materil, sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar

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 dan Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS atas bimbingan, pelajaran dan motivasinya selama penggerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Wali penulis yang telah arahan selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Hasanudin, S.T., M.T., Danu Utama, S.T., M.T., Febriani Rohma Dhana, S.T., M.T. selaku Dosen Pengaji dalam sidang Tugas Akhir ini;
4. Keluarga penulis, Mama Ella, Papa Bob, Kakak Yoga, Adik Rio dan Adik Aldi. Terimakasih atas kasih sayang, doa, dan dukungannya selama ini yang tidak akan bisa terbalaskan;
5. Bapak Yuniarsono dari KSOP Tanjung Perak yang telah berkenan memberikan data Penyeberangan Kapal rute Surabaya-Madura
6. Alm. M. Byan Rafiqi yang telah memberikan dukungan sedari awal untuk menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
7. Teman-teman P56 IRONCLAD yang telah mendukung, menyemangati, menghibur, dan menemanai penulis bahkan disaat ketidakjelasan melanda
8. Rumah Tangga M78 yang memberikan semangat kepada penulis disaat sedang tidak baik, kepada Astari, Dinda, Dian, Feima, Gita, Ibel, Namira, Noveesra, Quisha kalian terbaik.
9. Sahabat-sahabat yang tidak dapat dituliskan satu-persatu namun selalu memberi dukungan yang tiada habisnya.

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, 6 Agustus 2020

Prisheila Maharani

DESAIN KAPAL AUTONOMOUS SEBAGAI SARANA PENYEBERANGAN DAN WISATA RUTE SURABAYA - MADURA

Nama Mahasiswa : Prisheila Maharani
NRP : 04111640000006
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Indonesia merupakan Negara Kepulauan terbesar di Dunia. Dengan kondisi geografis-nya, menyebabkan terdapat banyak pulau yang terpisahkan oleh lautan di Indonesia. Salah satu kebutuhan utama sebagai Negara Kepulauan adalah sarana penyeberangan. KMP (Kapal Motor Penyeberangan) jenis Ro-Ro. Sehubungan dengan beroperasinya Jembatan Suramadu, redupnya KMP kian terasa, maka perlu dilakukan pemberdayaan KMP pada daerah tersebut agar keberadaannya terus terjaga, perlu diciptakan fungsi baru dari KMP yang dapat meningkatkan minat dan daya tarik masyarakat, sebagai sarana wisata di area Selat Madura, dalam hal ini dengan kemajuan teknologi serta perkembangan industri 4.0, kapal diciptakan dengan sistem autonomous. Kapal didesain menggunakan *System Based Ship Design* (SBSD) dengan tahapan pelaksanaan *mission, function, form, performance, dan economic*. Kapal ini menggunakan sistem *autonomous* dimana konsep ini didasarkan pada tugas dan tanggung jawab seorang personel di pusat kendali jarak jauh diluar kapal yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis dan diasumsikan bahwa kru tersedia di kapal untuk melakukan tugas-tugas tertentu dan membantu personel jarak jauh sesuai kebutuhan dan sudah mengacu dengan ketentuan kapal autonomous yang telah dikeluarkan oleh Lloyd's Register (2016), AAWA (2016), DNV-GL (2018), dan Maritime UK (2018). Pekerjaan tugas akhir ini mengikuti metodologi SBSD dan menghasilkan desain akhir dengan ukuran $L_{pp} = 30,43\text{ m}$, $B = 9\text{ m}$, $H = 2,4\text{ m}$, dan $T = 1,8\text{ m}$. Hasil dari desain didapatkan hambatan kapal sebesar $61,5\text{ kN}$, lalu dilakukan pengecekan stabilitas dengan kriteria IMO *Intact Stability*, dan dilakukan perhitungan biaya pembangunan dengan total biaya pembangunan kapal sebesar Rp. 7.146.181.374 Dari biaya pembangunan tersebut dihitung NPV sebesar 2.755.700.000, IRR sebesar 31.39%, dan didapatkan *payback period* selama 5 tahun 8 bulan 30 hari.

Kata kunci: *Autonomous*, Kapal Feri, Ro-Ro, Wisata, Penyeberangan dan Desain.

AUTONOMOUS FERRY DESIGN FOR CROSSING AND TOURISM ON SURABAYA – MADURA ROUTE

Author : Prisheila Maharani
Student Number : 04111640000006
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Indonesia is the largest Archipelagic State in the World. Reminding it's geographical nature, the islands are separated by seas within Indonesia. One of the most needed infrastructures for an Archipelagic State would be crossing vehicles. KMP (Kapal Motor Penyeberangan or Crossing Vessel Vehicle) with a Ro-Ro model is well recognised by some of the communities, in Surabaya-Madura route. With the operations of Suramadu bridge, the enthusiasm for KMP has been slowly dimming. In this regard we need to preserve the KMP for the region, by incorporating and inventing new functions for KMP which could spark the interest of the community for tourism purposes in Madura Channel. This would be the way to respond the 4th Industrial Revolution by creating an Autonomous System for the Vessel. The vessel was designed using the System-Based Ship Design (SBSD) following the mission, function, form, performance and economic working method. The concept is based on the responsibility of the crew by remotely operating them under technical supervision, assuming crews on board would be assisting for specific tasks and referring to the Autonomous Vessel Regulations, laid out by Lloyd's Register (2016), AAWA (2016), DNV-GL (2018), and Maritime UK (2018). This final project is using the System-Based Ship Design (SBSD) methodology and produced the final design with reports of the size LPP= 30.43, B = 9 m, H = 2.4 m, and T= 1.8m. The design result has found that the vessel has resistance of 61,5 kN, and checked for stability in accordance with the IMO Intact Stability criteria, furthermore calculated for construction cost estimated around Rp. 7.146.181.374. The NPV calculated based on the construction cost was worth 2.755.700.000, with an IRR of 31.39%, resulting in payback period of 5 years 8 months 30 days.

Keywords: Autonomous, Ferry, Ro-Ro, Tourism, Crossing and Double-Ended.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR REVISI	vii
HALAMAN PERUNTUKAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR SIMBOL	xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis	4
BAB 2 STUDI LITERATUR	5
2.1. Metode Mendesain Kapal	5
2.2. <i>System Based Ship Design</i>	5
2.3. Kapal Motor Penyeberangan	6
2.4. Daerah Pelayaran Ujung – Kamal	9
2.5. Potensi Wisata Selat Madura Jembatan Surabaya-Madura (Suramadu)	10
2.6. Autonomous	10
2.7. Sistem Navigasi	13
2.8. Hambatan	13
2.9. Perhitungan Propulsi dan Powering	13
2.10. Stabilitas	13
2.11. Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>)	15
2.12. Perhitungan Ekonomis	16
2.12.1. Biaya Pembangunan	16
2.12.2. Biaya Operasional	16
2.12.3. <i>Net Present Value</i> (NPV)	16
2.12.4. Internal Rate of Return (IRR)	17
2.12.5. <i>Pay Back Period</i> (PBP)	18
BAB 3 METODOLOGI	19
3.1. Diagram Alir	19
3.2. Proses Pengerjaan	20
3.2.1. <i>Mission Statement</i>	20
3.2.2. <i>Functional Requirement</i>	20
3.2.3. <i>Form Development</i>	21
3.2.4. <i>Performance Parameters</i>	21
3.2.5. <i>Economics</i>	22

3.2.6. <i>Verification of Design</i>	22
BAB 4 KONSEP AUTONOMOUS.....	23
4.1. Tingkat Autonomous	23
4.2. Kendali Jarak Jauh.....	23
4.3. Sistem Autonomous.....	23
4.3.1. Sensor	24
4.3.2. Processor	26
4.3.3. Aktuator.....	26
4.4. Mode Operasi Kapal di Laut	28
4.5. <i>Propultion Management System</i>	30
4.6. <i>Passanger and Vehicle Handling</i>	31
4.6.1. <i>Vehicle Recognition System</i>	31
4.6.2. <i>Cargo Weight Distribution System</i>	31
4.7. <i>Safety system</i>	32
4.8. <i>Automated Mooring System</i>	33
BAB 5 PEMBUATAN DESAIN KAPAL.....	35
5.1. Metode <i>System Based Ship Design</i> (SBSD).....	35
5.2. <i>Mission Statement</i>	35
5.3. <i>Functional Requirement</i>	35
5.3.1. Analisis Perhitungan <i>Owner Requirement</i>	36
5.3.2. Perolehan Data	36
5.3.3. Pemodelan <i>Layout</i> Awal.....	38
5.3.4. Penentuan <i>Parent-Ship</i>	38
5.3.5. Sistem Autonomous	39
5.3.6. Sistem <i>Mooring</i>	40
5.3.7. Sistem <i>Ticketing</i>	41
5.3.8. Penentuan Kecepatan Dinas Kapal	41
5.4. <i>Form Development</i>	41
5.4.1. Rasio Dimensi Kapal.....	42
5.4.2. Koefisien-Koefisien Bentuk Kapal	42
5.4.3. Pembuatan Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	44
5.4.4. Pembuatan Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	45
5.4.5. Pembuatan <i>Safety Plan</i>	47
5.4.6. <i>Life Saving Appliance</i>	47
5.4.7. <i>Fire Fighting Equipment</i>	48
5.4.8. Menentukan Peralatan dan Perlengkapan Kapal.....	48
5.4.9. Pemodelan 3D	50
5.5. <i>Performance Parameters</i>	51
5.5.1. Perhitungan Hambatan Kapal	51
5.5.2. Perhitungan Berat Baja Kapal.....	52
5.5.3. Perhitungan DWT	54
5.5.4. Perhitungan LWT	54
5.6. Analisis Ekonomis	54
5.7. <i>Verification of Design</i>	55
5.7.1. Pengecekan Berat dan Displacement Kapal	55
5.7.2. Analisis Freeboard	55
5.7.3. Analisis Trim dan Stabilitas.....	55
BAB 6 ANALISIS EKONOMIS	60
6.1. Biaya Pembangunan Kapal	60

6.2. Perhitungan Biaya Operasional	61
6.3. Harga Tiket.....	61
6.4. <i>Net Present Value (NPV)</i>	62
6.5. <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	65
6.6. <i>Payback Period</i>	66
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	67
7.1. Kesimpulan.....	67
7.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Data Anngkutan KSOP

LAMPIRAN B Data Hasil Kuesioner

LAMPIRAN C Pehitungan Teknis dan Ekonomis

LAMPIRAN D *Lines Plan*

LAMPIRAN E *General Arrangement*

LAMPIRAN F *Safety Plan*

LAMPIRAN G *Design 3D*

LAMPIRAN H Diagaram *Autonomous*

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 System Based Ship Design (Erikstad & Lavender, 2012)	5
Gambar 2.2 Kapal Motor Penyeberangan	6
Gambar 2.3 Kapal Feri Ro-Ro.....	7
Gambar 2.4 <i>Double Ended Ferry</i>	8
Gambar 2.5 Rute Penyeberangan Ujung – Kamal.....	9
Gambar 2.6 Pelabuhan Kamal, Madura	9
Gambar 2.7 Pelabuhan Ujung, Surabaya	9
Gambar 2.8 Jembatan Suramadu	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Kapal	20
Gambar 4.1 Diagram Sistem <i>Autonomous KMP</i> Maharani	24
Gambar 4.2 Ilustrasi Mode Operasi dari Pusat Kendali.....	29
Gambar 4.3 Diagram Sistem Navigasi <i>Autonomous</i>	30
Gambar 4.4 Pembagian Zona Parkir Kendaraan	32
Gambar 4.5 QuaySailor 20 milik Cavotec	33
Gambar 4.6 Contoh Sistem Monitoring dan Control oleh Operator Darat yang dimiliki Cavotec.....	34
Gambar 4.7 Penempatan QuaySailor 20 pada Pelabuhan	34
Gambar 5.1 Pemodelan Layout Awal38	
Gambar 5.2 KMP JOKOTOLE	39
Gambar 5.3 Sudut Pandang Depan Sensor.....	40
Gambar 5.4 Sudut Pandang Samping Sensor.....	40
Gambar 5.5 Rasio Ukuran Utama.....	42
Gambar 5.6 Desain Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	45
Gambar 5.7 Desain Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	47
Gambar 5.8 Tampak Perspektif 3D <i>Double Ended Ro-Ro Ferry</i>	50
Gambar 5.9 Gambar Penampakan Ruangan di Kapal	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Level of Control Definitions (Maritime UK, 2018)	11
Tabel 2.2 Empat Konsep Autonomous (Vartdal and Jørgensen, 2018).....	12
Tabel 2.3 Kelayakan NPV	17
Tabel 5.1 Rata rata jumlah angkutan per trip	37
Tabel 5.2 Asumsi Data Angkutan Wisata Selat Madura.....	37
Tabel 5.3 Koefisien Lambung Kapal	44
Tabel 5.4 Peralatan dan Perlengkapan	49
Tabel 5.5 Perlengkapan dan Peralatan (2).....	50
Tabel 5.6 Perhitungan Hambatan	52
Tabel 5.7 Spesifikasi Main Engine	52
Tabel 5.8 Spesifikasi Generator.....	52
Tabel 5.9 Tipe Kapal dan CSO.....	53
Tabel 5.10 <i>Steel Weight</i>	54
Tabel 5.11 Perhitungan DWT	54
Tabel 5.12 Perhitungan LWT	54
Tabel 5.13 Hasil Koreksi Displacement.....	55
Tabel 5.14 Lambung Timbul	55
Tabel 5.15 <i>Loadcases</i>	57
Tabel 5.16 Kondisi <i>trim</i> tiap loadcase	57
Tabel 5.17 Analisis Stabilitas (1).....	58
Tabel 5.18 Analisis Stabilitas (2).....	59
Tabel 6.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan	60
Tabel 6.2 Rekapitulasi Biaya Operasional	61
Tabel 6.3 Harga Tiket	62
Tabel 6.4 Income Pertahun.....	63
Tabel 6.5 Free Cash Flow	64
Tabel 6.6 Perhitungan NPV dan IRR	65
Tabel 6.7 <i>Payback Period</i>	66

DAFTAR SIMBOL

AM	= Luasan <i>midship</i>
B	= Lebar kapal tanpa kulit
C _B	= Koefisien blok kapal
C _M	= Koefisien <i>midship</i>
C _P	= Koefisien Prismatik
C _{WP}	= Luasan bidang garis air
Δ	= Displasemen
H	= Tinggi kapal
KG	= Letak titik berat dihitung dari <i>keel</i>
L	= Panjang kapal
Lwl	= Panjang kapal sesuai dengan garis air
LCB	= Letak memanjang titik gaya apung
LCG	= Letak memanjang titik gaya berat
MCR	= <i>Maximum Continous Rating</i>
NM	= Mil laut (<i>nautical mile</i>)
T	= Sarat kapal
V	= Volume displasemen
W _{cons}	= Berat <i>consumable</i>
W _{crew}	= Berat kru
WE	= Berat mesin utama
WE&O	= Berat outfitting
W _{payload}	= Berat <i>payload</i>
W _{st}	= Total berat baja
NPV	= Net Present Value (dalam Rupiah)
C _t	= Arus Kas per Tahun pada Periode t
C ₀	= Nilai Investasi awal pada tahun ke 0 (dalam Rupiah)
r	= Suku Bunga atau discount Rate (dalam %)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di Dunia. Dengan 3.110.000 km² wilayah lautan, membuktikan bahwa Indonesia merupakan suatu Negara dengan luas perairan lebih besar dari pada luas daratan, maka dari itu Indonesia disebut sebagai Negara Maritim. Dengan kondisi geografis Indonesia, menyebabkan terdapat banyak pulau yang terpisahkan oleh lautan. (Kemenko Kemaritiman RI, 2018).

Salah satu kebutuhan di Indonesia adalah sarana penyeberangan, dengan dibangunnya sebuah jembatan dan moda transportasi diharapkan dapat menghubungkan antar pulau di Indonesia. KMP (kapal Motor Penyeberangan) jenis Ro-Ro adalah moda transportasi yang akrab digunakan sebagian masyarakat antar pulau Surabaya-Madura karena dapat mengangkut penumpang sekaligus logistik sehingga efektif dan efisien dalam penggunaannya.

Sebuah jembatan dibangun sebagai sarana penyeberangan, diantaranya Jembatan Suramadu. Jembatan yang digunakan untuk menghubungkan Kota Surabaya dan Pulau Madura dibangun sejak Agustus 2003 dan terselesaikan pada Maret 2009, dirancang sedemikian rupa untuk dapat dilalui oleh kendaraan beroda dua ataupun lebih. (tirto.id, 2009). Disisi lain, Jembatan Suramadu tidak dapat diakses oleh pejalan kaki, sehingga dibutuhkan moda transportasi KMP yang sejak dahulu digunakan sebagai satu-satunya sarana penyeberangan Surabaya-Madura. (ekonomi.bisnis.com, 2018)

Sehubung dengan beroperasinya jembatan Suramadu, redupnya KMP kian hari kian terasa, maka perlu dilakukan pemberdayaan KMP pada daerah tersebut agar keberadaannya terus terjaga. Berdasarkan survey lokasi Sabtu (20/4/2019), jumlah penumpang maupun kendaraan dalam kapal feri penyeberangan Ujung (Surabaya) – Kamal (Madura) menurun drastis dibandingkan dengan sebelum jembatan Suramadu beroperasi. (radarmadura.jawapos.com, 2019)

Pasca beroperasi jembatan Suramadu, jumlah kapal yang beroperasi kian hari kian menurun. Hal ini terjadi akibat penurunan jumlah penumpang yang beralih menggunakan jembatan Suramadu. Penyeberangan yang dahulu dilakukan setiap 15 menit, kini dilakukan

setiap 1 jam sekali, maka penumpang diharuskan untuk menunggu beberapa waktu sebelum melakukan penyeberangan.

Pelabuhan Ujung di Surabaya dahulu menjadi “primadona” masyarakat Surabaya yang hendak menuju pulau Madura dan sebaliknya. Tetapi keadaan telah berubah bertepatan saat Presiden Susilo Bambang Yudhoyono meresmikan Jembatan Suramadu. Sebelum Jembatan Suramadu beroperasi, Pelabuhan Ujung akan dipadati oleh ribuan penumpang untuk naik kapal, PT ASDP selaku pengelola menyiapkan 19 armada kapal, berbanding terbalik dengan kondisi saat ini, di mana hanya terdapat tiga armada kapal yang beroperasi secara bergantian. Dua diantaranya milik PT ASDP dan lainnya milik PT DLU.

Pelabuhan Kamal merupakan pelabuhan penyeberangan di Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan. Pelabuhan ini dikelola oleh PT ASDP Indonesia *Ferry* (Persero). Sama halnya dengan keadaan pelabuhan ujung di Surabaya, Sebelum beroperasinya Jembatan Suramadu, Pelabuhan Kamal merupakan pintu gerbang utama keluar masuk ke Pulau Madura. Pelayaran dari Pelabuhan Kamal ke Pelabuhan Ujung Surabaya ditempuh sekitar 30 menit menggunakan kapal *ferry* melintasi Selat Madura. Sejak beroperasinya Jembatan Suramadu, pengguna pelabuhan ini mengalami penurunan, hingga menyebabkan PT ASDP Ujung-Kamal di ambang kehancuran. (suara.com, 2018)

Dewasa ini kondisi KMP rute Ujung-Kamal semakin menurun, perlu diciptakan fungsi baru dari KMP yang dapat meningkatkan minat dan daya tarik masyarakat, yakni sebagai sarana wisata di area Selat Madura. Didukung dengan kemajuan teknologi serta perkembangan industri 4.0, kapal diciptakan dengan sistem *autonomous* atau dapat beroperasi tanpa bantuan dari seorang nakhoda. Hal ini tentu akan meringankan pekerjaan manusia, serta menumbuhkan citra baik bagi daerah sekitar karena akan menjadi sebuah sorotan yang baik dalam sebuah Inovasi.

Kendali autopilot merupakan hal yang sangat lumrah di era teknologi dan komunikasi saat ini. Beban dari tugas manusia dapat berkurang dengan hadirnya teknologi berupa robot. Teknologi ini sudah mulai masuk pada dunia transportasi yang salah satunya adalah kapal tanpa awak. Dengan adanya teknologi robot atau kendali otomatis pada kapal tanpa awak maka kapal tersebut diharapkan dapat membantu bahkan menggantikan tugas manusia dalam melakukannya tugasnya.

Menanggapi permasalahan menurunnya jumlah peminat kapal KMP rute Ujung-Kamal, penulis mempunyai ide yang dituangkan dalam bentuk Tugas Akhir. Pada Tugas Akhir ini desain kapal yang akan dikembangkan berupa KMP Ro-Ro *autonomous* dengan rute perjalanan

Ujung (Surabaya) – Kamal (Madura), kapal didesain untuk mengantarkan penumpang sekaligus berwisata di Selat Madura.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara menentukan analisis teknis kapal penumpang *autonomous*?
2. Bagaimana cara menentukan konsep desain *autonomous* pada kapal penumpang *autonomous*?
3. Bagaimana membuat Rencana Garis, Rencana Umum, Design 3D serta Safety Plan kapal penumpang *autonomous*?
4. Bagaimana analisis ekonomi yang meliputi biaya operasional dan pembangunan pada kapal penumpang *autonomous*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir adalah sebagai berikut.

1. Melakukan analisis teknis sesuai dengan regulasi.
2. Menentukan konsep desain *autonomous* terbaik pada kapal penumpang *autonomous*.
3. Mendesain Rencana Garis, Rencana Umum, Design 3D serta Safety Plan kapal.
4. Melakukan perhitungan nilai ekonomis pada kapal penumpang *autonomous*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak mendesain program *autonomous*.
2. Tidak melakukan perhitungan konstruksi.
3. Desain yang dibahas sebatas *concept design*.
4. Perhitungan yang digunakan merupakan teori pendekatan menggunakan rumus-rumus yang ada.

1.5. Manfaat

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

1. Secara akademis, diharapkan hasil penggerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.
2. Bagi Pemerintah, sebagai rujukan pertimbangan untuk pengembangan desain kapal penumpang *Autonomous* sebagai sarana penyeberangan dan wisata dengan teknologi baru yang akan mempermudah pekerjaan manusia.
3. Bagi kalangan umum, sebagai sumbangsih pengetahuan dalam hal perancangan kapal penumpang *Autonomous*.

1.6. Hipotesis

Desain kapal penumpang *autonomous* layak untuk mendukung pengembangan moda transportasi KMP di wilayah Selat Madura sebagai sarana penyeberangan dan wisata.

BAB 2

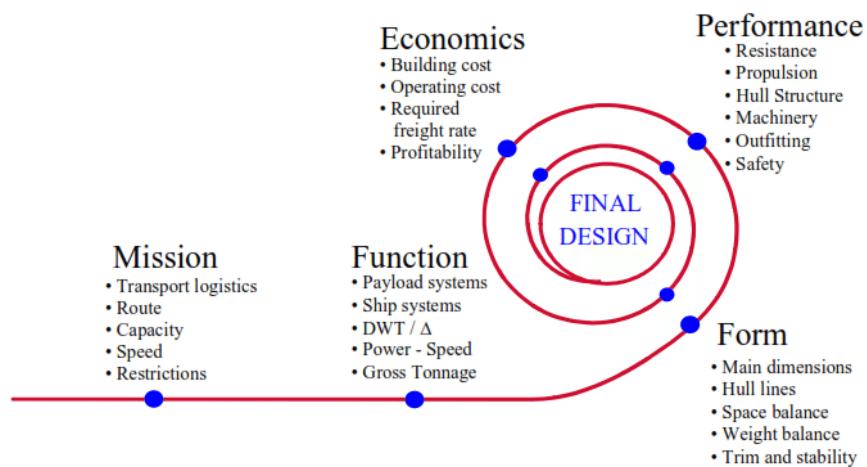
STUDI LITERATUR

2.1. Metode Mendesain Kapal

Pada dasarnya tujuan dari desain adalah merencanakan pencapaian dari sebuah tujuan dengan menggunakan sumber daya yang minimum dalam batasan yang diberikan. Desain adalah proses yang kompleks di mana kreativitas dan analisis diperlukan untuk kesuksesan. Itu tergantung pada intuisi perancang maupun kualitas manusia dimana sedikit pengetahuan yang presisi untuk dapat melakukannya. Dengan alasan ini, pengembangan bidang telah bergerak kearah metode desain daripada teori. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017). Dalam Tugas Akhir ini tahapan tahapan desain yang dilakukan dengan menggunakan metode *System Based Ship Design*.

2.2. System Based Ship Design

System Based Ship Design (SBSD) merupakan metode desain kapal yang ditemukan oleh Kai Levander (1991) dan pertama kali perkenalkan pada *International Marine Design Conference* (IMDC) di Jepang (Levander, 1991). 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 (Erikstad dan Levander, 2012). Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 System Based Ship Design (Erikstad & Lavender, 2012)

Pernyataan misi untuk kapal merupakan langkah awal pendekatan SBSD. Pernyataan fungsional ditransformasikan lebih lanjut menjadi data input yang relevan untuk proses desain. Fungsi utama suatu produk ditentukan dari pernyataan misi untuk produk. Input terdiri dari ketentuan dan item yang berkaitan untuk operasi kapal, berdasarkan persyaratan fungsional. Setelah fungsi utama diatur, solusi yang mungkin untuk memenuhi fungsi utama ini dipertimbangkan. Ketika solusi yang tepat dipilih. 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, 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. (Havdal, Heggelund, & Larssen, 2017).

2.3. Kapal Motor Penyeberangan

Kapal Motor Penyeberangan (KMP) merupakan tipe kapal yang digunakan sebagai angkutan penyeberangan antar pulau yang mengangkut penumpang, barang maupun kendaraan. Jangkauan penyeberangan KMP adalah dalam tujuan jarak dekat sehingga sering disebut sebagai transportasi pantai, sungai, dan danau (Afaruq, 2013). Gambar 2.2 dibawah ini menunjukkan feri konvensional



Gambar 2.2 Kapal Motor Penyeberangan
(sumber : www.bendockyard.com)

Kegunaan KMP selain mengangkut penumpang, juga digunakan untuk mengangkut barang-barang kebutuhan mendesak seperti sayuran, daging, dan bahan makanan lainnya yang dikemas dalam kontainer yang berpendingin (*refregerated container*). Ada kalanya KMP

mengangkut barang-barang curah lainnya yang berkapasitas sedikit seperti biji-bijian yang dikemas dalam goni ataupun wadah tertutup lainnya. Di Indonesia KMP memiliki beberapa tipe diantaranya:

1. Ro-Ro Ferry

Ro-Ro merupakan salah satu jenis KMP yang sering kali dijumpai di Indonesia. Ro-Ro merupakan singkatan dari *Roll on Roll off*. Kapal ini memiliki fungsi mirip jembatan yang bergerak. Seperti halnya dengan jembatan, apapun dapat melewatinya. Sesuai dengan namanya *Roll on Roll off* adalah suatu kapal *ferry* yang memiliki dua jalur pintu masuk depan dan pintu belakang. Penumpang beserta bawaan termasuk kendaraan dapat masuk dari pintu depan dan keluar dari pintu belakang. Tempat muatan untuk kendaraan-kendaraan ditempatkan pada geladak utama (*main deck*) dan di bawah *main deck*, untuk jenis Ro-Ro yang lebih besar. Sedangkan untuk penumpang ditempatkan pada deck 1, 2, dan 3 tergantung dari berapa besar kapal tersebut. Kapal *ferry* jenis ini sudah digunakan di Indonesia sejak lama, kapal jenis inilah yang berperan dalam menghubungkan pulau-pulau di Indonesia. Gambar 2.3 dibawah menunjukan bentuk sebuah *Ro-ro Ferry*. (Fauzan & Hassanudin, 2019)



Gambar 2.3 Kapal Feri Ro-Ro
(sumber: www.drushipyard.com)

2. Double Ended Ferry

Jenis kapal feri berujung ganda ini memiliki bagian depan dan belakang yang dapat ditukar, sehingga kapal dapat berlayar bolak balik tanpa harus memutar. Kapal memiliki dua sistem penggerak yang sama di depan dan di belakang. Dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini. Kapal tipe ini memiliki jarak bentang penyeberangan yang tidak begitu jauh, seperti antar pulau-pulau yang dekat atau menyebrang antar sungai, sehingga jika feri

tersebut telah sampai kapal tidak perlu berputar kembali sehingga untuk praktisnya feri tersebut direncanakan memuat dari ujung kapal dan dapat berlayar dengan salah satu ujungnya di depan secara bergantian. (Nugroho and Kurniawati, 2014)



Gambar 2.4 Double Ended Ferry
(sumber: www.seabots.com)

- **Misi Kapal**

Konvensi IMO SOLAS (Safety of Life at Sea) mendefinisikan kapal penumpang sebagai kapal yang membawa lebih dari 12 penumpang. Penumpang adalah semua orang di atas kapal selain anggota kru terlepas dari apakah mereka membayar biaya pelayaran laut atau tidak. Regulasi dan persyaratan *classification society* untuk desain kapal penumpang dan kontruksi tergantung pada ukuran kapal, jumlah penumpang, area operasi dan jarak rute. (Lamb, 2003).

Hal terpenting dari mendesain kapal penumpang adalah dari segi kapasitas pelayanannya di dalam kapal. Berbagai macam layanan yang diberikan bervariasi yang biasanya bergantung pada waktu pelayarannya. Tingkat pelayanan yang dibutuhkan akan semakin meningkat sering dengan lamanya waktu pelayaran yang di butuhkan, jika rute yang ditempuh tergolong pendek maka hanya dibutuhkan area untuk tempat duduk. Belanja bebas pajak sering di tawarkan pada rute internasional untuk meningkatkan pendapatan operator. Pada perjalanan lebih dari 12 jam, kabin harus tersedia untuk semua penumpang. Di kapal pesiar, santapan, dan hiburan merupakan kebutuhan utama. (Lamb, 2003).

Disisi lain kapal dapat memiliki lebih dari satu misi, pada tugas akhir ini kapal memiliki fungsi lainnya yakni fungsi pariwisata, dimana fungsi baru pada sebuah kapal penyeberangan dibuat agar dapat menarik attensi dan minat masyarakat untuk tetap menggunakan kapal tersebut.

2.4. Daerah Pelayaran Ujung – Kamal

Surabaya merupakan Ibukota dari salah satu provinsi di Indonesia yakni Jawa Timur. Pada bagian Surabaya Utara terletak salah satu area pelabuhan yang paling ramai dalam pelayaran Indonesia yakni Tanjung Perak. Banyak aktivitas pelayaran yang melintasi Selat Madura, salah satunya yaitu rute penyeberangan Ujung – Kamal.

Pelabuhan Ujung adalah satu-satunya pintu keluar masuk bagi sarana penyeberangan laut dari kota Surabaya menuju pulau Madura. Pelabuhan ini menghubungkan kota Surabaya dengan pelabuhan Kamal di Pulau Madura, yakni hanya melayani penumpang dengan tujuan pelabuhan Ujung.

Rute pelayaran dari pelabuhan Ujung (Surabaya) menuju ke pelabuhan Kamal yang berada di Madura berjarak kurang lebih 3-4 kilometer atau sekitar 2 *nautical mile*. Waktu tempuh dengan menggunakan kapal penyeberangan yang beroperasi saat ini sekitar 30-35 menit.

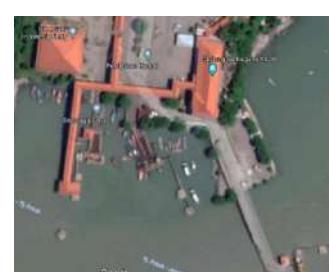
Dalam Tugas Akhir ini selain rute penyeberangan Ujung – Kamal akan dibuat penambahan rute yang mana memutari sisi jembatan Suramadu, dengan tujuan menambah fungsi wisata dari kapal penyeberangan *autonomous* dan menambah daya tarik untuk menggunakan kapal tersebut, sesuai dengan yang terdapat pada gambar 2.5 dibawah.



Gambar 2.5 Rute Penyeberangan Ujung – Kamal
(sumber: www.google.com/maps/dir)



Gambar 2.7 Pelabuhan Ujung, Surabaya

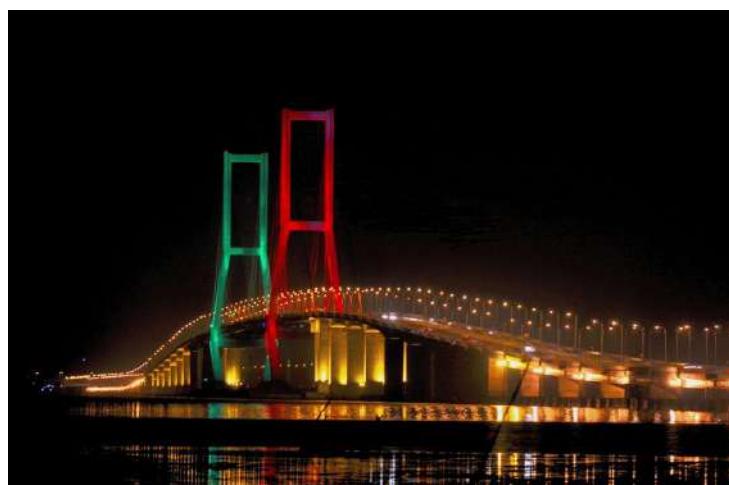


Gambar 2.6 Pelabuhan Kamal, Madura

2.5. Potensi Wisata Selat Madura Jembatan Surabaya-Madura (Suramadu)

Indahnya pemandangan Selat Madura menjadi daya tarik tersendiri untuk wisatawan. Dalam perjalanan dapat memberikan kemudahan bagi pasar wisatawan bahari, seperti menikmati Jembatan Suramadu, Patung Monumen Jalesveva Jayamahe, cagar budaya bangunan Kantor Administrator Pelabuhan Tanjung Perak, dan Pulau Karang Jamuang di Utara Selat Madura sekitar 40 kilometer dari Tanjung Perak.

Sebelumnya pernah diadakan *tour* untuk melihat lihat Selat Madura, namun tour tersebut hanya dikhkususkan untuk wartawan. Menikmati suasana Selat Madura dengan aneka sudut pandang, ada sisi kegiatan pelabuhan, sisi lain pantai dengan hamparan hijau hutan bakau dan sisi berikutnya terlihat Jembatan Surabaya-Madura (Suramadu). (kalsel.antaranews.com, 2016)



Gambar 2.8 Jembatan Suramadu

2.6. Autonomous

Merancang kendaraan *autonomous* sama dengan memperkenalkan parameter baru dan kendala dalam proses desain. Desain harus dapat bekerja dan merespons dengan benar dalam kerja bersamaan dengan benar dan dengan sistem otonom, itu harus cukup aman dan harus disetujui oleh regulasi. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Istilah *Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* atau Kapal Tanpa Awak dimaksudkan untuk wahana yang dioperasikan pada permukaan air tanpa awak. USV dikendalikan autopilot dengan memberikan perintah-perintah seperti *waypoint*, melalui *Ground Control Station (GCS)*. USV dapat mengolah data-data pergerakan dan pengamatan lalu mengirimkannya ke GCS secara *real time* melalui sistem komunikasi nirkabel. (Ericza, 2017).

USV sebenarnya telah diuji coba sejak Perang Dunia II, namun belum terlalu dikenal karena kapal-kapal pengintai tanpa awak generasi awal seperti OWL Mk II masih diklasifikasikan sebagai *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV). Dilanjutkan tahun 1944, Kanada mengembangkan konsep torpedo COMOX sebelum penyerangan ke Normandia. Setelah Perang Dunia II penggunaan USV menjadi lebih berkembang, di antaranya untuk mengambil sampel air yang terkena radioaktif setelah pemboman Able dan Baker di Atol Bikini tahun 1946. Diluar dengan fungsi pengintaian dan kegiatan patrol, melaikan kegiatan apa saja yang dapat membantu kegiatan manusia seperti sarana transportasi Laut. Dengan adanya sistem autonomous, campur tangan manusia dapat diminimalkan sehingga dapat memperkecil resiko yang diakibatkan oleh kesalahan manusia.

Disisi lain Lloyd's Registre menggunakan definisi yang sama tentang kendaraan *autonomous* : Kendaraan autonomous adalah kendaraan yang dapat menyetir sendiri tanpa pengawasan dan masukan dari manusia. Kendaraan berawak adalah kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh atau mungkin beroperasi secara mandiri. Kendaraan juga dapat beroperasi semi otomatis: mengambil kendali atas aspek-aspek mereka, sementara pengemudi manusia tetap memegang kendali yang lainnya. (Yeomans, 2014)

Variasi dalam definisi ini membuatnya perlu untuk menentukan tingkat otonomi untuk membantu memisahkan berbagai jenis kendaraan *autonomous*. Beberapa versi dari tingkatan *autonomous* sebagai berikut:

1. Menurut Maritime UK atau ‘Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) UK Code of Practice.

Tabel 2.1 Level of Control Definitions (Maritime UK, 2018)

Level	Name	Desripcition
0	<i>Manned</i>	Kapal yang dikendalikan oleh operator di atas kapal
1	<i>Operated</i>	Di bawah kendali yang dioperasikan, semua fungsi kognitif dikendalikan oleh operator manusia. Operator memiliki kontak langsung dengan kapal tanpa awak melalui mis., continuous radio (R/C) dan / atau kabel (mis. UUV dan ROV yang tertambat). Operator membuat semua keputusan, mengarahkan dan mengendalikan semua fungsi kendaaraan dan misi.
2	<i>Directed</i>	Di bawah kendali operator dengan beberapa tingkat penalaran dan kemampuan untuk merespons yang diimplementasikan ke dalam kapal tanpa awak. Mungkin merasakan lingkungan, melaporkan keadaanya dan menyarankan tindakan yang mungkin kepada operator, seperti meminta operator untuk memberikan informasi atau keputusan. Namun, wewenang untuk mengambil keputusan ada pada operator. Kapal tanpa awak akan bertindak hanya jika diperintahkan dan / atau diizinkan untuk melakukannya.

3	<i>Delegated</i>	Kapal tanpa awak sekarang berwenang untuk menjalankan beberapa fungsi. Menganalisis lingkungan, melaporkan keadaanya dan mendefinisikan tindakan dan melaporkan rencananya. Operator memiliki opsi untuk menolak rencana (veto) yang dinyatakan oleh kapal tanpa awak dan pengambilan keputusan dibagi antara operator dan kapal tanpa awak.
4	<i>Monitored</i>	Kapal Tanpa awak akan menganalisis lingkungan dan melaporkan kondisinya. Kapal tanpa awak mendefinisikan tindakan, memutuskan, bertindak dan melaporkan tindakannya. Operator dapat memantau kejadian.
5	<i>Autonomous</i>	Kapal tanpa awak akan menganalisis lingkungan, menentukan tindakan yang mungkin, memutuskan dan bertindak. Kapal tanpa awak diberikan tingkat maksimum kemandirian dan penentuan nasib sendiri dalam konteks kemampuan dan keterbatasan sistem. Fungsi Otonom dipanggil oleh sistem onboard pada kesempatan yang diputuskan sama, tanpa memberi tahu unit atau operator eksternal.

2. Menurut DNVGL terdapat empat konsep yang mereka kembangkan dalam *guideline*.

Tabel 2.2 Empat Konsep Autonomous (Vartdal and Jørgensen, 2018)

<i>Level</i>	<i>Name</i>	<i>Description</i>
1	<i>Decision Supported Navigational Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada sistem pendukung keputusan yang ditingkatkan yang mendukung petugas di kapal yang bertanggung jawab atas pengawasan navigasi dalam melakukan tugas untuk fungsi navigasi. Insentif untuk konsep semacam itu mungkin untuk mencakup tugas-tugas yang secara konvensional dilakukan oleh kru dengan teknologi canggih (misal melihat-lihat), atau mungkin dengan tujuan untuk meningkatkan keselamatan dan memfasilitasi petugas dalam melakukan fungsi navigasi.
2	<i>Remote Navigational Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, kewajiban, dan tanggung jawab petugas yang bertanggung jawab atas pengamatan navigasi yang dicakup oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Konsep ini mengasumsikan bahwa tidak ada kru yang tersedia di kapal untuk mendukung personel jarak jauh dalam melakukan fungsi navigasi dan fungsi komunikasi radio sebagaimana didefinisikan dalam konvensi internasional tentang Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) code.
3	<i>Remote Engineering Watch Assisted by Personnel on Board</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, tugas dan tanggung jawab seorang petugas yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis yang ditanggung oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Untuk Konsep ini, diasumsikan bahwa kru tersedia di kapal untuk melakukan tugas-tugas tertentu dan membantu personel jarak jauh sesuai kebutuhan.
4	<i>Remote Engineering Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, kewajiban, dan tanggung jawab seorang petugas yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis yang ditanggung oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Konsep ini mengasumsikan bahwa tidak ada kru yang tersedia di kapal untuk mendukung personel jarak jauh dalam melakukan fungsi rekayasa kelautan.

2.7. Sistem Navigasi

Sistem navigasi berfungsi sebagai pemberi petunjuk kepada kapal tentang arah, informasi posisi kapal. Istilah navigasi sendiri dipakai untuk merujuk pada proses estimasi berbasis kinematik *vehicle state* (posisi, kecepatan, dan *attitude*) secara *realtime* sebagai acuan untuk menentukan pergerakan kendaraan sepanjang lintasan pergerakan. *Vehicle state* berguna untuk kontrol otomatis, *realtime planning*, data *logging*, *Simultaneous Location and Mapping (SLAM)*, atau komunikasi operator yang dipakai pada navigasi. Navigasi sering digunakan untuk memandu suatu objek, baik manusia, kendaraan maupun robot, untuk melewati suatu daerah yang belum dikenali sebelumnya. Merujuk pada banyak *literature* tentang *autonomous vehicle* menyebutkan bahwa navigasi terbagi menjadi dua pengertian (Farrel, 2018).

1. Penentuan secara akurat kondisi/keberadaan kendaraan (*vehicle state*), antara lain posisi, kecepatan, dan sikap (*attitude*) nya.
2. Merencanakan dan melaksanakan gerakan yang tepat yang berguna untuk perpindahan menuju lokasi yang diinginkan.

2.8. Hambatan

Perhitungan hambatan kapal total yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan yang diinginkan oleh *owner*. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dari besaran hambatan kapal, seperti ukuran kapal, bentuk badan kapal di bawah garis air, dan kecepatan kapal yang dibutuhkan.

2.9. Perhitungan Propulsi dan Powering

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan pada suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya motor induk dihitung selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog dengan minimal kapasitas daya sama atau diatas daya yang telah dihitung.

2.10. Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

- Faktor internal yaitu tata letak barang/kargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan.

- Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai.

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).

- 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).

- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

BM dinamakan jari-jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengoleng 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 (100-150).

- 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) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

- f. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

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 (Rubianto, 1996). Momen penegak atau lengan penegak Pada waktu kapal miring, maka titik B pindak ke B1, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya keatas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut. (Panunggal, 2007)

2.11. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% LWL pada 85% Hm. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (BM) dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu. Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan “(ICLL - Chapter 3, 1966)” adalah sebagai berikut:

- Input Data yang Dibutuhkan

1. Perhitungan

- a) Tipe kapal

Tipe A adalah kapal yang:

- Didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair
- Memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air
- Memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Contoh kapal tipe A : *tanker, LNG carrier*

Tipe B adalah kapal yang:

- Kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A

Contoh: *Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships*

- b) *Freeboard standard*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada Tabel *Standard Freeboard* sesuai dengan tipe kapal.

- c) Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- Koreksi koefisien blok (CB)
- Koreksi tinggi kapal
- Tinggi standar bangunan atas dan koreksi bangunan atas

- Koreksi bangunan atas
- Minimum *bow height*

2.12. Perhitungan Ekonomis

Dalam proses mendesain kapal, terdapat perhitungan ekonomis sehingga diketahui seluruh biaya dalam pembangunan maupun biaya operasional dari kapal itu sendiri.

2.12.1. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kerap disebut dengan biaya investasi. Biaya ini dibagi kedalam 4 bagian (Watson, 1998).

1. Biaya Material kapal (*structural cost*)
2. Biaya perlengkapan dan peralatan kapal (*equipment and outfitting cost*)
3. Biaya permesinan kapal (*machinery and propulsion cost*)
4. *Non-weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

2.12.2. Biaya Operasional

Secara umum biaya operasional dibagi menjadi 2 (Prasetyo, 2015)

1. Biaya Tetap
 - a. Biaya Penyusunan Kapal
 - b. Biaya Bunga Modal
 - c. Biaya Asuransi Kapal
 - d. Biaya ABK
2. Biaya Tidak Tetap
 - a. Biaya Bahan Bakar (*fuel oil cost*)
 - b. Biaya Pelumas (*lubricant oil cost*)
 - c. Biaya Perlengkapan dan Perlengkapan
 - d. Biaya Air Tawar (*fresh water cost*)
 - e. Biaya *Repair, Maintenance and Supplies* (RMS)

2.12.3. Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah selisih antara nilai pemasukan dan nilai pengeluaran sekarang. Untuk nilai pengeluaran yang digunakan merupakan hasil diskon dari *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor. Perhitungan yang dilakukan melibatkan anggaran modal untuk proyeksi analisis probabilitas investasi dengan tujuan mencari investasi dengan nilai NPV positif (Ross, 2005). NPV adalah selisih antara pengeluaran dan pemasukan

yang mendapat potongan harga dengan menggunakan social opportunity cost of capital sebagai diskon faktor, atau bisa juga disebut merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa akan datang yang didiskontokan pada saat ini. NPV dihitung dengan rumus dibawah.

NPV = Net Present Value (dalam Rupiah)

C_t = Arus Kas per Tahun pada Periode t

Co = Nilai Investasi awal pada tahun ke 0 (dalam Rupiah)

r = Suku Bunga atau discount Rate (dalam %)

Berikut ini merupakan hubungan antara nilai NPV dalam hubungannya dengan kelayakan suatu proyek/usaha dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kelayakan NPV

Kesimpulan	
NPV>0	Proyek/usaha layak untuk dilaksanakan
NPV=0	Proyek/usaha berada di dalam keadaan BEP dimana $TR = TC$ dalam bentuk persent value
NPV<0	Proyek/usaha tidak layak untuk dilaksanakan

2.12.4. Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return merupakan tingkat bunga dimana nilai NPV dari semua cash flow dari suatu investasi memiliki nilai nol. Fungsi dari IRR yaitu untuk mengevaluasi daya tarik dari suatu investasi (Ross, 2005). IRR dapat dikatakan layak apabila nilai dari IRR lebih besar daripada tingkat diskonto atau bunga pinjaman. Sedangkan, apabila nilai IRR lebih rendah dari tingkat diskonto maka investasi tidak layak untuk dilakukan.

Pada suku bunga IRR akan diperoleh $NPV=0$, atau biasa disebut dengan IRR mengandung makna suku bunga yang dapat diberikan investasi, yang memberikan $NPV = 0$. Syarat utamanya adalah apabila $IRR >$ suku bunga MARR.

IRR adalah *discount rate* yang membuat NPV sama dengan nol, namun tidak berhubungan dengan discount rate yang dihitung berdasarkan data di luar proyek sebagai social opportunity cost of capital (SOCC) yang berlaku umum di masyarakat (bunga deposito).

Untuk bisa memperoleh hasil akhir dari IRR kita harus mencari discount rate yang menghasilkan NPV positif, kemudian setelah itu cari discount rate yang menghasilkan NPV negatif. IRR dihitung dengan rumus dibawah.

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{(NPV_1 - NPV_2)}(i_2 - i_1) \dots \quad (2.2)$$

i_1 = Tingkat Diskonto yang menghasilkan NPV+
 i_2 = Tingkat Diskonto yang menghasilkan NPV-
 NPV_1 = Net Present Value bernilai positif
 NPV_2 = Net Present Value bernilai negatif

2.12.5. Pay Back Period (PBP)

Pay back period PBP adalah berapa banyak waktu yang dibutuhkan oleh proyek untuk menghasilkan arus kas yang cukup untuk memulihkan biaya investasi. Ini dapat juga digunakan sebagai kriteria untuk penerimaan atau penolakan proyek jika PBP lebih tinggi atau lebih rendah beberapa tahun tertentu yang telah ditentukan sebelumnya tergantung pada proyek yang dilakukan (Afonso dan Cunha, 2009). *Payback periode* dihitung dengan rumus dibawah.

CCF = *Net annual cash flow*

CFC = *Fixed capital cost*

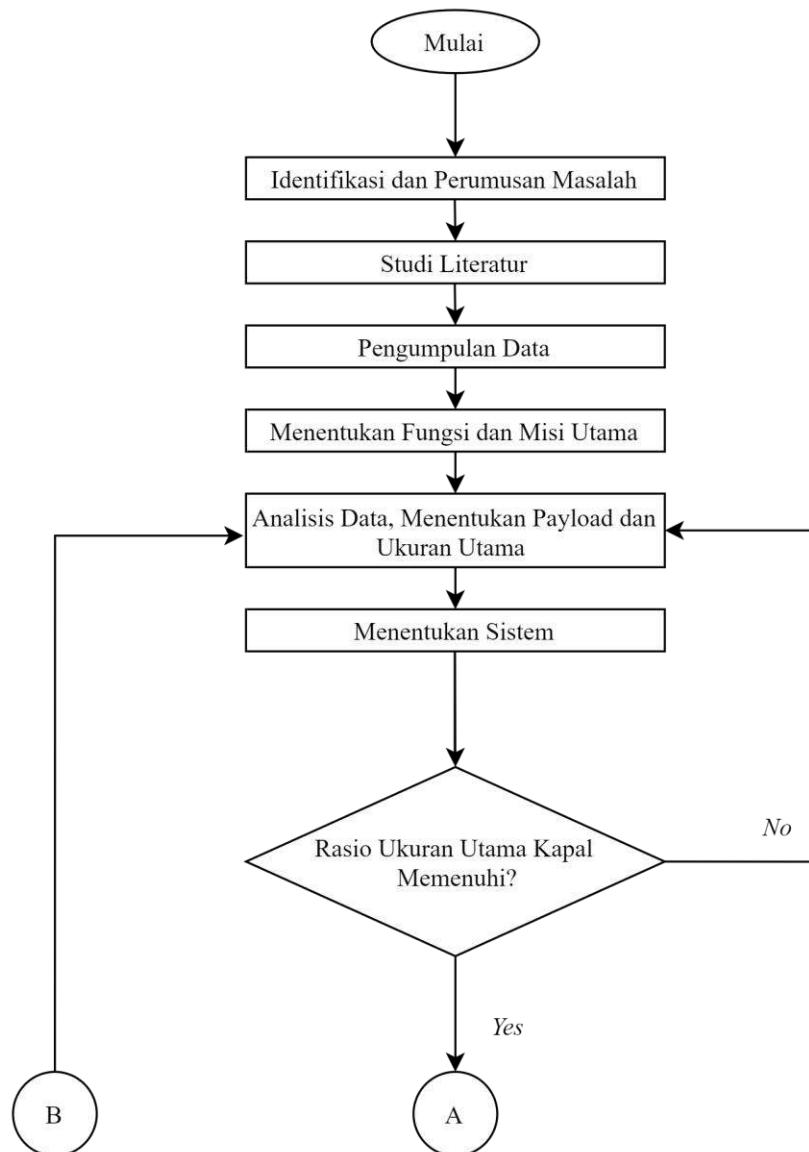
S = *Salvage value.*

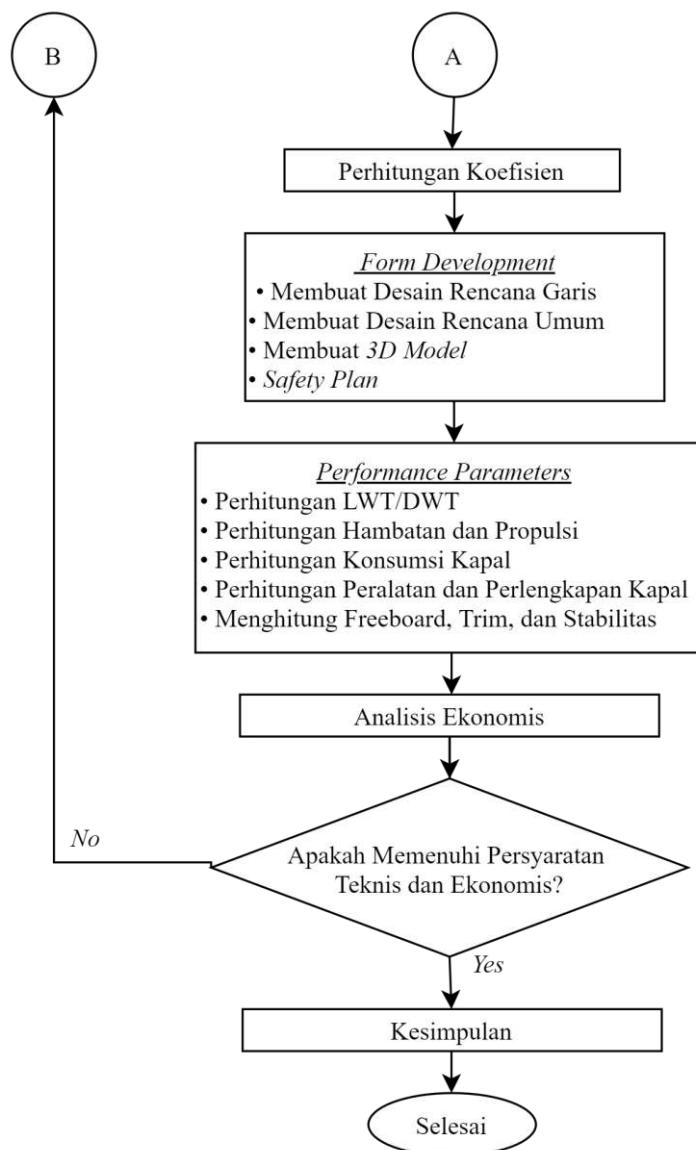
BAB 3

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dapat secara umum metodologi dalam penggerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1. proses ini dimulai dengan *mission statement and functional requirements*, yang dilanjutkan dengan membuat *form* atau bentuk produk desain, kemudian proses perhitungan yang berkaitan dengan *performance*, serta dilakukan perhitungan *economics* atau analisis ekonomis dan langkah terakhir dilakukannya *verification of design*.





Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Kapal

3.2. Proses Pengerjaan

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari *mission statement & functional requirement*, *form development*, *detail design (Performance)*, analisis ekonomis, dan *verification of design*.

3.2.1. Mission Statement

Langkah awal yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir yakni menentukan dan membahas pernyataan misi dari produk desain akhir.

3.2.2. Functional Requirement

Pada tahapan ini ditentukan persyaratan fungsional yang relevan untuk produk desain akhir. Functional Requirement dilakukan dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini

dengan persyaratan fungsional umum akan ditentukan terlebih dahulu. Pada Tahap ini terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan berkaitan dengan;

1. Analisis Fungsional
2. Analisis Data
3. Penentuan Payload
4. Penentuan Ukuran Utama Kapal
5. Penentuan Sistem *Autonomous* pada Kapal

3.2.3. Form Development

Setelah *mission statement* dan *fuctional requirement* ditentukan, langkah berikutnya adalah *form development* untuk membuat bentuk dari produk desain. Pada sub bab ini akan membahas perkerjaan terkait dengan mentransformasikan persyaratan fungsional ke dalam bentuk fisik desain, serta dilakukan juga proses pengambilan keputusan untuk desain akhir. Pengembangan konsep dimulai melalui melakukan studi literatur dan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing. Tujuanya adalah untuk menemukan semua solusi yang mungkin memenuhi fungsi utama. Hasilnya akan digunakan untuk mengisi keperluan dari SBSD dan menentukan *displacement* awal kapal. Bentuk lambung akan dirancang bersama dengan superstruktur. Selanjutnya, ruang yang dibutuhkan di kapal akan dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa modifikasi yang diperlukan diakukan pada lambung. Pada tahap ini ada beberapa langkah yang dilakukan yaitu:

1. Menentukan Bentuk dan Model Lambung
2. Membuat *Lines Plan*
3. Membuat *General Arrengment*
4. Pemodelan 3D
5. Membuat *Safety Plan*

3.2.4. Performance Parameters

Setelah bentuk produk desain didapatkan, sub bab ini membahas proses perhitungan pada *performance parameters*. Proses ini diilustrasikan dengan membuat sejumlah perhitungan dari parameter yang ada. Pada tahap ini ada beberapa langkah yang dilakukan yaitu:

1. Menghitung LWT dan DWT
2. Menghitung hambatan dan propulsi kapal
3. Menghitung konsumsi kapal
4. Menentukan peralatan dan perlengkapan kapal

3.2.5. *Economics*

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan dari segi analisis ekonomis, yang mana merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan dalam mendesain sebuah kapal. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal. Perhitungan dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya pembangunan dan biaya operasional kapal. Biaya pembangunan terdiri dari biaya material, peralatan dan perlengkapan kapal, biaya permesinan kapal dan *non-weight cost*. Sedangkan biaya operasional kapal terbagi menjadi biaya tetap dan biaya tidak tetap. Serta dilakukan perhitungan estimasi *Breakeven Point* (BEP), *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR).

3.2.6. *Verification of Design*

Pada sub bab ini menyajikan evaluasi yang digunakan untuk menentukan desain akhir. Ini akan membahas pengecekan dari segi form, performance dan perhitungan koreksi displacement, freeboard, trim dan stabilitas kapal.

BAB 4

KONSEP *AUTONOMOUS*

4.1. Tingkat *Autonomous*

Merujuk kepada sub bab 2.6. mengenai tingkatan *autonomous*, pada Tugas Akhir ini tingkatan yang digunakan adalah *autonomous*, *Remote Engineering Watch Assisted by Personel on Board* dan *Delegated*. Konsep ini didasarkan pada tugas dan tanggung jawab seorang personel di pusat kendali jarak jauh diluar kapal yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis dan diasumsikan bahwa kru tersedia di kapal untuk melakukan tugas-tugas tertentu dan membantu personel jarak jauh sesuai kebutuhan. Selain itu dari kapal autonomous ini berwenang untuk menjalankan beberapa fungsi seperti menganalisis lingkungan, melaporkan keadaannya dan mendefinisikan tindakan dan melaporkan rencananya. Operator di pusat kendali memiliki opsi untuk melakukan penolakan rencana yang dinyatakan oleh kapal.

4.2. Kendali Jarak Jauh

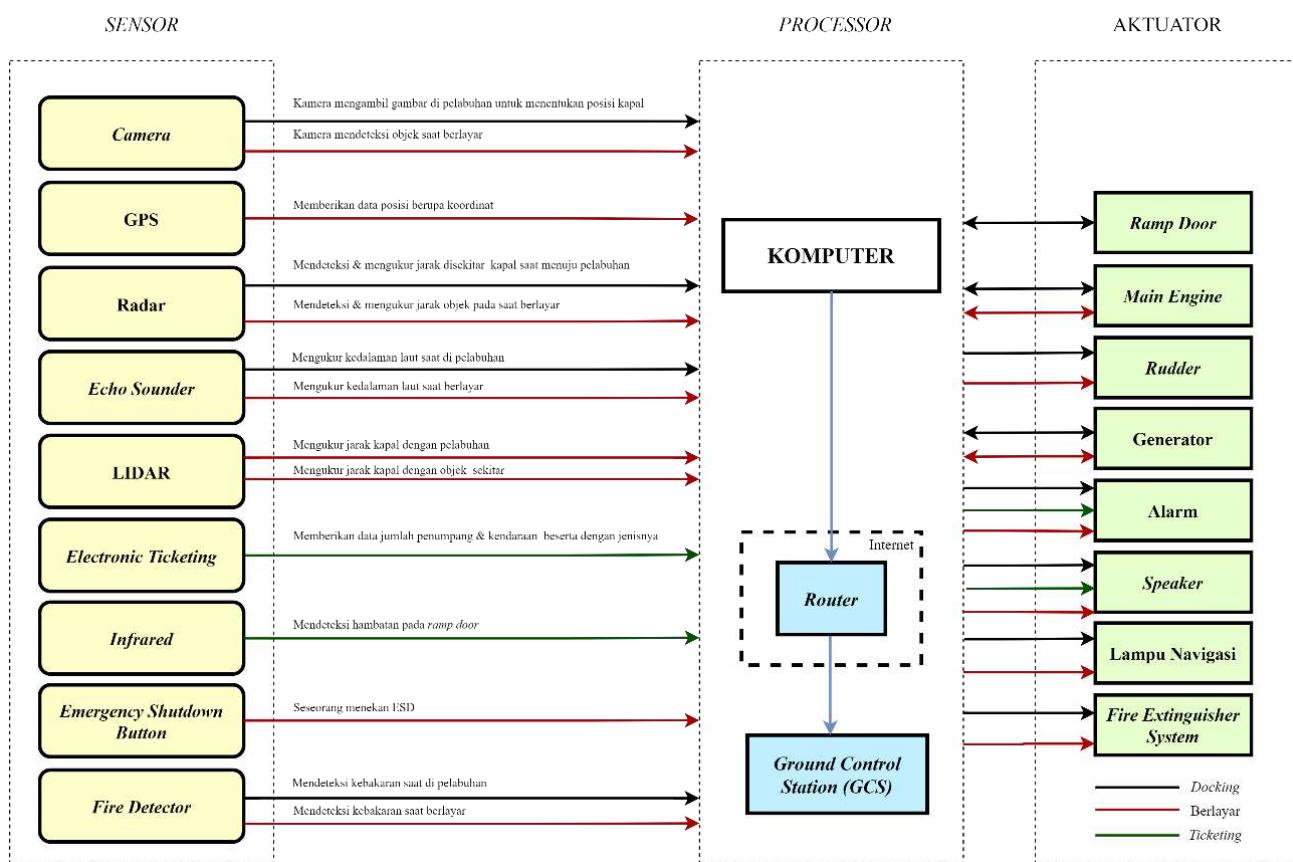
Kapal *autonomous* pada Tugas Akhir ini menggunakan campuran berbagai sistem komunikasi satelit dan darat untuk memberikan kemampuan mengoperasikan kapal *autonomous*. Dengan operator di *Ground Control Station* (GCS) yang melalukan mode kendali jarak jauh, diperlukan latensi dan bandwith yang melebihi kemampuan sistem satelit dalam kondisi cuaca buruk. Dengan kondisi dimana operator harus memastikan bahwa ada konektivitas yang memadai untuk misi yang diminta. Bahkan jika transfer data kapal *autonomous* memiliki prioritas tertinggi dalam jaringan ini, operator harus meninjau kondisi lalu lintas dan cuaca untuk memutuskan apa yang menjadi prioritas utama dalam operasi. Dengan demikian kapal dalam Tugas Akhir ini memiliki tingkatan *autonomous* dengan adanya *personel on board* yang bertugas membantu atau menggantikan operator pada saat cuaca buruk atau dalam keadaan berbahaya.

4.3. Sistem *Autonomous*

Sistem *autonomous* pada kapal penyeberangan rute Ujung-Kamal ini dibuat dalam 3 jenis perangkat utama yang dibedakan menjadi *sensor*, *processor*, dan aktuator. Perbedaan serta keunggulan sistem *autonomous* pada kapal ini terletak pada penentuan perangkat *sensor*,

processor dan *actuator* serta *propulsion management system, passenger and vehicle handling, safety system, mooring system.*

Perangkat yang dikategorikan sebagai sensor adalah kamera, GPS, Radar, *echo sounder*, LIDAR, *electronic ticketing*, *infrared*, *emergency shutdown (button)*, dan *fire detector*. Processor yang digunakan pada kapal ialah komputer yang terletak pada kapal dan terletak pada pusar kendali di daratan, serta terdapat aktuator yang digunakan pada kapal, diantaranya *ramp door*, *main engine*, *rudder*, generator, alarm, speaker, lampu navigasi. Sistem autonomous dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Diagram Sistem *Autonomous* KMP Maharani

4.3.1. Sensor

Perangkat sensor pada kapal digunakan sebagai alat pendekksi dalam aktivitas berlayar, *docking* serta dalam pelaksanaan *ticketing*. Sensor pada kapal *autonomous* ini merupakan sebuah informasi yang diteruskan dan diproses melalui komputer yang menghasilkan sinyal output yang ditujukan kepada aktuator. Seperti pada Gambar 4.1 dalam sistem autonomous pada kapal, terdapat beberapa sensor yaitu:

- Kamera

Perangkat ini merupakan salah satu yang terpenting pada sistem *autonomous* dikapal, kamera berfungsi untuk menangkap gambar yang menentukan posisi kapal dan mendeteksi objek yang berada disekitar kapal pada saat berlayar maupun pada saat akan berlabuh. Kamera dapat menampilkan resolusi spasial yang sangat tinggi dengan informasi warna untuk identifikasi objek.

- Sensor GPS

GPS (Global Positioning System) berfungsi memberikan informasi berupa posisi kapal dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan.

- Radar

Radio Detection and Ranging (Radar) digunakan sebagai alat bantu dalam mendeteksi kapal maupun objek lain dan daratan, baik memberikan informasi posisi, objek di sekeliling kapal maupun informasi untuk mencegah terjadinya benturan. Radar sangat berperan penting pada saat kondisi cuaca buruk, berkabut dan pada saat berlayar malam hari.

- LIDAR

Light Detection and Ranging (LIDAR) digunakan pada sistem penghindar halangan pada kapal *autonomous* ini, dikarenakan LIDAR memiliki beberapa kelebihan, seperti tingkat presisi yang akurat dengan jarak deteksi yang luas dan dapat menggunakan berbagai sudut.

- *Fire Detector*

Fungsi utama dari *fire detector* dikapal adalah memberikan informasi dan mendeteksi adanya kebakaran yang terdapat di dalam kapal secepat mungkin agar kebakaran yang muncul lebih mudah ditanggulangi.

- *Emergency Shut Button*

Emergency Shut Down dapat dipakai bila keselamatan penumpang dalam bahaya dan keselamatan kapal terancam. Saat *personel on board* atau penumpang memencet *emergency shut down* kapal tidak akan langsung mati melainkan informasi ini akan langsung diteruskan kepada operator di GCS (*ground control station*) untuk mengkonfirmasi informasi dan merencanakan tindakan apa yang perlu dilakukan dan sinyal tanda bahaya akan disiarkan ke BASARNAS dan kapal lain di lingkungan itu untuk meminta pertolongan. Operator akan mengambil alih kapal untuk mengarahkan kapal ke tempat yang sudah ditetapkan yang dianggap aman.

- Echo Sounder

Pentingnya peran echo sounder diperlukan untuk penentuan jalur aman yang dilewati oleh kapal. Echo Sounder pada kapal digunakan untuk menentukan dari suatu perairan dan untuk mengetahui bentuk dasar sebuah perairan.
- *E-Ticketing*

Sistem *e-ticketing* digunakan sebagai peningkatan dari sistem *ticketing* pada umumnya, dengan hal ini akan mengurangi kompleksitas pembuatan tiket, mengurangi antrian pada saat pembelian tiket, serta menghindari adanya penumpang gelap dan pemalsuan tiket. Dengan sistem ini, peran manusia digantikan dalam hal pengawasan dan pengecekan tiket penumpang.
- *Infrared*

Infrared digunakan untuk pengawasan saat orang masuk ke kapal melalui platform pengecekan *e-ticketing* yang berupa pagar otomatis. *Infrared* difungsikan untuk mengawasi orang yang menghalangi kerja pagar untuk menutup jalan masuk dan keluar kapal. Sehingga tidak ada orang yang terluka saat berhenti menghalangi jalan masuk.

4.3.2. Processor

Perangkat yang berfungsi sebagai processor ialah komputer yang terletak pada kapal maupun di pusat kendali GCS (*ground control station*). Data yang sudah diproses oleh komputer yang berada di kapal akan dikirimkan ke ground control station untuk operator tindak lanjuti lebih lanjut. Data ini dikirimkan menggunakan jaringan internet yang harus memiliki kestabilan yang baik. Melalui komputer, data yang diterima dari sensor akan diproses yang kemudian diteruskan ke aktuator.

4.3.3. Aktuator

Fungsi dari actuator ialah melakukan tinjau lanjut atas perintah yang diteruskan oleh komputer yang prosesnya diawasi oleh operator di GCS. Pada kapal ini terdapat beberapa actuator, yakni:

- *Ramp Door*

Pintu rampa pada kapal Ro-ro merupakan pintu masuk kedalam kapal. Selain itu *ramp door* memiliki fungsi untuk menjembatani penumpang yang berada di pelabuhan untuk menaiki kapal. Pintu ini terintegrasi dengan sensor *infrared* dan *electronic ticketing* yang memiliki fungsi dalam pengontrolan penumpang dan kendaraan yang akan menaiki kapal.

- *Main Engine*

Main engine pada kapal ini diintegrasikan dengan serangkaian sistem lainnya. Pengoperasian mesin pada kapal dapat dikontrol oleh operator di GCS yang dijembatani dengan sistem yang berada pada komputer di kapal, dalam hal ini dibutuhkan peran sebuah software sebagai penghubung dalam pelaksanaan pengawasan dan kendali mesin pada kapal.

- *Motor Rudder*

Motor Rudder berfungsi untuk menggerakan rudder yang berada di kapal. *Motor rudder* akan terintegrasi dengan seluruh sensor yang digunakan, motor rudder harus dapat merespons dengan waktu yang tepat agar dapat melakukan manuver kapal dengan tepat waktu.

- *Generator*

Seperti halnya dengan main engine, generator diintegrasikan kedalam sistem dan dihubungkan melalui software yang terdapat pada komputer di kapal dan komputer di pusat kendali darat.

- *Alarm*

Alarm memiliki fungsi sebagai tanda untuk memberitahukan apabila terjadi hal buruk yang tidak diinginkan dan indikasi adanya bahaya diatas kapal, dengan memberi sinyal kepada operator di darat sehingga dapat dilakukan tindakan maupun penyelamatan.

- *Speaker*

Speaker pada kapal berfungsi sebagai alat untuk menyiarakan pemberitahuan, berupa informasi, himbauan maupun peringatan apabila terjadi keadaan darurat, sekaligus dapat berfungsi untuk menyampaikan instruksi bagi penumpang di kapal.

- *Lampu Navigasi*

Lampu Navigasi digunakan untuk memberikan tanda atau informasi kepada kapal maupun segala sesuatu yang berada di sekitar kapal beroperasi, mencakup cara mendahului kapal lain ketika berpapasan.

- *Fire Extinguisher*

Fire extinguisher pada kapal berfungsi untuk memadamkan atau mengendalikan kebakaran kecil yang mungkin terjadi dalam situasi darurat di kapal. Ketika fire extinguisher digunakan, otomatis alarm berbunyi sehingga dapat memberikan informasi kepada operator.

4.4. Mode Operasi Kapal di Laut

Pada mode *autonomous* normal, kapal menjalankan misi yang direncanakan (mis. Navigasi ke titik arah berikutnya atau waypoint berikutnya) sesuai dengan rencana yang ditentukan. Dalam hal ini, pemindahan data antara kapal dan operator di darat diminimalkan, hanya terbatas pada data status yang relevan seperti lokasi kapal, arah, kecepatan, ETA ke titik arah berikutnya (atau area pengawasan yang dekat) dan informasi utama dari sistem kesadaran situasional (sensor) juga sebagai sistem kritis kapal.

Diberikan informasi tambahan secara otomatis dalam kasus sistem kesadaran situasional dan ambang batas pengambilan keputusan sistem navigasi *autonomous* terlampui dan pemberitahuan diberikan ke operator, konfirmasi atau intervensi diperlukan. Tingkat *autonomous* disesuaikan secara dinamis jika pelaksanaan misi tidak berjalan sesuai dengan rencana asli dan sistem navigasi *autonomous* melihat bahwa penyesuaian diperlukan.

Ketika kapal menyimpang dari jalur yang direncanakan antara dua *waypoints*, tetapi dalam batas yang ditentukan, sistem navigasi *autonomous* hanya memberi tahu operator tentang penghindaran yang direncanakan dan memberikan operator kemungkinan untuk memveto untuk waktu yang terbatas. Bentuk penghindaran seperti itu bisa mengambil tindakan otomatis untuk menghindari kapal lain dengan sedikit mengubah tujuan atau kecepatan. Operator dapat berkomunikasi dengan kapal lain dan mengkonfirmasi bahwa tindakan yang diambil oleh kapal aman untuk kedua belah pihak, dan jika diperlukan modifikasi, operator dapat mengambil kapal dalam kontrol manual.

Disisi lain dapat terjadi kasus lebih rumit yang memerlukan pengambilan keputusan pengguna adalah ketika kapal di jalur sedemikian rupa sehingga *waypoint* yang lengkap harus direncanakan ulang, contohnya dalam penggantian dari jalur yang direncanakan tidak cukup untuk menyelesaikan tantangan navigasi. Dibutuhkan konfirmasi operator di darat untuk memastikan bahwa perubahan pada rencana dibuat dengan cara yang aman.

Sistem navigasi *autonomous* akan menawarkan satu atau lebih alternatif bagaimana *waypoint* dapat dimodifikasi, tetapi operator yang akan membuat keputusan. Dapat diperkirakan bahwa akan ada skenario kompleks dimana perencanaan jalur sistem navigasi *autonomous* dan algoritma tidak dapat memecahkan situasi dengan jelas. Sebagai contoh jika terdapat sangat banyak objek terdeteksi dan algoritma perencanaan jalur tidak mampu mengidentifikasinya, dengan demikian sistem tidak dapat menentukan bagaimana navigasi harus dilanjutkan. Kapal akan mengirim pesan “pan-pan” kepada operator yang mengindikasikan bahwa kapal membutuhkan bantuan. Kapal telah menetapkan serangkaian

strategi cadangan. Ilustrasi pelaksanaan mode operasi kapal terdapat pada gambar 4.2 dibawah ini, dimana scenario yang berbeda membutuhkan tingkat keterlibatan operator yang berbeda.

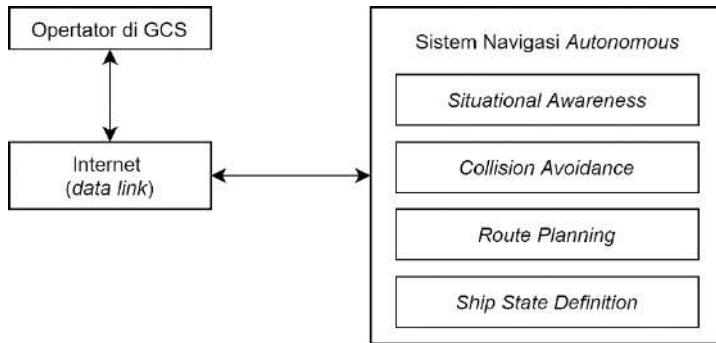


Gambar 4.2 Ilustrasi Mode Operasi dari Pusat Kendali

Pengoperasian kapal *autonomous* akan menggabungkan tingkat autonomous yang berbeda secara dinamis tergantung pada kondisi kapal dan kondisi ekternal. Jelas karena algoritma kontrol akan berkembang dan matang seiring waktu, kapal akan mampu menangani situasi yang semakin kompleks sendiri. Ketika armada kapal otonom meningkat, terdapat kemungkinan bahwa kapal berbagi rencana pelayaran dan berkomunikasi satu sama lain secara otomatis yang mengurangi beban operator. Namun akan selalu ada kapal berawak yang berlayar bersamaan dengan kapal autonomous ini berlayar, yang memiliki arti bahwa tugas *personel on board* diperlukan untuk beberapa waktu dalam menafsirkan hingga standar yang jelas untuk berbagi informasi antara kapal berawak dan kapal autonomous dikembangkan.

Pada kapal terdapat *personel on board* yang menjalankan beberapa fungsi, dalam hal ini hanya terdapat satu *personel on board* yang memungkinkan melakukan beberapa peran dalam mengantikan operator didarat, sekaligus melakukan fungsi pengawasan di kapal. Dari beberapa kasus yang dituliskan, diantaranya dapat dibagi peran antara *personel on board* dan operator didarat, namun sejatinya *personel on board* hanya melakukan sedikit tanggung jawab dari sistem navigasi kapal, yang mana akan lebih berperan apabila terjadi keadaan darurat atau mendesak dalam pengambilan keputusan dikapal.

Sistem Navigasi Autonomous dalam pelaksanaan control meliputi empat bagian utama yakni dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Diagram Sistem Navigasi *Autonomous*

- *Situational Awareness*

Menghubungkan beberapa perangkat sensor dikapal dalam berbagai jenis.

Memadukan data sensor dan mengekstrak informasi yang relevan di sekitar kapal yang akan digunakan untuk *Collision Avoidance*.

- *Collision Avoidance*

Tanggung jawab atas navigasi yang aman dan terhindar dari benturan. Dalam hal ini dilakukan penilaian resiko tabrakan dan menavigasi kapal dengan baik dan aman baik di pelabuhan maupun di laut.

- *Route Planning*

Perencanaan jalur dari awal hingga selesai, melalui waypoint, serta penentuan perubahan yang diperlukan dalam parameter kontrol untuk menjaga kinerja fungsi dalam frame yang berlaku.

- *Ship State Definition*

Meneruskan dan menentukan perubahan efektif yang direncanakan dari parameter kontrol, biasanya melalui aktuator yang dioperasikan melalui sistem kontrol.

Level tertinggi dalam sistem navigasi autonomous ini adalah *ship state definition* atau yang disebut sebagai *virtual captain*, berfungsi menggabungkan informasi secara sub-sistem yakni dari *Situational Awareness*, *Collision Avoidance* dan *Route Planning*. Kedaan kapal menentukan mode operasi kapal yang diizinkan.

4.5. Propulsion Management System

Sistem manajemen daya propulsi kapal dirancang untuk dapat mengatur daya propulsi yang sesuai dengan kebutuhan kecepatan kapal. Sistem propulsi juga dipengaruhi oleh sensor untuk mendeteksi sekitar apakah diperlukan pengurangan atau penambahan dari daya propulsi kapal. Sensor suhu juga diberikan untuk mengetahui kondisi mesin apakah mesin mengalami

overheat atau tidak dan teradapat terdapat sensor sensor lainnya yang akan memberitahu operator apabila terjadi kerusakan pada bagian-bagian mesin penggerak kapal.

4.6. Passanger and Vehicle Handling

Pemantauan muatan dan penumpang dengan operasi yang efisien. Para petugas memantau jumlah penumpang, jenis kendaraan, dan jumlah kendaraan yang naik melalui laporan di komputer. Kalkulator beban dan stabilitas terintegrasi menghitung stabilitas, *trim*, dan tegangan pada lambung kapal untuk menentukan letak dari kendaraan agar tidak terjadi *trim* dan *heel* pada kapal akibat distribusi beban yang tidak merata dan juga kelebihan muatan pada kapal.

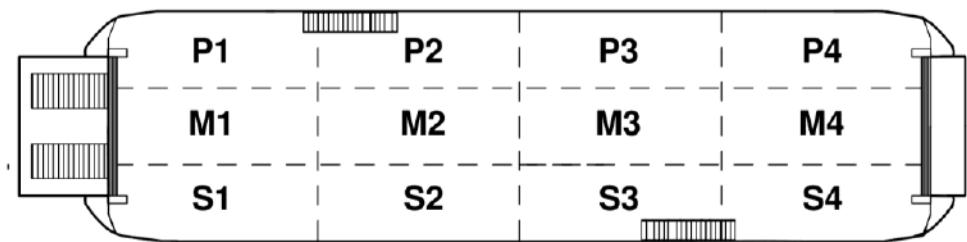
Perhitungan jumlah penumpang juga dilakukan dengan *e ticketting* yang mendata jumlah penumpang yang melewati *flap barrier gate* dengan membayar tiket penumpang menggunakan sistem *card tap* sebelum memasuki *Passanger Deck*. Semua penumpang wajib naik ke *passanger deck* ketika melakukan penyeberangan.

4.6.1. Vehicle Recognition System

Ketika sebelum menaiki kapal pada tempat *e-ticketing* untuk menentukan jenis kendaraan yang masuk terdapat sensor untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi dari kendaraan untuk mengetahui golongan dari kendaraan yang menaiki *double ended ro-ro ferry autonomous* ini.

4.6.2. Cargo Weight Distribution System

Ketika sebelum menaiki kapal, pada tempat *e-ticketing* terdapat timbangan untuk menimbang berat kendaraan, setelah kendaraan ditimbang, kendaraan diarahkan untuk memarkirkan kendaraannya sesuai dengan zona pada kapal yang sudah ditentukan setelah kendaraan ditimbang dan dihitung oleh sistem kalkulator beban untuk *trim*, *heel*, dan stabilitas. Berat dari kendaraan agar distribusi berat pada kapal merata dan tidak terjadi *heel* dan *trim* yang melebihi dari maksimal *trim* dan *heel* yang sudah ditentukan. Pembagian zona parkir pada kapal dapat dilihat pada Gambar 4.4. Satu zona dapat berisikan lebih dari satu kendaraan begitu juga dengan satu kendaraan dapat mengisi lebih dari satu zona muatan, tergantung dari dimensi kendaraan yang sudah diukur dengan sensor panjang pada *vehicle recognition system*.



Gambar 4.4 Pembagian Zona Parkir Kendaraan

Zona parkir kendaraan dibagi menjadi dua belas zona dengan empat zona di bagian portside, empat zona di bagian *centerline* kapal, dan empat zona pada bagian *starboard* kapal. Kendaraan akan diberitahukan zona yang harus ditempati melalui speaker kapal. Perpindahan zona parkir dimungkinkan apabila sistem kalkulator distribusi berat kapal mendapatkan *heel* atau *trim* yang melebihi dari maksimal *heel* dan *trim* pada kapal. Kendaraan yang dipindahkan dipertimbangkan kendaraan mana dengan jenis kendaraan dan posisi paling mudah untuk berpindah zona parkir. Pembagian zona dibagi menjadi P = *Portside* (Bagian kiri kapal), M = *Middle* (Bagian tengah kapal), dan S = *Starboard* (bagian kanan kapal).

4.7. Safety system

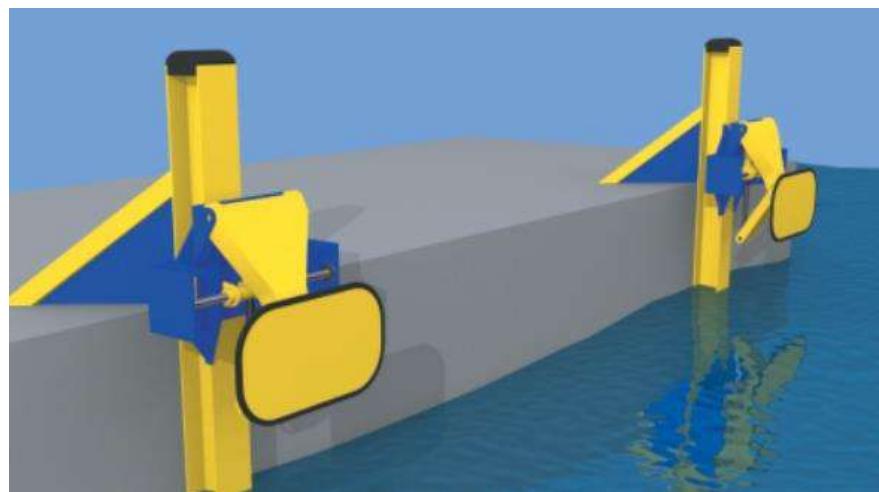
Safety system mengumpulkan semua informasi dari *sensor* dan menyajikan dengan cara yang jelas dan terstruktur. Informasi tersebut dapat berupa detektor kebakaran, pintu dan peredam api, kipas ventilasi, sensor banjir dan sensor bilga kapal, pintu kedap air, pintu shell, dll. Sistem ini juga dapat menunjukkan lokasi tim pemadam dan penyelamat, peralatan penyelamat jiwa, dan bahan berbahaya, kondisi stabilitas dan informasi terkait keselamatan lainnya.

Penyajian informasi keselamatan yang jelas sangat penting dalam situasi darurat. Semua informasi disajikan dalam pandangan rencana umum kapal (*general arrangement*). Informasi dari sistem CCTV dapat disajikan di stasiun operator. Integrasi dari *safety system* dan *autonomous system* memungkinkan aliran informasi antara sistem keselamatan yang dapat memanfaatkan informasi dari *autonomous system*, dan sebaliknya. Hasil dari pengolahan informasi dari sensor yang menyangkut *safety system* dapat direspon oleh aktuator seperti *fire extinguisher*, *emergency shutdown*, dll.

4.8. Automated Mooring System

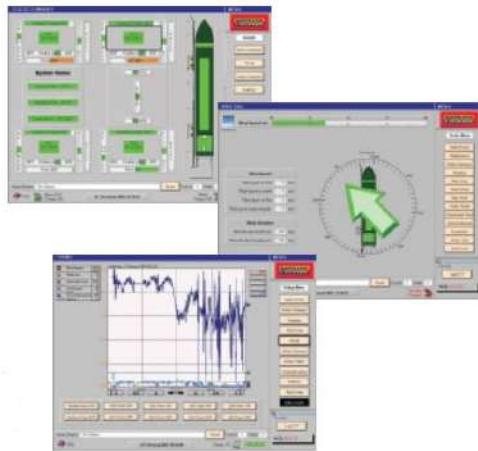
Sistem *mooring* yang digunakan ialah *Shore-based mooring system QuaySailor Series* milik Cavotec. *QuaySailor* adalah nama yang diberikan untuk berbagai sistem tambat berbasis pantai generik. Tipe *QuaySailor* yang dipilih adalah *QuaySailor 20*. Ini mewakili teknis utama lompatan dari sistem berbasis kapal pertama yang dikembangkan pada tahun 1999 karena tidak memerlukan instalasi khusus pada kapal dan dapat langsung melekat pada lambung kapal. Saat diaktifkan, bingkai penyangga bantalan vakum diperpanjang ke luar dan koneksi tambat vakum dibuat dalam beberapa detik. *QuaySailor 20* dapat dilihat pada Gambar 4.5. dan ini dirancang untuk memenuhi sebagian besar konfigurasi kapal dan darat dan memiliki beberapa fitur diantaranya:

1. Aktuasi 3 dimensi dan menahan kapal pada jarak tertentu dari fender
2. Memosisikan kapal
3. Memuat dan mengontrol kapal yang ditambatkan dengan satu operator
4. Pemantauan berbasis internet real-time dan pencatatan data peristiwa



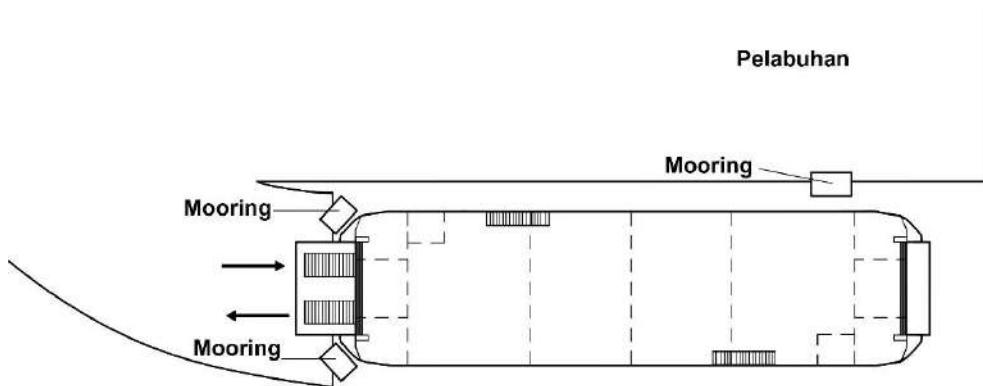
Gambar 4.5 QuaySailor 20 milik Cavotec

Salah satu elemen terpenting dari *Mooring System Limited* (MSL) adalah kontrol operator. Sistem ini menggunakan teknologi komponen kontrol terkini untuk mempermudah operator di darat. Ketika kapal mendekati pelabuhan, operator mengambil alih kapal dengan kendali jarak jauh untuk memosisikan kapal ke pelabuhan. Kapal mengurangi kecepatan secara perlahan dan menjajarkan kapal dengan *mooring system* yang berada di pelabuhan. Selain itu, unit-unit hanya menempel pada tubuh paralel kapal yang memberikan kemungkinan berlabuh. Contoh pengoperasian yang dilakukan oleh operator dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Contoh Sistem Monitoring dan Control oleh Operator Darat yang dimiliki Cavotec

Terdapat tiga *QuaySailor* 20 dengan posisi penempatan diletakkan di bagian samping *ramp door* kapal dan di bagian *pararel middle body* kapal, posisi *QuaySailor* 20 dapat dilihat pada Gambar 4.7, peletakan *mooring* dibuat demikian karena kapal berjenis *double ended* dan satu dibagian samping untuk menahan kapal agar lebih stabil saat berlabuh. Untuk memastikan kapal sejajar dengan *mooring system* ini akan dipasangkan kamera di posisi *mooring system*, ini bertujuan untuk operator mengetahui posisi kapal. Apa yang tererekam oleh kamera ini akan dilihat oleh operator yang mengendalikan kapal. Pada badan kapal akan diberikan tanda untuk mengetahui posisi *mount mooring system* ini akan menempel. Ketika kapal bermanuver keluar dari area pelabuhan yang padat, operator dapat memiliki kendali jarak jauh untuk menghindari adanya tabrakan dengan kapal lain atau pengawasan yang didukung oleh sistem sensor yang ada di atas kapal.



Gambar 4.7 Penempatan QuaySailor 20 pada Pelabuhan

BAB 5

PEMBUATAN DESAIN KAPAL

5.1. Metode *System Based Ship Design* (SBSD)

Metodologi SBSD sebenarnya tidak menggunakan kapal yang ada sebagai dasar untuk desainnya. Metode ini dimulai dengan menentukan fungsi yang relevan untuk produk. Menggunakan pendekatan ini akan meningkatkan peluang untuk inovasi dan solusi baru, karena memungkinkan perancang untuk melihat beberapa alternatif. Lebih jauh, perancang dapat fokus pada alternatif yang baik. Metodologi bergeradi dari misi melalui fungsi ke bentuk. Dengan menggunakan metodologi ini, perancang tidak dapat bersandar pada desain sebelumnya. Oleh karena itu, tantangannya adalah untuk tidak membuat kesalahan perhitungan dan memasukkanya ke dalam desain.

5.2. *Mission Statement*

Tugas utama dalam penilitian ini adalah merancang kapal autonomous untuk mengangkut orang dan angkutan dalam rute penyeberangan Ujung (Surabaya) – Kamal (Madura). Disisi lain terdapat fungsi baru yang diciptakan sebagai sarana wisata di Selat Madura yang memiliki rute memutari Selat Madura dan melewati bagian bawah dari Jembatan Suramadu. Ini mencerminkan apa yang menjadi fokus dari proses desain dan aspek apa yang menjadi bagian wajib dari hasilnya.

5.3. *Functional Requirement*

Beberapa persyaratan fungsional untuk produk yang dihasilkan berdasarkan pada misi kapal, data yang diperoleh serta sesuai dengan pembahasan rute pada Bab 2.4, didapatkan persyaratan fungsional untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kapal dapat menyeberangkan penumpang dan angkutan setidaknya sesuai dengan rata-rata yang dimiliki kapal existing.

2. Jam operasional dimulai pada pukul 05.00 WIB hingga 21.00 WIB.

Senin-Jumat : 05.00-21.00 WIB – Khusus Penyeberangan

Sabtu –Minggu : 08.00-12.00 dan 14.00-18.00 WIB – Operasional Wisata

3. Pada hari *weekend* (sabtu dan minggu) kapal beroperasi sebagai kapal wisata Selat Madura pada pukul 09.00-13.00 dan 15.00-19.00, diluar jam tersebut kapal berfungsi sebagai sarana penyeberangan.

4. Kapal dapat membawa angkutan berupa kendaraan roda 2, roda 3, roda 4 atau lebih.
5. Kapal dapat membawa bagasi yang memiliki ukuran kecil maupun besar dengan maksimal dimensi 30 cm x30 cm x30 cm dan berat 50 kg per orangnya.
6. Kapal dapat mencapai kecepatan maksimum sebesar 12 knots untuk mencapai destinasi dengan waktu 30-35 menit, untuk rute penyeberangan Ujung-Kamal.
7. Ketika kapal berfungsi sebagai kapal wisata, kecepatan kapal yang digunakan 8 knots untuk berjalan melewati rute wisata Selat Madura dengan durasi kurang lebih 1 jam 40 menit per trip nya dengan jarak pelayaran sekitar 15 nautical mile.
8. Kapal dapat bernavigasi secara *autonomous* dengan bantuan satu operator di pelabuhan.
9. Terdapat *personel on board* selama kapal berlayar.

5.3.1. Analisis Perhitungan *Owner Requirement*

Kebutuhan ruang muat kendaraan menjadi fokus utama dalam menentukan ukuran kapal ini. Secara umum, seperti kebanyakan kapal, karakter dari kapal ini akan ditentukan dalam arahan dimana kapal mampu memenuhi luasan dek, berat, volume, ketahanan dan kebutuhan kecepatannya.

Setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan dan ditunjang dengan proses pembelajaran pada literatur-literatur yang mendukung, kemudian dilakukan analisis dan pengolahan data tersebut untuk kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk *Design Statement*. *Design Statement* ini meliputi *Owner Requirement* dan batasan-batasan desain.

5.3.2. Perolehan Data

Dalam Tugas Akhir ini diperoleh 2 jenis data, diantaranya data jumlah angkutan penyeberangan Ujung – Kamal dan data hasil survei yang dilakukan dalam bentuk kuesioner.

1. Data Penumpang, Jumlah Kendaraan, dan Jenis kendaraan Kapal Penyebrangan Surabaya – Madura

Data jenis kendaraan, jumlah kendaraan dan jumlah penumpang yang menaiki kapal penyeberangan Surabaya – Madura 10 bulan dari Data Angkutan KSOP Tanjung Perak dapat dilihat pada Lampiran A.

Dari data tersebut dilakukan pengolahan untuk mendapatkan kebutuhan luasan kapal. Kebutuhan luasan kapal didapat dengan cara mencari rata rata dari jenis kendaraan dan jumlah kendaraan yang melakukan penyeberangan pada 1 Januari 2019 – 31 Oktober 2019. Rata – rata dari jenis kendaraan dan jumlah kendaraan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rata rata jumlah angkutan per trip

Data Rata-Rata Angkutan/Trip		
Jenis muatan	Golongan	Jumlah
Penumpang	Dewasa	57
	Anak	0
Roda 2	I	0
	II	62
	IIK	13
	III	1
Roda 4	IV A	0
	IV B	0
	V A	0
	V B	1
	VI A	0
	VI B	0
	VII	0
	VIII	0
Bagasi		2

Keterangan	
P	Penumpang
B	Barang
I	Sepeda
II	Sepeda Motor
II K	Roda 3
III	Motor diatas 500cc
IV A	Mobil (Pribadi)
IV B	Pick up
V A	Mobil Penumpang ukuran ELF/ Minibus
V B	Kendaraan barang, truk kecil roda 4
VI A	Bus besar (AKAP)
VI B	Truk roda 6
VII	Kendaraan 10-12 meter
VIII	Kendaraan 12-16 meter

2. Data Kuesioner Minat Masyarakat

Selain data jumlah angkutan yang dijadikan acuan dalam penentuan jumlah payload dalam kapal, terdapat data hasil kuesioner yang telah dibagian kepada masyarakat di sekitar Surabaya dan Madura untuk mencapai fungsi wisata pada kapal tugas akhir ini. Dikarenakan fungsi wisata merupakan fungsi tambahan dan belum ada pada kapal-kapal terdahulu, maka dilakukan survey minat masyarakat yang hasilnya dapat dilihat pada Lampiran B. Jumlah responden yang terkumpul ialah 118 responden.

Dari hasil survey terhadap minat wisata Selat Madura, diasumsikan *payload* kapal jumlah penumpang dan kendaraan pada Tabel

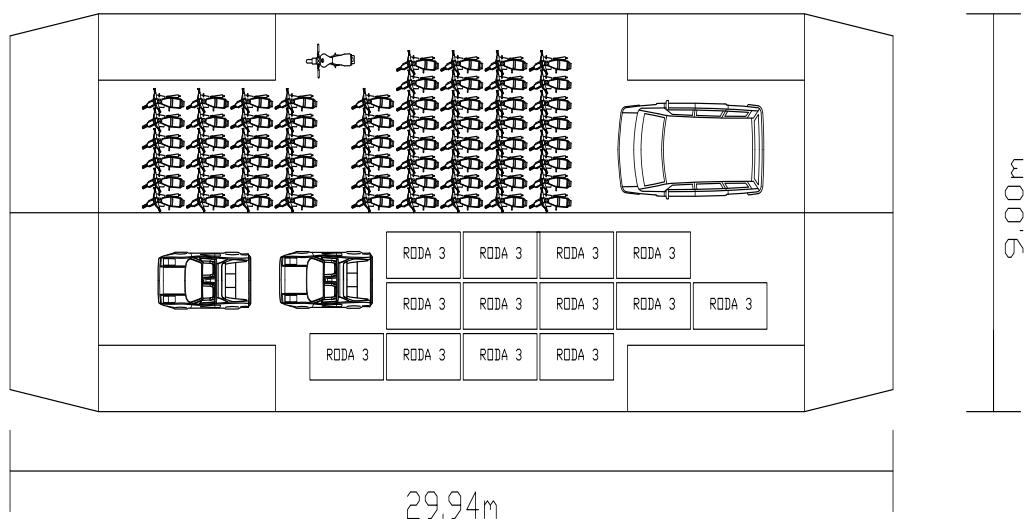
Tabel 5.2 Asumsi Data Angkutan Wisata Selat Madura

Data Angkutan/Trip wisata Selat Madura		
Jenis muatan	Golongan	Jumlah
Penumpang	Dewasa	84
	Anak	0
Roda 2	I	42
	II	0
	IIK	0
	III	0
Roda 4	IV A	6
	IV B	0
	V A	0
	V B	1
	VI A	0
	VI B	0
	VII	0
	VIII	0
Bagasi		2

Asumsi penumpang penuh dan kendaraan didominasi oleh kendaraan pribadi, dikarenakan hasil survei mayoritas tertarik dari responden kuisioner, hasil kuisioner dapat dilihat pada Lampiran B.

5.3.3. Pemodelan Layout Awal

Setelah didapat rata rata dari jenis kendaraan dan jumlah kendaraan yang melakukan penyebrangan pada jangka waktu tersebut, dilakukan pemodelan *layout* dari ruang muat menggunakan aplikasi AutoCAD untuk menentukan luasan area ruang muat yang diperlukan. Bentuk pemodelan *layout* dari ruang muat kapal dapat dilihat pada Gambar 5.1. pada halaman selanjutnya. Jumlah kendaraan pada *layout* awal diambil dari Tabel 5.1 Rata rata jumlah angkutan.



Gambar 5.1 Pemodelan Layout Awal

5.3.4. Penentuan Parent-Ship

Penentuan *parent-ship* dilakukan sebagai acuan dari kapal yang akan didesain, meskipun metode *system based ship design* (SBSD) tidak terlalu mengacu pada desain yang sudah ada, namun menentukan *parent-ship* dilakukan sebatas sebagai acuan ukuran utama dari kapal sebelum dilakukan proses desain lebih lanjut.

Kapal acuan yang diambil adalah KMP JOKOTOLE yaitu salah satu dari kapal penyeberangan Surabaya – Madura. Kapal ini dipilih karena memiliki luas dari ukuran utama yang paling mendekati dengan kebutuhan luas yang sudah ditentukan pada sub bab 5.2. Gambar 5.2 menunjukkan tampak dari KMP JOKOTOLE.



Gambar 5.2 KMP JOKOTOLE

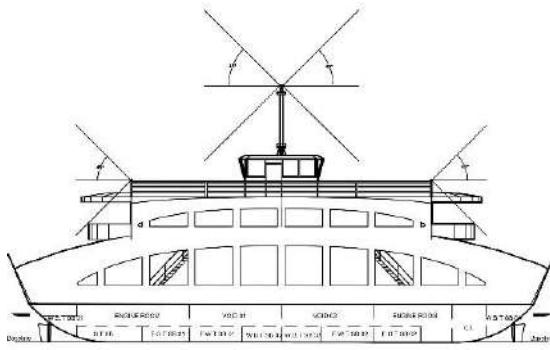
Kapal ini memiliki ukuran utama sebagai berikut:

- Panjang (Lpp) : 29.94 m
- Lebar (B) : 9 m
- Sarat (T) : 1.3 m
- Tinggi (H) : 2.4 m

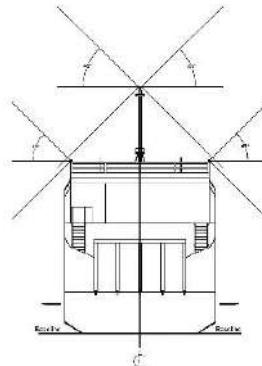
5.3.5. Sistem *Autonomous*

Kapal harus dapat berinteraksi dengan sistem *autonomous*, penumpang, dan lingkungan sekitarnya. Desain juga perlu mematuhi peraturan dan ketentuan sesuatu yang bisa menentang karena tidak ada peraturan khusus untuk *autonomous*. Kapal juga harus bisa berkomunikasi dengan darat. Kapal autonomous dalam penilitian ini cocok dengan definisi dari DNV-GL dan Maritime UK yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1.

Sensor kamera dan lidar perlu ditempatkan di tempat yang tidak terhalang sudut dan jarak pandangnya. Penempatan terbaik untuk kamera dan LIDAR diposisikan setinggi mungkin dan tidak terganggu sudut pandangnya oleh penumpang yang berada di atas kapal seperti pada Gambar 5.3. dan Gambar 5.4 pada halaman berikutnya.



Gambar 5.4 Sudut Pandang Samping Sensor



Gambar 5.3 Sudut Pandang Depan Sensor

5.3.6. Sistem *Mooring*

Fungsi *mooring* pada prinsipnya adalah untuk mengamankan posisi kapal agar tetap pada tempatnya. Terdapat 3 kebutuhan fungsional yang relevan pada desain kapal ini yaitu:

1. Dapat menjaga posisi kapal pada dermaga tanpa membutuhkan tenaga manusia di dermaga dan di atas kapal
2. Dapat memberikan keamanan pada lintasan yang dilewati penumpang karena tidak adanya pergerakan yang signifikan dari kapal
3. Tidak membahayakan penumpang saat melakukan *docking*

Sebelumnya sudah ditetepkan bila proses *docking* akan menggunakan *mooring* dengan sistem *vacuum*. Sehingga perlu adanya penambahan fasilitas pada pelabuhan yaitu pemasangan mooring system berbasis *vacuum* ini. Teknologi yang digunakan yaitu milik perusahaan cavotec dengan nama product “*QuaySailor 20*” yang dapat bekerja secara *autonomous*. Terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan teknologi ini yaitu:

1. *Safety*
 - Mengurangi risiko kecelakaan dalam proses *mooring* yang mengakibatkan pada personel dikarenakan dikeluarkannya personel dari zona kerja yang berbahaya.
 - Pemantauan waktu secara *real-time* terhadap proses *mooring* dan kekuatanya selama berada di pelabuhan.
2. *Infrastructurre*
 - Peningkatan pemanfaatan dermaga karena jarak kapal yang lebih dekat.
3. Efisiensi
 - Dapat menjaga dan mengurangi gerakan kapal.
 - Meningkatkan kontinuitas proses kerja.
 - Waktu operasi Lebih pendek.

- Tidak diperlukan tim *mooring*, pilot pelabuhan dapat *disembark* lebih cepat.

Dermaga pun memerlukan renovasi untuk pemasangan *automated mooring QuaySailor* 20 dan fender sebagai alat agar kapal dapat benar-benar berhenti di dermaga dan juga sebagai penanda di mana kapal harus berhenti agar operator tidak kesulitan untuk mengepaskan sisi lambung kapal agar vacum mooring dapat menempel di kapal. Sistem *mooring* ini digunakan pada Pelabuhan Ujung dan Pelabuhan Kamal.

5.3.7. Sistem *Ticketing*

Kapal akan dilengkapi dengan *flap barrier gate* yang terletak pada *car deck* sebelum menaiki tangga menuju *passanger deck*. Untuk penggunaan sistem *e-ticketing* memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- Mengurangi biaya yang berkaitan dengan pencetakan surat tiket
- Mengurangi tenaga kerja yang berkaitan dengan pencetakan surat dan tiket
- Keamanan terjamin, karena barcode validasi dan menghilangkan kemungkinan tiket palsu atau duplikat.
- Pemesanan *e-ticketing* oleh konsumen berarti mengetahui berapa banyak konsumen penyeberangan dan konsumen rute wisata
- Memberikan informasi tambahan yang perlu diketahui bagi pelanggan
- Menyediakan kemampuan untuk beriklan, dapat menambah pendapatan perusahaan dengan menawarkan ruang iklan.

Di sisi lain ini dilakukan untuk mengantikan orang yang menjaga kapal untuk memeriksa tiket penumpang. Selain *Flap Barrier Gate* pada kapal, perlu adanya fasilitas tambahan pada pelabuhan yakni Gardu Otomatis untuk pemesanan tiket untuk naik kapal.

5.3.8. Penentuan Kecepatan Dinas Kapal

Kecepatan dinas kapal diambil kecepatan 8 knot ketika kapal berfungsi sebagai kapal penyeberangan mengacu dari kecepatan dinas *parent ship* yang digunakan yaitu KMP JOKOTOLE.

5.4. Form Development

Dilakukan proses form devopment untuk mendapatkan hasil bentuk dari kapal, yang didalamnya dilakukan perhitungan mengenai analisis teknis yang digunakan dalam membuat desain dari *double ended ro-ro ferry* ini.

5.4.1. Rasio Dimensi Kapal

Ukuran utama kapal diperoleh dari hasil estimasi area main deck sebagai batasan ukuran terkecil kapal Langkah selanjutnya ialah menggunakan *ratio of main dimensions* untuk mendapatkan ukuran kapal sesunguhnya. Pengecekan ratio of main dimension ini meliputi:

L/B = 3.581 → $3.5 < L/B < 10$, Secara Umum
 B/T = 5.000 → $1.8 < B/T < 5$, Secara Umum
 L/T = 16.906 → $10 < L/T < 30$, Secara Umum
 T/H = 0.750 → $0.7 - 0.8$, Secara Umum

Gambar 5.5 Rasio Ukuran Utama

Dari *ratio of main dimensions* ini didapatkan main dimension dengan ukuran Lpp sepanjang 30.43m, lebar kapal (B) sebesar 9m, tinggi Kapal (H) sebesar 2.4m, dan sarat (T) setinggi 1.8m.

5.4.2. Koefisien-Koefisien Bentuk Kapal

Perhitungan koefisien utama kapal dilakukan dengan menggunakan nilai Froude yang didapatkan dari ukuran utama yang telah ditentukan sebelumnya. Koefisien utama yang akan dihitung meliputi :

1. Block Coefficient (Cb)

Secara teknis, *Block Coefficient* (Cb) dapat diartikan sebagai “*perbandingan volume suatu bentuk kapal dengan suatu volume balok yang mempunyai Panjang (Lpp), Lebar (B) dan Tinggi (H)*” (Lewis, n.d, 1988). Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan Cb yang disesuaikan dengan buku *Parametric Design* dan PNA adalah:

$$Cb = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad \dots \dots \dots \quad (5.1)$$

[Parson, 2001, *Parametric Design Chapter 11*, hal. 11]

[Lewis, 1988, *Principle of Naval Architecture Vol.II*, hal. 5]

Adapun perhitungan C_b dari kapal dapat dilihat pada Lampiran C.

1. Midship Coefficient (C_m)

Midship Coefficient (C_m) dapat diartikan sebagai “perbandingan antara luas penampang bidang tengah kapal dengan luas suatu penampang persegi yang mempunyai lebar (B) dan sarat (T)” (Parson, 2001). Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan C_m meliputi:

$$Cm = 0.977 + 0.085(Cb - 0.6) \quad (5.3)$$

[Parson, 2001. *Parametric Design Chapter 11*, hal. 12]

2. Waterplane Coefficient (C_{wp})

Waterplane Coefficient (C_{wp}) merupakan koefisien dari garis air yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

[Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 16]

3. Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

Merupakan titik tekan atau titik berat ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang terbenam dalam air. Jika bagian belakang lebih gemuk , maka letak B di bawah. Bila diukur dari bagian midship, maka jarak titik B diukur dari dasar kapal (KB).

[Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 19]

4. Prismatic Coefficient (Cp)

Cp adalah perbandingan antara volume dengan volume prisma yang mempunyai luas penampang tengah kapal MSA dan panjang LPP.

$$Cp = \frac{c_b}{c_m} \dots \quad (5.6)$$

[Parson, 2001, *Parametric Design Chapter 11*, hal. 13]

5. Volume Displacement (∇)

Displacement moulded adalah berat air yang dipindahkan oleh jumlah volume dari badan kapal yang tercelup didalam air (kapal tanpa kulit).

6. Displacement (Δ)

Displacement adalah berat air yang dipindahkan oleh volume badan kapal yang tercelup dalam air. *Displacement* kapal dapat diperoleh dari prinsip hukum Archimedes dengan mengalikan *volume* badan kapal yang tercelup air dengan massa jenis air.

$$\Delta = \nabla \times 1.025 \dots \quad (5.8)$$

Adapun secara singkat hasil perhitungan koefisien dari kapal dapat dilihat pada Tabel 5.3, dibawah ini:

Tabel 5.3 Koefisien Lambung Kapal

Koefisien	
C_B	0.858
C_M	0.956
C_{WP}	0.992
C_P	0.897

5.4.3. Pembuatan Rencana Garis (*Lines Plan*)

Dalam pembuatannya diawali dengan pembuatan model 3D pada software “Maxsurf”. Lambung kapal yang memiliki karakteristik yang sama dengan perhitungan koefisien. Rencana garis air menunjukkan interseksi permukaan lambung kapal dengan bidang yang sejajar bidang dasar / *baseplane* horizontal, bidang dasar / *baseplane* adalah bidang horizontal yang melalui garis dasar / *baseline*. Interseksi dengan bidang-bidang tersebut akan menghasilkan Rencana garis air / *Waterlines plan*. *Body plan* menunjukkan bentuk dari station/*section* yang merupakan interseksi antara permukaan lambung kapal dengan bidang yang tegak lurus dengan bidang tegak / *buttockplane* dan bidang garis air / *waterline plane*. Pada umumnya *penggambaran body plan* dibagi 2 sisi kiri dan sisi kanan, sisi kiri untuk setengah bagian belakang dan sisi kanan untuk setengah bagian depan. Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan rencana garis dengan gambar rencana garis terlampir.

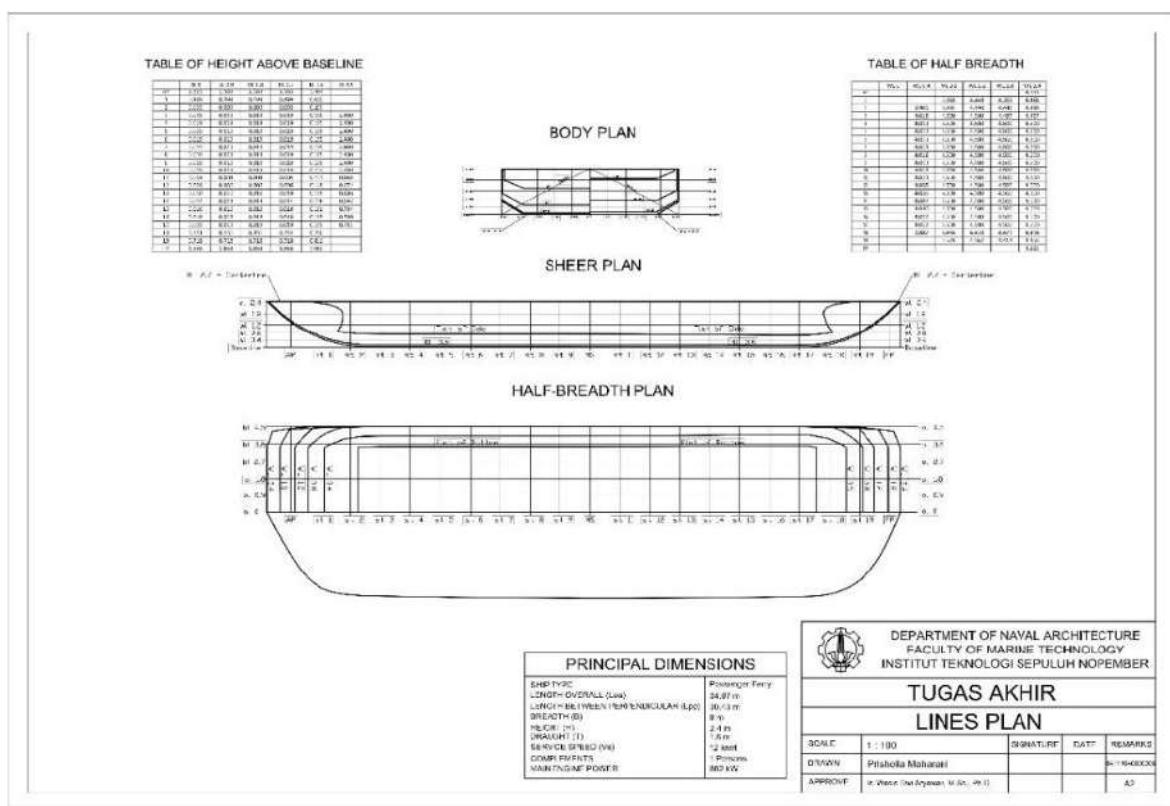
1. Buka referensi *sample design* yang sudah ditentukan.
2. Ukuran untuk surface sesuai ukuran utama (LoA dan B) hasil regresi, dengan H mengambil asumsi 2,4 m.
3. Dilakukan penyesuaian titik AP, FP, dan juga ketinggian sarat kapal menggunakan perintah “frame of reference”. Masukkan nilai sarat (T) hasil perhitungan regresi ke dalam model melalui menu data -> frame of reference.
4. Setelah tanda sarat muncul pada model, maka koefisien-koefisien hidrostatik (Lwl, CB, CM, CP, CWP dan LCB) akan muncul.
5. Langkah berikutnya adalah percencanaan jarak station, water line, dan buttock line.

Dalam proses ini digunakan perintah grid spacing di mana jarak-jarak yang ditentukan sebagai berikut:

- Dengan panjang 29,94 m, kapal dibagi ke dalam 21 station dengan jarak 2,51 m.
- Dengan tinggi 2,4 m, kapal dibagi ke dalam 1,8 water lines.
- Dengan lebar setengah kapal 9 m, kapal dibagi ke dalam 8 buttock lines.

6. Melakukan setting control point untuk merubah bentuk kapal dibawah garis air. Pada langkah tersebut, control point yang dipindahkan akan memberikan nilai hidrostatik pada kapal. Control point dipindahkan sehingga menghasilkan nilai hidrostatik yang sesuai. Untuk mengetahui nilai hidrostatik dari kapal yang telah didesain, perintah yang dapat digunakan adalah calculate hydrostatic. Sehingga nilai-nilai koefisien di atas pada model sama nilainya atau mendekati nilai yang terdapat pada perhitungan dengan margin tertentu (nilai margin $\pm 0,5\%$)
7. Pada saat membentuk haluan dan buritan mengikuti kaidah yang sering digunakan serta panjang dari AP hingga FP menyesuaikan kelipatan jarak gading yang umum digunakan ($0,6 \text{ m}$)
8. Untuk membentuk bangunan atas pada model dilakukan dengan memasukan image background pada maxsurf berupa gambar layout awal.

Hasil Desain Rencana Garis dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut dan untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran D.



Gambar 5.6 Desain Rencana Garis (*Lines Plan*)

5.4.4. Pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana Umum dibuat berdasarkan Lines Plan yang telah dibuat sebelumnya. Dengan Lines Plan secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam

merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pembuatan General Arrangement pada Tugas Akhir ini dengan menggunakan bantuan dari software AutoCAD.

Rencana Umum dibuat dengan menggambarkan layout kapal tampak samping. Jarak gading yang digunakan pada kapal adalah 0.6 m dan gading besar terdapat pada setiap lima jarak gading.

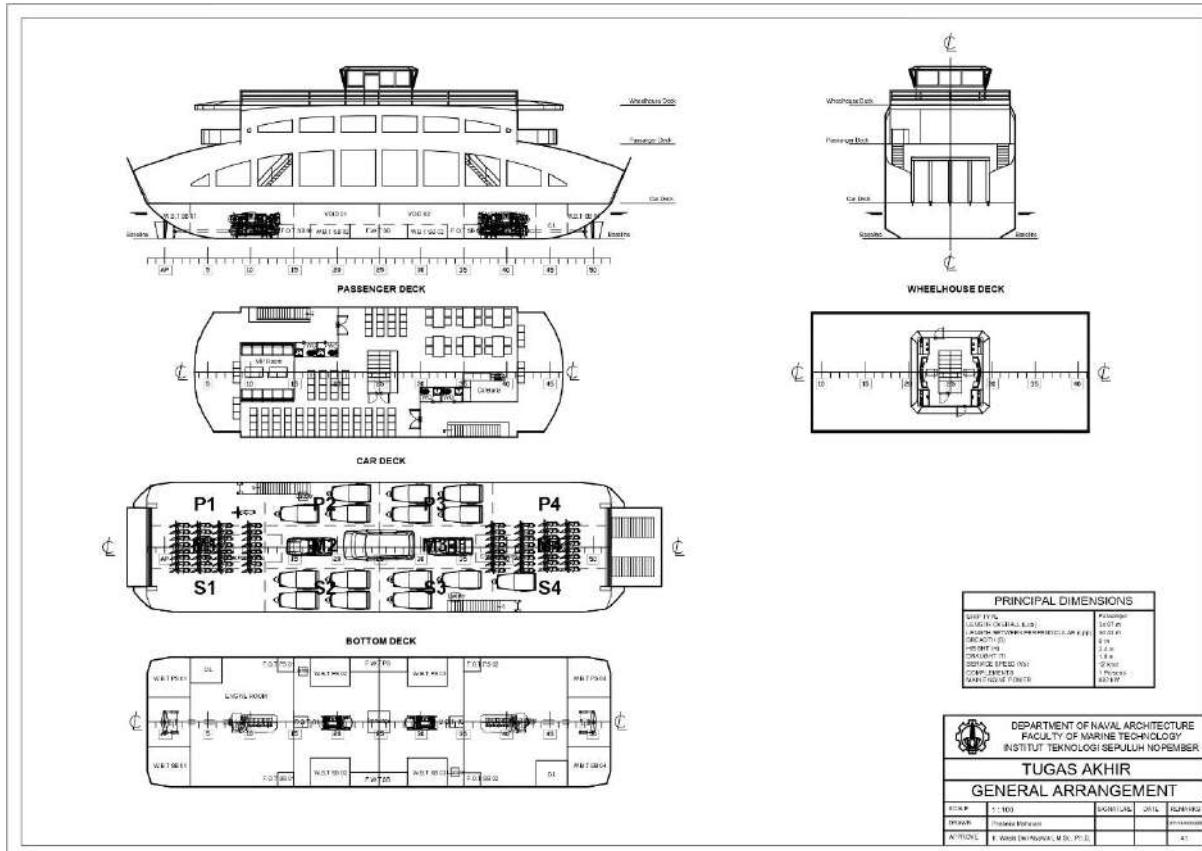
Pada pemodelan *Double Ended Ro-ro Ferry* dapat dilihat bahwa terdapat tiga tingkat geladak yaitu car deck, passanger deck, dan control deck. Untuk *car deck* merupakan geladak yang digunakan untuk memarkirkan kendaraan yang akan menyeberang, *passanger deck* merupakan tempat dimana penumpang berada, sedangkan *control deck* berisikan peralatan-peralatan dan komputer untuk menunjang *autonomous system*.

Layout untuk *car deck* dari kapal pada Rencana Umum merupakan proyeksi tampak atas. *Car deck* adalah geladak pada tingkat pertama di kapal. Merupakan tempat untuk memarkirkan angkutan kendaraan yang akan menyeberang.

Layout untuk *passanger deck* pada Rencana Umum merupakan proyeksi tampak atas yang berada pada geladak di tingkat dua. Pada geladak ini merupakan tempat penumpang berada. Pada deck ini disediakan *cafetaria* untuk membeli makanan dan minuman, dan pada geladak ini juga terdapat ruang VIP.

Layout untuk *control deck* pada Rencana Umum merupakan proyeksi tampak atas pada tingkat tiga. Pada geladak ini diperlihatkan ruangan letaknya komputer untuk *autonomous system* yang merupakan pusat kendali dari seluruh kapal.

Layout below main deck pada kapal berfungsi sebagai engine room dan berbagai tangki yang terdapat di kapal. Terdapat 9 tangki yang terletak di port side dan 9 tangki di starboard side. Tangki tersebut yaitu tangki air tawar (fresh water tank), tangki bahan bakar (fuel oil tank), tangki minyak pelumas (lube oil tank), dan tangki minyak diesel (diesel oil tank). Pada bagian depan dan belakang kapal masing-masing terdapat mesin induk (main engine) yang dikarenakan kapal ini merupakan *double ended ro-ro ferry* dan mesin bantu (auxiliary engine). Hasil Desain Rencana Umum dapat dilihat pada Gambar 5.7. pada halaman berikutnya dan untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran E.



Gambar 5.7 Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

5.4.5. Pembuatan *Safety Plan*

Double ended ro-ro ferry yang merupakan kapal penumpang harus memiliki standar minimum terkait perencanaan keselamatan dengan memperhitungkan jumlah penumpang di dalam kapal dan ruang akomodasi penumpang. Hasil pembuatan *safety plan* dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran F.

5.4.6. *Life Saving Appliance*

Peralatan keselamatan terdiri dari berbagai jenis. Pada kapal ini, disediakan peralatan keselamatan untuk penumpang dan kru sesuai dengan aturan yang ada. Peralatan yang dimaksud yaitu:

1. *Lifebuoy* sebanyak 14 buah sesuai dengan SOLAS Reg. III/22-1
2. *Life jacket* sebanyak 84 buah yang akan disediakan untuk semua penumpang di kapal (kapasitas 84 orang) sesuai dengan SOLAS Reg. III/7-2
3. *Life raft* sebanyak 12 buah dengan kapasitas angkut 25 orang dalam 1 *life raft*. Jenis *life raft* yang digunakan yaitu *throw-overboard life raft*. Jumlah yang disediakan telah diperhitungkan untuk dapat menampung seluruh penumpang di kapal sesuai dengan aturan SOLAS Reg. III/21-1.4

4. *Line throwing appliance* sebanyak 1 buah yang diletakkan pada navigation room sesuai dengan LSA Code VII/7.1
5. *Muster / assembly station* yang berada pada ruang terbuka di *upper deck* dan memiliki lokasi berdekatan dengan posisi *life raft* dan telah mengikuti aturan berdasarkan MSC/Circular. 699/II-2
6. *Escape routes* yang dipasang pada setiap lorong dan tangga pada kapal. Desain dibuat untuk mengarahkan penumpang ke muster station apabila terjadi suatu kondisi darurat sesuai dengan MSC/Circular. 699/II-2
7. *Visual signal* yang digunakan untuk komunikasi darurat dalam keadaan bahaya yaitu berupa *rocket parachutes flare* yang terletak di *navigation room* dan *life raft*.

5.4.7. Fire Fighting Equipment

Peralatan pemadam kebakaran diletakkan di lokasi yang mudah dijangkau sesuai dengan aturan SOLAS Reg. II/10 sehingga dapat diakses dengan mudah dan cepat apabila terjadi kondisi kebakaran. Pada kapal ini, peralatan pemadam kebakaran yang dipasang terdiri dari berbagai alat yaitu:

1. *Fire hydrant with coupling for water* sebanyak 4 buah yang diletakkan masing-masing 2 buah di *main deck* dan *upper deck* kapal. Alat ini memiliki *hose* sepanjang 15 meter.
2. *Fixed CO₂ fire system* sebanyak 4 buah dan terletak di *engine room*.
3. *Sprinkler* sebanyak 9 buah yang terletak 5 buah pada *main deck*, 3 buah pada *upper deck*, dan 1 buah pada *navigation room* sesuai dengan ketentuan SOLAS Reg. III/10-6.
4. *Portable CO₂ fire extinguisher* sebanyak 4 buah yang terletak di *engine room* dan berfungsi untuk meredakan kebakaran pada area yang banyak mengandung minyak atau bahan bakar.
5. *Portable foam extinguisher* sebanyak 12 buah.
6. *Portable dry powder extinguisher* sebanyak 3 buah.
7. Selain itu juga terdapat alat pendekripsi kebakaran sesuai dengan ketentuan HSC Code VII/7 yang terdiri dari *bell fire alarm*, *push button for fire alarm*, *heat detector*, *CO₂ alarm*, dan *fire alarm panel*.

5.4.8. Menentukan Peralatan dan Perlengkapan Kapal

Setelah dibuat Rencana Umum dari kapal, dilakukan penentuan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan pada kapal. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5.

Tabel 5.4 Peralatan dan Perlengkapan

Ruang Akomodasi	
Car Deck	
1	Ramp Door
2	Tangga
Passanger Deck	
3	Kursi
4	AC
5	TV
6	lemari
7	Card tap reader
Ruang VIP	
8	sofa
9	Meja Bar
10	TV
Cafetaria	
11	AC
12	Kulkas
13	Kompor Listrik
14	Food Etalase
15	wastafel
16	microwave
17	dining set
Kamar Mandi	
18	WC
19	Wastafel
Wheelhouse Deck	
20	Captain Seat
Peralatan Navigasi	
21	Radar
22	Kompas
23	GPS
Lampu Navigasi	
24	- Masthead Light
25	- Anchor Light
26	- Starboard Light
27	- Portside Light
28	Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)
29	Automatic Identification System (AIS)
30	Telescope Binocular

Tabel 5.5 Perlengkapan dan Peralatan (2)

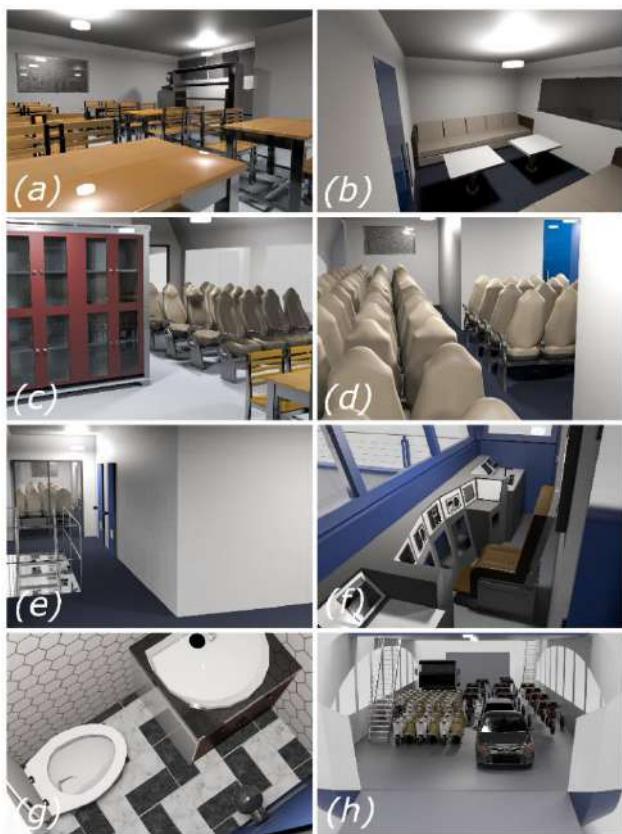
Peralatan Komunikasi	
31	Radiotelephone (set)
32	Navigational Telex (Navtex)
33	EPIRB
34	SART
35	SSAS
36	Portable 2-way VHF Radiotelephone
Peralatan Keselamatan	
37	Life Jacket
38	Lifebuoy
39	Liferaft
40	Emergency Alarm System
41	Rocket Parachute Flares
42	Hand Flares
43	Bouyant Smoke signal
44	Hydrant
45	Portable Fire Extinguisher
46	Fire Fighter's Outfit

5.4.9. Pemodelan 3D

Setelah *lines plan* dan *general arrangement*, maka dilakukan pemodelan 3D. Pembuatan desain 3D menggunakan *software Rinoceros 5*. Pada tahap awal pemodelan 3D, dengan mengembangkan bentuk lambung dari *software Maxsurf Modeler* yang akan diexport ke dalam bentuk file .3dm agar kemudian dapat dikerjakan di *software Rhinoceros* dan *Sketchup* untuk dilakukan finalisasi desain berupapenambahan komponen kapal dan *rendering*, serta memudah pemodelan. Pemodelan 3D *double ended ro-ro ferry* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.



Gambar 5.8 Tampak Perspektif 3D Double Ended Ro-Ro Ferry



Gambar 5.9 Gambar Penampakan Ruangan di Kapal

5.5. *Performance Parameters*

Pada sub bab *performance parameters* dilakukan berbagai perhitungan yang menyangkut performa kapal, diantaranya perhitungan hambatan kapal, perhitungan berat baja, perhitungan LWT dan DWT, perhitungan stabilitas dan trim.

5.5.1. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh *owner* (*owner requirement*). Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan, L_{bp} diubah menjadi L_{wl} dengan rumus berikut : $L_{wl} = 1.04 \times L_{bp}$

Adapun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut :

$$RT \equiv ^1 \times \rho \times (V^2) \times S_{total} \times (CE(1+k) + CA) + (^{RW})W \quad (5.9)$$

[Lewis, 1988, *Principle of Naval Architecture Vol.II*, hal.93]

Adapun nilai hambatan dan propulsi yang didapatkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perhitungan Hambatan

Effective Horse Power (EHP)	KW
230,237	KW
Thrust Horse Power (THP)	
207,999	KW
Delivery Horse Power (DHP)	
385,898	KW
Shaft Horse Power (SHP)	
393,774	KW
Brake Horse Power (BHP)	
401,810	KW
Maximum Continous Rate (MCR)	
462,082	KW

Pada Tabel 5.6. diperoleh besaran BHP yang diperlukan adalah 462,082 kW yang selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan mesin dan generator yang digunakan pada kapal ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 Spesifikasi Main Engine
YANMAR 6AYM-WET

Daya	882	kW
RPM	1850	rpm
L	2760	mm
W	1644	mm
H	1707	mm
Dry mas	4.95	ton
SFR fuel	211.68	g/kWh
SFR lubrication	0.8	g/kWh

Tabel 5.8 Spesifikasi Generator
YANMAR 4HAL2-TN

Daya	115	kW
L	1685	mm
W	1117	mm
H	2070	mm
Dry mas	1.03	ton
Total weight	1.855	ton

5.5.2. Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan steel weight menggunakan pendekatan yang diberikan oleh Harvald dan

Jensen (1992) yaitu:

$$W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S (5.54)$$

Dimana D_A adalah kedalaman koreksi karena volume superstruktur dan geladak.

$$D_A = H + VDH / (L \times B)$$

$$C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^2,45)}$$

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

Tabel 5.9 Tipe Kapal dan CSO

No	Tipe kapal	CSO
1	Bulk carriers	0.070
2	Cargo ship (1 deck)	0.070
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.650
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

Dimana didapatkan *steel weight* sebesar 240,75 ton dan dapat dicari berat lambung dengan mengurangi *steel weight* dengan berat *deckhouse*.

Kapal mempunyai tiga deckhouses yaitu *car deck*, *passanger deck* dan *control deck* dengan volume *car deck* sebesar 1161 m³ dengan ukuran panjang 32,25 m, lebar 9 m, dan tinggi 4 m. Untuk volume *passanger deck* sebesar 467,4 m³ dengan ukuran panjang 19,24 m, lebar 9 m, dan tinggi 2,7 m. Sedangkan *control deck* memiliki volume 54 m³ dengan ukuran panjang 4,5 m, lebar 4,75 m, dan tinggi 2,5 m.

Untuk menghitung berat *deckhouse* menggunakan pendekatan yang diberikan oleh *ship design for efficency and economy* dimana untuk kapal kecil dan sedang mempunyai berat deck diantara 60 – 70 kg/m³. Di sini penulis memutuskan untuk memilih berat deck sebesar 60 kg/m³ sehingga didapatkan berat *deckhouse* yang tertera pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Steel Weight

Weight Car Deck	69.66 ton
Weight Passenger Deck	28.04317 ton
Weight Navigation Deck	3.210975 ton
Total Weight	100.9141 ton

$$\text{weight hull} = \text{Wst-Wdh}$$

$$139.96 \text{ ton}$$

5.5.3. Perhitungan DWT

Perhitungan DWT dapat diartikan sebagai perhitungan berat kapal yang dapat dipindahkan/ ditampung oleh kapal. DWT terdiri dari beberapa komponen, yaitu: *payload, consumable dan crew*. *Consumable* terdiri dari *fuel oil* (bahan bakar), *lubrication oil* (minyak pelumas), *diesel oil* (minyak diesel), penumpang dan kendaraan. Secara lengkap perhitungan DWT dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perhitungan DWT

Komponen Berat	Berat Bagian	Berat (ton)	
DWT	Kendaraan	20,9123781	45,6691873
	Penumpang	3,99	
	Crew & consumab	20,77	

5.5.4. Perhitungan LWT

Berat LWT dapat diartikan sebagai berat kapal kosong yang tidak dapat dipindahkan atau merupakan penyusun utama dari kapal tersebut, Adapun LWT terdiri dari berat baja kapal, berat konstruksi lambung kapal, berat permesinan dan berat peralatan yang digunakan di atas kapal. Secara lengkap perhitungan dapat dilihat Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Perhitungan LWT

Komponen Berat	Berat Bagian	Berat (ton)	
LWT	Steel Weight	240,87	395,97
	Equipment &	69,76	
	Machinery	85,3357258	

5.6. Analisis Ekonomis

Pembahasan Analisis Ekonomis dilakukan untuk mengetahui biaya pembangunan kapal, biaya operasional kapal, BEP, NPV dan IRR. Perhitungan lebih lanjut dibahas pada bab 6.

5.7. Verification of Design

Pada sub bab ini akan menyajikan evaluasi yang digunakan untuk menentuan desain akhir. Ini akan membahas perhitungan pengecekan displacement, freeboard, dan stabilitas kapal.

5.7.1. Pengecekan Berat dan Displacement Kapal

Berat kapal terdiri dari 2 komponen penyusun yaitu *Deadweight* (DWT) dan *Lightweight* (LWT). Dari perhitungan berat kapal yang telah dilakukan, didapatkan margin berat kapal yang merupakan perbandingan dari selisih total berat kapal dan *displacement kapal* per *displacement* kapal bernilai 2%. Margin berat tersebut diizinkan sesuai dengan batas maksimum margin berat kapal yang bernilai 2%-10%. Adapun rekapitulasi dari pengecekan berat dan *displacement* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Koreksi Displacement

Koreksi Displacement				
Berat Total	Displacement	Selisih		Check Displacement
		kg	%	
441,2611407	451,50	10,24	2%	Pass

5.7.2. Analisis Freeboard

Untuk perhitungan freeboard, *double ended ro-ro ferry* merupakan kapal dengan panjang lebih dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan International Convention on Load Lines (ICLL) 1966. (ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3., Regulation 27. Pada Tabel 5.14 di bawah ini dapat dilihat nilai lambung timbul dari kapal.

Tabel 5.14 Lambung Timbul

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Disyaratkan	0,322	m
Lambung Timbul Sebenarnya	0,60	m
Kondisi	Diterima	

5.7.3. Analisis Trim dan Stabilitas

Stabilitas merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Dalam desain ini analisis stabilitas menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis kapal kargo dan kapal penumpang yang mengacu pada Intact Stability (IS) Code - Chapter 3. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut:

- a) Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut 00 - 300 tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad atau 3.151 m.deg.
- b) Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut 00 - 400 tidak boleh kurang dari 0.0590 m.rad atau 5.157 m.deg.
- c) Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut 300 - 400 atau antara sudut *downfloofing* (θ_f) dan 300 jika nilai GZ maksimum tidak mencapai 400, tidak boleh kurang dari 0.030 m.rad atau 1.719 m.deg.
- d) Lengan pengembali GZ pada sudut oleh sama dengan atau lebih dari 300 minimal 0.200 m.
- e) Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng tidak kurang dari 250. Apabila tidak dapat diaplikasikan, karena kapal yang memiliki badan lebar dan tinggi yang rendah, rasio B/D > 2.5, kriteria di bawah ini dapat diaplikasikan
 - Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng tidak kurang dari 150
 - Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 0.070 metre-radians untuk sudut 00 - 150 dan 0.055 untuk sudut 150 - 300. Rumus yang digunakan untuk menghitung luas area di bawah lengan pengembali adalah:

$$0.055 + 0.001 (300 - \varphi_{\max}) \text{ metre-radians}$$

- f) Tinggi titik metasenter awal (GM₀) tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- g) Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari 100. Berat standar setiap penumpang adalah 75 kg, atau boleh kurang tetapi tidak boleh kurang dari 60 kg.
- h) Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi kapal berbelok (*turning*) tidak boleh lebih dari 100.
- i) Untuk kriteria cuaca, *angle of heel* kapal dalam menghadapi angin (φ_0) tidak boleh lebih dari 160.
- j) Untuk kriteria cuaca, *angle of heel* kapal dalam menghadapi angin (φ_0) tidak boleh lebih dari 80% *angle of deck edge immersion*.
- k) Untuk kriteria cuaca, luas area b harus lebih besar atau sama dengan luas area a.

Model yang telah dibuat di Maxsurf Modeler Advanced disimpan dan dibuka menggunakan program Maxsurf Stability Enterprise. Setelah model dibuka, selanjutnya proses perhitungan stabilitas dan trim dapat dilakukan.

Dalam analisis perhitungan stabilitas ini digunakan beberapa kriteria kondisi

pemuatan (Loadcase) untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada masing-masing kondisi. Loadcasse yang akan diperiksa berkaitan dengan DWT, seperti isi tangki, jumlah penumpang and kendaraan, dll. Perhitungan stabilitas ini dilakukan dengan membagi menjadi delapan belas loadcase seperti pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Loadcases

Load case							
	Kondisi Muatan	Loadcase	trip	Kendaraan (ton)	Penumpang	Consumable (%)	ballast (%)
1	Penumpang penuh kendaraan penuh	PPKPA	awal hari (A)	20	57	100	0
2		PPKPB	tengah hari (B)	20	57	50	20
3		PPKPC	akhir hari (C)	20	57	10	36
4	Penumpang setengah kendaraan penuh	PSKPA	awal hari (A)	20	28	100	4
5		PSKPB	tengah hari (B)	20	28	50	25
6		PSKPC	akhir hari (C)	20	28	10	40
7	Penumpang setengah kendaraan setengah	PSKSA	awal hari (A)	10	28	100	25
8		PSKSB	tengah hari (B)	10	28	50	45
9		PSKSC	akhir hari (C)	10	28	10	60
10	Penumpang penuh kendaraan setengah	PPKSA	awal hari (A)	20	57	100	20
11		PPKSB	tengah hari (B)	20	57	50	41
12		PPKSC	akhir hari (C)	20	57	10	57
13	Penumpang penuh kendaraan kosong	PPKKA	awal hari (A)	0	57	100	41
14		PPKKB	tengah hari (B)	0	57	50	62
15		PPKKC	akhir hari (C)	0	57	10	78
16	Penumpang setengah kendaraan kosong	PSKKA	awal hari (A)	10	28	100	45
17		PSKKB	tengah hari (B)	10	28	50	65
18		PSKKC	akhir hari (C)	10	28	10	81

Trim merupakan kondisi yang pasti terjadi, karena perubahan kondisi pemuatan secara otomatis pasti mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemerikasaan trim ini mengacu pada SOLAS Reg. II/7, dimana kondisi trim maksimum yang diperbolehkan adalah 5% Lwl. Dengan kondisi trim yang didapatkan pada tiap tiap loadcase dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Kondisi trim tiap loadcase

LOADCASE		
PPKPA	0.064 m	Trim by stern
PPKPB	0.060 m	Trim by stern
PPKPC	0.057 m	Trim by stern
PSKPA	0.063 m	Trim by stern
PSKPB	0.059 m	Trim by stern
PSKPC	0.056 m	Trim by stern
PSKSA	0.066 m	Trim by stern
PSKSB	0.062 m	Trim by stern
PSKSC	0.060 m	Trim by stern
PPKSA	0.068 m	Trim by stern
PPKSB	0.063 m	Trim by stern
PPKSC	0.060 m	Trim by stern
PPKKA	0.060 m	Trim by stern
PPKKB	0.067 m	Trim by stern
PPKKC	0.064 m	Trim by stern
PSKKA	0.070 m	Trim by stern
PSKKB	0.066 m	Trim by stern
PSKKC	0.063 m	Trim by stern

Setelah semua data telah terpenuhi, didapatkan hasil analisis stabilitas yang dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 dibawah.

Tabel 5.17 Analisis Stabilitas (1)

CRITERIA	Area 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Maximum GZ at 30 or greater	Angle of maximum GZ
	shall be greater than(>)	shall be greater than (>)	shall be greater than (>)	shall be greater than (>)	shall be greater than (>)
VALUE	3,1513	5,1566	1,7189	0,2	25
UNIT	c	m.deg	m.deg	m	deg
PPKPA	18,37	30,37	12,00	1,68	115,50
PPKPB	18,01	29,73	11,72	1,63	115,50
PPKPC	177,97	29,66	11,69	1,63	115,50
PSKPA	18,24	30,12	11,88	1,66	115,50
PSKPB	18,23	30,11	11,88	1,66	115,50
PSKPC	18,18	30,02	11,84	1,65	115,50
PSKSA	18,54	30,66	12,12	1,70	114,50
PSKSB	18,47	30,54	12,06	1,69	114,50
PSKSC	18,39	30,39	12,00	1,68	114,50
PPKSA	18,35	30,31	11,96	1,67	115,5
PPKSB	18,29	30,22	11,93	1,67	115,50
PPKSC	18,22	30,09	11,87	1,66	115,50
PPKKA	18,61	30,77	12,16	1,71	114,50
PPKKB	18,50	30,59	12,09	1,70	114,50
PPKKC	18,39	30,39	12,01	1,68	114,50
PSKKA	18,79	31,08	12,30	1,73	114,50
PSKKB	18,68	30,89	12,21	1,72	114,50
PSKKC	18,56	30,69	12,13	1,70	114,50

Tabel 5.18 Analisis Stabilitas (2)

CRITERIA	Initial GMt	Passenger crowding : angle of equilibrium	Turning : angle of equilibrium	Severe wind and rolling	Severe wind and rolling	Severe wind and rolling
	shall be greater than (>)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel / deck edge immersion	Area 1 / Area 2 shall be greater than (>)
VALUE	0,15	10	10	16	80	100
UNIT	m	deg	deg	deg	%	%
PPKPA	2,39	0,40	1,20	3,60	3335,83	214,46
PPKPB	2,33	0,40	1,20	33,70	36,41	211,60
PPKPC	2,34	0,40	1,20	3,70	36,40	211,33
PSKPA	2,37	0,40	1,20	3,60	36,02	213,21
PSKPB	2,37	0,40	1,20	3,60	35,97	35,97
PSKPC	2,37	0,40	1,20	3,60	35,90	212,74
PSKSA	2,41	0,40	1,10	3,60	35,61	215,73
PSKSB	2,40	0,40	1,10	3,60	35,59	215,16
PSKSC	2,39	0,40	1,10	3,60	35,58	214,23
PPKSA	2,39	0,40	1,10	3,60	35,93	213,90
PPKSB	2,38	0,40	1,10	3,60	35,97	213,80
PPKSC	2,37	0,40	1,20	3,60	36,03	213,24
PPKKA	2,42	0,40	1,20	3,60	35,60	216,08
PPKKB	2,40	0,40	1,20	3,60	35,74	215,58
PPKKC	2,39	0,40	1,20	3,60	35,86	214,79
PSKKA	2,44	0,40	1,10	3,50	35,24	217,40
PSKKB	2,43	0,40	1,10	3,50	35,30	216,53
PSKKC	2,41	0,40	1,10	3,60	35,43	215,71

BAB 6

ANALISIS EKONOMIS

6.1. Biaya Pembangunan Kapal

Dalam analisis biaya pembangunan kapal, terbagi menjadi 3 komponen utama yaitu biaya pelat dan konstruksi, biaya equipment dan outfitting, serta biaya untuk tenaga penggerak. Selain itu juga dalam analisis ekonomis dilakukan perhitungan koreksi yang meliputi keuntungan galangan, biaya inflasi, dan biaya pajak pemerintah. Masing-masing komponen tersebut dibuat list untuk harga dan dilakukan kalkulasi untuk dapat mengetahui biaya dari pembangunan *double ended ro-ro ferry*. Rekapitulasi dari perhitungan biaya pembangunan dapat dilihat pada Tabel 6.1 .

Tabel 6.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan
REKAPITULASI PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN

<u>Item</u>	Rata-Rata Tingkat Inflasi Tahunan	6%	<u>Biaya</u>
Pelat Keseluruhan dan Elektroda	Rp	2.164.766.775,90	
Fasilitas Umum dan Navigation Room	Rp	359.210.666,12	
Peralatan Navigasi dan Komunikasi	Rp	670.335.180,25	
Machinery dan Kelistrikan	Rp	621.428.903,09	
Equipment & Outfitting	Rp	130.823.838,36	
Sensor & Autonomous	Rp	514.973.336,00	
Construction cost	Rp	789.313.072,74	
a. Subtotal	Rp	5.250.851.772,46	
8. Shipyard Profit Margin (5%)	Rp	262.542.588,62	
9. Non-Weight Costs (10%)	Rp	525.085.177,25	
10. Inflasi (6%)	Rp	315.051.106,35	
11. Biaya Pajak Pemerintah (10%)	Rp	525.085.177,25	
Total Biaya Pembangunan	Rp	6.878.615.822,00	
NILAI INVESTASI			
1. Biaya Pembangunan	Rp	6.878.615.822,00	
2. Bunga pinjaman (9.6%)	Rp	336.388.504,56	
Nilai Investasi	Rp	7.215.004.326,56	

6.2. Perhitungan Biaya Operasional

Untuk dapat memenuhi biaya pembangunan, dilakukan peminjaman uang kepada bank. Pada pembangunan kapal ini, digunakan bank Mandiri sebagai sumber untuk peminjaman dana. Bank Mandiri memiliki beberapa ketentuan mengenai pengajuan kredit investasi.

Selain itu, pada kapal juga terdapat biaya pengeluaran terkait dengan operasional kapal. Biaya yang dimaksud yaitu cicilan pinjaman, biaya perawatan, biaya asuransi, gaji kru, biaya bahan bakar, biaya kebutuhan air bersih, dan biaya labuh serta tambat. Hasil rekapitulasi biaya dapat dilihat pada Tabel 6.2

Tabel 6.2 Rekapitulasi Biaya Operasional

$$\text{Operating Profit Margin} = (\text{EBIT} / \text{Revenue}) * 100\%$$

<i>Operating Profit Margin</i>	15%
<u>ANNUAL OPERATING COST</u>	
BIAYA OPERASIONAL	
Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp 6.071.592.500,00
Biaya Air Bersih	Rp 111.181.190,00
Biaya Kru	Rp 325.000.000,00
Biaya <i>Maintenance & Repair</i>	Rp 245.438.642,06
Asuransi	Rp 49.087.728,41
Biaya Admininstrasi	Rp 800.000.000,00
Biaya Pemasaran	Rp 700.000.000,00
BIAYA LAIN	
Depresiasi	Rp 343.930.791,10
Total Biaya Operasional	Rp 8.646.230.851,57
<u>Annual Revenue</u>	
Rp 10.172.036.295,97	

6.3. Harga Tiket

Penentuan harga tiket pada *Double Ended Ro-ro Ferry* ditentukan berdasarkan acuan pada harga tiket kapal penyeberangan Ujung – Kamal saat ini. Berdasarkan hal tersebut, penentuan harga tiket dibagi menjadi dua yaitu harga untuk tiket *regular* yaitu kapal hanya melakukan penyeberangan seperti biasa dan harga untuk wisata Selat Madura yang hanya diadakan pada *weekend* (Sabtu dan Minggu) pukul 09.00 sampai 13.00 dan 15.00 sampai 19.00. Selain itu harga tiket juga dibagi berdasarkan golongan penumpang dan golongan kendaraan, dimana untuk golongan penumpang dibagi menjadi anak-anak (usia 2-15 tahun) dan dewasa (diatas 15 tahun). Untuk golongan kendaraan dibagi sesuai dengan golongan kendaraan. Harga tiket dapat dilihat pada Tabel 6.3 dibawah ini.

Tabel 6.3 Harga Tiket

Perencanaan Harga Tiket				
Jenis muatan	Tipe	Harga		
		Regular	Wisata Selat Madura	
Penumpang	Dewasa	Rp 7.000,00	Rp 15.000,00	
	Anak	Rp 5.000,00	Rp 10.000,00	
	TNI/Polri/Pelajar	Rp 6.000,00	Rp 13.000,00	
Roda 2	I	Rp 7.000,00	Rp 7.000,00	
	II	Rp 9.000,00	Rp 9.000,00	
	IIK	Rp 9.000,00	Rp 9.000,00	
	III	Rp 15.500,00	Rp 15.500,00	
Roda 4	IV A	Rp 42.000,00	Rp 42.000,00	
	IV B	Rp 42.000,00	Rp 42.000,00	
	V A	Rp 52.000,00	Rp 52.000,00	
	V B	Rp 52.000,00	Rp 52.000,00	
	VI A	Rp 53.000,00	Rp 53.000,00	
	VI B	Rp 73.000,00	Rp 73.000,00	
	VII	Rp 77.000,00	Rp 77.000,00	
	VIII	Rp 80.000,00	Rp 80.000,00	

6.4. Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) adalah selisih antara nilai pemasukan dan nilai pengeluaran sekarang. Untuk nilai pengeluaran yang digunakan merupakan hasil diskon dari *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor. Perhitungan yang dilakukan melibatkan anggaran modal untuk proyeksi analisis probabilitas investasi dengan tujuan mencari investasi dengan nilai NPV positif (Ross, 2005).

NPV yang memiliki nilai negatif akan berstatus layak, sedangkan untuk NPV bernilai negatif akan memiliki status tidak layak. Perhitungan NPV dilakukan dalam tahun rencana investasi selama 20 tahun. Analisis juga dilakukan berdasarkan harga tiket yang sudah ditentukan, maka didapatkan perhitungan NPV seperti pada Tabel 6.6.

Tabel 6.4 Income Pertahun

Perkiraan Revenue			
Regular		Wisata Selat Madura	
Jumlah	Total	Jumlah	Total
55	Rp 385.000,00	84	Rp 1.260.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
1	Rp 7.000,00	0	Rp -
56	Rp 504.000,00	84	Rp 756.000,00
9	Rp 81.000,00	0	Rp -
1	Rp 15.500,00	0	Rp -
3	Rp 126.000,00	6	Rp 252.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
1	Rp 52.000,00	2	Rp 104.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
Revenue / Trip	Rp 1.170.500		Rp 2.372.000
		Weekdays	Weekend
Revenue / Hari	Rp 30.433.000	Rp 32.898.000	
Revenue / bulan	Rp 932.710.000		
Revenue / Tahun	Rp 11.192.520.000		

Tabel 6.5 Free Cash Flow
PERHITUNGAN FREE CASHFLOW PER TAHUN

Free cashflow = EBIT(1-t) + Depreciation - CAPEX - Inc. Net WC*

t = Pajak Penghasilan 25%

CAPEX = Capital Expenditure 0

Increment Net Working Cap. 0

1) LABA/(RUGI) SEBELUM BUNGA & PAJAK
PENDAPATAN

Penjualan tiket	Rp 11.047.368.000,00
-----------------	----------------------

BIAYA OPERASIONAL

Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp 6.071.592.500,00
--------------------------	---------------------

Biaya Air Bersih	Rp 111.181.190,00
------------------	-------------------

Biaya Kru	Rp 325.000.000,00
-----------	-------------------

Biaya Maintenance & Repair	Rp 245.438.642,06
----------------------------	-------------------

Asuransi	Rp 49.087.728,41
----------	------------------

Biaya Administrasi dan Umum	Rp 1.500.000.000,00
-----------------------------	---------------------

BIAYA LAIN

Depresiasi	Rp 343.930.791,10
------------	-------------------

<i>Earnings Before Int. and Tax</i>	<u>Rp 2.401.137.148,43</u>
-------------------------------------	----------------------------

Free Cashflow

Rp2.144.783.652,42

LABA/(RUGI) TAHUN 2020

Pendapatan	Rp 11.047.368.000,00
------------	----------------------

Biaya Operasional	Rp 8.302.300.060,47
-------------------	---------------------

Pendapatan/(Biaya) Lain:	
--------------------------	--

2) Depresiasi

DEBIT	Rp 343.930.791,10
-------	-------------------

Free Cashflow

Rp2.144.783.652,42

Tabel 6.6 Perhitungan NPV dan IRR

PERHITUNGAN NPV DAN IRR			
Present Value = Future Value * Discount Factor			
Nilai Investasi		Rp7.215.004.326,56	
Umur Ekonomis		20	
Tingkat Diskonto (i)	22,35%		
Faktor Diskonto	1 / (1+i) ⁿ		
Net Cashflow	Rp2.144.783.652,42		
(dalam jutaan)			
Tahun ke- (n)	Net Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto	Net Present Value (Rp)
0	(7.215,00)	1,000	(7.215,00)
1	2.144,78	0,817	1.752,98
2	2.144,78	0,668	1.432,75
3	2.144,78	0,546	1.171,02
4	2.144,78	0,446	957,10
5	2.144,78	0,365	782,26
6	2.144,78	0,298	639,36
7	2.144,78	0,244	522,56
8	2.144,78	0,199	427,10
9	2.144,78	0,163	349,08
10	2.144,78	0,133	285,31
11	2.144,78	0,109	233,19
12	2.144,78	0,089	190,59
13	2.144,78	0,073	155,78
14	2.144,78	0,059	127,32
15	2.144,78	0,049	104,06
16	2.144,78	0,040	85,05
17	2.144,78	0,032	69,51
18	2.144,78	0,026	56,82
19	2.144,78	0,022	46,44
20	2.144,78	0,018	37,95
Penilaian Investasi:		NPV	2.211,26
Metode NPV		IRR	29,56%
Layak			
Metode IRR			
Layak			

6.5. Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return merupakan tingkat bunga dimana nilai NPV dari semua cash flow dari suatu investasi memiliki nilai nol. Fungsi dari IRR yaitu untuk mengevaluasi daya tarik dari suatu investasi (Ross, 2005). IRR dapat dikatakan layak apabila nilai dari IRR lebih besar daripada tingkat diskonto atau bunga pinjaman. Sedangkan, apabila nilai IRR lebih rendah dari tingkat diskonto maka investasi tidak layak untuk dilakukan. Karena nilai tingkat diskonto adalah 22,35% maka rekapitulasi dari perhitungan IRR dapat dilihat pada Tabel 6.5.

6.6. Payback Period

Dalam analisis ekonomis yang dilakukan, dilakukan perhitungan terhadap modal awal dan jangka waktu pengembalian modal awal. Mengacu kepada perhitungan yang telah dilakukan, maka rekapitulasi dari payback period dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 6.7 Payback Periode

PERHITUNGAN PAYBACK PERIOD

$$\text{Payback Period} = P + \frac{\text{Accumulated Net Cashflow } P}{\text{Net Cashflow } P+1}$$

Tahun ke- (P)	Discounted Net Cashflow	Accumulated Net Cashflow (dalam Rupiah)
0	(7,215,004,326.56)	(7,215,004,326.56)
1	1,841,958,430.88	(5,373,045,895.68)
2	1,505,475,293.55	(3,867,570,602.13)
3	1,230,459,830.96	(2,637,110,771.18)
4	1,005,683,322.79	(1,631,427,448.39)
5	821,968,275.84	(809,459,172.55)
6	671,813,712.30	(137,645,460.24)
7	549,088,909.28	411,443,449.03
8	448,783,084.90	860,226,533.94
9	366,800,811.12	1,227,027,345.05
10	299,794,799.67	1,526,822,144.72
11	245,029,234.36	1,771,851,379.08
12	200,268,069.21	1,972,119,448.30
13	163,683,732.07	2,135,803,180.37
14	133,782,505.87	2,269,585,686.24
15	109,343,541.05	2,378,929,227.29
16	89,369,008.98	2,468,298,236.27
17	73,043,361.23	2,541,341,597.50
18	59,700,031.14	2,601,041,628.65
19	48,794,218.37	2,649,835,847.02
20	39,880,644.97	2,689,716,491.99

P = Tahun terakhir kas kumulatif negatif

P = 6

Kas kumulatif P = (137,645,460.24)

Arus kas P+1 = 549,088,909.28

Payback Periode = 5.75 tahun

5.00

8.99 bulan

8.00

30.00 hari

Payback periode = **5 Tahun 8 Bulan 30 Hari**

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis maka dapat ditarik kesimpulan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Ukuran utama akhir yang diperoleh untuk *double ended ro-ro ferry* yaitu:

- <i>Length Overal</i>	= 34.97 m
- <i>Lenghth between Perpendicular</i>	= 30.34 m
- <i>Breadht</i>	= 9 m
- <i>Height</i>	= 2.4 m
- <i>Draught</i>	= 1.8 m
- <i>Service Speed</i>	= 12 knot
2. Kapal didesain untuk mengangkut penumpang sebanyak 84 orang dengan 3 *personnel on board*. Tingkatan *autonomous* yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *autonomous, Remote Engineering Watch Assisted by Personel on Board* dan *Delegated*. Kapal dijalankan secara *autonomous* dan *remote* oleh satu operator di GCS
3. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), Rencana Keselamatan (*Safety Plan*), dan Model 3 Dimensi *Double Ended Ro-ro Ferry* dapat dilihat pada Lampiran pada Tugas Akhir ini.
4. Besar biaya total pembangunan untuk *Double Ended Ro-ro Ferry* adalah sebesar **Rp 7.215.003.326,56** dengan estimasi terjadinya *Payback Period* adalah pada waktu 5 tahun 8 bulan 30 hari, *Net Present Value* yaitu sebesar Rp 2.755.500,00 dan IRR sebesar 39,56%.

7.2. Saran

Terdapat beberapa hal yang dapat direkomendasikan Penulis terhadap penelitian berikutnya, yakni:

1. Perlu dilakukan analisis khusus dan perhitungan mengenai *automated mooring*.
2. Pembuatan desain *double ended ro-ro ferry* dengan pendekatan, maka perhitungan.

3. konstruksi diharapkan lebih rinci agar semakin mendekati kondisi sesungguhnya.
4. Penentuan sebuah program untuk pembuatan kapal dengan sistem *fully autonomous*.
5. Penambahan sensor untuk dapat berlabuh secara *fully autonomous*.

DAFTAR PUSTAKA

- AAWA. (2018). *Remote and Autonomous Ships The Next Steps*. Inggris: AAWA.
- BKI. (2014). *Rules for the Classification and 2014 Edition Biro Klasifikasi Indonesia*.
- Damaranda, E. S., & Aryawan, W. D. (2017). *Pembuatan Purwarupa tes Model Untuk Pengujian Sistem Autopilot Pada Unmanned Surface Vehicle (USV)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dudin, S. D., & Gaspar, H. M. (2016). *System based ship design of fishing vessels*. Norway: Norwegian University of Science and Technology.
- ekonomi.bisnis.com. (2018, November 27). Kawasan Kaki Jembatan Suramadu Terus Dikembangkan.
- Endal, A., & Fuglerud, G. (2011). *Kompendium - TMR4105 Marine teknik*. NTNU.
- Erikstad, S. O., & Lavender, K. (2012). *System Based Design of Offshore Supply Vessel*.
- Fauzan, M. F., & Hassanudin. (2019). *Studi Modifikasi Kapal Ro-Ro Dharma Ferry I dengan Konsep Insert Hull*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Havdal, G., & Heggelung, C. T. (2018). *Design of Small Autonomous Passenger Ferry*.
- ICLL - Chapter 3, R. (1966). *International Convention on Load Lines*. IACS.
- IMO. (1966). International Convention on Load Lines. London: IMO.
- Jokionen, E. (2016). *Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative* AAWA. The Connected Ship and Shipping.
- kalsel.antaranews.com. (2016, September 7). Menikmati Wisata Suramadu Lewat Selat Madura.
- Khoirudin, M. H., & Aryawan, W. D. (2019). *Capstone Design Kapal Tanpa Awak Sebagai Media Survei Tingkat Kualitas Air di Suatu Perairan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lamb, T. (2003). *Ship Design and Construction Written by an International Group of Authorities VA AR*.
- Lavender, K. (2012). *System Based design*. NTNU Marine Technology.
- Lloyds Register. (2016, july). *Cyber-enabled Ships ShipRight procedure - Autonomous Ships*. Lloyds Register.
- Maritime UK. (2018). Being Responsible Industry: Maritime Surface Ships UK Code of Practice. *A Voluntary Code*, 1-92.
- Moormaster, C. (2004). *AUTOMATED MOORING SYSTEM*.
- Panunggal, P. E. (2007). *Diktat Kuliah Merancang Kapal I*. Surabaya: ITS, FTK, Jurusan Teknik Perkapalan.
- Rachmatdhani, W., & Aryawan, W. D. (2019). *Desain Small Autonomous Passanger Ferry di Teluk Bintuni*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- radarmadura.jawapos.com. (2019, September 6). Sepi Penumpang, PT ASDP Rugi Rp 9 Miliar.
- suara.com. (2018, Juni 10). Pelabuhan Ujung Surabaya, Primadona Sebelum Ada Suramadu.
- tirto.id. (2009, juni 10). Berdirinya Jembatan Suramadu, Penyambung Jawa dan Madura.
- Vartdal, B. J., & Jorgensen, A. (2018). Autonomous and Remotely Operated Ships. *Status and Outlook*, 1-47.

LAMPIRAN

- i. LAMPIRAN A Data Angkutan KSOP
- ii. LAMPIRAN B Data Hasil Kuesioner
- iii. LAMPIRAN C Perhitungan Teknis dan Ekonomis
- iv. LAMPIRAN D *Lines Plan*
- v. LAMPIRAN E *General Arrangement*
- vi. LAMPIRAN F *Safety Plan*
- vii. LAMPIRAN G *Design 3D*
- viii. LAMPIRAN H *Diagram Autonomous*

LAMPIRAN A
DATA ANGKUTAN KSOP TANJUNG PERAK

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 31 JANUARI 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	Khs	III	I	II	Khs	III	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI YANG	280 255	279 257	10916 10425	0 1	10903 9904	0 102	94 9806	10426 1895	1914 131	114 223	131 9732	10490 1530	1653 123	117 436	434 57	65 3	222 272	14 16	8 8	1 1	0 0	564 495	35 38	0 0	171 145	1 0	0 0	2 0	0 0	405 537	165 127	24617 23690	24232 22317	
JOKTL TRUNY WICITRA	283 0 0	283 0 0	10667 0 0	0 0	9062 0	0 0	135 0	10943 0	2239 0	127 0	166 0	10300 0	1921 0	102 0	442 0	53 0	5 0	230 0	0 0	5 0	0 0	0 0	484 0	30 0	4 0	170 0	0 0	0 0	0 0	502 0	153 0	25348 0	22392 0	
JUMLAH	818	819	32008	1	29869	0	331	31175	6048	372	520	30522	5104	342	1312	175	12	724	30	21	2	0	1543	103	4	486	1	0	2	0	1444	445	73655	68941

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 28 PEbruari 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI YANG	123 217	124 215	6463 11770	1 2	6358 10903	0 0	94 105	6769 11947	1150 2192	75 130	124 173	6673 11284	1110 1435	72 123	281 524	35 50	2 9	114 269	1 11	3 5	0 0	0 0	336 649	23 55	0 3	98 207	0 0	0 0	0 0	0 0	212 486	103 205	15200 27500	14897 25037
JOKTL TRUNY WICITRA	229 0 0	226 0 0	11954 0	0 0	11046 0	0 0	147 0	13372 0	2790 0	127 0	188 0	12511 0	2156 0	117 0	477 0	75 0	3 0	235 0	0 0	1 0	0 0	555 0	39 0	3 0	184 0	0 0	0 0	0 0	0 0	542 0	194 0	29723 0	26993 0	
JUMLAH	569	565	30187	3	28307	0	346	32088	6132	332	485	30468	4701	312	1282	160	14	618	12	9	0	0	1540	117	6	489	0	0	0	0	1240	502	72423	66927

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 31 MARET 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI YANG	96 262 7	87 258 7	4820 14980 0	0 0 0	4024 13321 239	0 0 0	29 120 0	4514 14736 144	873 2441 20	44 181 0	65 195 0	4635 14168 142	810 2264 9	51 150 1	217 705 15	33 99 0	5 5 0	88 288 1	4 19 0	1 0 0	0 0 0	274 962 19	19 68 0	3 8 0	80 246 1	1 2 0	1 0 0	0 0 0	163 626 2	72 243 0	10791 34208 0	10035 31627 0		
JOKTL WICITRA	270 0	261 0	13637 0	20 0	13423 0	0	92 0	15324 0	2986 0	141 0	207 0	15603 0	2732 0	135 0	610 0	84 0	3 0	283 0	0 0	9 0	3 0	0 0	673 0	45 0	4 0	209 0	0 0	1 0	3 0	0 0	623 0	217 0	33815 0	33252 0
JUMLAH	635	613	33669	20	31007	0	241	34718	6320	366	467	34548	5815	337	1547	216	13	660	23	18	3	0	1928	132	15	536	3	2	3	0	1414	532	79228	75325

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 30 APRIL 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI YANG	203 201	203 200	12417 12789	0 0	10984 10753	0 0	171 91	10942 11202	1897 2002	102 107	186 138	10583 10643	1710 1672	101 111	578 543	65 79	14 12	192 219	15 23	4 8	0 1	0 0	678 688	30 46	10 4	164 195	0 4	1 1	0 0	0 0	379 428	155 194	26776 27504	24602 24450
JOKTL TRUNY WICITRA	195 0 0	192 0 0	11592 0 0	0 0	10475 0	0 0	94 0	11167 0	2052 0	112 0	131 0	10958 0	2214 0	89 0	469 0	55 0	6 0	167 0	1 0	4 0	1 0	0 0	551 0	23 0	5 0	131 0	0 0	2 0	1 0	0 0	375 0	119 0	26095 0	24699 0
JUMLAH	599	595	36798	0	32212	0	356	33311	5951	321	455	32184	5596	301	1590	199	32	578	39	16	2	0	1917	99	19	490	4	4	2	0	1182	468	80375	73751

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 31 MEI 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2								KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR						
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG				KAMAL				UJUNG						KAMAL														
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	Ujung	Kamal			
TONGKOL GAJAH M GILI NYANG	213 189	210 189	10808 9670	0 0	10446 9059	0 0	60 57	11078 10194	1660 1576	137 106	104 41	11128 10358	1899 1590	111 94	440 433	67 61	7 0	207 189	0 1	6 7	1 1	0 0	569 491	31 34	1 2	152 188	0 0	0 4	0 0	1 0	0 0	471 399	113 174	24942 22694	24555 22035
JOKTL TRUNY WICITRA	218 0 0	219 0 0	11477 0 0	0 0	11324 0	0 0	69 0	12572 0	2135 0	129 0	108 0	13196 0	2478 0	123 0	529 0	68 0	3 0	214 0	0 0	13 0	1 0	0 0	541 0	17 0	2 0	188 0	0 0	1 0	2 0	0 0	481 0	155 0	27691 0	28135 0	
JUMLAH	620	618	31955	0	30829	0	186	33844	5371	372	253	34682	5967	328	1402	196	10	610	1	26	3	0	1601	82	5	528	0	5	3	0	1351	442	75327	74725	

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 30 JUNI 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2								KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR					
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG				KAMAL				UJUNG						KAMAL													
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	Ujung	Kamal		
TONGKOL GAJAH M GILI NYANG	204 178	203 178	16128 14110	0 1	14600 13179	0 0	85 57	12059 10264	1457 1405	146 98	115 56	10825 10011	1460 1404	100 109	689 620	35 42	8 8	139 165	4 6	1 0	0 0	0 0	823 801	17 22	19 5	106 113	0 0	1 0	1 0	0 0	320 325	75 106	31071 27101	28142 25806
JOKTL TRUNY WICITRA	208 0 0	207 0 0	15194 0	0	14807 0	0	77 0	12309 0	2164 0	121 0	48 0	12783 0	2112 0	122 0	696 0	52 0	8 0	168 0	1 0	3 0	1 0	0 0	814 0	25 0	7 0	130 0	0 0	3 0	0 0	0 0	389 0	110 0	31183 0	30961 0
JUMLAH	590	588	45432	1	42586	0	219	34632	5026	365	219	33619	4976	331	2005	129	24	472	11	4	1	0	2438	64	31	349	0	4	1	0	1034	291	89355	84909

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 30 JULI 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI NYANG	233 208	232 209	14676 14286	0 0	13800 13456	0 0	115 133	14555 12823	2218 1650	120 144	117 188	15317 13471	2002 1812	130 104	643 708	62 87	4 9	225 309	0 0	4 1	3 0	0 0	721 800	33 37	6 15	169 177	0 0	1 2	0 2	0 0	435 610	115 110	33060 30760	32411 30174
JOKTL TRUNY WICITRA	163 0 0	154 0 0	8072 0 0	25 0 0	7982 0 0	0 0 0	54 0 0	8484 0 0	1782 0 0	78 0	91 0	8750 0	1472 0	73 0	383 0	62 0	7 0	195 0	0 0	2 0	0 0	0 0	472 0	18 0	5 0	108 0	0 0	1 0	0 0	0 0	430 0	54 0	19574 0	19026 0
JUMLAH	604	595	37034	25	35238	0	302	35862	5650	342	396	37538	5286	307	1734	211	20	729	0	7	3	0	1993	88	26	454	0	4	2	0	1475	279	83394	81611

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 31 AGUSTUS 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2						KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR							
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M GILI NYANG	300 272	301 274	19448 19104	0 0	19082 19370	0 0	138 119	20650 19400	3603 3424	182 184	171 139	20581 19624	2297 2606	163 162	649 650	138 145	6 7	297 341	0 0	2 4	0 0	0 0	802 793	67 46	11 7	162 175	0 0	2 2	0 0	0 0	608 705	72 92	45721 44083	43410 43016
JOKTL TRUNY WICITRA	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0						
JUMLAH	572	575	38552	0	38452	0	257	40050	7027	366	310	40205	4903	325	1299	283	13	638	0	6	0	0	1595	113	18	337	0	4	0	0	1313	164	89804	86426

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

PERIODE : 1 - 30 SEPTEMBER 2019

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2									KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR				
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M	226 179	224 181	12070 10825	1 0	11421 10518	0 82	104 11855	13514 2382	2819 129	132 96	101 11699	13444 1686	1811 117	127 407	461 58	67 3	208 209	0 0	2 3	0 1	0 0	527 462	47 25	4 1	119 152	0 0	0 2	1 0	0 0	411 432	59 102	29795 26386	27661 24860	
JOKTL TRUNUY WICITRA	178 0 0	176 0 0	8425 0 0	0 0 0	8851 0 0	0 0 0	104 0 0	9902 0 0	2278 0	110 0	207 0	10278 0	2095 0	89 0	365 0	53 0	7 0	161 0	0 0	2 0	0 0	0 0	442 0	32 0	11 0	126 0	0 0	0 0	0 0	381 0	102 0	21788 0	22233 0	
JUMLAH	583	581	31320	1	30790	0	290	35271	7479	371	404	35421	5592	333	1233	178	16	578	0	7	1	0	1431	104	16	397	0	2	1	0	1224	263	77969	74754

Surabaya,
MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

DATA ANGKUTAN
PELABUHAN : UJUNG - KAMAL

PERIODE : 1 - 31 OKTOBER 2019

NAMA KAPAL	TRIP		PENUMPANG				RODA - 2									KENDARAAN RODA - 4												BAGASI		JUMLAH LEMBAR				
	UU	KM	UJUNG		KAMAL		UJUNG			KAMAL			UJUNG						KAMAL						Ujung	Kamal	Ujung	Kamal						
			DWS	ANK	DWS	ANK	I	II	II K	III	I	II	II K	III	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII	IV P	IV B	V P	V B	V I P	V I B	VII	VIII				
TONGKOL GAJAH M	201 190	201 187	9995 10439	7 1	9908 9715	0 0	76 85	11338 10975	2500 2514	105 132	81 162	11068 10598	1879 1649	103 112	423 339	83 86	8 8	188 181	2 5	1 0	0 0	574 511	35 43	7 3	107 85	1 0	0 1	0 0	0 0	440 411	30 37	25168 25184	23793 22916	
JOKTL TRUNUY WICITRA	220 0 0	218 0 0	10497 0	90 0	10548 0	0 0	89 0	11937 0	3049 0	150 0	145 0	12442 0	2616 0	140 0	426 0	94 0	4 0	208 0	0 0	2 0	0 0	538 0	21 0	5 0	139 0	0 0	2 0	0 0	559 0	63 0	27105 0	26659 0		
JUMLAH	611	606	30931	98	30171	0	250	34250	8063	387	388	34108	6144	355	1188	263	20	577	10	9	1	0	1623	99	15	331	1	3	0	0	1410	130	77457	73368

MANAGER USAHA

M. YUSUF AFFANDI
NIK. 10792382

LAMPIRAN B
DATA HASIL KUESIONER

Minat Masyarakat Untuk Wisata Kapal Laut Surabaya-Madura

Perkenalkan, saya Prisheila Maharani yang mana mahasiswa tingkat akhir Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Saat ini saya sedang melakukan penelitian Tugas Akhir yang berjudul:
"Desain Kapal Autonomous Sebagai Penyeberangan dan Wisata Rute Surabaya-Madura"

Waktu dan ketersediaan anda untuk mengisi kuesioner ini sangat berarti untuk penelitian ini dan untuk identitas serta jawaban Anda dalam kuesioner ini akan terjaga kerahasiaannya.

Atas partisipasi Anda dalam mengisi kuesioner ini, saya ucapkan terima kasih.
*** Required**

1. Usia *

Mark only one oval.

- 10-15
- 16-20
- 21-25
- 26-30
- 31-35
- 36-40
- 40 tahun keatas

2. Pekerjaan *

Mark only one oval.

- Pelajar
- Mahasiswa
- Karyawan Swasta
- Pegawai Negeri
- Wirausaha
- Pensiunan
- Other: _____

3. Apakah anda sudah pernah melakukan penyeberangan dengan KMP (Kapal Motor Penyeberangan) yang ada di Ujung-Kamal? *

Mark only one oval.

- Sudah
- Belum

4. Apakah tertarik dengan fasilitas berupa Kapal Autonomous (Tanpa Awak) sebagai sarana wisata mengelilingi selat Madura (melewati jembatan Suramadu)? *

Mark only one oval.

- Tertarik
- Kurang Tertarik

5. Jika tedapat kapal wisata autonomous di Selat Madura, Berapa harga tiket yang sesuai menurut anda? *

Mark only one oval.

- 10.000
- 15.000
- 20.000
- 25.000
- 30.000

6. Jika tedapat kapal wisata autonomous di Selat Madura yang dapat membawa kendaraan anda, kendaraan jenis apa yang akan anda gunakan? *

Mark only one oval.

- Motor
 - Motor 500cc
 - Mobil Pribadi
 - Minibus
 - Tidak membawa kendaraan
 - Other: _____
-

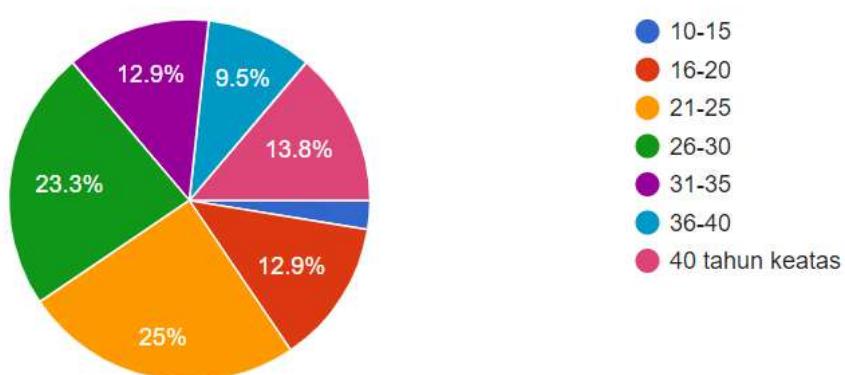
This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

HASIL KUESIONER

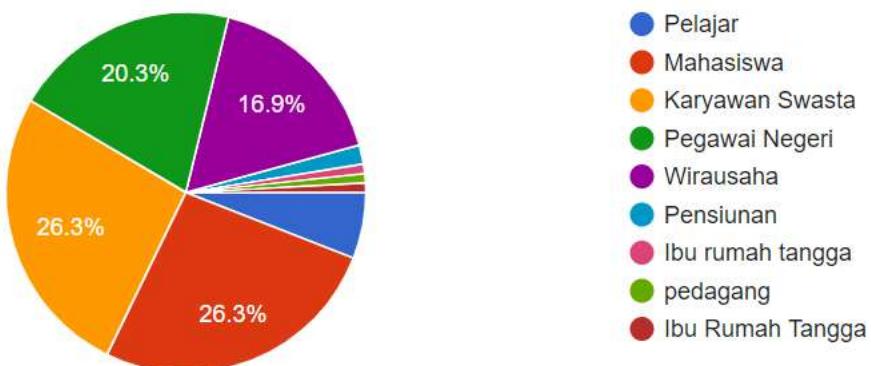
Usia

116 responses



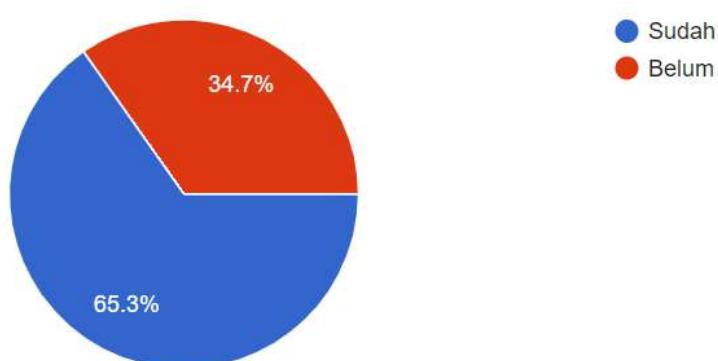
Pekerjaan

118 responses



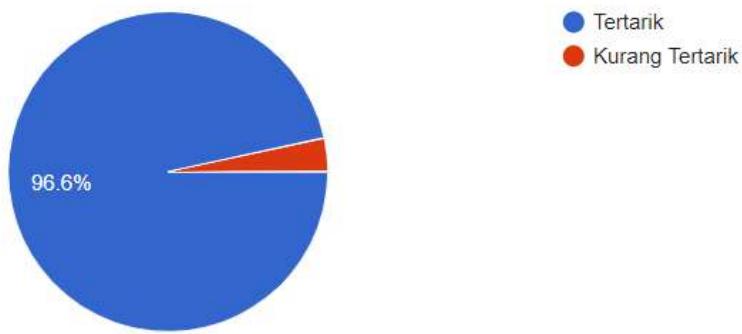
Apakah anda sudah pernah melakukan penyeberangan dengan KMP (Kapal Motor Penyeberangan) yang ada di Ujung-Kamal?

118 responses



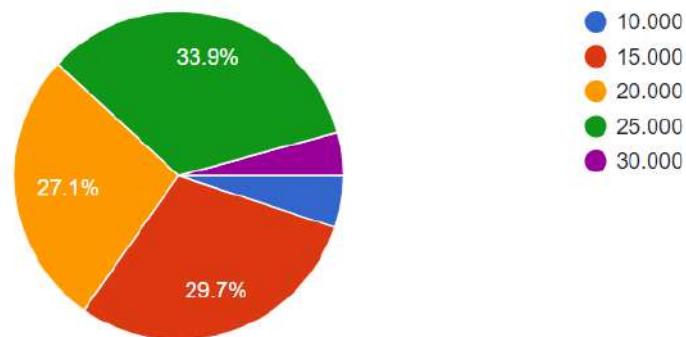
Apakah tertarik dengan fasilitas berupa Kapal Autonomous (dapat berjalan sendiri tanpa seorang nakhoda) sebagai sarana wisata mengelilingi selat Madura dan melintasi sisi bawah jembatan Suramadu

118 responses



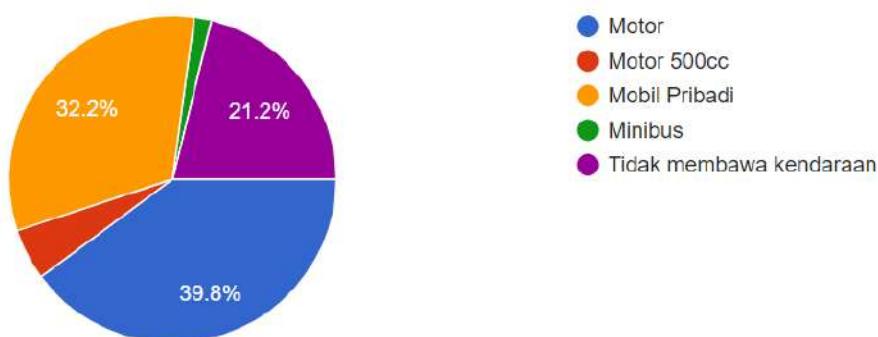
Jika tedapat kapal wisata autonomous di Selat Madura, Berapa harga tiket yang sesuai menurut anda?

118 responses



Jika tedapat kapal wisata autonomous di Selat Madura yang dapat membawa kendaraan anda, kendaraan jenis apa yang akan anda gunakan?

118 responses



LAMPIRAN C
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

Perhitungan Koefisien

Input Data :		Coefficient Calculation	
L =	30,43 m	L/B =	3,381
H =	2,40 m	B/T =	5,000
B =	9,00 m	T/H =	0,750
T =	1,80 m	L/T =	16,906
Fn =	0,36	Vs =	6,173 m/s
		ρ =	1,025 ton/m ³
Calculation :			
<ul style="list-style-type: none"> • Froude Number Dasar 		$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$ $= 0,357$	
		$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
		$; \text{Principles of Naval Architecture Vol. II Page 58}$	
<ul style="list-style-type: none"> • Ratios of Dimensions 		$\begin{array}{lll} L/B = 3,381 & \rightarrow & 3,5 < L/B < 10 \\ B/T = 5,000 & \rightarrow & 1,8 < B/T < 5 \\ L/T = 16,906 & \rightarrow & 10 < L/T < 30 \\ T/H = 0,750 & \rightarrow & 0,7 - 0,8 \end{array}$	
		$; \text{Principles of Naval Architecture Vol. I Page 19}$	
<ul style="list-style-type: none"> • Block Coefficient (Watson & Gilfillan): 		$\begin{array}{lll} C_B = -4,22 + 27,8 \sqrt{Fn} - 39,1 Fn + 46,6 Fn^3 & \rightarrow & 0,15 \leq Fn \leq 0,32 \\ = 0,552 & & \\ = 0,858 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$; \text{Parametric Design Chapter 11 Page 11}$	
<ul style="list-style-type: none"> • Midship Section Coefficient (Series 60) 		$\begin{array}{lll} C_M = 0,977 + 0,085(C_B - 0,6) & & \\ = 0,973 & & \\ = 0,956 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$; \text{Parametric Design Chapter 11 Page 12}$	
<ul style="list-style-type: none"> • Waterplane Coefficient (Tanker) 		$\begin{array}{lll} C_{WP} = C_B / (0,471 + 0,551C_B) & & \\ = 0,712 & & \\ = 0,992 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$; \text{Parametric Design Chapter 11 Page 16}$	
<ul style="list-style-type: none"> • Longitudinal Center of Buoyancy (LCB) 		$\begin{array}{lll} \text{a. LCB (\%)} = [(-13,5) + 19,4 \cdot C_B] \% \text{ Lpp} & & \\ = -2,484 \% \text{ Lpp} & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$; \text{Parametric Design Chapter 11 Page 19}$	
$\text{b. LCB dari M} = (\text{LCB (\%)}) / 100 \text{ Lpp}$		$= -0,756 \text{ m dari Midship}$	
		$\text{c. LCB dari AP} = 0,5 \cdot \text{Lpp} - \text{LCB}_M$	
		$= 14,459 \text{ m dari AP}$	
$\text{d. LCB dari FP} = 15,971 \text{ m dari FP}$			
<ul style="list-style-type: none"> • Prismatic Coefficient 		$\begin{array}{lll} C_p = C_B / C_M & ; \text{PNA Vol. I Page 19} & \\ = 0,567813536 & ; \text{min 0,73 - max 0,85} & \\ = 0,897 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$\bullet \text{ Lwl (Engineering Judgement)}$	
		$\begin{array}{lll} \text{Lwl} = 1,04 \text{ Lpp} & & \\ = 31,647 \text{ m} & & \end{array}$	
<ul style="list-style-type: none"> • (m³) 		$\begin{array}{lll} = \text{Lpp} \cdot \text{B} \cdot \text{T} \cdot C_B & & \\ = 283,237 \text{ m}^3 & & \\ = 430,77 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	
		$\bullet \Delta (\text{ton})$	
		$\begin{array}{lll} \Delta = \text{Lpp} \cdot \text{B} \cdot \text{T} \cdot C_B \cdot \rho & & \\ = 290,318 \text{ ton} & & \\ = 441,5 & & \text{MAXSURF} \end{array}$	

Perhitungan Propulsi

<u>Propulsion & Power Calculation</u>		
Input Data :		
$R_T = 20,22903891 \text{ kN}$	$D = \text{Diameter propeller}$	
$n = \text{putaran propeller}$	$= 0,65 \cdot T$	
$n (\text{rpm}) = 151 \text{ rpm}$	$= 1,17 \text{ m}$	
$n (\text{rps}) = 2,516666667 \text{ rps}$	$Z = \text{Jumlah daun propeller}$	
$F_n = 0,3503322$	$Z = 4$	$; PNA Vol. II Page 186$
$P/D = \text{Pitch ratio} ; 0.5-1.4$	$AE/AO = \text{Expanded Area Ratio}, 0.4 ; 0.55 ; 0.7 ; 0.85, 1$	
$= 1$	$= 0,4$	$; PNA Vol. II Page 186$
$\rho = 1,025 \text{ ton/m}^3$	$P_E (\text{kW}) = 124,8698114$	$; PNA Vol. II Page 186$
	$= \text{Effective Horse Power} = R_T \cdot V_s$	
	$R_n \text{ propeller} = 158071802,8$	
Calculation :		
w (Wave Friction)		
$C_v = (1+k) \cdot C_{f0} + C_A$	$; Principle of Naval Architecture Vol II Page 162$	
$= 0,0032062$		
$w = 0,3 C_B + 10 C_v \cdot C_B - 0,1$	$; Principle of Naval Architecture Vol II Page 163$	
$= 0,079375$		
Propulsive Coefficient (η_p)		
$J = \frac{V_A}{nD}$	$W_F = \frac{V_A - V_\infty}{\sqrt{J}}$	$V_A = V(1-w)$
$= 1,9299826$	$= 0,086218637$	$= 5,682833812$
$\eta_0 = \frac{J}{2 \cdot \eta_f} \cdot \frac{K_f}{K_d}$	$; PNA Vol. II Page 145$	
$= 0,55$	$; PNA Vol. II Page 145$	
	$\rightarrow \text{berdasarkan pengalaman (Engineering Judgement)}$	
$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$	$\rightarrow t=0,1 \text{ dan } \eta_R=0,98$	
$= 0,8950442$	$; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 152$	
$\eta_R = 0,98$	$; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 163$	
$\eta_D = \frac{P_E}{P_D}$	$P_E = R_T \cdot V_s (\text{kW})$	$P_D = P_E / \eta_I \eta_0 \eta_R (\text{kW})$
$= 0,4824288$	$= 124,8698114$	$= 258,8357311$
$; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 163$		
Perhitungan P_a		
$\eta_S \eta_B = 0,97$ machinery aft	$; Parametric Design Chapter 11 Page 31$	
$\eta_T = 0,965$	$; Parametric Design Chapter 11 Page 33$	
$P_B = P_E / (\eta_I \eta_0 \eta_R \eta_D \eta_B)$	$; Parametric Design Chapter 11 Page 29$	
$= 276,51913 \text{ kW}$		
Koreksi MCR		
$P_B + 15\% \text{ (Margin)} = 317,9969989 \text{ kW}$		
Total BHP = 432,3487197 HP		
Pemilihan Mesin Induk ; (Katalog Mesin & Generator Set)		
Mesin = YANMAR		
Tipe = 6AYM-WET		
Daya = 882 kW		
RPM = 1850 rpm		
L = 2760 mm		
W = 1644 mm		
H = 1707 mm		
Dry mass = 4,95 ton		
SFR _{fuel} = 211,68 g/kWh		
SFR _{lubrication} = 0,8 g/kWh		
Pemilihan Generator Set ; (Katalog Mesin & Generator Set)		
Generator Set = YANMAR		
Tipe = 4HAL2-TN	Generator Set = YANMAR	
Daya = 115 kW	Tipe = 4HAL2-TN	
H = 1685 mm	Daya = 115 kW	
W = 1117 mm	H = 1685 mm	
L = 2070 mm	W = 1117 mm	
Dry mass = 1,03 ton	L = 2070 mm	
= 1,855 ton	Dry mass = 1,83 ton	
	= 1,855 ton	

Perhitungan Hambatan

Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

Input Data :

L =	30,430 m	$C_B = 0,858$	USED FROM MAXSRUF
H =	2,400 m	$C_M = 0,956$	
B =	9,000 m	$C_{WP} = 0,992$	
T =	1,800 m	$C_P = 0,897$	
$F_n =$	0,350	$C_B = 0,540$	

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

; PNA Vol. II Page 91

Calculation :

Viscous Resistance

$$Lwl = 104\% \cdot Lpp = 31,647 \text{ m}$$

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = 0,350$$

• C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957)

$$R_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = 1,18831 \cdot 10^{-6}$$

$$= 158071802,812$$

; PNA Vol. II Page 59

$$C_{F0} = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$= 0,00195$$

; PNA Vol. II Page 90

$$R_n = v = 1,18831 \cdot 10^6$$

$$= 164394674,92$$

• Harga $1 + k_1$

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,48 \cdot C \cdot \left(\frac{B}{L} \right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L} \right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_n} \right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{V} \right) 0,3649 (1 - C_p)^{-0,6041}$$

$$= 1,9254$$

$C = 1 + 0,011 C_{stem}$ $C_{stem} = 0$, karena bentuk Afterbody normal

$$= 1$$

$$\frac{L_n}{L} = 1 - C_p + \frac{0,06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$$

$$= 0,103$$

$$L^3 / V = 114,449$$

$LCB = 2,0153 \%$

; PNA Vol. II Page 91

Resistance of Appendages

- Wetted Surface Area

; ; Practical Ship Design Page 254

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

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_M$$

$$= 0 \rightarrow \text{tanpa bulb}$$

$$S = L(2T + B)C_M^{0.8} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.00346\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{WT}}{C_B}$$

$$= 257,995 \text{ m}^2$$

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

$$= 0,959 \text{ m}^2$$

; BKI Vol. II Section 14-1

$$S_{Bilge Keel} = L_{Keel} \cdot H_{Keel} \cdot 4$$

$$L_{Keel} = 0.6 \cdot C_B \cdot L$$

$$H_{Keel} = 0.18 / (C_B - 0.2)$$

$$= 21,709$$

$$= 10,257 \text{ m}$$

$$0,529$$

$$S_{app} = \text{Total wetted surface of appendages}$$

; Practical Ship Design Page 254

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

$$= 22,668 \text{ m}^2$$

; ; PNA Vol. II Page 92

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

$$= S + S_{app}$$

$$= 280,662 \text{ m}^2$$

; ; PNA Vol. II Page 92

- Harga $1+k_2$

; ; PNA Vol. II Page 92

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

$$= 1,404$$

$$\text{Harga } (1+k_2) = 1.3 - 1.5 \rightarrow \text{rudder of single screw ship}$$

$$= 1,404$$

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

$$= 1,285$$

Wave Making Resistance

; ; PNA Vol. II Page 92

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

$$= 10,930$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0,284$$

$$= 0,284$$

$$\begin{aligned} \text{Even Keel} &\rightarrow T_a = T \\ &\quad T_f = T \end{aligned}$$

$$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$= 25,849$$

; ; PNA Vol. II Page 93

- Harga m_1

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

$$= -2,815$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_p \quad \rightarrow \quad C_p \leq 0.8$$

$$= 1,337$$

• Harga m_1

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

$$= -2,573$$

$$C_p = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_p$$

$$= 1,096$$

$$\rightarrow C_p \leq 0.8$$

• Harga m_2

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

$$e^{-0.034 \cdot F_n^{-3.29}} = \frac{31,525}{0,342}$$

$$= -0,23197$$

$$C_6 = -1,694$$

$$L^3 / \square < 517 \quad L^3 / \square = 114,449$$

• Harga λ

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12$$

$$= 1,196 \quad 3,381111111$$

• Harga C_2

$$C_2 = 1 \rightarrow \text{without bulb} \quad d = -0,9$$

• Harga C_3

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B.T.C_M)$$

$$= 1 \quad A_T = 0 \quad \text{The immersed area of the transom at zero speed}$$

$$; PNA Vol. II Page 93 \quad \text{Saat } V = 0, \text{ Transom tidak tercelup air}$$

• Harga Rw/w

$$= C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^{-d} + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$= 0,12679320080$$

• C_A (Correlation Allowance)

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

$$= 0,0007 \quad \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04$$

$$; PNA Vol. II Page 93 \quad Tf/Lwl = 0,057$$

• W (gaya berat)

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

$$= 2784,750 \text{ N}$$

• R_{Total}

$$R_T =$$

$$= 32433,654 \text{ N}$$

$$= 32,434 \text{ kN}$$

$$; PNA Vol. II Page 93$$

• $R_{Total} + 15\%(\text{margin})$

$$= 37,299 \text{ kN} \quad ; \text{Engineering Judgement}$$

Required Value				
Rt	=	37298,702	N	
V	=	6,173	m/s	
Cb	=	0,858		
1+k	=	1,406		
Cf	=	0,002		
Ca	=	0		

Pengertian	
η_b	= line bearing efficiency
η_c	= electric transmission/power conversion efficiency
η_g	= reduction gear efficiency
η_e	= en electric generator efficiency
η_h	= hull efficiency = $(1 - t)/(1 - w)$
η_m	= electric motor efficiency
η_o	= propeller open water efficiency
η_p	= propeller behind condition efficiency
η_r	= relative rotative efficiency
η_s	= stern tube bearing efficiency
η_t	= overall transmission efficiency

Effective Horse Power			
EHP	= Rt x v/1000		(parametric design hal 11-27)
	= 230,237	KW	

Thrust Horse Power			
THP	= $TV_A / 1000$		(parametric design hal 11-27)
T	= $Rt / (1-t)$		(parametric design hal 11-27)
V_A	= $V (1-w)$		(parametric design hal 11-27)
Cv	= $(1+k) C_F + C_A$		(PNA vol 2 hal 162)
Cv	= 0,003441644		
w	= $0.3 Cb + 10 Cv Cb - 0.1$		(PNA vol 2 hal 163)
	= 0,186929308		
t	= 0,1		(PNA vol 2 hal 163)
η_h	= $(1-t)/(1-w)$		(parametric design hal 11-29)
	= 1,106914821		
THP (PT)	= 207,999	KW	

Delivery Horse Power					
DHP	=	PT / η_p			(parametric design hal 11-29)
η_o	=	0,55			(propeller B-series = 0.5 - 0.6)
η_r	=	0,98			(PNA vol 2 hal 163)
η_p	=	$\eta_o \eta_r$			(parametric design hal 11-27)
η_p	=	0,539			
DHP (PD)	=	385,898	KW		

Brake Power Horse					
BHP	=	PS / (η_T)			(parametric design hal 11-29)
η_T	=	low speed diesel			(parametric design hal 11-33)
	=	0,98			
BHP	=	401,810	KW		

Maximum Continues Rates					
MCR	=	BHP + service margin 15 %			(parametric design hal 11-30)
MCR	=	462,082	KW		
	=	628,246	HP		

Engine Power Requirement					
Main Engine Power	=	462,082	KW		= 628,2461 HP
		1409,117	KW	maxsurf	= 1915,835 HP
Generator Power	=	24% Main Engine Power			
		110,900	KW		= 150,7791 Hp

Effective Horse Power (EHP)		
230,237		KW
Thrust Horse Power (THP)		
207,999		KW
Delivery Horse Power (DHP)		
385,898		KW
Shaft Horse Power (SHP)		
393,774		KW
Brake Horse Power (BHP)		
401,810		KW
Maximum Continous Rate (MCR)		
462,082		KW

Pemilihan Mesin Induk

Pemilihan Mesin Induk ; (*Katalog Mesin & Generator Set*)

Mesin = YANMAR

Tipe = **6AYM-WET**

Daya = 882 kW

RPM = 1850 rpm

L = 2760 mm

W = 1644 mm

H = 1707 mm

Dry mass = 4,95 ton

SFR_{fuel} = 211,68 g/kWh

SFR_{lubrication} = 0,8 g/kWh

Pemilihan Generator Set ; (*Katalog Mesin & Generator Set*)

Generator Set = YANMAR

Tipe = **4HAL2-TN**

Daya = 115 kW

H = 1685 mm

W = 1117 mm

L = 2070 mm

Dry mass = 1,03 ton

= 1,855 ton

Generator Set = YANMAR

Tipe = **4HAL2-TN**

Daya = 115 kW

H = 1685 mm

W = 1117 mm

L = 2070 mm

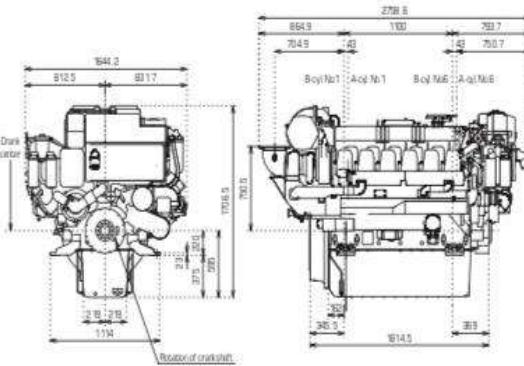
Dry mass = 1,83 ton

= 1,855 ton

12AYM-WST

MARINE PROPULSION DIESEL ENGINE

H-rating 882kW (1199mhp)
H-rating 1030kW (1400mhp)

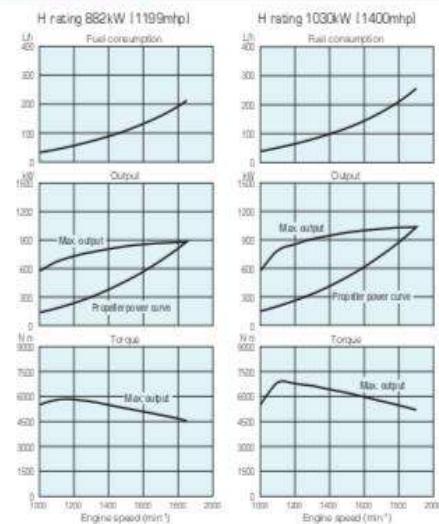


- V-type, 12-cylinder, direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- 4-valves per cylinder for higher combustion efficiency.
- Conform to IMO Tier II emissions regulations.

Specifications

Model	12AYM-WST H-rating
Number of cylinders	12 V-type
Bore × stroke	mm 155 × 180
Displacement	litre 40.76
Rated output	kW/rpm H : 882(1199)/1850 H : 1030(1400)/1900
Combustion system	Direct injection
Aspiration	Turbocharger + intercooler
Starting system	Electric starting motor (24V-80kW)×2 or air motor×2
Cooling system	Constant high temperature cooling system
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #00 and 21 in.
Dry mass	kg 4950 (without marine gear)
Dimensions (L×W×H)	mm 2759×1644×1707

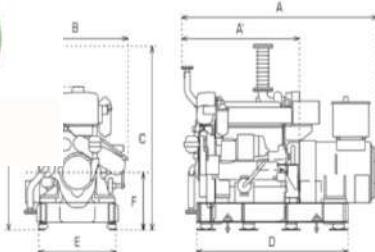
Performance curves



4HAL2

MARINE AUXILIARY DIESEL ENGINE

Generator Capacity
64~120kWe



G : Minimum Height for Removing Piston [Not included the dimension for bolt fitting to piston remove.]

Dimensions (mm)	4HAL2-TN1	4HAL2-TN	4HAL2-WT
A	2070	2070	2070
B	1245	1245	1245
C	1117	1117	1117
D	1695	1685	1685
E	1600	1600	1600
F	820	820	820
G	599	529	529
	1312	1312	1312

Depending on the specifications or options that have been chosen, your model may differ slightly from the one in the photograph and outline.

Specifications

Engine Model	4HAL2-TN1	4HAL2-TN	4HAL2-WT
Type	Vertical, Water-cooled, 4-stroke Diesel		
No. of Cylinders		In-line 4	
Cylinder Bore × Stroke	mm 130×165		
Continuous Rated Output	72 (88) kW/rpm	89 (112) kW/rpm	116 (157) kW/rpm
Generator Capacity	64 (80) kWe/rpm	104 (130) kWe/rpm	80 (100) kWe/rpm
Engine Speed	min⁻¹ 1200	1500	1800
Combustion system	Direct injection		
Starting system	Electric Starting or Air-motor starting		
Dry Weight	kg 1030		
Total Weight (GenSet)	kg 1855		

The engine dry weight may differ depending upon the specifications and attached accessories.
Above generator capacity will vary according to actual generator efficiency.

Perhitungan Berat Baja

Steel Weight Calculation

No	Tipe kapal	CSO
1	Bulk carriers	0.070
2	Cargo ship (1 deck)	0.070
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.650
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

Koefisien titik berat	
Type kapal	CKG
Passenger 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

; *Ship Design for Efficiency and Economy Page 150 & 154*

Input Data :

$$\begin{aligned}
 L &= 30.43 \quad \text{m} \\
 H &= 2.40 \quad \text{m} \\
 B &= 9.00 \quad \text{m} \\
 T &= 1.80 \quad \text{m} \\
 F_n &= 0.360
 \end{aligned}$$

Calculation :

Volume Deckhouse

• Volume Car Deck

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (L}_{D\text{ I}}\text{)} &= \\
 &= 32.25 \quad \text{m} \\
 \text{Lebar (B}_{D\text{ I}}\text{)} &= \\
 &= 9.0 \quad \text{m} \\
 \text{Tinggi (h}_{D\text{ I}}\text{)} &= \\
 &= 4.0 \quad \text{m} \\
 V_{DH\text{-layer I}} &= L_{D\text{ I}} \cdot B_{D\text{ I}} \cdot h_{D\text{ I}} \\
 &= 1,161.0 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

• Volume Passenger Deck

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang (L}_{D\text{ II}}\text{)} &= \\
 &= 19.234 \quad \text{m} \\
 \text{Lebar (B}_{D\text{ II}}\text{)} &= \\
 &= 9.0 \quad \text{m} \\
 \text{Tinggi (h}_{D\text{ II}}\text{)} &= \\
 &= 2.7 \quad \text{m} \\
 V_{DH\text{-layer II}} &= L_{D\text{ II}} \cdot B_{D\text{ II}} \cdot h_{D\text{ II}} \\
 &= 467.4 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

- **Volume Navigation Deck**

$$\begin{aligned}\text{Panjang } (L_{D \text{ III}}) &= \\ &= 4.5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar } (B_{D \text{ III}}) &= \\ &= 4.7570 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi } (h_{D \text{ III}}) &= \\ &= 2.5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{DH\text{-layer III}} &= L_{D \text{ III}} \cdot B_{D \text{ III}} \cdot h_{D \text{ III}} \\ &= 54 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- **Volume Total**

$$\begin{aligned}V_{DH} &= V_{DH\text{-Passenger Deck}} + V_{DH\text{-Navigation Deck}} + V_{DH\text{-Car Deck}} \\ &= 1681.9 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Steel Weight

; *Ship Design for Efficiency and Economy Page 154*

- $D_A = \text{Tinggi kapal setelah dikoreksi dengan superstructure dan deckhouse}$
 $= H + (V_A + V_{DH}) / (Lpp * B)$
 $= 8.541 \text{ m}$
- $C_{SO} = \text{Passenger Ship}$
 $= 0.0580 \text{ t/m}^3$
- $\Delta_{\text{Kapal}} = 441.50 \text{ ton}$
- $U = \log \left(\frac{\Delta}{100} \right)$
 $= 0.645$
- $C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^{2.45})}$
 $= 0.103 \text{ t/m}^3$
- $W_{ST} = Lpp \cdot B \cdot D_A \cdot C_S$
 $= 240.87 \text{ ton (total berat rumah geladak dan bangunan atas)}$
; Harvald and Jensen 1992 Method
; *Ship Design for Efficiency and Economy, Page 154*

weight of deck house

The specific volumetric weights are:

for small and medium sized cargo ship 60-70 kg/m³

for large cargo ships, tanker,etc 80-90 kg/m³

for this ship 60 kg/m³

Weight Car Deck 69.66 ton

Weight Passenger Deck 28.043172 ton

Weight Navigation Deck 3.210975 ton

total 100.91415 ton

$$\begin{aligned}\text{weight} &= W_{ST} - W_{DH} \\ &= 139.96 \text{ ton}\end{aligned}$$

Crew and Consumable Calculation

Parametric Design Chapter 11, Michael G. Parsons
Lecture of Ship Design and Ship Theory: Herald Poehls

Input Data :

L =	30,43	m	Vs =	6,17	m/s	12	knot	Jarak Pelayaran=	2,75	nm
B =	9,00	m	P _B =	882	kW			Jarak pelayaran=	5100	m
H =	2,40	m	P _B =	1183	HP			Lama Pelayaran=	0,230	jam
T =	1,80	m								

Perhitungan :

Consumable :

• Crew = 5 orang ; Peraturan Menteri Perhubungan (KM) No. 70 tahun 1998 tentang Pengawalan Kapal Niaga

Passanger = 57 orang

• Crew Weight

C_{C&E} = 0,17 ton/person

W_{C&E} = 0,85 ton

; Parametric Design Chapter 11 Page 25

• Fuel Oil

SFR = 0,186702 ton/kW.hr

MCR = 882 kW

Margin = 0,10

W_{FO} = SFR * MCR * S/Vs*(1+margin)

= 3,49 ton

V_{FO} = 3,82 m³

= 3,63 ton

; Parametric Design Chapter 11 Page 24

margin ; (5% ~ 10%)
S/Vs = 17,00 jam kapal isi bensin setelah 17 jam berjalan

Π = 0,95

Perkiraan dimensi tangki

p	l	h	vol
3,30	1,00	1,00	3,30

• Diesel Oil

W_{DO} = C_{DO} x W_{FO} C_{DO} = 0,1~0,2

W_{DO} = 0,70 ton

V_{DO} = 0,84 m³

C_{DO} = 0,20

V_{DO} = (W_{DO} + 2% W_{DO})/Π

Π = 0,85

Perkiraan dimensi tangki

p	l	h	vol
1,00	0,75	1,00	0,75

• Lubrication Oil

W_{LO} = 0,01319 ton SFR = 0,0000008 ton/kWhr

V_{LO} = 0,01525 m³

Margin = 0,10

; Parametric Design Chapter 11 Page 24

MCR = 882 kW

Π = 0,9

V_{LO} = (W_{LO} + 4% W_{LO})/Π

Π = 0,9

• Fresh Water

range = 2,75 nm

Vs = 12 knots

day = 0,708 = 17,000 jam

W_{FW1} = 0,17 ton/(person.day)

= 7,47 ton

ρ_{FW} = 1,00 ton/m³

V_{FW} = 7,62 m³

W_{FW Total} = 11,88 ton

= 16,29 ton

W_{consumable} = 20,77 ton

; Parametric Design Chapter 11 Page 24

W_{FW2} = air tawar untuk pendingin mesin

= (2 ~ 5) . BHP . 10⁻³

= 4,41 ton

Perkiraan dimensi tangki

p	l	h	vol
4,00	2,00	1,00	8,00

Crew List	
Jenis Pekerjaan	Jumlah
Engineer	1
Karyawan Cafetaria	1
Cleaner	1
Total	3

Equipment and Outfitting Calculation

[Reference : Ship Design for Efficiency and Economy]

Input Data :

$$\begin{array}{ll} L = & 30,43 \text{ m} \\ B = & 9,00 \text{ m} \\ H / Depth (D) = & 2,40 \text{ m} \end{array} \quad C_{ALV} = 160 \text{ kg/m}^2$$

$$W = (A \cdot C_{ALV}) / 1000$$

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ships :	160 – 170 kg/m ²
For large cargo ships, large tankers, etc :	180 – 200 kg/m ²
	160 kg/m ²

• WH Deck

$$\begin{array}{ll} L_{WH} = & 4,50 \text{ m} \\ B_{WH} = & 8,00 \text{ m} \\ A_{WH} = & 36,00 \text{ m}^2 \\ W_{WH} = & 5,76 \text{ ton} \end{array} \quad \begin{array}{ll} L_{Passenger} = & 19,23 \text{ m} \\ B_{Passenger} = & 9,00 \text{ m} \\ A_{Passenger} = & 173,11 \text{ m}^2 \\ W_{Passenger} = & 27,70 \text{ ton} \end{array}$$

$$W_{Group\ III} = 33,46 \text{ ton} ; \text{ untuk persebaran E/O di deckhouse}$$

Grup IV (Miscellaneous)

; Ship Design for Efficiency and Economy Page 172

$$C = (0.18 \text{ ton/m}^2 < C < 0.26 \text{ ton/m}^2)$$

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

$$WIV = (L \cdot B \cdot D)^{2/3} * C$$

$$= 22,57$$

W ramp door

$$\begin{array}{ll} = Co \cdot L \cdot B & Co = 0,28 \\ = 13,7 \text{ ton} & 6,87 \text{ per ramp door} \end{array}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$W_{E&O} = 69,76 \text{ ton} ; \text{ untuk persebaran E/O di deckhouse}$$

Komponen Berat	Berat Bagian	Berat (ton)	
DWT	Kendaraan	20.9123781	45.66918726
	Penumpang	3.99	
	Crew & consumable	20.77	
LWT	Steel Weight	240.49	395.59
	Equipment & Outfitting	69.76	
	Machinery	85.33572583	
	Total	441.2611407	

Koreksi Displacement				
Berat Total	Displacement	Selisih		Check Displaceme
		kg	%	
441.2611407	451.5	10.24	2%	Pass

Perhitungan Lambung Timbul

Kapal sungai merupakan kapal dengan panjang lebih dari 40 m.

Sehingga untuk menghitung lambung timbul

menggunakan ketentuan International Convention on Load Lines (ICLL) 1966.

Input Data

L_{PP}	=	30,43	m
L_{WL}	=	31,65	m
B	=	9,00	m
H	=	2,40	m
T	=	1,80	m
V	=	430,770	m^3
$D_{moulded}$	=	2,40	m
0.85 $D_{moulded}$	=	2,040	m
C_B	=	0,7	

Tipe Kapal

(ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27 menyebutkan:

Kapal Tipe A adalah:

- a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka
- c. Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal *double ended ro-ro ferry* termasuk kapal Tipe B

Lambung Timbul (ICLL Chapter 3, Reg. 28, Freeboard Table for Type B Ships)

30	250	66	653	102	1166
31	258	67	666	103	1181
32	267	68	680	104	1196
33	275	69	693	105	1212
34	283	70	706	106	1228
35	292	71	720	107	1244
36	300	72	733	108	1260
37	308	73	746	109	1276
38	316	74	760	110	1293
--	--	--	--	--	--

$$\begin{aligned}
 F_{b_1} &= 267 \text{ mm} && \text{Untuk kapal dengan } L = 32 \text{ m} \\
 F_{b_1} &= 26.7 \text{ cm} \\
 &= 0.267 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk kapal Tipe B dengan panjang dibawah 108 meter, tinggi freeboard ditambah 50 mm

(ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27

$$\begin{aligned}
 F_{b_2} &= 317 \text{ mm} \\
 &= 0.317 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Koreksi

Coefficient Block

$$\begin{aligned}
 &\text{Koreksi } C_B \text{ hanya untuk kapal dengan } C_B > 0.68 \\
 C_B &= 0.7 \\
 \text{koreksi } C_B &= \frac{C_B + 0.68}{1.36} \\
 &= 1.014706 \\
 F &= 321.6618
 \end{aligned}$$

Depth

$$\begin{aligned}
 L / 15 &= 2.109813 \\
 D &= 2.4 \\
 D > L / 15 &; \text{ maka ada koreksi depth} \\
 F_b &= R \cdot (D - (L / 15)) \\
 R &= L / 0.48 && ; \text{Practical Ship Design pg. 309} \\
 R &= 65.93167 \\
 F_b &= 19.13249 \text{ mm} &= 0.019132 \text{ m} \\
 F_{b_3} &= 321.6809 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Koreksi lambung timbul untuk kapal dibawah 100 meter

ICLL Chapter 3, Reg. 29

Correction to the Freeboard for Ships under 100 metres (328 feet) in length

E = panjang efektif bangunan atas

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi} &= 7.5(100-L)(0.35-(E / L)) \text{ millimetres} \\
 &= -274.14 \text{ mm} \\
 &= -0.27 \text{ m} \\
 \text{Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas} &= -0.274 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned}
 F_b' &= F_{b_3} - \text{Koreksi lambung timbul kapal dibawah 100 m} \\
 &= 321.955 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Batasan

Lambung timbul sebenarnya

$$\begin{aligned}
 F_b &= H - T \\
 &= 0.60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lambung timbul sebenarnya harus lebih besar daripada yang disyaratkan

Kondisi = Diterima

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Disyaratkan	0.322	m
Lambung Timbul Sebenarnya	0.60	m
Kondisi	Diterima	

Load case							
	Kondisi Muatan	Loadcase	Trip	Kendaraan (ton)	Penumpang	Consumable (%)	Ballast (%)
1	Penumpang penuh kendaraan penuh	PPKPA	awal hari (A)	20	57	100	0
2		PPKPB	tengah hari (B)	20	57	50	20
3		PPKPC	akhir hari (C)	20	57	10	36
4	Penumpang setengah kendaraan penuh	PSKPA	awal hari (A)	20	28	100	4
5		PSKPB	tengah hari (B)	20	28	50	25
6		PSKPC	akhir hari (C)	20	28	10	40
7	Penumpang setengah kendaraan setengah	PSKSA	awal hari (A)	10	28	100	25
8		PSKSB	tengah hari (B)	10	28	50	45
9		PSKSC	akhir hari (C)	10	28	10	60
10	Penumpang penuh kendaraan setengah	PPKSA	awal hari (A)	20	57	100	20
11		PPKSB	tengah hari (B)	20	57	50	41
12		PPKSC	akhir hari (C)	20	57	10	57
13	Penumpang penuh kendaraan kosong	PPKKA	awal hari (A)	0	57	100	41
14		PPKKB	tengah hari (B)	0	57	50	62
15		PPKKC	akhir hari (C)	0	57	10	78
16	Penumpang setengah kendaraan kosong	PSKKA	awal hari (A)	10	28	100	45
17		PSKKB	tengah hari (B)	10	28	50	65
18		PSKKC	akhir hari (C)	10	28	10	81

LOADCASE			
PPKPA	0.064	m	<i>Trim by stern</i>
PPKPB	0.060	m	<i>Trim by stern</i>
PPKPC	0.057	m	<i>Trim by stern</i>
PSKPA	0.063	m	<i>Trim by stern</i>
PSKPB	0.059	m	<i>Trim by stern</i>
PSKPC	0.056	m	<i>Trim by stern</i>
PSKSA	0.066	m	<i>Trim by stern</i>
PSKSB	0.062	m	<i>Trim by stern</i>
PSKSC	0.060	m	<i>Trim by stern</i>
PPKSA	0.068	m	<i>Trim by stern</i>
PPKSB	0.063	m	<i>Trim by stern</i>
PPKSC	0.060	m	<i>Trim by stern</i>
PPKKA	0.060	m	<i>Trim by stern</i>
PPKKB	0.067	m	<i>Trim by stern</i>
PPKKC	0.064	m	<i>Trim by stern</i>
PSKKA	0.070	m	<i>Trim by stern</i>
PSKKB	0.066	m	<i>Trim by stern</i>
PSKKC	0.063	m	<i>Trim by stern</i>

CRITERIA	Are 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Maximum GZ at 30 or greater	Angle of maximum GZ
	shall be greater than (>)	shall be greater than (>)			
VALUE	3.1513	5.1566	1.7189	0.2	25
UNIT	m.deg	m.deg	m.deg	m	deg
PPKPA	18.37	30.37	12.00	1.68	112.50
PPKPB	18.01	29.73	11.72	1.63	112.50
PPKPC	177.97	29.66	11.69	1.63	112.50
PSKPA	18.24	30.12	11.88	1.66	112.50
PSKPB	18.23	30.11	11.88	1.66	112.50
PSKPC	18.18	30.02	11.84	1.65	112.50
PSKSA	18.54	30.66	12.12	1.70	111.50
PSKSB	18.47	30.54	12.06	1.69	111.50
PSKSC	18.39	30.39	12.00	1.68	111.50
PPKSA	18.35	30.31	11.96	1.67	115.5
PPKSB	18.29	30.22	11.93	1.67	113.00
PPKSC	18.22	30.09	11.87	1.66	113.00
PPKKA	18.61	30.77	12.16	1.71	112.50
PPKKB	18.50	30.59	12.09	1.70	112.50
PPKKC	18.39	30.39	12.01	1.68	112.50
PSKKA	18.79	31.08	12.30	1.73	111.50
PSKKB	18.68	30.89	12.21	1.72	111.50
PSKKC	18.56	30.69	12.13	1.70	111.50

CRITERIA	Initial GMt	Passenger crowding : angle of equilibrium	Turning : angle of equilibrium	Severe wind and rolling	Severe wind and rolling	Severe wind and rolling
	shall be greater than (>)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel shall be less than (<)	Angle of steady heel / deck edge immersion angle shall be less than (<)	Area 1 / Area 2 shall be greater than (>)
VALUE	0.15	10	10	16	80	100
UNIT	m	deg	deg	deg	%	%
PPKPA	2.39	0.40	1.20	3.60	3335.83	214.46
PPKPB	2.33	0.40	1.20	33.70	36.41	211.60
PPKPC	2.34	0.40	1.20	3.70	36.40	211.33
PSKPA	2.37	0.40	1.20	3.60	36.02	213.21
PSKPB	2.37	0.40	1.20	3.60	35.97	35.97
PSKPC	2.37	0.40	1.20	3.60	35.90	212.74
PSKSA	2.41	0.40	1.10	3.60	35.61	215.73
PSKSB	2.40	0.40	1.10	3.60	35.59	215.16
PSKSC	2.39	0.40	1.10	3.60	35.58	214.23
PPKSA	2.39	0.40	1.10	3.60	35.93	213.90
PPKSB	2.38	0.40	1.10	3.60	35.97	213.80
PPKSC	2.37	0.40	1.20	3.60	36.03	213.24
PPKKA	2.42	0.40	1.20	3.60	35.60	216.08
PPKKB	2.40	0.40	1.20	3.60	35.74	215.58
PPKKC	2.39	0.40	1.20	3.60	35.86	214.79
PSKKA	2.44	0.40	1.10	3.50	35.24	217.40
PSKKB	2.43	0.40	1.10	3.50	35.30	216.53
PSKKC	2.41	0.40	1.10	3.60	35.43	215.71

Perhitungan Biaya Pembangunan dan Analisis Ekonomis

BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL						
Kurs USD per 03juli 2020 (Bank Indonesia)	\$ 1,00	= Rp	14.441,37			
Pc	No	Item			Value	Unit
1	Pelat Keseluruhan <i>(hull, deck, construction Floating resort)</i>					
				5		
	Harga				\$ 620,00	USD/ton
	Berat pelat keseluruhan				240,87	ton
Harga Pelat keseluruhan				\$ 149.338,96	USD	
				Rp 2.156.659.115,82	IDR	
3	Elektroda <i>(diasumsikan 6% dari berat pelat Floating Structure)</i>					
	<i>Sumber: Nikko Steel - Aneka Maju.com</i>					
	Harga				38,85	USD/ton
	Berat pelat kapal total (hull, deck, konst, bangunan atas)				14.452	ton
	Harga Elektroda				561,42	USD
Total Harga Pelat Keseluruhan dan Elektroda				Rp 8.107.660,08	IDR	
				Rp 2.164.766.775,90	IDR	

No.	Item	Qty	Value	Total	Unit
1	Car Deck				
	Ramp Door	2	Rp 40.000.000,00	Rp 80.000.000,00	IDR
	Barrier Gate	2	Rp 17.000.000,00	Rp 34.000.000,00	
	Tangga	2	Rp 28.882.740,00	Rp 57.765.480,00	IDR
2	Navigation Room				
	AC	1	Rp 3.699.000,00	Rp 3.699.000,00	IDR
	Captain Seat	2	Rp 13.313.300,00	Rp 26.626.600,00	IDR
3	Passanger Deck				
	Kursi	42	Rp 1.732.964,40	Rp 72.784.504,80	IDR
	AC	10	Rp 3.699.000,00	Rp 36.990.000,00	IDR
	TV	2	Rp 4.000.000,00	Rp 8.000.000,00	IDR
	lemari				
4	VIP Room				
	sofa	4	Rp 1.877.378,10	Rp 7.509.512,40	IDR
	Meja Bar	2	Rp 2.888.274,00	Rp 5.776.548,00	IDR
	TV	1	Rp 4.000.000,00	Rp 4.000.000,00	IDR
5	Cafetaria				
	AC	2	Rp 1.877.378,10	Rp 3.754.756,20	IDR
	Kulkas	1	Rp 2.470.000,00	Rp 2.470.000,00	IDR
	Kompor Listrik	2	Rp 117.000,00	Rp 234.000,00	IDR
	Food Etalase	1	Rp 2.150.000,00	Rp 2.150.000,00	IDR
	wastafel	1	Rp 725.000,00	Rp 725.000,00	IDR
	microwave	2	Rp 693.185,76	Rp 1.386.371,52	IDR
	dining set	6	Rp 866.482,20	Rp 5.198.893,20	IDR
6	Kamar Mandi				
	WC	4	Rp 1.185.000,00	Rp 4.740.000,00	IDR
	Wastafel	4	Rp 350.000,00	Rp 1.400.000,00	IDR
Total Harga Perabotan Fasilitas Umum dan Ruang Navigasi				Rp 359.210.666,12	IDR

No.	Item	Qty	Value	Unit
1	Main Genset	2	\$ 15.600,00	\$ 31.200,00 USD
	<i>Shipping Cost</i>		\$ 500,00	\$ 500,00 USD
2	Main Engine	2	\$ 3.000,00	\$ 6.000,00 USD
	<i>Shipping Cost</i>		\$ 500,00	\$ 500,00 USD
4	Emergency Genset	1	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00 USD
	<i>Shipping Cost</i>		\$ 500,00	\$ 500,00 USD
7	Propeller	2	\$ 415,58	\$ 831,16 USD
	<i>Shipping Cost</i>		\$ 500,00	\$ 500,00 USD
Total Biaya Sistem dan Kelistrikan				\$ 43.031,16 USD
				Rp 621.428.903,09 IDR

No.	Item	Qty	Value	Unit
1	Peralatan Navigasi			
a.	Radar	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00 USD
b.	Kompas	1	\$ 55,00	\$ 55,00 USD
c.	GPS	1	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00 USD
d.	Lampu Navigasi			
	- Masthead Light	1	\$ 9,80	\$ 9,80 USD
	- Anchor Light	1	\$ 8,90	\$ 8,90 USD
	- Starboard Light	1	\$ 12,00	\$ 12,00 USD
	- Portside Light	1	\$ 12,00	\$ 12,00 USD
e.	Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)	1	\$ 13.500,00	\$ 13.500,00 USD
f.	Automatic Identification System (AIS)	1	\$ 1.400,00	\$ 1.400,00 USD
g.	Telescope Binocular	1	\$ 60,00	\$ 60,00 USD
Total Peralatan Navigasi				\$ 24.057,70 USD
				Rp 347.426.147,05 IDR
2	Peralatan Komunikasi			
a.	Radiotelephone (set)	1	\$ 300,00	\$ 300,00 USD
b.	Navigational Telex (Navtex)	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00 USD
c.	EPIRB	1	\$ 300,00	\$ 300,00 USD
d.	SART	2	\$ 280,00	\$ 560,00 USD
e.	SSAS	1	\$ 19.500,00	\$ 19.500,00 USD
f.	Portable 2-way VHF Radiotelephone	2	\$ 350,00	\$ 700,00 USD
Total Peralatan Navigasi				\$ 22.360,00 USD
				Rp 322.909.033,20 IDR
Total Peralatan Navigasi dan Komunikasi				Rp 670.335.180,25 IDR

Sensor and autonomous	No	item	qty		value	unit
	1	Lidar	1	IDR 231.061.920	Rp 231.061.920,00	IDR
	2	kamera	8	IDR 6.240.177	Rp 49.921.416,00	IDR
	3	Autonomous system	1	IDR 200.000.000	Rp 200.000.000,00	
	4	barrier gate set and e ticketing	2	IDR 16.500.000	Rp 33.000.000,00	
	5	card tap reader	2	IDR 495.000	Rp 990.000,00	
					Rp 514.973.336,00	

Equipment & Outfitting	No.	Item	Qty		Value	Unit
	1	Life Jacket	55	Rp 652.800,00	Rp 35.904.000,00	IDR
	2	Lifebuoy	8	Rp 237.500,00	Rp 1.900.000,00	IDR
	3	Liferaft	2	Rp 13.000.000,00	Rp 26.000.000,00	IDR
	4	Jangkar	3	Rp 14.441.370,00	Rp 43.324.110,00	IDR
	5	Emergency Alarm System	24	Rp 50.000,00	Rp 1.200.000,00	IDR
	6	Rocket Parachute Flares	28	Rp 72.206,85	Rp 2.021.791,80	IDR
	7	Hand Flares	12	Rp 57.765,48	Rp 693.185,76	IDR
	8	Bouyant Smoke signal	8	Rp 72.206,85	Rp 577.654,80	IDR
	9	Hydrant	4	Rp 2.888.274,00	Rp 11.553.096,00	IDR
	10	Portable Fire Extinguisher	10	Rp 165.000,00	Rp 1.650.000,00	IDR
	11	Fire Fighter's Outfit	6	Rp 1.000.000,00	Rp 6.000.000,00	IDR
Total Biaya Safety Appliances					Rp 130.823.838,36	IDR

Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal					
1	Pelat Keseluruhan dan Elektroda			Rp 2.164.766.775,90	IDR
2	Fasilitas Umum dan Navigation Room			Rp 359.210.666,12	IDR
3	Peralatan Navigasi dan Komunikasi			Rp 670.335.180,25	IDR
4	Machinery dan Kelistrikan			Rp 621.428.903,09	IDR
5	Equipment & Outfitting			Rp 130.823.838,36	IDR
Total				Rp 3.946.565.363,72	IDR

Construction cost	No	Item	Price (% of core cost)		Price (IDR)
	1	Construction cost	20%		Rp 789.313.072,74
Total Construction Cost					Rp 789.313.072,74

Biaya Pembangunan Kapal					
No	Item			Value	
1	Pelat Keseluruhan dan Elektroda			Rp 2.164.766.775,90	
2	Fasilitas Umum dan Navigation Room			Rp 359.210.666,12	
3	Peralatan Navigasi dan Komunikasi			Rp 670.335.180,25	
4	Machinery dan Kelistrikan			Rp 621.428.903,09	
5	Equipment & Outfitting			Rp 130.823.838,36	
6	Sensor & Autonomous			Rp 514.973.336,00	
7	Construction cost			Rp 789.313.072,74	
Total Biaya Pembangunan Kapal					Rp 5.250.851.772,46

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah			
No.	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan		
	5% dari biaya pembangunan awal		
	Keuntungan Galangan	Rp 262.542.588,62	IDR
2	Biaya Untuk Inflasi		
	2% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Inflasi	Rp 105.017.035,45	IDR
3	Biaya Pajak Pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Dukungan Pemerintah	Rp 525.085.177,25	IDR
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	Rp 892.644.801,32	IDR
Jadi, harga pembangunan kapal adalah			
	Biaya Pembangunan	Rp 5.250.851.772,46	IDR
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	Rp 892.644.801,32	IDR
	Total Harga Kapal	Rp 6.143.496.573,78	IDR

REKAPITULASI PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN

Rata-Rata Tingkat Inflasi Tahunan 6%

Item

Pelat Keseluruhan dan Elektroda Rp

Biaya

2.164.766.775,90

Fasilitas Umum dan Navigation Room	Rp	359.210.666,12
Peralatan Navigasi dan Komunikasi	Rp	670.335.180,25
Machinery dan Kelistrikan	Rp	621.428.903,09
Equipment & Outfitting	Rp	130.823.838,36
Sensor & Autonomous	Rp	514.973.336,00
Construction cost	Rp	789.313.072,74
a. Subtotal	Rp	5.250.851.772,46
8. Shipyard Profit Margin (5%)	Rp	262.542.588,62
9. Non-Weight Costs (10%)	Rp	525.085.177,25
10. Inflasi (6%)	Rp	315.051.106,35
11. Biaya Pajak Pemerintah (10%)	Rp	525.085.177,25
Total Biaya Pembangunan	Rp	6.878.615.822,00

NILAI INVESTASI

1. Biaya Pembangunan	Rp	6.878.615.822,00
2. Bunga pinjaman (9.6%)	Rp	336.388.504,56
Nilai Investasi	Rp	7.215.004.326,56

PERHITUNGAN pendapatan

$$Operating\ Profit\ Margin = (EBIT / Revenue) * 100\%$$

Operating Profit Margin 15%

ANNUAL OPERATING COST

BIAYA OPERASIONAL

Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp	6.071.592.500,00
Biaya Air Bersih	Rp	111.181.190,00
Biaya Kru	Rp	325.000.000,00
Biaya Maintenance & Repair	Rp	245.438.642,06
Asuransi	Rp	49.087.728,41
Biaya Adminstrasi	Rp	800.000.000,00
Biaya Pemasaran	Rp	700.000.000,00

BIAYA LAIN

Depresiasi	Rp	343.930.791,10
Total Biaya Operasional	Rp	8.646.230.851,57

Annual Revenue

Rp10.172.036.295,97

Perhitungan Biaya Investasi

Building Cost		Operational Cost											
Trip	Pemari	Penumpang			Roda 2			Roda 4			Bagasi		
Pernari	DWS	ANK	I	II	III	IV P	IV B	V P	V B	VI P	VI B	VII	VIII
Trip Ujung	20	56	0	56	10	1	2	0	0	1	0	0	2
Trip Kamal	20	54	0	56	9	1	3	0	0	1	0	0	1
Rata Rata	55	0	1	56	9	1	3	0	0	1	0	0	1

Perencanaan harga tiket		Harga	
Jenis muatan	Tipe	Regular	Wisata Seland Madura
Penumpang	Dewasa	IDR7.000	IDR15.000
Anak	IDR5.000	IDR1.000	
TNI/Poer/Pelajar	IDR6.000	IDR13.000	
roda 2	I	IDR7.000	IDR7.000
	II	IDR9.000	IDR9.000
	III	IDR9.000	IDR9.000
	IV A	IDR15.500	IDR15.500
	IV B	IDR42.000	IDR42.000
	V A	IDR52.000	IDR52.000
	V B	IDR52.000	IDR52.000
	VI	IDR55.000	IDR53.000
	VII	IDR77.000	IDR73.000
	VIII	IDR80.000	IDR80.000

Kapasitas Maksimal Kapal		84 orang	
Trip			
Weekdays	Weekend	Regular	Wisata
26	20	4	

Wisata selat Madura dilakukan setiap Weekend Pukul 09.00-23.00 dan 15.00-:

Perkiraan Revenue			
Regular		Wisata Selat Madura	
Jumlah	Total	Jumlah	Total
55	Rp 385.000,00	84	Rp 1.260.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
1	Rp 7.000,00	0	Rp -
56	Rp 504.000,00	84	Rp 756.000,00
9	Rp 81.000,00	0	Rp -
1	Rp 15.500,00	0	Rp -
3	Rp 126.000,00	6	Rp 252.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
1	Rp 52.000,00	2	Rp 104.000,00
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
0	Rp -	0	Rp -
Revenue / Trip	Rp 1.170.500		Rp 2.372.000
	Weekdays	Weekend	
Revenue / Hari	Rp 30.433.000	Rp 32.898.000	
Revenue / bulan	Rp 932.710.000		
Revenue / Tahun	Rp 11.192.520.000		

PERHITUNGAN TINGKAT DISKONTO (DISCOUNT RATE)

Weighted Average Cost of Capital (WACC) = $Wd \times Kd (1-t) + We \times Ke$

Nilai Investasi	Rp	6,143,496,573.78
Umur Ekonomis (tahun)		20

Struktur Pendanaan

65%	Kredit investasi bank	Rp	3,993,272,772.96
	Jangka pinjaman (tahun)		10
	Bunga		9.95%
	Pajak		25%
35%	Shareholder	Rp	2,150,223,800.82
	Expected return		50%

Tingkat diskonto

Menggunakan Cost of Capital

$$WACC = Wd \cdot Kd(1-t) + We \cdot Ke$$

Di mana,

Wd = Proporsi Pinjaman dari Total Pendanaan

We = Proporsi Modal dari Total Pendanaan

Kd = Biaya pinjaman

Ke = Biaya modal

t = Pajak

Maka,

$$WACC = 22.35\%$$

PENDAPATAN DAN DEPRESIASI PER TAHUN

2. Penjualan Tiket

Rp	11,192,520,000.00
----	--------------------------

3. Depresiasi

1. Biaya Pembangunan	Rp	6,878,615,822.00
3. Umur Ekonomis		20
Depresiasi	Rp	343,930,791.10

PERHITUNGAN FREE CASHFLOW PER TAHUN

Free cashflow = EBIT(1-t) + Depreciation - CAPEX - Inc. Net WC*

t = Pajak Penghasilan	25%
CAPEX = Capital Expenditure	0
Increment Net Working Cap.	0

1) LABA/(RUGI) SEBELUM BUNGA & PAJAK

PENDAPATAN	
Penjualan tiket	Rp 11,192,520,000.00

BIAYA OPERASIONAL

Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp 6,071,592,500.00
Biaya Air Bersih	Rp 111,181,190.00
Biaya Kru	Rp 325,000,000.00
Biaya Maintenance & Repair	Rp 245,438,642.06
Asuransi	Rp 49,087,728.41
Biaya Administrasi dan Umum	Rp 1,500,000,000.00

BIAYA LAIN

Depresiasi	Rp 343,930,791.10
------------	-------------------

<i>Earnings Before Int. and Tax</i>	Rp 2,546,289,148.43
-------------------------------------	---------------------

Free Cashflow

Rp2,253,647,652.42

LABA/(RUGI) TAHUN 2020

Pendapatan	Rp 11,192,520,000.00
Biaya Operasional	Rp 8,302,300,060.47
Pendapatan/(Biaya) Lain:	
2) Depresiasi	Rp 343,930,791.10
DEBIT	Rp 2,546,289,148.43

Free Cashflow

Rp2,253,647,652.42

PERHITUNGAN NPV DAN IRR

*Present Value = Future Value * Discount Factor*

Nilai Investasi Rp7,215,004,326.56

Umur Ekonomis 20

Tingkat Diskonto (i) 22.35%
Faktor Diskonto $1 / (1+i)^n$

Net Cashflow Rp2,253,647,652.42

(dalam jutaan)

Tahun ke- (n)	Net Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto	Net Present Value (Rp)
0	(7,215.00)	1.000	(7,215.00)
1	2,253.65	0.817	1,841.96
2	2,253.65	0.668	1,505.48
3	2,253.65	0.546	1,230.46
4	2,253.65	0.446	1,005.68
5	2,253.65	0.365	821.97
6	2,253.65	0.298	671.81
7	2,253.65	0.244	549.09
8	2,253.65	0.199	448.78
9	2,253.65	0.163	366.80
10	2,253.65	0.133	299.79
11	2,253.65	0.109	245.03
12	2,253.65	0.089	200.27
13	2,253.65	0.073	163.68
14	2,253.65	0.059	133.78
15	2,253.65	0.049	109.34
16	2,253.65	0.040	89.37
17	2,253.65	0.032	73.04
18	2,253.65	0.026	59.70
19	2,253.65	0.022	48.79
20	2,253.65	0.018	39.88
Penilaian Investasi:		NPV	2,689.72
Metode NPV		IRR	31.10%
Layak			
Metode IRR			
Layak			

PERHITUNGAN PAYBACK PERIODE

Payback Period = P₋ /Accumulated Net Cashflow P/Net Cashflow P+1

Tahun ke- (P)	<i>Discounted Net Cashflow</i>	<i>Accumulated Net Cashflow</i> (dalam Rupiah)
0	(7,215,004,326.56)	(7,215,004,326.56)
1	1,841,958,430.88	(5,373,045,895.68)
2	1,505,475,293.55	(3,867,570,602.13)
3	1,230,459,830.96	(2,637,110,771.18)
4	1,005,683,322.79	(1,631,427,448.39)
5	821,968,275.84	(809,459,172.55)
6	671,813,712.30	(137,645,460.24)
7	549,088,909.28	411,443,449.03
8	448,783,084.90	860,226,533.94
9	366,800,811.12	1,227,027,345.05
10	299,794,799.67	1,526,822,144.72
11	245,029,234.36	1,771,851,379.08
12	200,268,069.21	1,972,119,448.30
13	163,683,732.07	2,135,803,180.37
14	133,782,505.87	2,269,585,686.24
15	109,343,541.05	2,378,929,227.29
16	89,369,008.98	2,468,298,236.27
17	73,043,361.23	2,541,341,597.50
18	59,700,031.14	2,601,041,628.65
19	48,794,218.37	2,649,835,847.02
20	39,880,644.97	2,689,716,491.99

P = Tahun terakhir kas kumulatif negatif

P = 6

Kas kumulatif P = (137,645,460.24)

Arus kas P+1 = 549,088,909.28

Payback Periode =	5.75 tahun
■	5.00
	8.99 bulan
	8.00
	30.00 hari

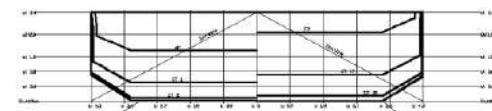
Payback periode = **5 Tahun 8 Bulan 30 Hari**

LAMPIRAN D
LINES PLAN

TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

	BL 0	BL 0.5	BL 1.0	BL 1.5	BL 2.0	BL 2.5	BL 3.0	BL 3.5	BL 4.0
AP	1.363	1.363	1.363	1.363	1.444				
1	0.499	0.499	0.499	0.499	0.600				
2	0.095	0.095	0.095	0.095	0.209				
3	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
4	0.049	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
5	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
6	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
7	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
8	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
9	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
10	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	2.400			
11	0.004	0.004	0.004	0.004	0.113	0.664			
12	0.006	0.006	0.006	0.006	0.118	0.674			
13	0.010	0.010	0.010	0.010	0.125	0.685			
14	0.014	0.014	0.014	0.014	0.128	0.697			
15	0.006	0.018	0.018	0.018	0.131	0.704			
16	0.018	0.018	0.018	0.018	0.135	0.709			
17	0.019	0.019	0.019	0.019	0.135	0.711			
18	0.131	0.131	0.131	0.131	0.236				
19	0.718	0.718	0.718	0.718	0.811				
FP	1.858	1.858	1.858	1.858	1.942				

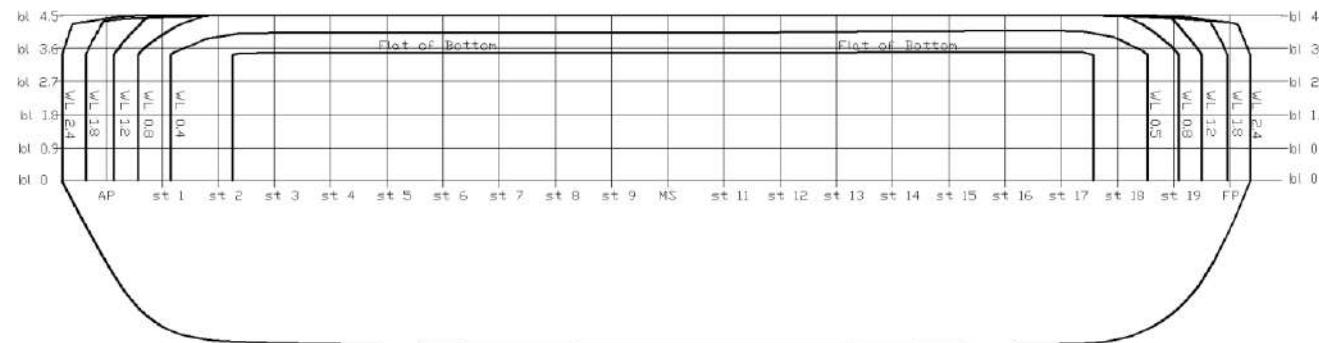
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	Passenger Ferry
LENGTH OVERALL (Loa)	34.97 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	30.43 m
BREADTH (B)	9 m
HEIGHT (H)	2.4 m
DRAUGHT (T)	1.8 m
SERVICE SPEED (Vs)	12 knot
COMPLEMENTS	1 Persons
MAIN ENGINE POWER	682 kW

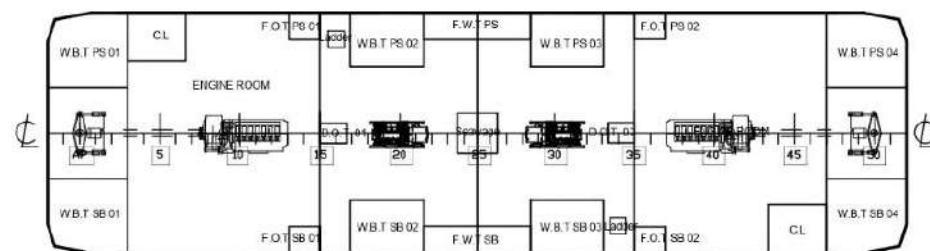
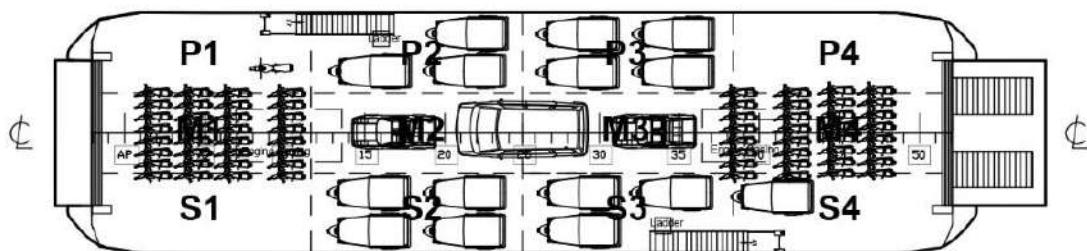
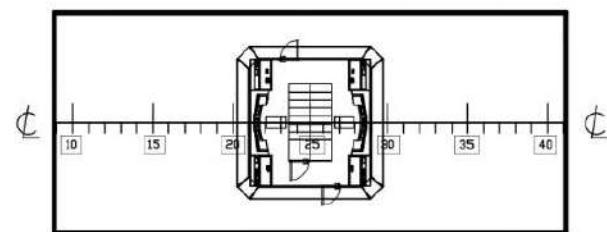
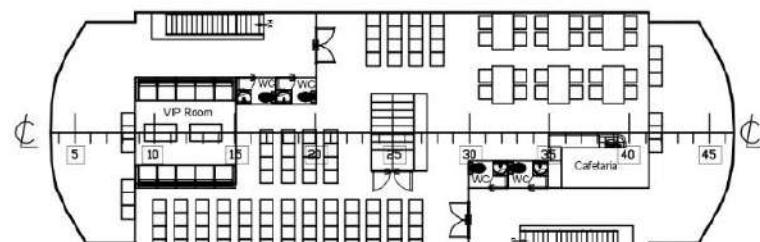
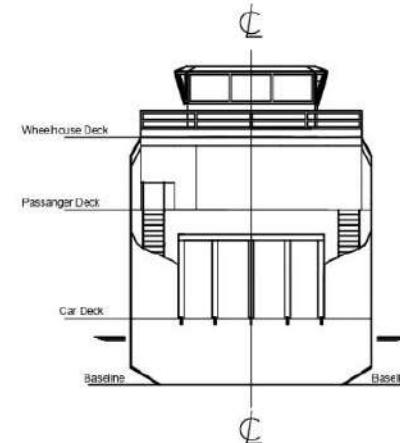
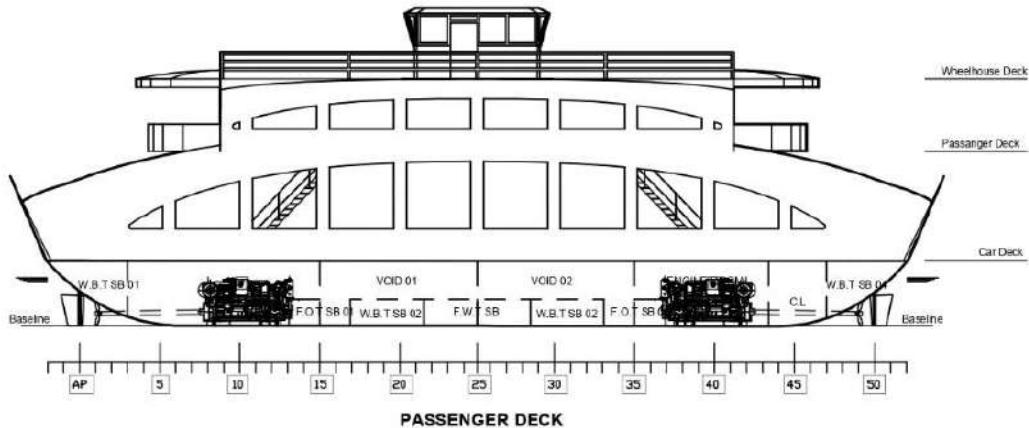


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR
LINES PLAN

SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Prisheila Maharani			0411164000006
APPROVE	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.			A2

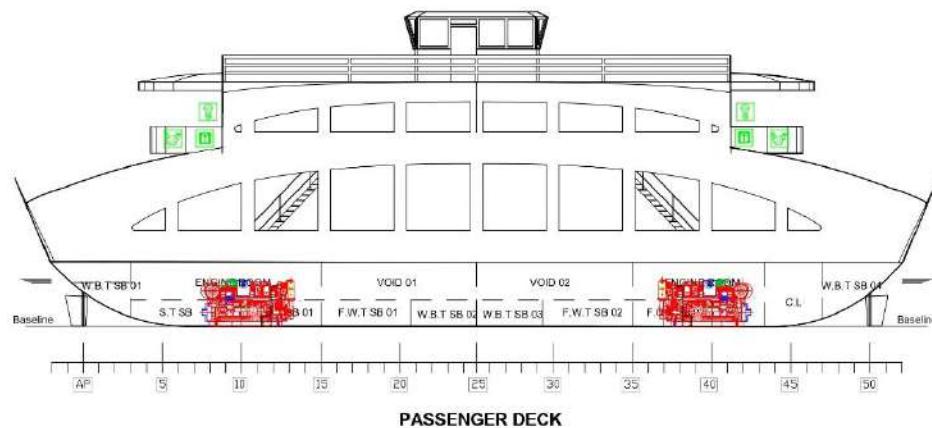
LAMPIRAN E
GENERAL ARRANGEMENT



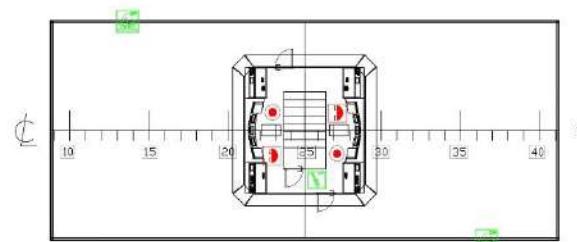
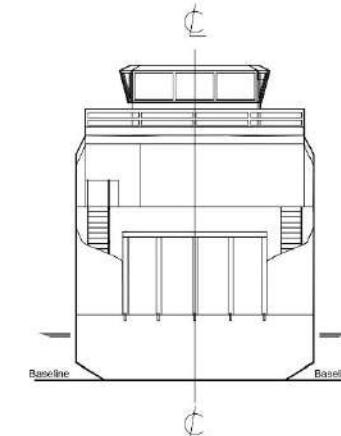
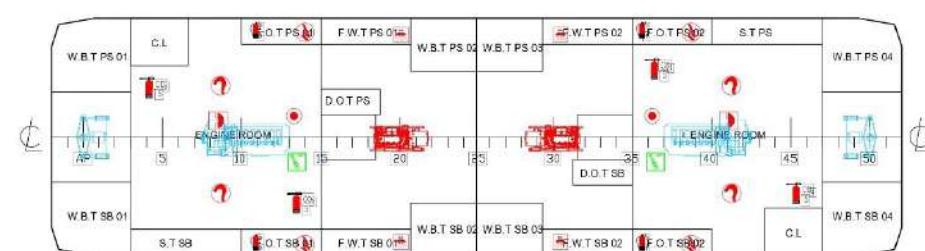
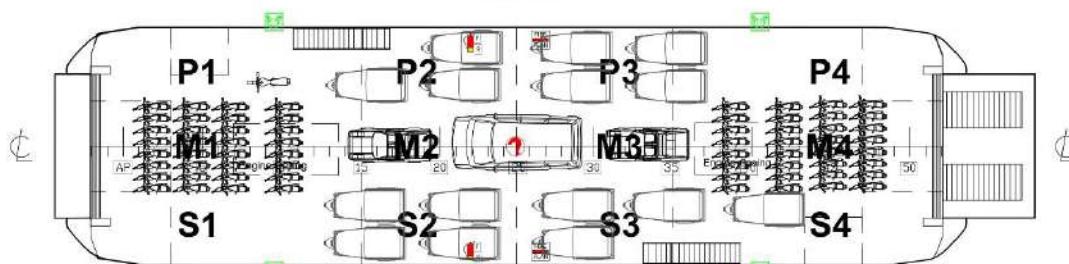
PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	Passenger
LENGTH OVERALL (L _o)	34.97 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (L _{pp})	30.43 m
BREADTH (B)	9 m
HEIGHT (H)	2.4 m
DRAUGHT (T)	1.8 m
SERVICE SPEED (V _s)	12 knot
COMPLEMENTS	1 Person
MAIN ENGINE POWER	882 kW

	DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER		
	TUGAS AKHIR GENERAL ARRANGEMENT		
SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Prihella Maharani		20111640000006
APPROVE	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.		A1

LAMPIRAN F
SAFETY PLAN



CAR DECK



SYMBOL	DESIGNATION
	CO2 FIRE EXTINGUISHER
	CO2 TYPE EXTINGUISHER
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER
	FOAM TYPE EXTINGUISHER
	DRY POWDER TYPE EXTINGUISHER
	FIRE HYDRANT WITH COUPLING FOR WATER EXTINGUISHING SYSTEM (max 15 m)
	SPACE PROTECTED BY SPRINKLER SYSTEM
	SMOKE DETECTOR
	PUSH BUTTON SWITCH FOR GENERAL ALARM
	FIRE ALARM BELL & GENERAL ALARM
	CO2 HORN / SIGNAL LIGHT COLUMN
	SPACE PROTECTED BY CO2 FIRE EXTINGUISHING SYSTEM
	FIRE CONTROL PLAN
	FIRE ALARM PANEL

PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	Passenger
LENGTH OVERALL (L _{oa})	34.97 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (L _{pp})	30.43 m
BREADTH (B)	9 m
HEIGHT (H)	2.4 m
DRAUGHT (T)	1.8 m
SERVICE SPEED (V _s)	12 knot
COMPLEMENTS	1 Persons
MAIN ENGINE POWER	882 kW

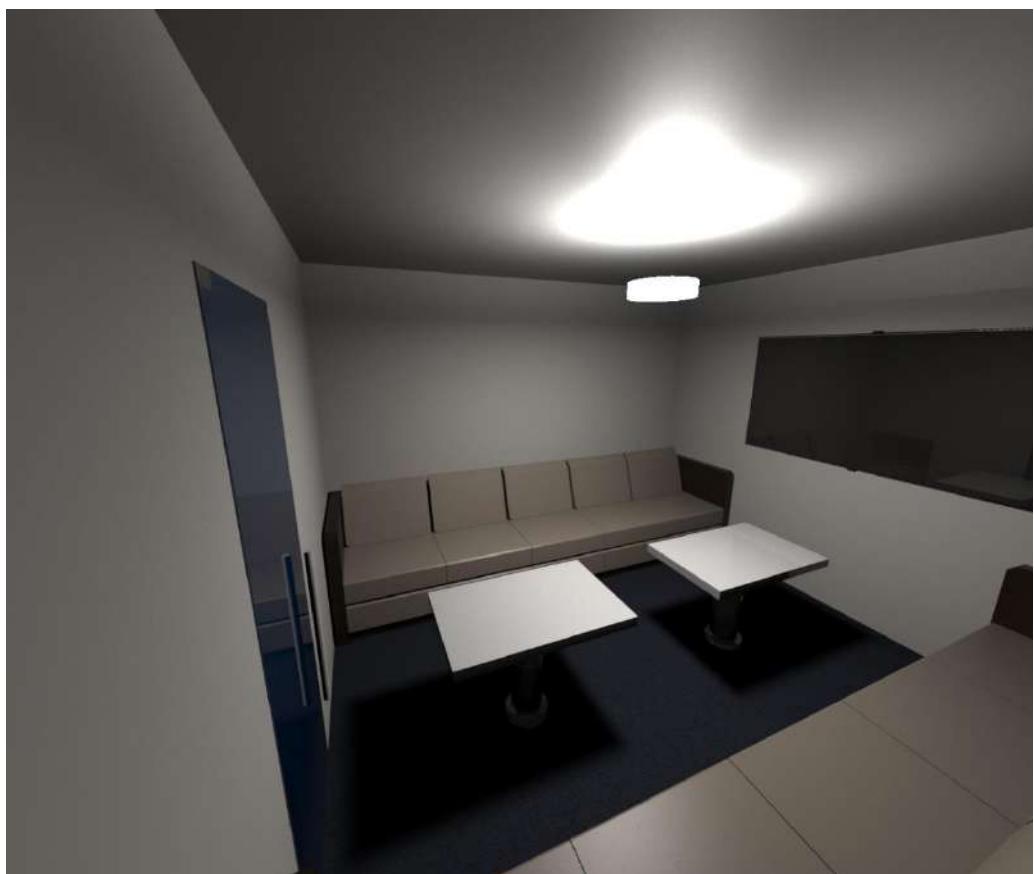
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER				
TUGAS AKHIR				
SAFETY PLAN				
SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Pristella Maharani			0411196000008
APPROVE	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.			A1

LAMPIRAN G
DESIGN 3D



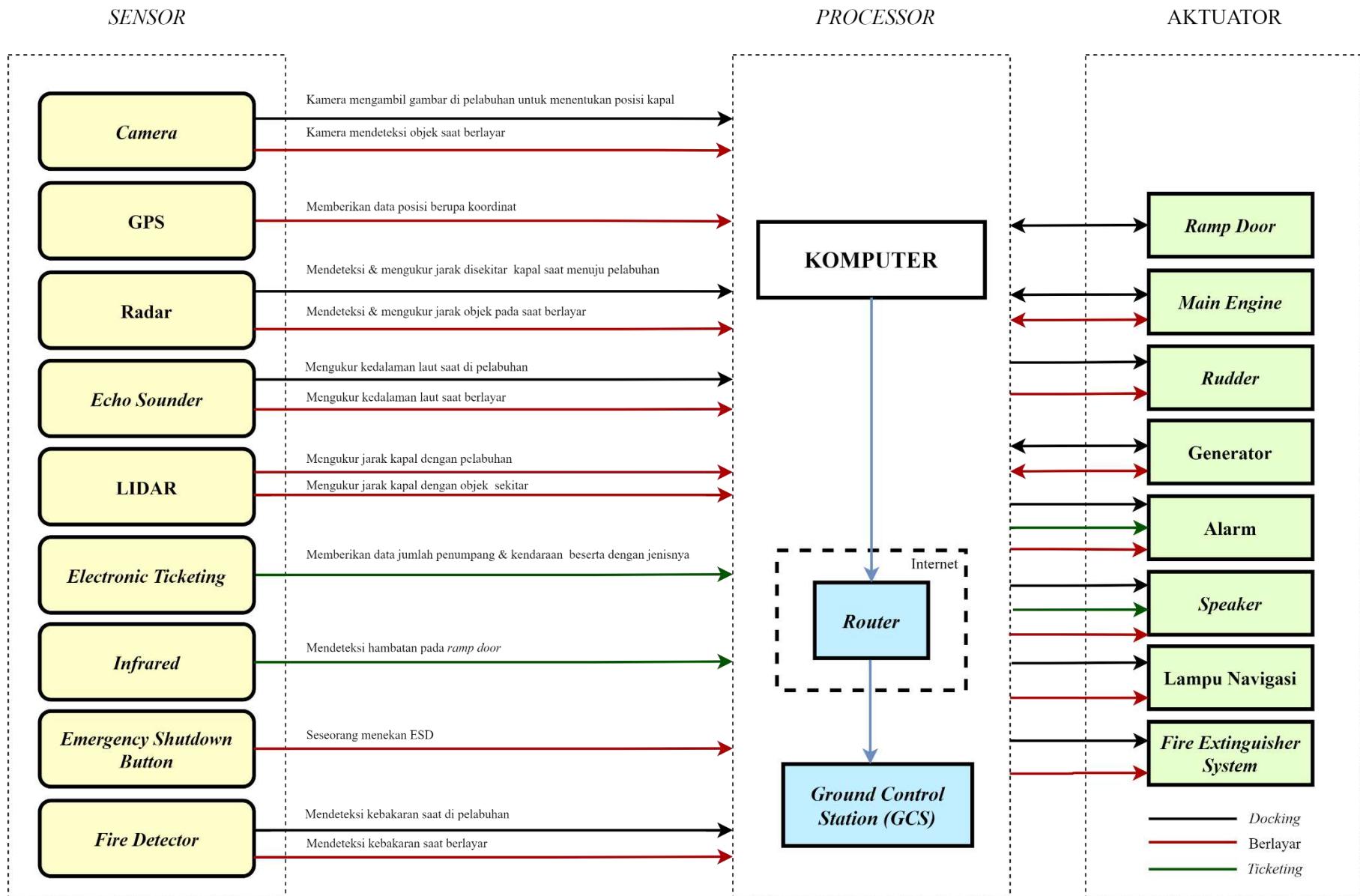








LAMPIRAN H
DIAGRAM *AUTONOMOUS*



BIODATA PENULIS



Prisheila Maharani, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 27 April 1998 silam, Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dalam keluarga dan merupakan anak perempuan satu-satunya. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Tunas Jakasampurna, kemudian melanjutkan ke SD Tunas Jakasampurna, SMP Putra 1 Jakarta dan SMAN 42 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN atau Jalur Undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Rumpun Mata Kuliah (RMK) Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga aktif berkegiatan non-akademik dalam Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) FTK ITS sebagai Ketua *Study Excursion* 2019 dan *Staff Kepanitiaan Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN)* FTK ITS. Selain itu Penulis juga aktif diluar jurusan sebagai Bendahara ITS EXPO 2019 dan *Chief Finance Officer Society of Petroleum Engineers Institut Teknologi Sepuluh Nopember Student Chapter (SPE ITS SC)*. Penulis juga tergabung dalam UKM *Softball* ITS sebagai Staff Hubungan Luar.

Penulis juga tercatat sebagai penerima Beasiswa Djarum Plus 2018/2019, dan Penulis pun menjadi delegasi dalam *Asia Pasific Student Convention (APSC)* SPE SC 2017 di Malaysia.

Selama berkuliah di ITS, penulis telah mengikuti berbagai *event* yang diadakan oleh ITS salah satunya *event Dies Natalis* dalam bidang olahraga, yang tergabung dalam Tim Basket dan Tim Futsal FTK ITS yang beberapa kali meraih juara. Serta mengikuti perlombaan Nasional *Softball* antar Mahasiswa dan meraih gelar Juara III dalam dua tahun penyelenggaraan.

Email: prisheilamhrn@gmail.com