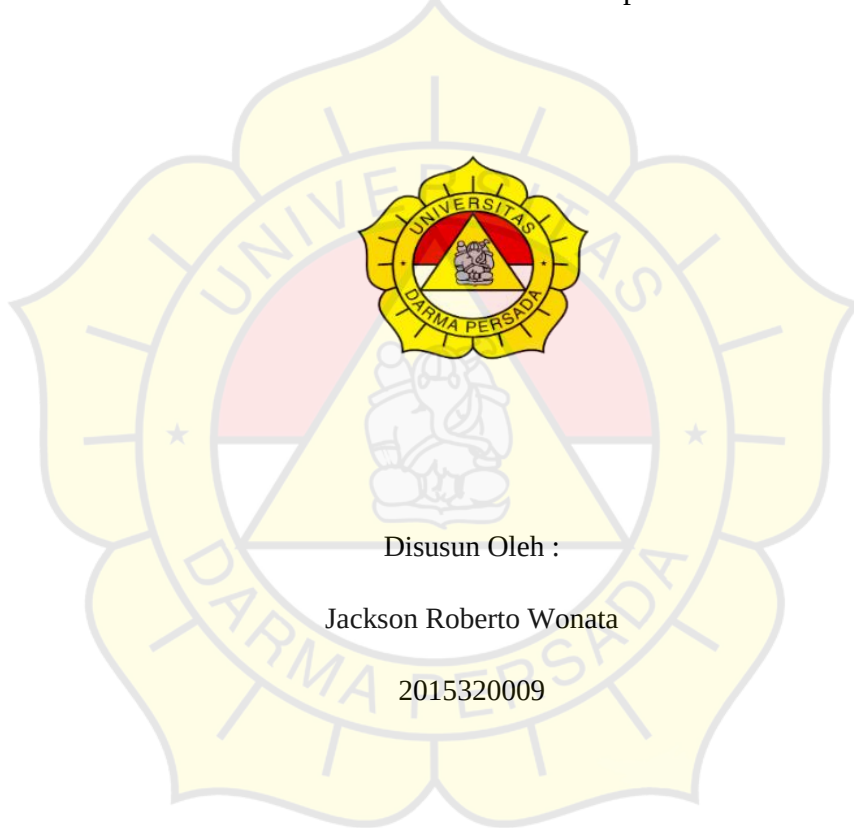


TUGAS AKHIR
DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER
ENERGI ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA –
SURABAYA DAN SURABAYA – MAKASSAR

Diajukan Sebagai Salah Satu syarat Menempuh Gelar Sarjana Strata Satu (S1)

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Disusun Oleh :

Jackson Roberto Wonata

2015320009

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA

2020



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jackson Roberto Wonata
NIM : 2015320009
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Program Studi : S1
Judul Tugas Akhir :

**“DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER ENERGI
ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA – SURABAYA DAN
SURABAYA – MAKASSAR”**

Telah Melaksanakan ujian sidang Tugas Akhir pada tanggal 17 Februari 2020 dan telah menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini diperiksa dan disetujui:

Dekan Fakultas Teknologi Kelautan

Y. Arya Dewanto, ST. MT.
NIDN 0310096801

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Ir. Ayom Buwono, M.Si
NIDN 0304046702



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

**SURAT KETERANGAN
PERMOHONAN UJIAN SIDANG TUGAS AKHIR DAN SEMINAR
KODE MK : 32140210
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2019/2020**

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Jackson Roberto Wonata
NIM : 2015320009
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan
Judul Tugas Akhir dan Seminar :

**“DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER ENERGI
ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA – SURABAYA DAN
SURABAYA – MAKASSAR”**

Bermaksud untuk mengajukan permohonan mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir dan telah menyelesaikan proses penulisan dan penyusunan Tugas Akhir/Skripsi tersebut :

NO	DOSEN PEMBIMBING	DISETUJUI TANGGAL	PARAF
1	Dr. Muswar Muslim, ST. M.Sc.	13 Februari 2020	
2	Ir. Ayom Buwono, M.Si.	14 Februari 2020	

Jakarta, 14 Februari 2020

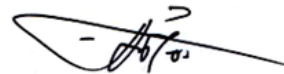
Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Ir. Ayom Buwono, M.Si
NIDN 0304046702

Koordinator Tugas Akhir Prodi TSP



Dr. Eng. Mohammad Danil Arifin. ST. MT.
NIDN 0317078701

Dekan Fakultas Teknologi Kelautan



Y. Arya Dewanto, ST. MT.
NIDN 0310096801

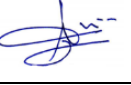
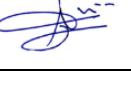
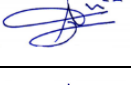
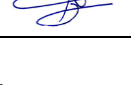


PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Jackson Roberto Wonata
Nim : 2015320009
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	24-10-2019	BAB 1 Pendahuluan tambahkan regulasi, rute pelayaran dan jenis energi	
2	07-11-2019	BAB 2 Tinjauan Pustaka Prinsip kerja turbin	
3	21-11-2019	BAB 3 Metode dari Gas dan Wind Propulsion	
4	05-12-2019	Perencanaan analisa data	
5	19-12-2019	Perhitungan kecepatan angin	
6	03-01-2020	Perhitungan dan pengolahan data	
7	16-01-2020	Pembuatan Grafik	
8	30-01-2020	Perbaiki hasil dan kesimpulan lalu pembuatan PPT	

Dosen Pembimbing,



Dr. Muswar Muslim, ST. M.Sc.



PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Jackson Roberto Wonata
Nim : 2015320009
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	17-10-2019	Koreksi data dan Ukuran utama	<u>ab</u>
2	07-11-2019	Perbaiki gambar GA	<u>ab</u>
3	19-11-2019	Cari data untuk pendukung teori	<u>ab</u>
4	05-12-2019	Data kecepatan mesin dan rute pelayaran	<u>ab</u>
5	19-12-2019	Koreksi gambar GA untuk penempatan, Koreksi keseluruhan gambar	<u>ab</u>
6	14-01-2020	Gambar dan Perbandingan gaya dorong	<u>ab</u>
7	11-02-2020	Mesin kapal dilengkapi dan perbaiki tata letak gambar	<u>ab</u>
8	14-02-2020	Hasil data dan ACC sidang	<u>ab</u>

Dosen Pembimbing,

ab

Ir. Ayom Buwono, M.Si.



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

LEMBAR KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jackson Roberto Wonata
NIM : 2015320009
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Program Studi : S1
Judul Tugas Akhir :

**“DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER ENERGI
ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA – SURABAYA DAN
SURABAYA – MAKASSAR”**

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah benar-benar karya sendiri dan tidak mengandung bahan-bahan yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh pihak lain kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan dengan mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah yang benar.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya ilmiah yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka Tugas Akhir ini.

Jakarta, 15 Februari 2020



Jackson Roberto Wonata



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Jl. Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa - Jakarta Timur 13450 Telp.
(021) 8649051, 8649053, 8649057, Fax. (021) 8649052
Email: humas@unsada.ac.id Home page: <http://www.unsada.ac.id>

Visi Misi Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Visi

Menjadi program studi yang unggul dengan semangat monozukuri khususnya bidang perancangan instalasi sistem penggerak kapal, serta berperan aktif dalam pengembangan teknologi sistem perkapalan nasional pada tahun 2023.

Misi

1. Menyelenggarakan kegiatan Pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan di bidang sistem perkapalan, wahana laut, dan bangunan apung dalam rangka menyiapkan lulusan yang memiliki pengetahuan, sikap, keterampilan, wewenang, dan tanggung jawab, dan mampu bersaing pada tingkat nasional.
2. Membentuk sumber daya manusia yang berkarakter (*Hitozukuri*), kreatif (*Monozukuri*), inovatif (*Sangyo Seishin*) dan berjiwa wirausaha (*Kigyoka*) dan memiliki kemampuan berbahasa asing.
3. Menerapkan dan melaksanakan kegiatan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM).

KATA PENGANTAR

Terima Kasih kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kasih-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik guna untuk memenuhi syarat dan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir dan Seminar yang berjumlah 6 SKS di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir berlangsung sampai terselesaikan, banyak orang – orang yang mendukung penulis baik itu secara moral maupun materil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

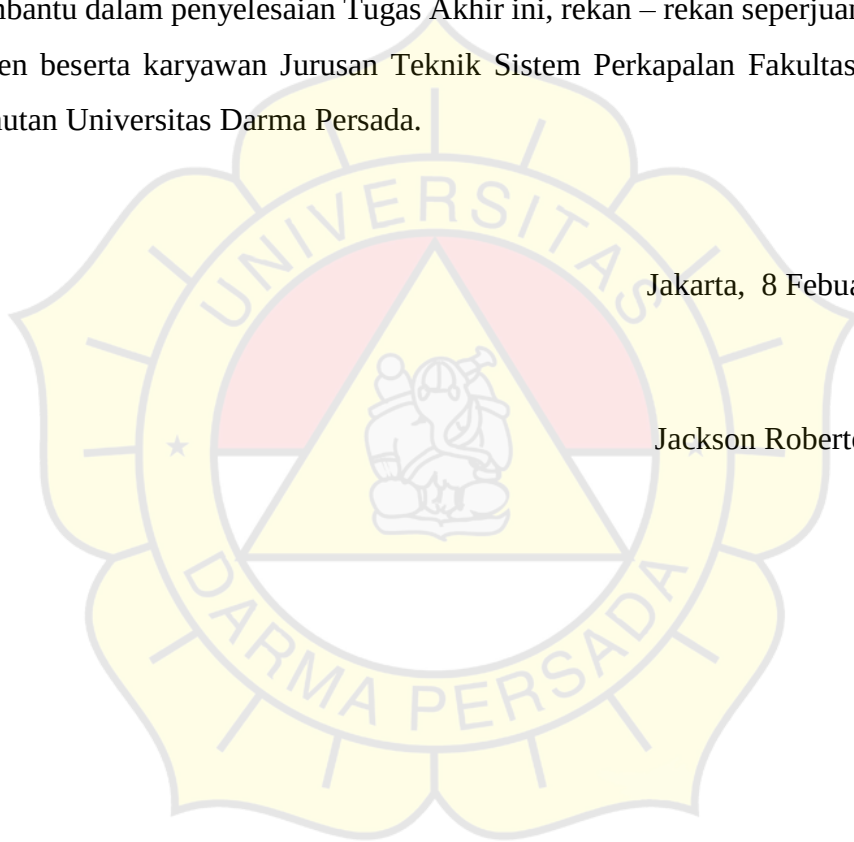
- 1) Orang Tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan kepercayaan yang besar.
- 2) Bapak Muswar Muslim, S.T, M.Sc, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan memberikan arahan dengan sangat baik dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- 3) Bapak Ir. Ayom Buwono, M.Si, selaku Dosen pembimbing II sekaligus Dosen pembimbing Akademik, dan Kepala Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Universitas Darma Persada yang selalu memberikan masukan, bantuan, arahan, kritikan, dan motivasi dengan baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 4) Bapak Yoseph Arya Dewanto, ST., MT, selaku Dosen dan Pelaksana Tugas Dekan Fakultas Teknologi Kelautan yang selalu memberikan masukan-masukan dan semangatnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
- 5) Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknologi Kelautan yang namanya tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
- 6) Teman – teman angkatan 2015 FTK UNSADA
- 7) Rekan - rekan Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak, agar dapat penulis jadikan perbaikan untuk kedepannya. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya bagi kemajuan penulis dalam bidang perkapalan dan bagi Jurusan Teknik Sistem Perkapalan pada umumnya.

Akhir kata, Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, rekan – rekan seperjuangan, dosen -dosen beserta karyawan Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.

Jakarta, 8 Febuari 2020

Jackson Roberto Wonata



VISI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

VISI :

Menjadi program studi yang unggul dengan semangat monozukuri khususnya bidang perancangan instalasi sistem penggerak kapal, serta berperan aktif dalam pengembang teknologi sistem perkapalan nasional pada tahun 2023

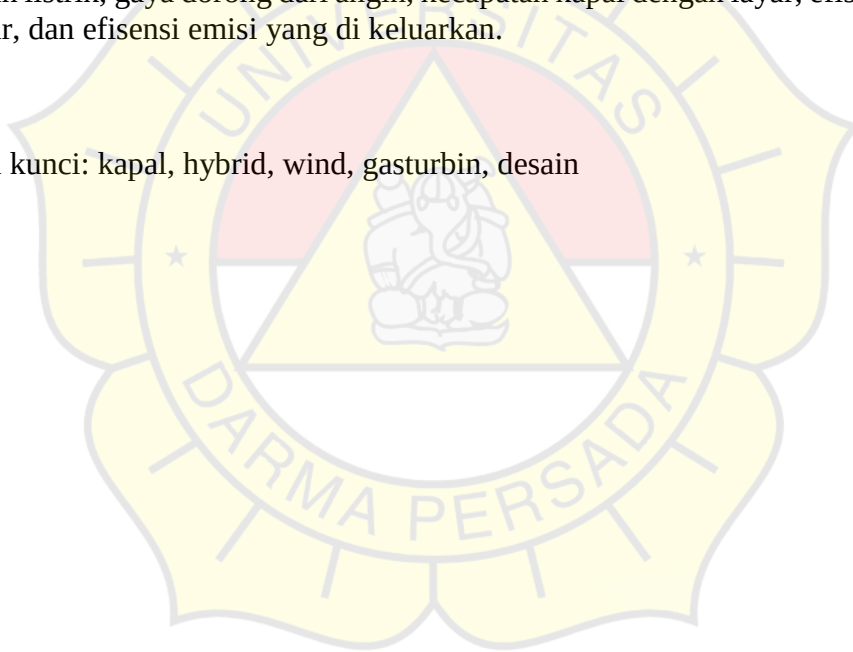


**DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER
ENERGI ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA –
SURABAYA DAN SURABAYA – MAKASSAR**

ABSTRAK

Kapal kontainer ini di desain memakai sistem hybrid yang bertujuan untuk mengurangi jumlah gas rumah kaca, dengan memakai 2 sistem yaitu wind propulsion dan gas elektrik propulsion yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan kapal, mengurangi pemakaian bahan bakar dan emisi CO₂. Metode kuantitatif dipakai untuk penulisan ini, seperti data rencana garis, GA, dan data kecepatan angin tiap titik ordinat pelayaran dipakai untuk menghitung hambatan, beban listrik, gaya dorong dari angin, kecepatan kapal dengan layar, efisiensi bahan bakar, dan efisiensi emisi yang di keluarkan.

Kata kunci: kapal, hybrid, wind, gasturbin, desain

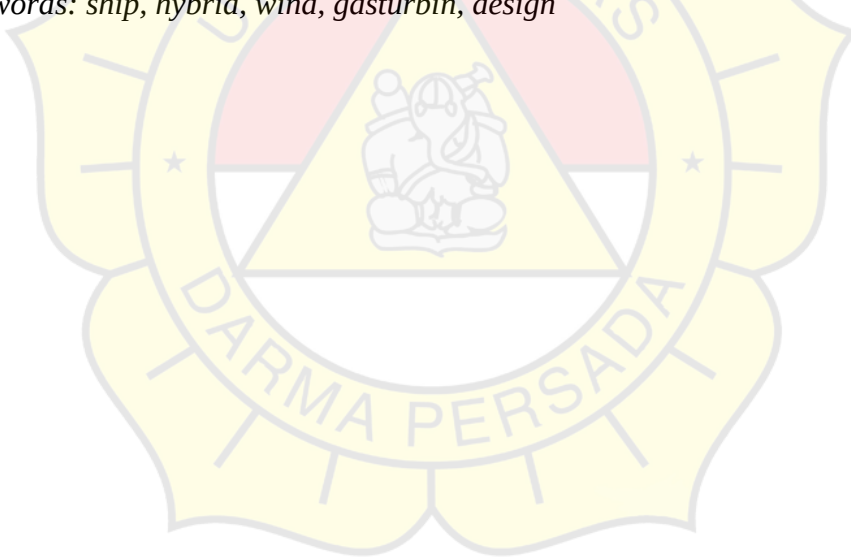


**DESAIN TEKNIS KAPAL HYBRID LISTRIK BERSUMBER
ENERGI ANGIN DAN GAS PADA RUTE JAKARTA –
SURABAYA DAN SURABAYA – MAKASSAR**

ABSTRACT

This container ship is designed to use a hybrid system that aims to reduce the amount of greenhouse gases, by using two systems, namely wind propulsion and electric propulsion gas which aims to increase the speed of the ship, reduce fuel consumption and CO2 emissions. Quantitative methods are used for this writing, such as line plan data, GA, and wind speed data for each cruise ordinate point used to calculate obstacles, electrical loads, thrust from winds, speed of ships with sails, fuel efficiency, and emission efficiency issued.

Keywords: ship, hybrid, wind, gasturbin, design



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.1.1 Isu Lingkungan.	1
1.1.2 Efek Rumah Kaca & Perubahan Iklim.	2
1.1.3 Protokol Kyoto dan Regulasi MarPol.....	3
1.1.4 Regulasi IMO tentang efisiensi.....	4
1.1.5 Kapal Hybrid.....	5
1.1.6 Alur rute pelayaran di indonesia.....	8
1.2 Rumusan Penulisan	8
1.3 Tujuan Penulisan	8
1.4 Manfaat Penulisan	9
1.5 Batasan Penulisan.....	9
1.6 Metode Penulisan	9
1.7 Sistematika penulisan	10
BAB II.....	12
LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Sistem Propulsi lengkap Kapal Hybrid	12

2.2 Deskripsi Proses dan Sistem di Kapal	12
2.3 <i>Wind Propulsion</i>	13
2.3.1 Sejarah <i>wind propulsion</i>	13
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Wind Propulsion</i>	13
2.3.3 Jenis layar kapal	13
2.4 <i>Liquefied Natural Gas</i>	16
2.4 <i>Gas Electric Propulsion</i>	16
2.4.1 Prinsip kerja gas turbin	16
2.4.2 Komponen Turbin Gas <i>Electric Propulsion</i>	17
BAB III	21
KERANGKA DAN METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian (<i>flowchart</i>)	21
3.2 Metode Penelitian	22
3.3 Data Konsep Kapal Rancangan	22
3.3.1 Rencana Garis dan GA	22
3.3.2 Metode Perhitungan Hambatan Kapal	23
3.4 Perhitungan Daya Ducted Propeller	31
3.5 Perencanaan balance daya listrik di kapal	33
3.6 Perencanaan tanki bahan bakar LNG	34
3.7 Perencanaan Perhitungan Berat emisi CO ₂	35
3.8 Perencanaan <i>Wind Propulsion</i>	36
3.8.1 Pengambilan data angin	36
3.8.2 Perencanaan Perhitungan Kecepatan kapal dengan layar	36
BAB IV	39
DATA PENELITIAN DAN ANALISA	39
4.1 Perhitungan Hambatan	39
4.1.1 Perhitungan Daya Ducted Propeller	49
4.1.2 Grafik Daya 5 Kecepatan	52
4.2 Balance Daya Listrik pada Kapal Rancangan.	53
4.2.1 Estimasi Kebutuhan Energi Listrik	53
4.2.2 Kondisi Berlayar dan masuk keluar pelabuhan.	56

4.2.3 Rancangan Skematik Kelistrikan.....	57
4.3 Perhitungan tanki bahan bakar LNG	57
4.3.1. Tangki bahan bakar LNG rute Jakarta - Surabaya	57
4.3.2. Tangki bahan bakar LNG rute Surabaya - Makassar.....	58
4.3.3 Penentuan jumlah tangki LNG	59
4.4 Perhitungan Wind Propulsion	60
4.5 Grafik Kecepatan kapal	69
4.5.1 Perbandingan Kecepatan dengan 3 kondisi JKT - SBY	69
4.5.2 Perbandingan Kecepatan dengan 3 kondisi SBY – MKS.....	70
4.6 Perhitungan Penghematan bahan bakar LNG dan pengurangan emisi oleh angin	70
4.6.1 Perbandingan kebutuhan bahan bakar LNG	74
4.6.2 Perbandingan Pengurangan8 emisi CO ₂	75
4.7 Design Kapal Container Hybrid berbasis energi angin dan gas	75
BAB V	76
KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. MV. Ampere	6
Gambar 2. MS. Color Hybrid	6
Gambar 3. MS. Roald Amundsen.....	7
Gambar 4. MV. Victoria of Wight	7
Gambar 5. Alur rute pelayaran di Indonesia.....	8
Gambar 6. Sistem Gas electric propulsion	12
Gambar 7. Dynarig	14
Gambar 8. Flettner rotor	15
Gambar 9. Kapal yang memakai layang-layang.....	16
Gambar 10. Skema Turbin gas sederhana	17
Gambar 11. MSB Kapal	18
Gambar 12. Motor 3 phase	19
Gambar 13. Flowchart	21
Gambar 14. Lines plan kapal hybrid	23
Gambar 15. GA kapal hybrid	23
Gambar 16. Rute JKT- SBY	36
Gambar 17. Rute SBY - MKS	36
Gambar 18. Polar diagram.....	37

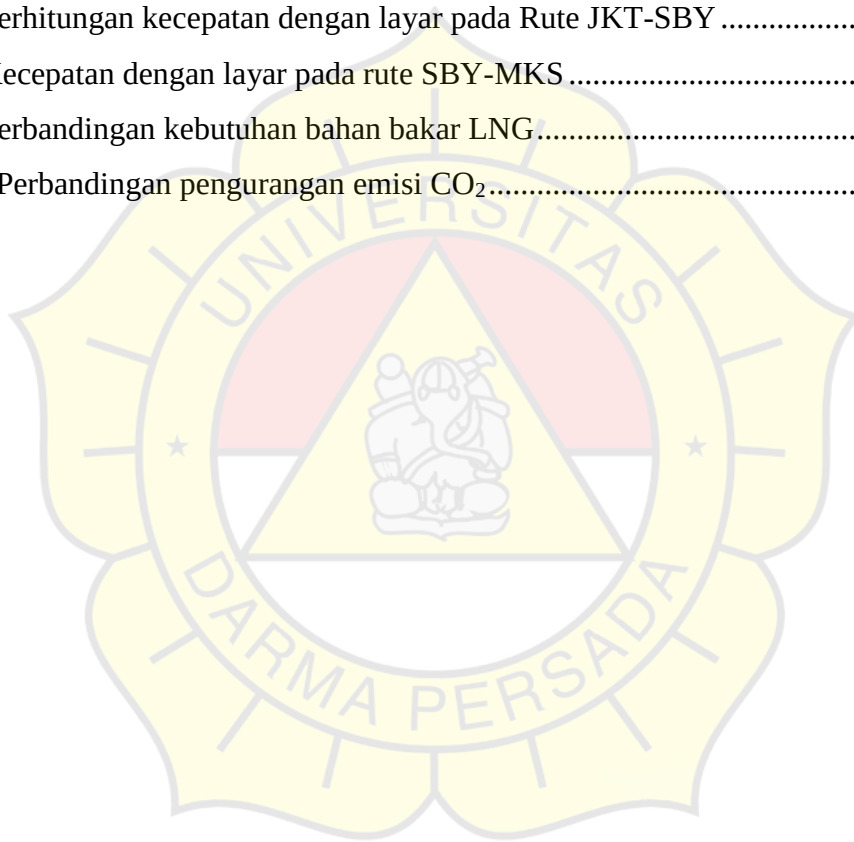
DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Daya Kurva Kecepatan	52
Grafik 2. Perbandingan Kecepatan kapal pada rute JKT-SBY	69
Grafik 3. Perbandingan Kecepatan kapal pada rute SBY-MKS.....	70
Grafik 4. Perbandingan Kebutuhan bahan bakar LNG	74
Grafik 5. Perbandingan pengeluaran emisi CO ₂	75



DAFTAR TABEL

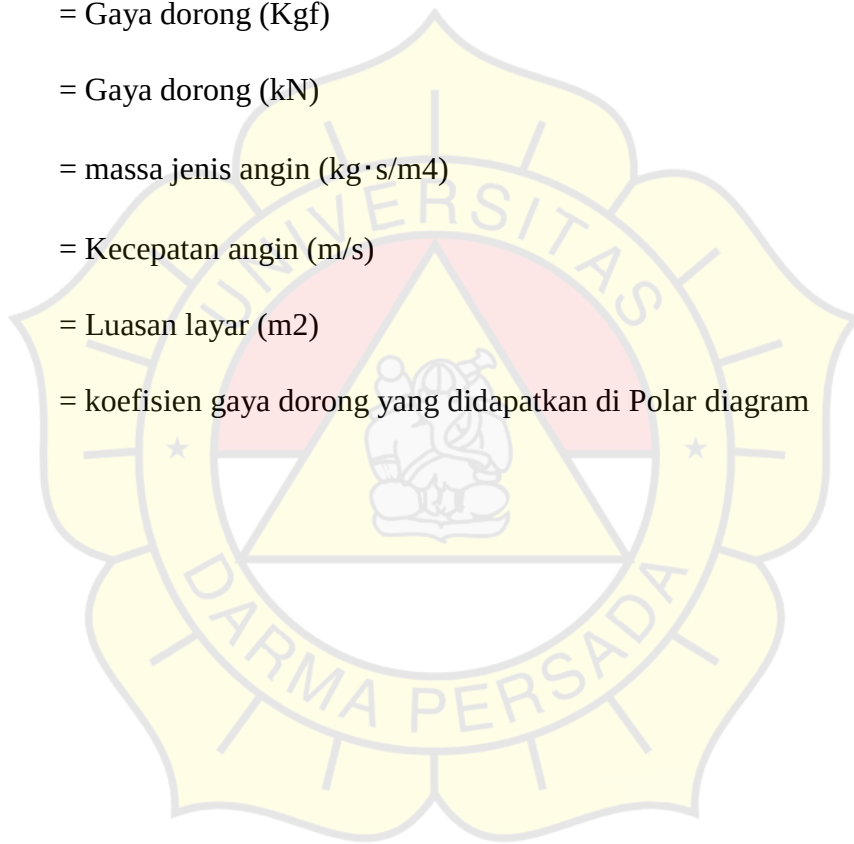
Tabel 1. Faktor emisi CO ₂	35
Tabel 2. Koefisien Tahanan Sisa Total.....	44
Tabel 3. Koefisien Tahanan Total	47
Tabel 4. Daya mesin kapal pada 5 kecepatan.....	52
Tabel 5. Beban Kelistrikan	53
Tabel 6. Total Beban Kelistrikan.....	56
Tabel 7. Perhitungan kecepatan dengan layar pada Rute JKT-SBY	60
Tabel 8. Kecepatan dengan layar pada rute SBY-MKS	64
Tabel 9. Perbandingan kebutuhan bahan bakar LNG.....	74
Tabel 10. Perbandingan pengurangan emisi CO ₂	75



DAFTAR SIMBOL

Δ	= Displacement (ton)
∇	= Volume Displacement (m ³)
$\bowtie$	= Midship
V_s	= Kecepatan Kapal (knot)
C_R	= Koefisien Hambatan Sisa
C_F	= Koefisien hambatan gesek
C_F'	= Koefisien hambatan gesek sesungguhnya
S	= Luas Permukaan bidang basah badan kapal (m ²)
S'	= Luas permukaan bidang basah kapal dan anggota badan kapal (m ²)
F_n	= Froude Number.
g	= gaya gravitasi (m/s ²)
R_n	= Reynold number
ν	= Viskositas kinematis
C_A	= Koefisien Tambahan
C_{AA}	= Koefisien Hambatan Udara
C_{AS}	= Koefisien Hambatan Kemudi
C_T	= Koefisien Hambatan Total
R_T	= Hambatan Total (kg)
ρ	= Berat jenis (m ² /s ⁴)
η_H	= Hull Efficiency.
η_{rr}	= Efisiensi Rotary relatif
η_{po}	= Efisiensi baling-baling

t	= Lama waktu pelayaran (jam)
S	= Radius Pelayaran (mil)
W_{fo}	= Berat bahan bakar (ton)
(V_{fo})	= Volume bahan bakar (liter)
γ_{fo}	= Berat jenis LNG (kg/liter)
T	= Gaya dorong (Kgf)
	= Gaya dorong (kN)
ρ_a	= massa jenis angin ($\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^4$)
v_a	= Kecepatan angin (m/s)
A	= Luasan layar (m^2)
c_x	= koefisien gaya dorong yang didapatkan di Polar diagram



DAFTAR SINGKATAN



<i>LOA</i>	= <i>Length Over All</i> (m)
<i>LBP</i>	= <i>Length Between Perpendicular</i> (m)
<i>LWL</i>	= <i>Length Water Line</i> (m)
<i>B mld</i>	= <i>Breadth Moulded</i> (m)
<i>H mld</i>	= <i>Height Moulded</i> (m).
<i>T mld</i>	= <i>Draft Moulded</i> (m).
<i>Cb</i>	= <i>Coefficient Block</i>
<i>Cm</i>	= <i>Coefficient Midship</i>
<i>Cw</i>	= <i>Coefficient Waterline</i>
<i>Cp</i>	= <i>Coefficient Prismatic</i>
<i>CL</i>	= <i>Beban kontinue</i> (Kw)
<i>IL</i>	= <i>Beban Intermiten</i> (Kw)
<i>FL</i>	= <i>Faktor beban</i>
<i>FD</i>	= <i>Faktor diversitas</i>
<i>SFOC</i>	= <i>Spesific fuel oil consumption</i> (g/kw.h)
<i>EHP</i>	= <i>Efektif Horse Power</i> kapal (HP)
<i>SHP</i>	= <i>Shaft Horse Power</i> kapal (HP)
<i>PC</i>	= <i>Propulsive Coefficient</i>
<i>LCB</i>	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i>
<i>HHV</i>	= <i>Higher Heating Value</i>