

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUG BOAT 360 HP**

Diajukan Kepada Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada  
Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Pendidikan Sarjana S-1  
Teknik Perkapalan



Disusun Oleh :

Nama : FACHRUL RAZAK

Nim : 2015310901

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA  
2019**



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : FACHRUL RAZAK  
N.I.M : 2015310901  
Judul Tugas Akhir :

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUG BOAT 360 HP**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	29/05/2019	- Kerangka pikir dipaparkan - Struktur pustaka dipaparkan	
2.	12/06/2019	- Perbaikan Metodologi dan alur pikir. - Pembahasan penyusunan undangan	
3.	18/06/2019	- Penemuan masalah untuk di sempurnakan, balok atig kemuf ming - Redagulasi hasil penelitian	
4.	10/07/2019	- Jember pembatasan sumber dan data dan dijabarkan, beno perwujud	
5.	15/07/2019	Jelaskan pembatasan yg terjadi dan beno meri	

Dosen Pembimbing,

Augustinus Pusaka K, ST, M.Si



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : FACHRUL RAZAK  
N.I.M : 2015310901  
Judul Tugas Akhir :

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUG BOAT 360 HP**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6.	19/07/2019	CSA, perbaikan lines plan supaya dibersihkan	
7.	25/07/2019	tanpa pulkan proyek perantara 92, perubahan skala untuk pipa 2	
8.	29/07/2019	Kemampuan disampingnya, perbaikan dengan awal perhitungan dan rumus masalah	
9	05/08/2019	Review, ditinjau. OK siap dimengaji pre	

Dosen Pembimbing,

Augustinus Pusaka K, ST, M.Si



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : FACHRUL RAZAK  
N.I.M : 2015310901  
Judul Tugas Akhir :

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUG BOAT 360 HP**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	21 Mei '15	Perbaiki Bab I, Batasan masalah harus jelas	
2.	27 Mei '15	tambahi jurnal <sup>3</sup> sebagai referensi dan Tinjauan pustaka	
3.	11 Juni '15	Jurnal yang kurang lengkap tambahi lagi	
4.	26 Juni '15	- Bab III dipubli abaya dan penyelesaian. - Data kapal dilengkapi	
5.	11 Juni '15	perbaiki pembahasan dgn membaen jurnal <sup>3</sup>	

Dosen Pembimbing,

Shanty Manullang, S.Pi., M.Si.



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

Nama : FACHRUL RAZAK  
N.I.M : 2015310901  
Judul Tugas Akhir :

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUG BOAT 360 HP**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
6.	16 Juli '15	Pek lg perhitungan $\approx$ p0 Gab IV	
7.	18 Juli '15	perbaya Gab IV dgn jurnal $\approx$ ys mendukung -	
8.	29. Juli '15	perbaikan penulisan betanya $\approx$ setiap gambar dan kurva .	
9.	30 Juli '15	Isilah $\approx$ asig diminytkan , Abstrak ditulis ds dlm b. Inggris	
10.	5 Agust '15	sk. dan siap $\approx$ dihidst	

Dosen Pembimbing,

Shanty Manullang, S.Pi., M.Si.



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**SURAT KETERANGAN  
PERMOHONAN UJIAN SIDANG  
TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa :

Nama : Fachrul Razak  
N.I.M : 2015310901  
Jurusan : Teknik Perkapalan  
Judul :

***“ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI  
UKURAN KAPAL TUG BOAT 360 HP ”***

Telah menyelesaikan Tugas Akhir dan bermaksud untuk mengajukan permohonan mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir:

No.	Dosen Pembimbing	Disetujui Tanggal	Paraf
1.	Augustinus Pusaka, ST, M.Si	1 Agustus 2019	
2.	Shanty Manullang, S.Pi., M.Si.	5 Agustus 2019	

Jakarta, 2019

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknologi Kelautan

**Yoseph Arya Dewanto, ST., MT**

Ketua Jurusan  
Teknik Perkapalan

**Shanty Manullang, S.Pi., M.Si.**



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

---

**LEMBAR KEASLIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : FACHRUL RAZAK  
N.I.M : 2015310901  
Jurusan : Teknik Perkapalan  
Program Studi : Strata 1 (S1)  
Judul Tugas Akhir :

**ANALISA TAHANAN KAPAL TERHADAP PERUBAHAN DIMENSI UKURAN  
KAPAL TUGBOAT 360 HP**

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 penulis telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka Tugas Akhir ini.

Jakarta, 05 Agustus 2019



Fachrul Razak



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

JL Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa Jakarta Timur 13450  
Telp.(021)8649051, 8649057, 8649095, 8649060 Fax.(021) 8649052  
Email : [humas@unsada.ac.id](mailto:humas@unsada.ac.id) Home Page : <http://www.unsada.ac.id>

**SURAT KETERANGAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Fachrul Razak  
NIM : 2015310901  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Tugas Akhir :

**“Analisa Tahanan Kapal Terhadap Perubahan Dimensi Ukuran  
Kapal Tug Boat 360 HP”**

No.	Dosen Penguji	Disetujui Tanggal	Paraf
1	Arif Fadillah, ST, M.Eng.,Ph.D	03 Desember 2019	
2	Ayom Buwono, ST, M.Si	17-10-2019	

Jakarta, Desember 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Augustinus Pusaka, ST, M.Si)

Dosen Pembimbing II

(Shanty Manullang, S.Pi., M.Si)

Mengetahui,

Dekan Fakultas  
Teknologi Kelautan

(Yoseph Arya Dewanto, ST, MT)

Ketua Jurusan  
Teknik Perkapalan

(Shanty Manullang, S.Pi, M.Si)

## ABSTRAK

Kapal tunda pelabuhan merupakan prasarana transportasi laut yang mendukung kelancaran sistem alur masuk dan keluar di pelabuhan, diperlukan sarana armada kapal tunda yang dapat menunjang kinerja pada pelabuhan dalam mendukung kegiatan *escort* dan *assist* dari kolam pelabuhan ke dermaga, Yang dalam hal ini kapal tunda x, dan beroperasi di Pelabuhan dalam kegiatan *escort* dan *assist* dari kolam pelabuhan ke dermaga, pada saat beroperasi memiliki kecepatan *free Running* maksimal 9,7 knot. Selanjutnya *Owner ship* mengambil suatu kebijakan untuk melakukan perubahan pada ukuran dimensi panjang kapal, penambahan panjang pada buritan untuk penambahan mesin induk kapal.

*Redesign* ukuran dimensi panjang kapal dengan ketentuan-ketentuan perubahan mempengaruhi nilai tahanan dan *effective power* yang dibutuhkan kapal. Maka perubahan ukuran dimensi kapal sehingga dapat diasumsikan kecepatan dinas kapal sebesar 12 *knot* pada *free Running* dan 13 ton kondisi *bollard pull*. Pendekatan *redesign* ulang menggunakan *software Delftship freeship* dengan dasar metode *Delftship series* (98) dengan perubahan penambahan panjang ukuran dimensi pada bagian buritan kapal 1,3 m – 1,5m diketahui desain lambung awal dengan metode *delftship series* (98) memiliki nilai *resistance* 31,777 kN pada kecepatan dinas 9,7 *knot* dan metode (ITTC 1957 & Froud) *resistance* 32,288 kN dengan kecepatan dinas 9,3 *knot*, setelah perubahan dimensi ukuran dan dianalisa nilai tahanan menggunakan 3 metode pendekatan hasil nilai *Resistance* menjadi 65,561 kN (*Delftship* (Delft Series & John Winters)), 53,763 kN (ITTC 1957 & Froud), 52,441 kN( standar series taylor's / caldwell's) pada kecepatan dinas 12 *knot*.

Kata Kunci : Desain ulang, Tenaga efektif , Tahanan kapal, Kapal Tunda

### **ABSTRACT**

*The harbour tug is an infrastructure of sea transportation which supports the continuity of in out line system in the port, tugboat facilities are required which can support the performance of the port for carrying escort and assist from anchorage area to the berthing pier, in this case, the tugboat x, which operations in escort and assist harbour tug activity has maximum speed of freerunning that's 9,7 knot. furthermore, The owner ship is making decisions to do the alteration of the length dimensions size of the tug boat and the addition of stern to repowering about of marine propulsive the main engine.*

*Redesign the dimension size of the ship length with the change certainties influence the resistance value and the effective power which is needed by the ship. Then the change of ship dimensions size so that it can be assumed that the ship speed service of 12 knots on free Running and 13 tons of bollard pull conditions. The approach of redesign is using the Deltship freeship software while the method of Deltship series (98) with alteration addition the length of dimensions the value of ship stern is 1.3 m - 1.5 m. It is known that hull design based on delftship series (98) method has the value of ship resistance is 31,777 kN for service speed 9,7 knots and method (ITTC 1957 & Froud) the value of ship resistance is 32.288 kN with service speed 9,3 knots, after changing the dimensions size and analyzed by the resistance value it use 3 methods of approaching the value of resistance is 65,561 kN (Deltship & Delft Series & John Winters)), 53,763 kN (ITTC 1957 & Froud), 52,441 kN (standard taylor's / caldwell's series) at 12 knots service speed.*

*Keywords: Redesign, Effective Power, ship resistance, Tugboat.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan. Dimana salah satu syarat untuk mencapai gelar strata I (S-1) adalah dengan menyelesaikan 6 ( enam ) sks Tugas Akhir di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada.

Selama proses penyelesaian 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 saya, yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan kepercayaan yang besar untuk saya.
2. Bapak Yoseph Arya Dewanto,ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
3. Bapak Arif Fadilah, ST, M.Eng, Ph.D Selaku Wakil Dekan I dan Dosen Fakultas Teknologi Kelautan.
4. Bapak Augustinus Pusaka, ST, M.Si. Selaku Wakil Dekan II dan penasehat akademik serta dosen pembimbing I Tugas Akhir.
5. Ibu Fanny Octaviani, ST, M.Si. Selaku Wakil Rektor III dan Dosen Fakultas Teknologi Kelautan.
6. Ibu Shanty Manullang, S.Pi., M.Si. Selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada serta dosen pembimbing II Tugas Akhir.
7. Bapak Ayom Buwono, ST, M.Si. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan Dosen Fakultas Teknologi Kelautan.
8. Ibu Theresiana Dwirina Novita, ST, M.Si selaku Dosen Fakultas Teknologi Kelautan.
9. Seluruh Dosen Universitas Darma Persada yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
10. Seluruh karyawan Fakultas Teknologi Kelautan.
11. Semua Angkatan, Rekan-rekan maupun Alumni Fakultas Teknologi Kelautan dan Khusus-nya Teknik Perkapalan, Universitas Darma Persada. yang telah memberikan berbagai informasi dalam menyelesaikan tugas akhir.

12. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak memiliki kekurangan, oleh karena itu saya mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar dapat memperbaiki. Saya berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khusus-nya Jurusan Teknik Perkapalan.

Akhir kata, Saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Jakarta, 7 Agustus 2019

Fachrul Razak

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Pengertian Kapal Tunda.....	6
2.2 Peraturan Kegiatan Pandu Kapal.....	7
2.3 Karakteristik Kapal Tunda.....	7
2.3.1 Tipe kapal tunda berdasarkan daerah pelayaran.....	8
2.3.2 Tipe kapal tunda berdasarkan sistem propulsi.....	9
2.3.3 Penentuan <i>bollard pull</i> daya mesin kapal <i>tug boat</i> .....	10
2.4 Pengertian Tahanan kapal.....	11
2.4.1 Tahanan Gesek ( <i>friction resistance</i> ) $R_f$ .....	12
2.4.2 Tahanan Sisa ( <i>residual resistance</i> ) $R_r$ .....	13
2.4.3 Tahanan Viskos ( <i>viskos resistance</i> ) $R_v$ .....	14
2.4.4 Tahanan Gelombang ( <i>wavemaking resistance</i> ) $R_w$ .....	14
2.4.5 Tahanan Pemecah Gelombang ( <i>wavebreaking resistance</i> ) $R_{WB}$ .....	14
2.4.6 Tahanan Bentuk ( <i>eddymaking resistance</i> ) $R_p$ .....	14
2.4.7 Tahanan Badan kapal ( <i>appendage resistance</i> ) $R_{AA}$ .....	15
2.4.8 Tahanan Kekasaran ( <i>roughness resistance</i> ).....	15
2.4.9 Tahanan Daun kemudi ( <i>Steering resistance</i> ).....	15
2.4.10 Tahanan Udara ( <i>Air resistance</i> ) $R_A$ .....	15

2.4.11 Tahanan Total ( <i>total resistance</i> ) $R_T$ .....	15
2.4.12 Estimasi daya efektif sistem penggerak kapal .....	16
2.5 Pengertian Ukuran Dimensi Kapal .....	17
2.6 Pengertian Rencana Garis .....	18
2.7 Pengertian Tahanan perairan terbatas dan dangkal .....	19
2.8 Pengertian Metode AHP .....	20
2.9 Penelitian dan analisa perubahan bentuk kapal terhadap tahanan kapal .....	20
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1 Proses pengerjaan Tugas Akhir ( <i>flowchart</i> ) .....	23
3.2 Identifikasi Permasalahan .....	24
3.2.1 Studi literatur .....	24
3.2.2 Pengumpulan data .....	24
3.3 Analisa Pembahasan .....	24
3.3.1 Permodelan <i>Lines Plan</i> Kapal .....	25
3.3.2 Analisa tahanan kapal dan <i>effective power</i> .....	25
3.3.3 Analisa tahanan kapal pada perairan terbatas atau terusan .....	25
3.3.4 Metode AHP pemilihan mesin induk kapal .....	25
3.3.5 Nilai optimal kecepatan 12 knot pada hasil <i>redesign</i> .....	26
3.3.6 <i>Redesign</i> ukuran dimensi kapal terkait regulasi desain <i>layout engine</i> ..	26
<b>BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>27</b>
4.1 Permodelan ukuran utama kapal pembanding .....	27
4.1.1 Permodelan <i>design</i> sebelum terjadi perubahan .....	27
4.1.2 Analisa hambatan menggunakan Metode <i>Delft Series (98)</i> .....	29
4.2 Analisa <i>Redesign</i> ukuran utama kapal .....	31
4.3 Analisa <i>Redesign</i> Rencana garis .....	35
4.4 Analisa ukuran dimensi kapal .....	40
4.5 Analisa tahanan kapal metode <i>Delft Series(98) redesign</i> .....	41
4.5.1 Nilai tahanan total menggunakan metode <i>Delft Series(98)</i> .....	41
4.5.2 Nilai tahanan total menggunakan metode Froude & ITTC, 1957 .....	44
4.5.3 Nilai tahanan total metode <i>standar series</i> taylor/caldwell's .....	54
4.6 Analisa tahanan kapal untuk komponen daya efektif <i>redesign</i> .....	57
4.7 Hirarki proses pemilihan mesin penggerak utama kapal .....	58

4.7.1 Perbandingan dengan metode AHP untuk kriteria .....	59
4.7.2 Penentuan prioritas model mesin kapal atas <i>torque</i> .....	59
4.7.3 Penentuan prioritas model atas dimensi ukuran mesin kapal.....	60
4.7.4 Penentuan prioritas model atas konsumsi bahan bakar mesin kapal.....	61
4.8 Analisa daya mesin terkait kemampuan <i>bollard pull</i> kapal tunda .....	62
4.9 Analisa koreksi tahanan kapal pada perairan terbatas atau terusan .....	65
4.10 Aspek perubahan ukuran dimensi kapal terkait regulasi .....	70
4.10.1 <i>Redesign</i> ukuran dimensi dan tata letak faktor ergonomi .....	70
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	74
5.1 Kesimpulan .....	74
5.2 Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	76
<b>LAMPIRAN</b> .....	78

### DAFTAR SINGKATAN / SIMBOL

Tabulasi berikut menunjukkan singkatan/symbol yang digunakan pada tugas akhir, karena huruf terbatas beberapa huruf yang sama digunakan untuk menyatakan lebih dari satu konsep.

A	luas bidang tangkap angin.
Ac	koefisien <i>admiralty</i>
Ap	<i>after peak</i>
ASD	<i>Azimuth Stern Drive</i>
ATD	<i>Azimuth Tractor Drive</i>
Av	koefisien reduksi kecepatan
Avg	koefisien reduksi kecepatan dari persentase
Aw	luas garis air badan kapal
Ax	koefisien luas penampang melintang terbenam
A $\otimes$	koefisien <i>displacement</i> (ft <sup>2</sup> )
B	lebar kapal (m), titik apung
B <sub>P</sub>	<i>Propeller power factor</i>
C <sub>A</sub>	koefisien penambahan hambatan untuk korelasi model - kapal.
C <sub>AA</sub>	koefisien hambatan udara.
C <sub>AS</sub>	koefisien hambatan kemudi.
C <sub>b</sub>	koefisien blok.
C <sub>d</sub>	koefisien drag
C <sub>F</sub>	koefisien hambatan gesek/drag spesifik.
C <sub>FO</sub>	koefisien tahanan gesek aliran/dasar
CG	<i>center of gravity</i>
C <sub>m</sub>	koefisien tengah kapal.
C <sub>m<sub>w</sub></sub>	koefisien tengah kapal.
C <sub>p</sub>	koefisien prismatic memanjang.
C <sub>R</sub>	koefisien hambatan sisa
C <sub>T</sub>	koefisien hambatan total
C <sub>V</sub>	koefisien tahanan viskos total
C <sub>w</sub>	koefisien garis air kapal.
C <sub>ws</sub>	kecepatan gelombang lintasan partikel
Dar	<i>Disc area ratio</i>
d $\phi$	sudut kemiringan elemen dari panjang kapal.
D <sub>M</sub>	<i>Moulded depth</i> (ft)
D <sub>p</sub>	<i>Propeller diameter</i> (ft)
DWT	<i>dead weight tonnage</i> (berat muatan kapal) (ton).
D1	tinggi bidang atas air (m)
E <sub>thp</sub>	Effective thrust horsepower
Fn	angka <i>froude</i> $\left( \frac{Vs}{\sqrt{g \times L_{pp}}} \right)$
F <sub>p</sub>	<i>fore peak</i>
g	gaya gravitasi 9,81 m/dt <sup>2</sup> .
h	kedalaman air (m)
H	tinggi kapal (m).
J	<i>Propeller advance coefficient Non dimensional</i>
k	faktor kondisi perairan, Gaya yang bekerja pada luasan badan kapal tercelup air.

Kg	koefisien penggerak kapal (ft).
L	luas gading pada sarat poros kapal
$L/\nabla^{1/3}$	rasio panjang – displasemen: L (m) dan $\nabla^{1/3}$ ( m <sup>3</sup> )
Lbp	<i>length between perpendicular</i> (panjang antara garis tegak) (m).
L <sub>CB</sub>	<i>Longitudinal center of buoyancy</i> / letak titik tekan memanjang kapal dari tengah (m)
LCG	<i>longitudinal center gravity</i> , titik berat terhadap <i>midship</i> secara memanjang (m)
Loa	<i>length over all</i> (panjang keseluruhan) (m).
Lwl	<i>Length on water line</i> / panjang garis air (m).
Lw	panjang gelombang
LWT	<i>light weight tonnage</i> (berat kapal kosong) (ton).
n	Putaran baling-baling per detik (rps).
P <sub>D</sub>	<i>Delivery power</i> / daya yang disalurkan (Kw)
P <sub>E</sub>	Daya efektif mesin (Hp/Kw/Ps)
P <sub>S</sub>	Daya poros (Hp/Kw/Ps)
R <sub>A</sub>	<i>Air resistance</i> / Tahanan udara
R <sub>AA</sub>	<i>Appendage resistance</i> / Tahanan anggota badan kapal
R <sub>f</sub>	<i>Friction resistance</i> /tahanan gesek (kg)
R <sub>n</sub>	angka <i>Reynolds</i> .
R <sub>r</sub>	<i>Residual resistance</i> / Tahanan sisa (kg).
R <sub>T</sub>	tahanan total (kg/kN).
R <sub>TS</sub>	tahanan tambahan (kg/kN).
R <sub>v</sub>	<i>Viskos resistance</i> / Tahanan viskos
R <sub>w</sub>	<i>Wavemaking resistance</i> / Tahanan gelombang
R <sub>WB</sub>	<i>Wave breaking resistance</i> / Tahanan pemecah gelombang
S	jarak pelayaran (mil), luas permukaan basah badan kapal (m <sup>2</sup> ).
St	jarak <i>station</i>
T	sarat kapal (m)
Tb	kondisi sarat dibelakang kapal, trim buritan (m)
T <sub>cw</sub>	faktor tali <i>bollard</i> (m)
V <sub>go</sub>	koefisien hambatan gelombang
V <sub>s</sub>	kecepatan kapal (knot, m/dt).
V <sub>SS</sub>	kecepatan kapal perairan dalamnya terbatas
V <sub>w</sub>	kecepatan angin (m/s)
VWT	<i>Voith Water Tractor</i>
WSA	<i>Watted surface area</i> / luasan badan kapal tercelup air (m <sup>2</sup> )
y	koefisien kemiringan faktor bentuk kapal
Z	komponen kecepatan dalam arah sumbu
$\Delta$	<i>displasemen</i> kapal (ton).
$\gamma$	berat jenis air laut 1,025 t/m <sup>3</sup> , berat jenis air tawar 1,000 t/m <sup>3</sup> .
$\mu$	koefisien permeabilitas.
$\nabla$	<i>volume</i> kapal (m <sup>3</sup> ).
$\rho$	Kepadatan/kerapatan air laut (kg sec <sup>2</sup> / m <sup>4</sup> )
$\xi$	factor kekuatan angin
$\eta_h$	<i>Hull efficiency</i>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2	Kapal tunda saat <i>assist</i> .....	6
Gambar 2.5.1	Ukuran pokok kapal .....	18
Gambar 2.7.1	Gelombang diperairan laut dalam .....	19
Gambar 2.7.2	Gelombang diperairan laut dangkal .....	19
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3.2	Ilustrasi simulasi desain lambung <i>tug boat</i> .....	25
Gambar 4.1.1	<i>Lines plan autocad</i> .....	28
Gambar 4.1.2	Model kapal sebelum perubahan ukuran dimensi .....	29
Gambar 4.1.3	Kurva nilai <i>resistance</i> sebelum <i>redesign</i> terhadap <i>speed</i> .....	30
Gambar 4.1.4	Kurva nilai <i>effective power</i> sebelum <i>redesign</i> terhadap <i>speed</i> .....	31
Gambar 4.3.1	<i>Curve sectional area</i> sebelum dan sesudah <i>redesign</i> .....	36
Gambar 4.3.2	Panjang <i>section</i> letak <i>midship</i> atau titik benam kapal .....	37
Gambar 4.3.3	<i>Lines plan</i> dengan <i>delftship</i> setelah <i>redesign 3D</i> .....	38
Gambar 4.3.4	<i>Lines plan</i> dengan <i>autocad</i> setelah <i>redesign 2D</i> .....	39
Gambar 4.5.1	Kurva nilai <i>resistance</i> setelah <i>redesign</i> terhadap <i>speed</i> .....	42
Gambar 4.5.2	Kurva nilai <i>effective power</i> setelah <i>redesign</i> terhadap <i>speed</i> .....	43
Gambar 4.5.3	Kurva korelasi koefisien blok dengan panjang dispalsemen .....	45
Gambar 4.5.4	Kurva nilai <i>effective power</i> setelah <i>redesign</i> Froude & ITTC 1957 .....	52
Gambar 4.7.1	spesifikasi <i>marine engines</i> YANMAR .....	62
Gambar 4.9.1	Gerakan gelombang trokoid .....	66
Gambar 4.9.2	Peta laut batimetri .....	67
Gambar 4.9.3	Kurva skema penurunan kecepatan dan penambahan tahanan kapal .....	69
Gambar 4.10.1	<i>Space</i> dan struktural tangga .....	71
Gambar 4.10.2	<i>Space</i> dan struktural pintu palka .....	72
Gambar 4.10.3	Pencahayaannya dan ukuran <i>skylight</i> pada kapal .....	72
Gambar 4.10.4	<i>Engine layout</i> dan <i>space</i> antar <i>platform</i> kerja .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.1	Ukuran pokok kapal sebelum <i>redesign</i> .....	27
Tabel 4.1.2	Nilai tahanan kapal sebelum <i>redesign</i> .....	29
Tabel 4.2.1	Ukuran pokok kapal sesudah <i>redesign</i> .....	34
Tabel 4.4.1	Ukuran dimensi kapal sebelum dan sesudah <i>redesign</i> .....	40
Tabel 4.5.1	Nilai tahanan dan efektif power setelah <i>redesign</i> .....	41
Tabel 4.5.2	Parameter bentuk penampang badan kapal .....	47
Tabel 4.5.3	Koefisien tahanan sisa total .....	48
Tabel 4.5.4	Koefisien tahanan total .....	50
Tabel 4.5.5	Tahanan kapal dengan 5 percepatan setelah <i>redesign</i> .....	52
Tabel 4.5.6	Tahanan kapal dan kecepatan dinas sebelum/setelah <i>redesign</i> .....	53
Tabel 4.5.7	Tahanan kapal 5 percepatan <i>standar series taylors/caldwell's</i> .....	57
Tabel 4.6.1	Nilai tahanan kapal untuk komponen daya efektif 3 metode .....	57
Tabel 4.7.1	<i>Matriks</i> kolom kriteria berpasangan pada spesifik mesin kapal .....	59
Tabel 4.7.2	Kriteria <i>torque</i> atas dasar 3 model mesin kapal .....	60
Tabel 4.7.3	Kriteria dimensi atas dasar 3 model mesin kapal .....	60
Tabel 4.7.4	Kriteria konsumsi bahan bakar atas dasar 3 model mesin kapal .....	61
Tabel 4.9.1	Hasil analisa pengaruh perairan dangkal pada penurunan kecepatan .....	67
Tabel 4.9.2	Hasil analisa pengaruh perairan dangkal pada tahanan total .....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Sketsa garis aliran .....	78
Lampiran 2	Diagram transformasi aliran silinder .....	79
Lampiran 3	Diagram pengaruh perairan dangkal .....	80
Lampiran 4	Skema pengurangan kecepatan dan penambahan tahanan total .....	81
Lampiran 5	Skematis tahanan gesek .....	82
Lampiran 6	Korelasi pengaruh bentuk terhadap $L/\nabla^{1/3}$ .....	83
Lampiran 7	Koefisien tahanan gesek ITTC .....	84
Lampiran 8	Koefisien tahanan sisa 7,00 .....	85
Lampiran 9	Koefisien tahanan sisa 7,50 .....	86
Lampiran 10	lcb standar .....	87
Lampiran 11	Koreksi lcb .....	88
Lampiran 12	<i>General Arrangement</i> tampak samping .....	89
Lampiran 13	<i>General Arrangement</i> tampak atas .....	90
Lampiran 14	<i>General Arrangement midship</i> .....	91
Lampiran 15	Bentuk bagan hierarki .....	92
Lampiran 16	Skor penilaian, kuesioner matriks, simatik difrensial .....	93
Lampiran 17	Penyusunan matriks dan uji konsistensi .....	94
Lampiran 18	Grafik <i>resistance for tug</i> .....	95
Lampiran 19	Grafik <i>hull efficiency</i> .....	96
Lampiran 20	Grafik <i>free running tug</i> .....	97
Lampiran 21	Grafik rasio putaran <i>propeller</i> B d.a.r 0,40 .....	98
Lampiran 22	Grafik rasio putaran <i>propeller</i> B d.a.r 0,55 .....	99
Lampiran 23	Grafik <i>diameter propeller</i> B d.a.r 4,40 .....	100
Lampiran 24	Grafik <i>diameter propeller</i> B d.a.r 4,55 .....	101
Lampiran 25	Grafik <i>progressive trial chart</i> .....	102