

Dik-Rutin



LAPORAN KEGIATAN

**Studi Perancangan Desain Layar Pada Perahu Motor Tempel Untuk
Mengurangi Konsumsi BBM Dalam Operasi Penangkapan Ikan**

Oleh:

1. Ahmad Fauzan Zakki, ST. MT
2. Eko Sasmito Hadi, ST. MT

UNIVERSITAS DIPONEGORO
No. Daftar: 569/KI/LEHLIR/e
Tgl. : 28/5/07

Dibiayai dengan dana DIPA Universitas Diponegoro Nomor: 0160.0/23-4.0/XIII/2006 Kode 0036 MAK 521114,
sesuai dengan Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian Para Dosen Universitas Diponegoro,
Nomor: 1625/J07.P2/PG/2006, Tanggal 29 Mei 2006

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
NOPEMBER, 2006**


**IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DIK-RUTIN**

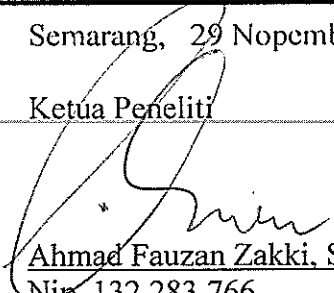
1. a. Judul Penelitian : **Studi Perancangan Desain Layar Pada Perahu Motor Tempel Untuk Mengurangi Konsumsi BBM Dalam Operasi Penangkapan Ikan**
b. Bidang Ilmu : Teknik
c. Kategori Penelitian : Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
2. Ketua Peneliti :
a. Nama lengkap dan Gelar : Ahmad Fauzan Zakki, ST, MT.
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
c. Golongan Pangkat dan NIP : Penata Muda III /a , Nip. 132. 283. 766
d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
e. Fakultas/Jurusan : Teknik/ Program Studi S-1 T. Perkapalan
g. Bidang Ilmu : Teknik Perkapalan
3. Jumlah Anggota Peneliti : 1 orang
a. Nama Anggota Peneliti : Eko Sasmito Hadi, ST. MT.
4. Lokasi Penelitian : PPI Bajomulyo, Juwana Pati
5. Kerjasama dengan Institusi Lain : -
a. Nama Institusi : -
b. Alamat : -
6. Lama Penelitian : 6 (enam) Bulan
7. Biaya Yang Dibutuhkan : Rp. 3.000.000,- (Tiga Juta Rupiah)
-

Semarang, 29 Nopember 2006

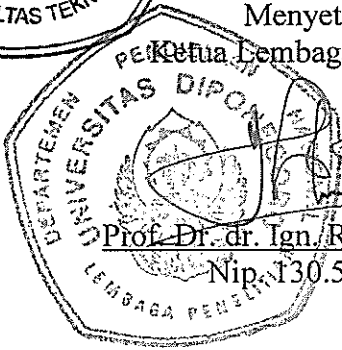
Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Peneliti


Ir. Sri Eko Wahyuni, MS
Nip.130.898.929


Ahmad Fauzan Zakki, ST, MT.
Nip. 132.283.766

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian


Prof. Dr. dr. Ign. Riwanto, Sp.BD
Nip.130.529.454

**STUDI PERANCANGAN DESAIN LAYAR
PADA PERAHU MOTOR TEMPEL UNTUK MENGURANGI KONSUMSI BBM
DALAM OPERASI PENANGKAPAN IKAN**

Oleh : Ahmad Fauzan Zakki
Eko Sasmito Hadi
Tahun : 2006
Jumlah: 85 halaman

RINGKASAN PENELITIAN

Terjadinya kenaikan BBM pada akhir tahun 2002 dan akhir Nopember 2005 sangat memukul nelayan, sebagai upaya untuk mengatasi kesulitan-kesulitan yang dihadapi nelayan tersebut, saat ini penelitian mengenai eksplorasi terhadap alternatif tenaga penggerak kapal haruslah menjadi prioritas utama bagi semua pihak. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain layar kapal tradisional, sehingga dapat mengurangi konsumsi BBM dalam operasi penangkapan ikan.

Studi yang dilakukan penelitian ini, di fokuskan pada perancangan layar untuk kapal ikan tradisional tipe sopek dengan ukuran < 20 GT. Dimulai dari studi literatur mengenai teori aerodinamika layar, koefisien aerodinamika layar serta beberapa teori mengenai hambatan kapal dan konsumsi bahan bakar. Kemudian Rencana garis dibuat berdasarkan pengukuran dari kapal yang sudah ada. Perhitungan prediksi hambatan kapal digunakan dua metode yaitu Metode Holtrop dan Metode Oortmeersen. Hasil menunjukkan hambatan kapal dengan metode Holtrop sebesar 1.33 kN dan metode Oortmeersen sebesar 0.87 kN pada kecepatan kapal 6 knot. Perhitungan stabilitas kapal dilakukan dan didapat grafik stabilias yang menunjukkan bahwa maksimum righting momen kapal terjadi pada sudut oleng 35.5^0 sebesar 260.034 Ton m.

Berdasarkan dari nilai hambatan kapal dan righting momen, maka ditentukan besar kebutuhan luas layar dengan menggunakan persamaan teori aerodinamika layar, dan koefisien aerodinamika untuk tipe layar bermuda. Besar luasan layar yang didapat adalah berkisar antara $8.69 - 13.28 \text{ m}^2$, dan kita tentukan luasan desain layar sebesar 12 m^2 . Hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan *Software Span Version 9.6* menunjukkan bahwa: kecepatan kapal sebesar 3.62 – 6.01 knot, *Speed Made Good* sebesar 2.19 – 4.43 knot, Olengan kapal sebesar $3.55^0 - 11.58^0$ dan total momen oleng sebesar 83.85 – 685.87 kg.m. Kajian tentang pengaruh layar terhadap konsumsi BBM, menunjukkan penghematan konsumsi BBM sebesar 6.08 liter/trip.

**Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro**

Dibiayai dengan dana DIPA Universitas Diponegoro Nomor: 0160.0/23-4.0/XIII/2006 Kode 0036 MAK 521114,
sesuai dengan Perjanjian Tugas Pelaksanaan Penelitian Para Dosen Universitas Diponegoro,
Nomor: 1625/J07.P2/PG/2006, Tanggal 29 Mei 2006

THE STUDY OF SAIL DESIGN ON OUTBOARD ENGINE FISHING BOAT FOR FUEL CONSUMPTION REDUCTION AT THE FISHING OPERATIONS

By : Ahmad Fauzan Zakki
Eko Sasmito Hadi
Years : 2006
No. of Pages : 85

RESEARCH SUMMARY

The increase of fuel oil prices in the end of year 2002 and last November 2005 have an effect on the artisanal fishery in the north of central java. Meanwhile the research topic about the alternative ship propulsion has become the main priority for the Indonesian government, as the efforts to overcome the problems of the fishery society. Based on the background, this research has a primary objective to have the sail design for traditional fishing boat which able to decrease the fuel consumption at the fishing operation.

The research was focus on the sail design for traditional fishing boat / Sopek type (under 20 GT). Start from literature review with reference to sail aerodynamic theory, sail aerodynamic coefficient and many procedures for predicting ship resistance and fuel consumption. Lines plan has been made from the actual data of boat hull ordinates. Holtrop Method and Oortmeersen Method have been used for the calculations of ship resistance prediction. The results show that the boat resistance is 1.33 kN (Holtrop method) and 0.87 kN (Oortmeersen method) for 6 knot of the service speed. The stability calculations show that the maximum righting moment is 260.034 kg.m at the 35,5⁰ Heeling Angle.

Based on the boundary conditions of ship resistance and maximum righting moment, we determine the large of sail area by the equation of sail aerodynamic theory. The aerodynamic coefficients for bermudian sail type have been chosen. The result shows that the size of sail area in the range of 8.69 – 13.28 m², and then we determined that the size of sail is 12 m². Regarding the sail area, we analyzed the sail performance by Software Span Version 9.6. The results show that the hull speed is 3.62 – 6.01 knot, Speed Made Good is 2.19 – 4.43 knot, Heeling Angle is 3.55⁰ – 11.58⁰ and Total Heeling Moment is 83.85 – 685.87 kg.m. The assessment of sail influence for the fuel consumption shows that the reduction of fuel consumption is 6.08 liter / trip

**The Department of Naval Architecture and Shipbuilding
Engineering Faculty
Diponegoro University**

Financed by Diponegoro University DIPA Fund No: 0160.0/23-4.0/XIII/2006 Code 0036 MAK 521114
Regarding The Contract of Research Execution Assignment for Diponegoro University Lecturer
No: 1625/J07.P2/PG/2006, 29 May 2006

PRAKATA

Dengan menyebut nama Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan perlindungan kepada umat manusia, atas ridlo-Nya diberi kesempatan untuk menyelesaikan penelitian ini sebagai bagian dari amanah sekaligus ibadah non ritual kami dalam rangka memberikan kontribusi ilmiah di lingkungan akademis. Sholawat dan salam tak lupa kami peruntukkan junjungan suri tauladan kami, Rasulullah Muhammad SAW.

Penelitian ini kami susun dengan tujuan untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah kami peroleh selama mengabdikan di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro khususnya dalam bidang Teknik Perkapalan. Topik yang kami ambil dalam penelitian ini berkaitan erat dengan **Studi Perancangan Desain Layar Pada Perahu Motor Tempel Untuk Mengurangi Konsumsi BBM Dalam Operasi Penangkapan Ikan**, yang hasilnya kami harapkan dapat digunakan untuk membantu para nelayan untuk mengurangi konsumsi BBM, sehingga dapat menghemat biaya operasional penangkapan ikan.

Kami percaya bahwa penelitian ini masih memiliki target-target yang lebih rinci sehingga masih terbuka kesempatan bagi peneliti-peneliti lain untuk menyempurnakan atau mengembangkannya lebih lanjut. Saran dan kritik yang membangun senantiasa kami harapkan untuk kesempurnaan penelitian ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya bagi kita semua, amin.

Semarang, 2006
Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN DAN SUMMARY	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian	I-2
1.4. Kontribusi Penelitian	I-2
1.5. Batasan Masalah	I-3
1.5. Sistematika Penulisan	I-3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Konsep Gaya Aerodinamik Pada Layar	II-1
2.2. Pengaruh Gaya-gaya Aerodinamik Pada Layar	II-5
2.3. Pengukuran Besarnya Gaya Aerodinamik Pada Layar	II-7
2.4. Metode Prediksi Hambatan Kapal	II-11
2.5. Karakteristik Mesin Penggerak dan Kebutuhan Kecepatan Kapal Ikan	II-14
2.5.1. Karakteristik Mesin Diesel	II-15
2.5.2. Karakteristik Motor Tempel (Outboard Engine)	II-17
2.5.3. Karakteristik Gabungan antara hambatan kapal dan mesin penggerak	II-17
2.6. Operasi Penangkapan Ikan	II-21
2.7. Sistem Penggerak Bantu layar	II-22
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	III-1
3.1. Tujuan Penelitian	III-1
3.2. Manfaat Penelitian	III-1
<hr/>	
BAB IV. METODE PENELITIAN	IV-1
4.1. Alur Pikir Penelitian	IV-1
4.2. Rencana Garis dan Kecepatan Kapal	IV-2
4.3. Perhitungan Prediksi Hambatan Kapal	IV-3
4.4. Perhitungan Hidrostatik dan Stabilitas Kapal	IV-10
4.5. Penentuan Luas dan Desain Geometri layar	IV-12
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	V-1
5.1. Kinerja Layar	V-1
5.1.1. Kecepatan Kapal	V-1
5.1.2. <i>Speed Made Good</i> (V MG)	V-3

5.1.3. Sudut Oling Kapal	V-4
5.1.4. Momen Oling Kapal	V-5
5.1.5. Momen Pengembali Kapal	V-5
5.2. Pengaruh Layar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar	V-6
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
6.1. Kesimpulan	VI-1
6.2. Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	VII-1
LAMPIRAN	
Lampiran A. Rencana Garis dan Tabel Ordinat Lambung Kapal	A-1
Lampiran B. Perhitungan Stabilitas pada Sarat Penuh	B-1
Lampiran C. Perhitungan Hidrostatik Lambung kapal	C-1
Lampiran D. Perhitungan Kinerja Layar	D-1
Lampiran E. Personalia Penelitian	E-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Metode prediksi hambatan kapal dan batasan dimensi	II-13
Tabel 2.2. Konsumsi bahan bakar trawler 10 m	II-19
Tabel 2.3. Rekomendasi kecepatan operasi maksimum kapal ikan	II-21
Tabel 4.1. Spesifikasi mesin penggerak kapal sopek	IV-3
Tabel 4.2. Tabel nilai faktor appendages	IV-5
Tabel 4.3. Tabel nilai hambatan kapal menurut metode Holtrop dan Van Oortmeersen	IV-9
Tabel 4.4. Tabel Hidrostatik Tipe Kapal Sopek	IV-10
Tabel 4.5. Tabel batasan-batasan dalam penentuan desain layar	IV-12
Tabel 4.6. Nilai koefisien Lift dan Drag untuk Tipe Layar Bermuda	IV-14
Tabel 4.7. Luasan layar dengan menggunakan metode hambatan Holtrop	IV-14
Tabel 4.8. Luasan layar dengan menggunakan metode hambatan Oortmeersen	IV-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Potongan penampang layar dengan 2 (dua) macam kondisi sudut kedatangan	II-1
Gambar 2.2.	Eksperimen aliran angin terhadap sebuah foil	II-2
Gambar 2.3.	Distribusi gaya yang bekerja pada penampang foil sebuah layar	II-3
Gambar 2.4.	Aliran angin pada sebuah model kapal layar	II-4
Gambar 2.5.	Grafik distribusi tekanan pada sebuah layar	II-5
Gambar 2.6.	Komponen gaya yang bekerja pada layar	II-6
Gambar 2.7.	Deskripsi <i>chamber</i> dan <i>aspect ratio</i> pada layar	II-8
Gambar 2.8.	<i>Polar diagram</i> untuk menentukan besar C_L dan C_D	II-9
Gambar 2.9..	Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kapal layar	II-10
Gambar 2.10.	Kurva konsumsi bahan bakar pada mesin diesel konvensional	II-16
Gambar 2.11.	Kurva konsumsi bahan bakar pada mesin diesel turbo	II-16
Gambar 2.12.	Hubungan antara <i>horsepower</i> dan <i>speed length ratio</i> kapal	II-18
Gambar 2.13.	Kurva konsumsi bahan bakar untuk canoe 13 m	II-19
Gambar 2.14.	Kurva konsumsi bahan bakar untuk purse seine 13,1 m	II-20
Gambar 4.1.	Diagram Alir Metode Penelitian Desain Layar	IV-1
Gambar 4.2.	Rencana garis kapal tradisional tipe sopek	IV-2
Gambar 4.3.	Grafik hambatan kapal sopek berdasarkan metode Holtrop dan Van Oortmeersen	IV-8
Gambar 4.4.	Kurva Hidrostatik Kapal Sopek	IV-11
Gambar 4.5.	Kurva stabilitas kapal sopek	IV-11
Gambar 4.6.	Bentuk geometri dan bukaan layar hasil penelitian	IV-16
Gambar 4.7.	Data desain layar hasil penelitian pada <i>Software Sailcut Version 4.0</i>	IV-16
Gambar 5.1.	Polar Diagram Kecepatan Kapal	V-2
Gambar 5.2.	Karakteristik Peningkatan Kecepatan Maksimum Kapal	V-2
Gambar 5.3.	Polar Diagram <i>Speed Made Good</i>	V-3
Gambar 5.4.	Karakteristik Peningkatan <i>Speed Made Good</i> Maksimum	V-4
Gambar 5.5.	Karakteristik peningkatan sudut oleng kapal	V-4
Gambar 5.6.	Karakteristik peningkatan momen oleng kapal	V-5
Gambar 5.7.	Peningkatan momen pengembali kapal	V-6
Gambar 5.8.	Karakteristik Diesel Engine Yanmar T160	V-7

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|--|-----|
| 1. Lampiran A. Rencana Garis dan Tabel Ordinat Lambung Kapal | A-1 |
| 2. Lampiran B. Perhitungan Stabilitas pada Sarat Penuh | B-1 |
| 3. Lampiran C. Perhitungan Hidrostatik Lambung kapal | C-1 |
| 4. Lampiran D. Perhitungan Kinerja Layar | D-1 |
| 5. Lampiran E. Personalia Penelitian | E-1 |



BAB I PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Terjadinya kenaikan BBM pada akhir tahun 2002 dan akhir Nopember 2005 sangat memukul nelayan, sebagai upaya untuk mengatasi kesulitan-kesulitan yang dihadapi nelayan tersebut saat ini, penelitian mengenai eksplorasi terhadap alternatif energi haruslah menjadi prioritas utama bagi semua pihak.

Sebagaimana dimaklumi bahwa dampak terbesar yang diakibatkan oleh melonjaknya harga kebutuhan pokok, sebagai akibat kebijakan pengurangan subsidi BBM adalah nelayan. Dimana nelayan sangat menggantungkan pada pasokan dan stabilitas harga, ternyata komponen biaya BBM berkisar antara 30 – 40 % dari seluruh biaya operasi penangkapan ikan per tripnya (Anonim, 2005). Lonjakan harga yang mendadak yang diikuti kenaikan hampir semua kebutuhan pokok, mengakibatkan kesulitan nelayan untuk melaut. Keresahan dan gejolak sosial mulai disuarakan baik oleh kelompok mahasiswa maupun ornamen masyarakat lainnya. Tuntutan pembatalan kebijakan pemerintah tentang peningkatan harga kebutuhan BBM segera mendapat respon positif dari Pemerintah.

Menteri ESDM yang didampingi oleh Dirjen Perikanan Tangkap dan Deputi Direktur Pemasaran dan Niaga Pertamina di Muara Angke pada akhir 2002 mendeklarasikan kebijakan pemerintah yang dikenal dengan terobosan SPD-SPBN. Terobosan yang dilakukan oleh pemerintah ini efektif, tetapi tidak mengurangi tingkat konsumsi BBM Nelayan, oleh karena itu perlu dikembangkan tenaga penggerak alternatif bagi kapal nelayan yaitu: layar.

Layar sebagai tenaga penggerak kapal telah lama digunakan. Seiring dengan berkembangnya teknologi, hampir seluruh kapal layar telah berubah menjadi kapal motor. Beralihnya teknologi layar menjadi motor memang berpengaruh secara signifikan terhadap hasil tangkap dan daya jelajah kapal. Namun dengan kondisi harga BBM yang semakin melambung, hal ini menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu penggunaan layar pada kapal tradisional perlu ditingkatkan, khususnya sebagai tenaga penggerak pendukung untuk menuju *fishing ground*, serta ketika kembali ke darat setelah mendapat hasil tangkapan.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bermaksud untuk mendapatkan desain layar kapal tradisional, untuk mendapatkan tenaga dorong yang optimal sehingga dapat mengurangi konsumsi BBM dalam operasi penangkapan ikan.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Atas dasar upaya tersebut dapat dirumuskan permasalahan yang ada adalah sebagai berikut:

1. Penentuan kebutuhan kecepatan kapal untuk operasional penangkapan ikan.
2. Penentuan pemilihan tipe layar yang akan digunakan.
3. Penentuan tahapan-tahapan desain layar.
4. Penentuan prosedur optimisasi kinerja layar yang sudah ada.
5. Penentuan besar biaya yang bisa ditekan dengan adanya layar.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan prototipe desain layar untuk kapal tradisional < 20 GT – (studi kasus kapal sopek), untuk mengurangi konsumsi BBM dalam operasi penangkapan ikan.

1.4. KONTRIBUSI PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian ini membantu nelayan dalam menyelesaikan masalah kenaikan harga BBM, dengan menekan konsumsi BBM melalui penggunaan layar sebagai tenaga penggerak kapal .

Melalui beberapa output dari Hasil Perancangan Prototipe Desain Layar , manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu nelayan dalam menghadapi masalah kenaikan harga BBM dengan menggunakan layar sebagai tenaga penggerak alternatif.
2. Memberikan solusi alternatif dalam menekan konsumsi BBM.
3. Mengimplementasikan program pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*), melalui penggunaan energi alternatif yang murah dalam operasional penangkapan ikan.

4. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain layar kapal tradisional sebagai penggerak kapal.

1.5. BATASAN MASALAH

Kajian ini difokuskan pada usaha mendapatkan desain layar untuk perahu motor tempel agar dapat menurunkan tingkat konsumsi BBM, sedangkan batasan masalah yang akan diteliti adalah :

1. Obyek yang akan dikaji adalah perahu nelayan jenis sopek yang banyak terdapat di wilayah pantura khususnya di daerah Pati, Semarang dan Jepara.
2. Pendekatan perhitungan hambatan kapal digunakan metode-metode yang telah dipakai secara umum, tidak melalui eksperimen pada sebuah *towing tank* di laboratorium hidrodinamika
3. Penentuan konstanta-konstanta pada prediksi gaya dorong layar (*Sail Driving Force*) diambil dari data-data tipe layar menurut hasil eksperimen dari Gottingen Institute, Bukan dari hasil eksperimen pada sebuah *wind tunnel*.
4. Penelitian ini dilakukan di PPI Tambak Lorok Semarang dan PPI Bajomulyo di Kabupaten Pati

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Penyusunan penelitian dik rutin yang dilakukan menggunakan sistematika sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan serta sistematika penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar konseptual dari penelitian yang meliputi konsep gaya aerodinamika pada layar, pengaruh gaya aerodinamik pada layar, pengukuran besar gaya aerodinamik pada layar, dasar teori prediksi hambatan kapal, dasar teori penentuan kecepatan operasi kapal ikan. Juga diuraikan tentang dasar-dasar teori analisis yang akan dipakai dalam

penyelesaian permasalahan penelitian, serta diuraikan tentang beberapa penelitian terdahulu yang sejenis yang pernah dilakukan.

Bab III : Tujuan dan Manfaat Penelitian

Bab ini berisi tentang tujuan dan target-target *improvement* yang dilakukan dalam merespon kondisi riil yang ada. Oleh karena itu pada bab ini akan dijelaskan tujuan dari perancangan desain sebuah layar dan manfaat dari penelitian ini bagi objek penelitian maupun bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan

Bab IV : Metode Penelitian

Bab ini merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan agar lebih terarah dan memiliki langkah penyelesaian yang sistematis mulai dari penetapan tujuan penelitian, studi pustaka dan pendahuluan, identifikasi metode penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisa dan interpretasi serta kesimpulan dan saran.

Bab V : Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pengolahan data dan analisa data, dari hasil pengolahan data untuk mengetahui besar gaya dorong yang dihasilkan oleh layar. agar mampu memberikan tenaga tambahan selain dari motor penggerak yang ada sehingga dapat diketahui besar penghematan BBM, dengan dipasangnya layar tersebut.

Bab VI : Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan tahapan akhir dalam penyusunan penelitian yang berisi kesimpulan dan saran-saran atau rekomendasi mengenai manfaat penelitian, kebijakan yang dapat diambil oleh pihak terkait.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

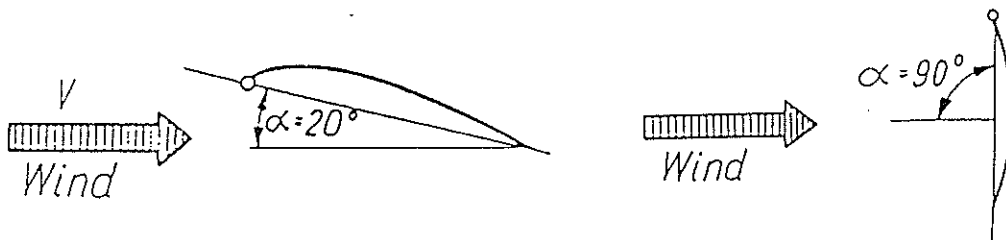
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep gaya aerodinamik pada layar

Pengaruh angin pada suatu benda terlihat seakan dapat dengan mudah diprediksi dan diramalkan kejadiannya. Tetapi seringkali intuisi dan logika fisik orang awam terkadang salah dalam memprediksikan akibat dari perilaku angin tersebut. Khalayak umum berpendapat bahwa kejadian yang ditunjukkan pada gambar 2.1. layar yang memiliki gaya dorong lebih besar adalah pada saat kondisi sudut kedatangan angin sebesar 90° , padahal kenyataan yang sesungguhnya adalah sebaliknya. Beberapa kejadian-kejadian yang tidak sesuai dengan intuisi tersebut sering kali menyebabkan kekeliruan dalam merancang sebuah desain layar.

Penjelasan ilmiah tentang besar gaya yang dihasilkan oleh sebuah layar, sebenarnya tidaklah jauh berbeda dengan konsep gaya angkat pada sayap pesawat dan gaya dorong oleh propeller. Ini semua terangkum dalam teori dinamika fluida dimana gaya dihasilkan oleh adanya dinamika fluida pada sebuah penampang yang disebut foil. Pada sebuah layar, foil tersebut adalah potongan dari penampang layar secara horisontal.



Gambar 2.1. Potongan penampang layar dengan 2 (dua) macam kondisi sudut kedatangan

Sebuah kapal layar bergerak berada pada batasan media udara dan air. Aliran udara yang berhembus melalui sebuah layar digunakan sebagai tenaga pendorong untuk melawan hambatan yang disebabkan oleh adanya gaya hidrodinamik pada saat kapal bergerak di air. Studi mengenai aliran udara dan air ini dikenal sebagai aerodinamika dan hidrodinamika. Dari kedua cabang ilmu tersebut yang membedakannya adalah

besar perbedaan kerapatan massa masing-masing fluida, dimana udara memiliki Berat per satuan volume (γ_a) = 0.0765 lb/cu.ft. sedangkan air (γ_w) = 64 lb/cu.ft.

Berdasarkan hukum newton, kerapatan massa diambil dari besarnya berat per satuan volume, dibagi dengan percepatan gravitasi sehingga kerapatan massa udara didapat sebesar 0.002378 slug/ft³ dengan percepatan gravitasi sebesar 32.2 ft/sec². Hal ini memungkinkan kita untuk mendapatkan besar energi kinetik dari udara (angin) yang memiliki kecepatan sebesar V , yaitu :

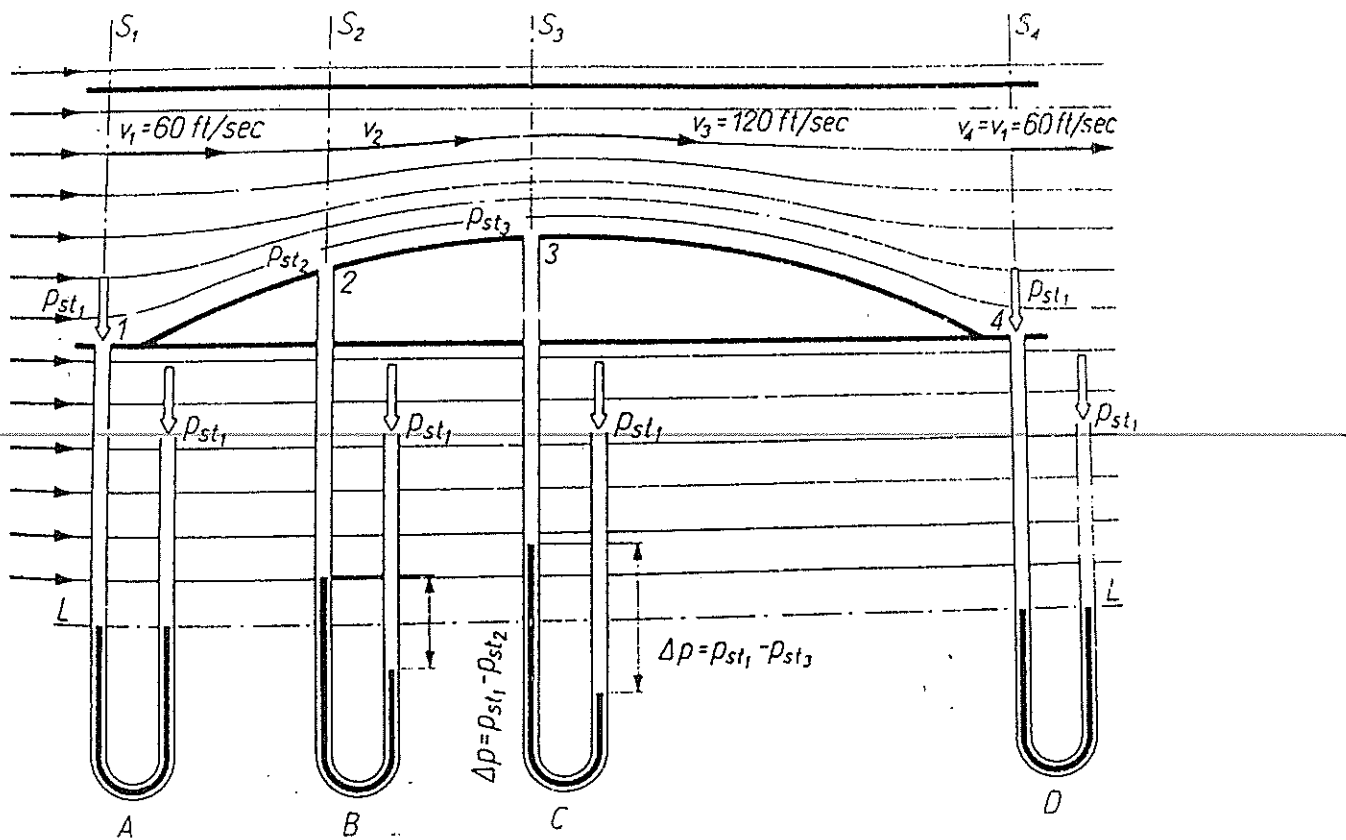
$$q = \frac{1}{2}mv^2 \qquad q = \frac{1}{2} \frac{\gamma_A}{g} \times v^2$$

$$q = 0.00119 \times v^2$$

keterangan :

- q = Tekanan Dinamik (lb/sq.ft)
- v = Kecepatan Angin (ft/Sec)

Kemudian aplikasinya dijelaskan pada sebuah eksperimen, dimana 2 (dua) buah pelat yang telah diberi manometer dialiri oleh angin, seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2. Eksperimen aliran angin terhadap sebuah foil

Berdasarkan hukum Bernoulli hubungan antara tekanan dinamik dan statik pada sebuah aliran adalah konstan, dapat ditulis persamaannya yaitu :

$$P_{st} + q = P_{st1} + q_1 = \text{tekanan stagnasi (konstan)}$$

• Sehingga pada titik S1 :

$$\begin{aligned} q_1 &= 0.00119 \times 60^2 &= 4.3 \text{ lb/sq.ft} \\ P_{st1} &= \text{tekanan atmosfer} &= 2116 \text{ lb/sq.ft} \\ P_{total} &= 2116 + 4.3 &= 2120.3 \text{ lb/sq.ft} \end{aligned}$$

• Dan pada titik S3 :

$$\begin{aligned} P_{st1} + q_1 &= P_{st3} + q_3 \\ q_3 &= 0.00119 \times 120^2 &= 17.2 \text{ lb/sq.ft} \\ 2116 + 4.3 &= P_{st3} + 17.2 \\ P_{st3} &= 2103.1 \text{ lb/sq.ft} \end{aligned}$$

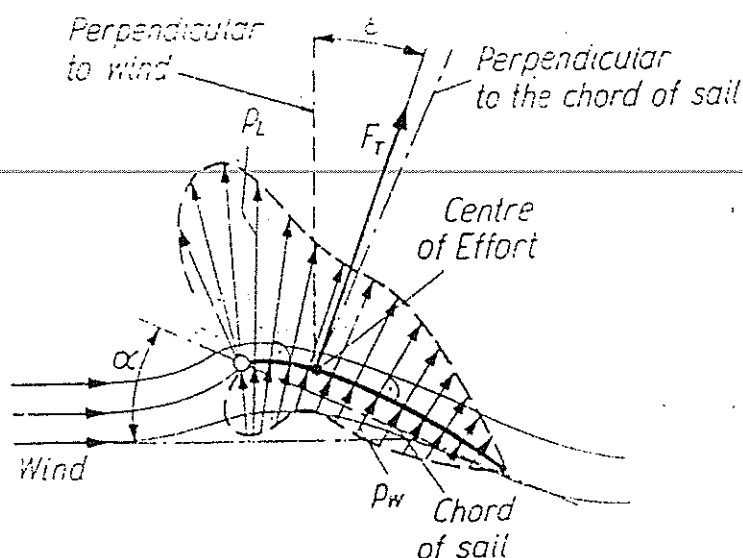
Dari dua kondisi titik tersebut di atas terdapat perbedaan besar tekanan statis yaitu :

$$\Delta P = P_{st1} - P_{st3}$$

$$\Delta P = 2120.3 - 2103.1$$

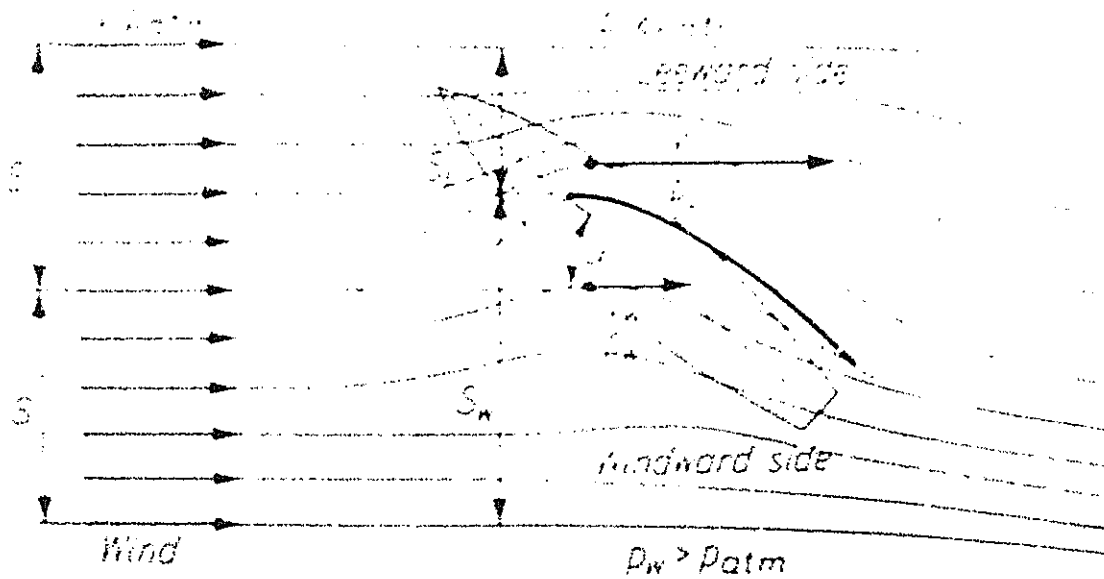
$$\Delta P = 12.9 \text{ lb/sq.ft}$$

Perbedaan-perbedaan tekanan ini terjadi karena adanya variasi kecepatan pada sebuah aliran yang bekerja di sebuah penampang foil layar, dimana akumulasi dari perbedaan tekanan tersebut akan didapat *average pressure* yang kemudian bila dikalikan pada seluruh luasan layar akan didapat *lifting force* dari sebuah layar, (Morwood, J, 1954)



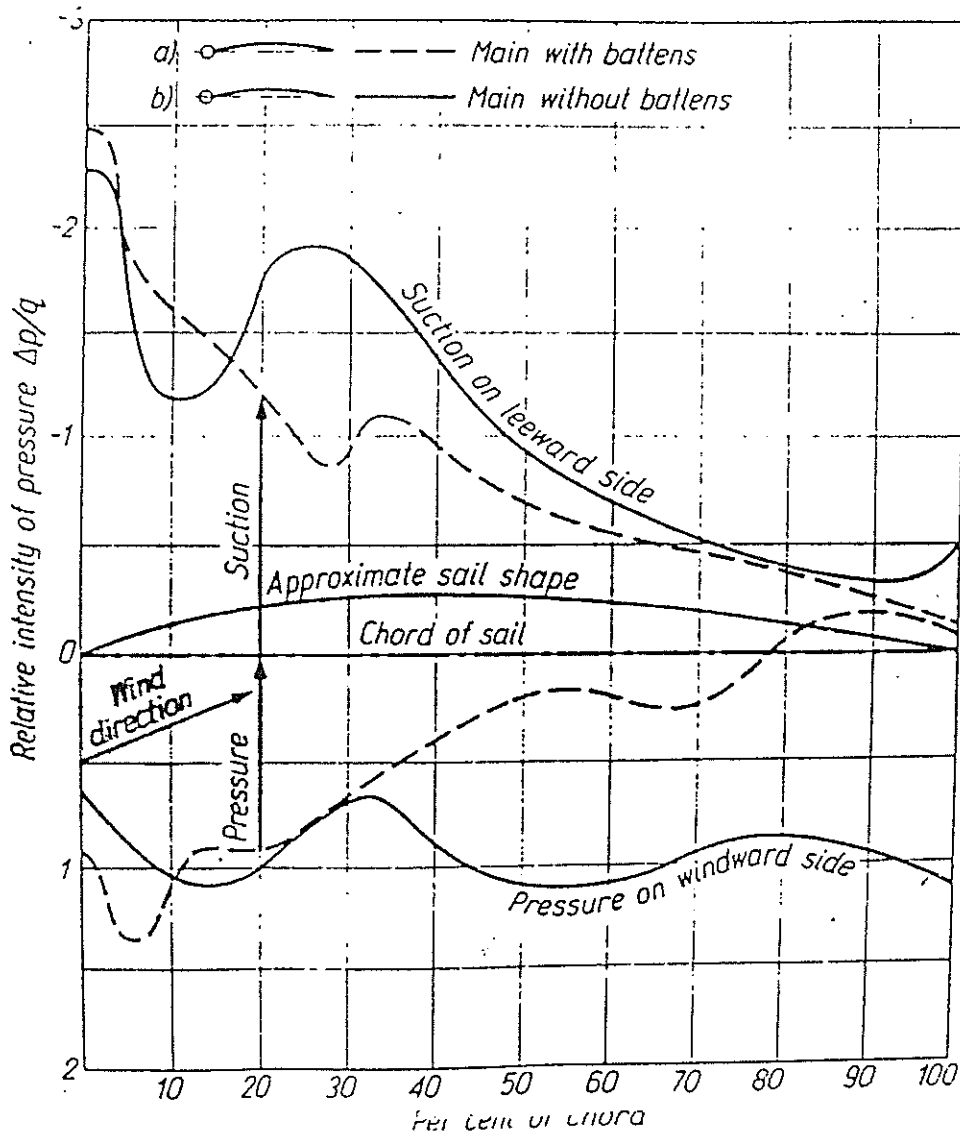
Gambar 2.3. Distribusi gaya yang bekerja pada penampang foil sebuah layar

Distribusi gaya-gaya yang bekerja pada penampang foil sebuah layar di ilustrasikan pada gambar 2.3. Tampak bahwa pada sisi *leeward* akan terjadi *suction* yang besar dan pada sisi *windward* timbul tekanan, dimana resultan dari seluruh gaya-gaya yang bekerja tersebut terletak pada satu titik yaitu *Centre of Effort* sebesar F_T . Sedangkan pada gambar 2.4. dapat dilihat bentuk aliran angin yang terjadi bila melewati sebuah layar, hal ini dapat menjelaskan mengapa kecepatan angin pada sisi *leeward* terjadi lebih cepat. Tampak terjadi penyempitan penampang pada sisi *leeward*, S berubah menjadi lebih pendek menjadi S_L , sedangkan pada *windward*, S memanjang menjadi S_W , dengan melihat karakteristik fluida kontinu (debit yang tetap) maka hal ini dapat meningkatkan kecepatan fluida pada penampang *leeward*.



Gambar 2.4. Aliran angin pada sebuah model kapal layar

Perbedaan kecepatan aliran fluida pada kedua sisi tersebut ($V_W < V_L$), menyebabkan timbulnya pengaruh aerodinamika pada layar yang ditunjukkan dengan tingginya tekanan pada sisi *windward* ($P_W > P_{atm}$) dan turunnya tekanan pada sisi *leeward* ($P_L < P_{atm}$). Perbedaan tekanan tersebut kemudian digambarkan dalam sebuah grafik distribusi tekanan yang kemudian dinormalisasi dengan merubah variabel-variabel tekanan menjadi variabel non dimensional, (Morwood, J, 1954). Pada grafik nondimensional, *relative intensity pressure* ($\Delta p/q$) menjadi sumbu y, dan sumbu x menyatakan prosentase panjang chord sebuah foil layar, gambar 2.5.



Gambar 2.5. Grafik distribusi tekanan pada sebuah layar

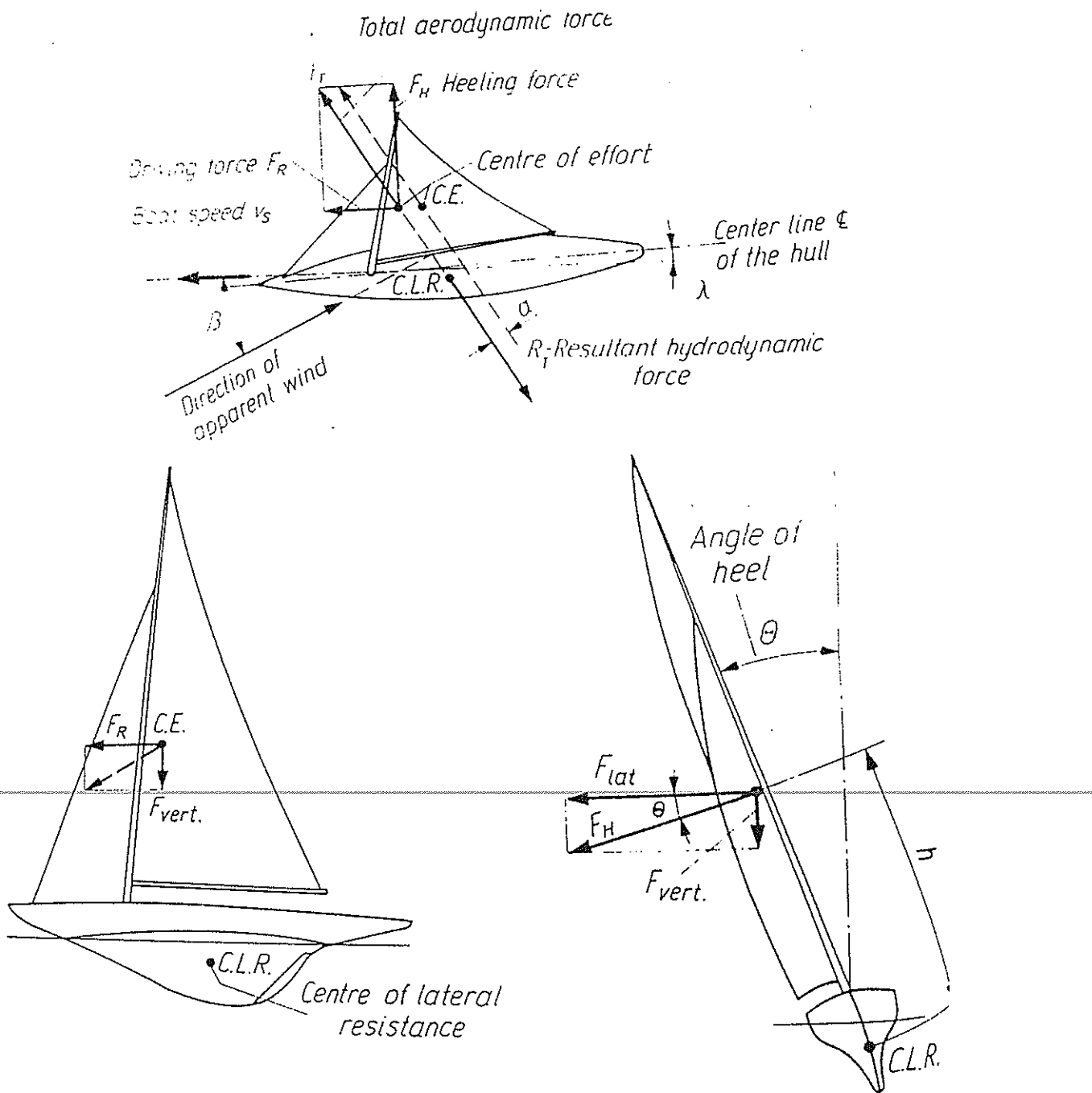
2.2. Pengaruh gaya-gaya aerodinamik pada kapal layar

Pada sub bab sebelumnya resultan dari distribusi tekanan yang terjadi pada seluruh area layar disebut sebagai *total aerodynamic force* (F_T). Gaya total ini kemudian dibagi menjadi dua komponen, (Tanner, T, 1930) yaitu :

- a. *Driving Force* (F_R), yang bekerja searah dengan gerak kapal
- b. *Heeling Force* (F_H), yang bekerja tegak lurus terhadap arah gerak kapal, sehingga dapat menyebabkan terjadinya *heeling* (olengan) pada kapal). Yang kemudian dibagi lagi menjadi dua komponen gaya yaitu :

- *Horizontal / lateral Force* = $F_H \cos \Theta$
- *Vertical Force* = $F_H \sin \Theta$

Komponen-komponen gaya di atas memberikan pengaruhnya terhadap kapal sehingga berpengaruh pada seluruh olah gerak kapal. Agar lebih jelas dapat dilihat ilustrasi uraian gaya total menjadi beberapa komponen gaya pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Komponen gaya yang bekerja pada layar

Adapun pengaruh komponen-komponen gaya aerodinamik pada kapal dapat dijelaskan sebagai berikut, (Warner, E P, 1925) :

- a. Kapal akan bergerak melalui lintasannya dengan kecepatan V_s . Besar kecepatan ini tergantung dari besar *Driving Force* F_R , jadi semakin besar *Driving Force*, semakin tinggi pula kecepatan kapal berlayar.
- b. Simpangan lintasan kapal dideskripsikan dengan sudut *leeway* (λ), yaitu sudut antara lintasan kapal dengan *centerline* kapal. Hal ini dipengaruhi oleh $F_{lateral}$, dengan bertambahnya $F_{lateral}$ maka lebih besar pula simpangan lintasan.
- c. Olgengan kapal dinyatakan dengan sudut Θ . Ini tergantung dari besarnya momen *heeling* yaitu $MH = FH \times h$, dimana h adalah jarak sepanjang tiang mast yang diambil dari titik *Centre of Effort* (CE) sampai pada *Center of Lateral Resistance* (CLR) yaitu titik resultan dari gaya lambung. Semakin besar nilai F_H dan h maka semakin besar pula olgengan yang terjadi pada kapal.
- d. Arah penyeimbang kapal dapat ditentukan berdasarkan jumlahnya pengendali layar untuk menjaga agar tetap sesuai dengan target. Keseimbangan tercapai ketika total gaya aerodinamik dan resultan gaya hidrodinamik bekerja pada satu garis yang sama. Bila letak CE didepan CLR maka penyeimbang harus berada pada sisi leeward, dan berlaku sebaliknya. Bertambahnya nilai F_H semakin membuat kapal menjadi tidak seimbang
- e. Inertia lambung kapal. Gaya F_{vert} cenderung menambah nilai inertia lambung, sehingga melebihi dari inertia lambung desain. Hal ini disebabkan F_{vert} dan F_R dapat mengakibatkan terjadinya Trim pada haluan dan mengangkatnya daerah buritan.

Dari beberapa pengaruh gaya aerodinamik di atas, pada point b – point c yang menjadi ukuran kinerja lambung kapal, karena point-point tersebut yang berpengaruh pada hambatan hidrodinamik yang dapat mempengaruhi kecepatan kapal. Berdasarkan hal tersebut kondisi optimal dapat dicapai bila kita dapat mengendalikan layar agar mencapai nilai F_R maksimal dan menekan besarnya F_H .

2.3. Pengukuran besarnya gaya aerodinamik pada layar

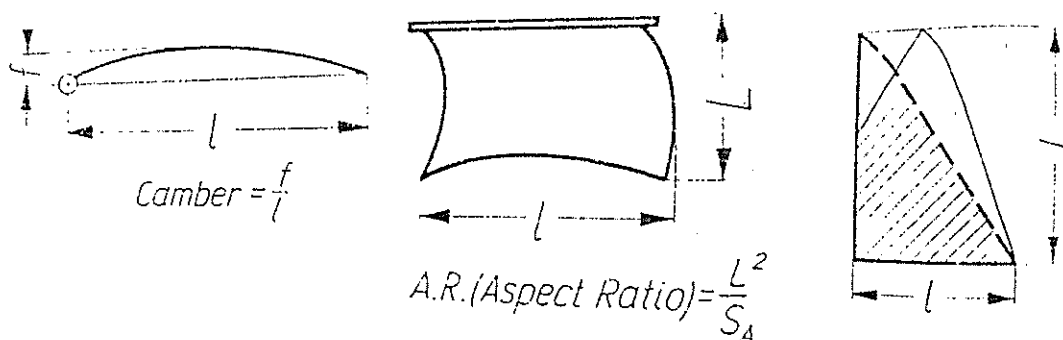
Berdasarkan dari hasil eksperimen pada kapal langsung, eksperimen dalam laboratorium dan teori aerodinamika, hasilnya menunjukkan bahwa karakteristik gaya aerodinamik tergantung dari, (Tanner, T, 1960) :

- Dynamic pressure* $q = 0.00119 \times v_A^2$ (v_A adalah kecepatan *apparent wind* dalam satuan *ft/sec*)
- Luas area layar S_A (*Sq.ft*)
- Posisi sudut layar relatif terhadap *apparent wind* biasa disebut sebagai *angle of incidence* (α).
- Bentuk layar, potongannya dan *chamber*-nya
- Bahan layar, kekakuan bahan, berat, porositas dan halusnya permukaan bahan (*smoothness*)

Dalam perencanaan desain, geometri layar dinyatakan dengan “*aspect ratio*” ($\Lambda.R.$), yaitu perbandingan antara tinggi layar dengan rata-rata lebar layar (Tanner, T, 1960). Untuk layar yang berbentuk segiempat, $A.R. = L / l$ (l adalah panjang *chord* layar, dan L adalah tinggi layar), dan untuk layar yang berbentuk selain dari segiempat yaitu:

$$A.R. = L \div \frac{S_A}{L} = \frac{L^2}{S_A}$$

Dan *Chamber* diambil dari perbandingan antara tebal foil (f) dengan panjang *chord* (l).



Gambar 2.7. Deskripsi *chamber* dan *aspect ratio* pada layar

Melalui deskripsi tentang *chamber* dan *aspect ratio*, bila kita memiliki 2 (dua) buha layar dengan bentuk geometri, potongan dan *angle of incident* yang sama, maka besar gaya yang dihasilkan oleh layar dengan luas S_A adalah :

$$\begin{aligned} F &= q \times S_A \times C \\ &= 0.00119 \times v_A^2 \times S_A \times C \end{aligned}$$

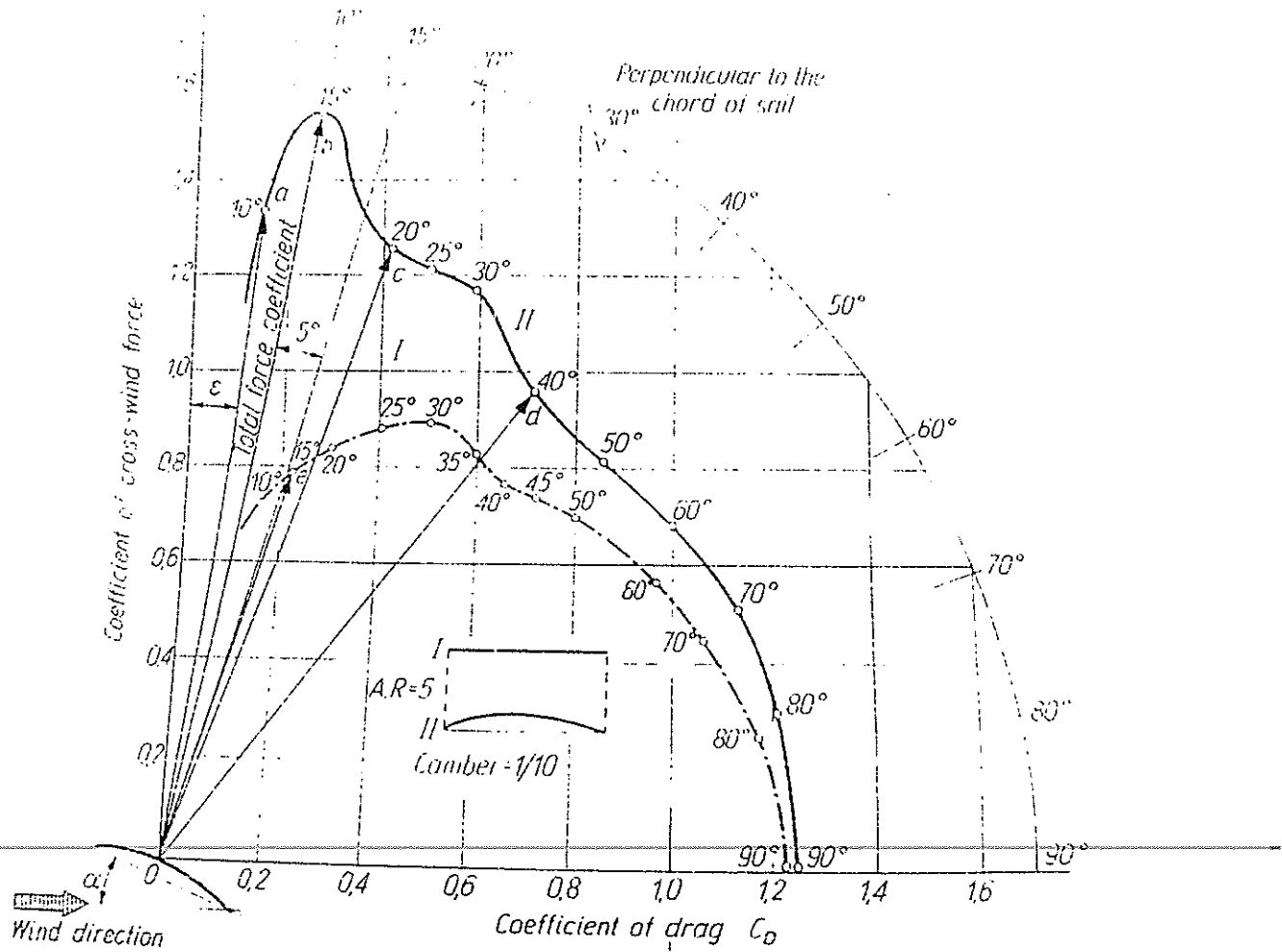
F = Gaya aerodinamik dalam satuan lb

v_A = *Apparent wind speed* dalam ft/sec

S_A = luas layar dalam sq.ft

C = Koefisien aerodinamik (tergantung bentuk layar)

Koefisien aerodinamik ini diambil dari hasil uji eksperimen, yang dilakukan dalam terowongan angin. Dalam mengukur besar koefisien tersebut dibuat model tang memiliki bentuk geometri yang serupa. Dengan merubah hasil pengukuran dalam bentuk non dimensional, maka koefisien yang didapat dari uji model dapat digunakan pada ukuran kapal sesungguhnya. Adapun salah satu hasil pengukuran pada model dengan tipe kapal bermuda, (Marchaj, C A, 1982) dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Polar diagram untuk menentukan besar C_L dan C_D

Berdasarkan gambar 2.8. tersebut, maka dapat diketahui besar *Lift Coefficient* dan *Drag Coefficient* pada layar, Melalui perhitungan persamaan gaya aerodinamik didapatkan besar gaya *lift* dan *drag*, resultan dari kedua gaya ini adalah total gaya. Untuk lebih jelas tentang seluruh gaya-gaya yang bekerja pada layar dapat dilihat pada gambar

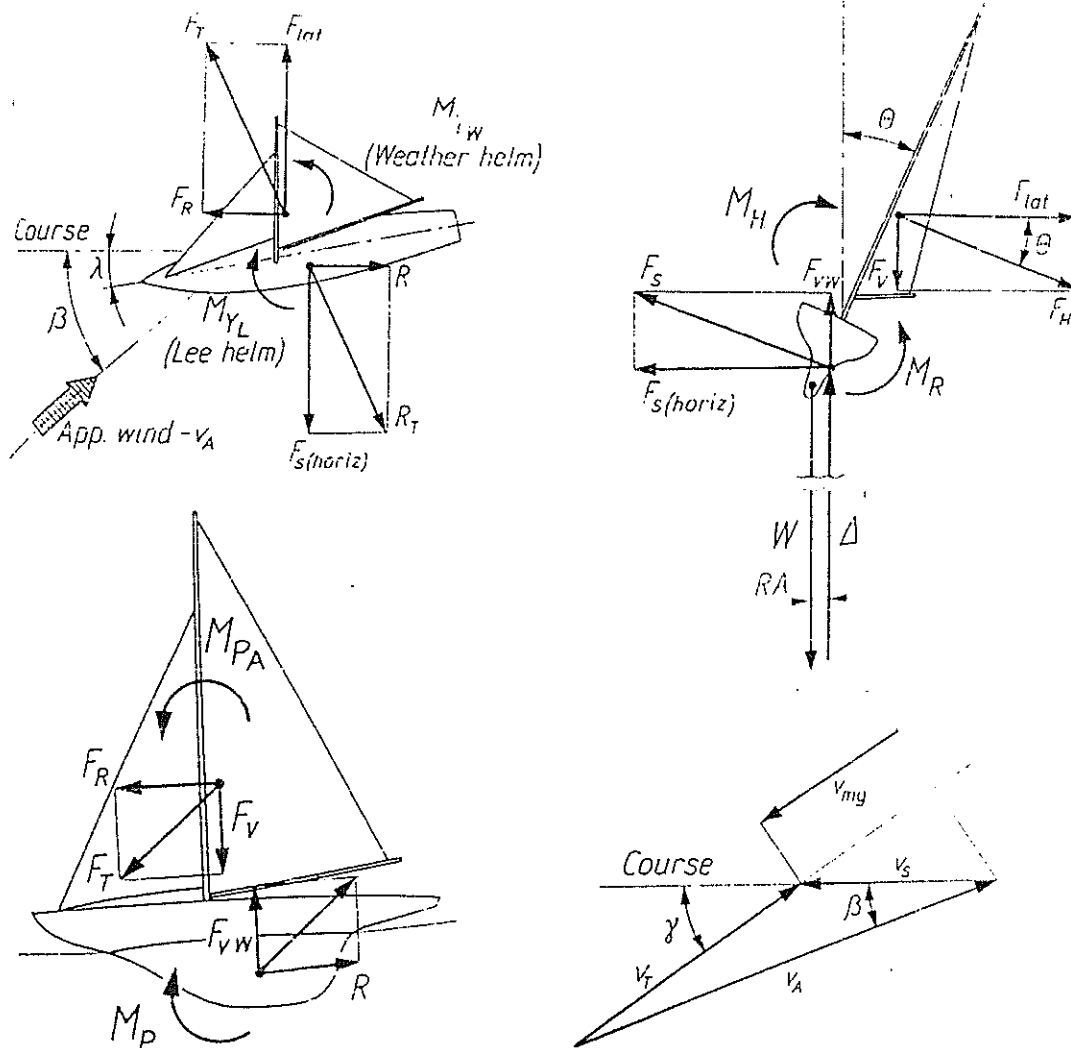
2.9. Dan hubungan antar variabel yang ada dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$F_R = L \cdot \sin \beta - D \cdot \cos \beta$$

$$F_H = L \cdot \cos \beta + D \cdot \sin \beta$$

$$C_R = C_L \cdot \sin \beta - C_D \cdot \cos \beta$$

$$C_{Hl} = C_{Ll} \cdot \cos \beta + C_{Dl} \cdot \sin \beta$$



Gambar 2.9. Gaya-gaya yang bekerja pada sebuah kapal layar

Berdasarkan persamaan diatas maka untuk mendapatkan besar luas layar yang diinginkan pada kecepatan kapal yang diinginkan, diperlukan kondisi batas Yaitu :

- F_R = Hambatan Lambung Kapal
- F_H = Righting moment lambung kapal / Lengan momen (jarak CE dan CLR)

Melalui kondisi batas tersebut persamaan dapat diselesaikan dan dapat kita tentukan luas layar pada beberapa kondisi β (*angle of wind apparent*) dan α (*angle of incident*)

2.4. Metode Prediksi Hambatan Kapal

Kapal layar adalah sebuah wahana yang bergerak diantara dua media yaitu air dan udara. Pada sub bab sebelumnya telah dibahas secara luas tentang perilaku udara dan layar sebagai penggerak dalam lingkup teori aerodinamika. Pada sub bab ini akan dibahas tentang hambatan kapal yang dirangkum dalam teori hidrodinamika.

Hambatan kapal adalah besarnya gaya yang diperlukan oleh kapal untuk bergerak pada kecepatan tertentu dalam kondisi air tenang (*smooth water*). Bila badan kapal tidak memiliki tonjolan-tonjolan khusus (*appendages*) maka ini biasa disebut *bare hull resistance*. Tenaga yang diperlukan untuk hambatan ini biasa disebut *effective power* yang dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut, (Mannen, J D, 1988) :

$$P_E = R_T \cdot V$$

Keterangan:

P_E = effective power dalam kWatt

R_T = Hambatan Total dalam kN

V = Kecepatan kapal dalam m/det

Tahanan total yang dinyatakan dalam persamaan diatas, sebenarnya terdiri dari beberapa komponen. Tiap komponen tersebut timbul dari faktor penyebab yang berbeda-beda dan memiliki hubungan kompleks antara satu dan lainnya. Untuk menyederhanakan kondisi yang sebenarnya telah disepakati bahwa total hambatan terdiri dari 4 (empat) komponen, (Mannen, J D, 1988) yaitu :

1. Hambatan gesek (*frictional resistance*), ini diambil dari gerakan lambung kapal melalui sebuah fluida kental (*viscous fluid*).
2. Hambatan pembuat gelombang (*Wave making resistance*), energi yang didapat dari kapal secara kontinu untuk menghasilkan sebuah gelombang pada permukaan air.
3. Hambatan ulekan (*eddy resistance*) energi yang diambil oleh ulekan dari lambung dan *appendages*. Ulekan lokal terjadi dibelakang poros, buritan, kemudi dan sebagainya, ini terjadi karena item-item tersebut merusak jalur streamline dari badan kapal. Semakin banyak ulekan ini timbul didaerah buritan maka akan memberikan hambatan kapal yang lebih besar pula. Ulekan ini sebenarnya sebuah aliran yang telah kehilangan energi kinetiknya, sehingga dia hanya berputar-putar pada satu posisi saja.

4. Hambatan udara, hambatan ini disebabkan oleh bagian kapal yang terletak diatas air, seperti *superstructure*. Ini terjadi ketika kapal bergerak dalam media udara.

Hambatan *wave making* dan *eddy* biasanya digabung disebut sebagai *residuary resistance*. Untuk mendapatkan pengetahuan tentang besar hambatan-hambatan tersebut diperlukan pengujian hidrodinamik, yaitu dengan melakukan eksperimen model kapal pada sebuah *towing tank*.

Saat ini telah banyak metode prediksi yang memudahkan perencana untuk memprediksi besar hambatan kapal pada tahap perencanaan desain. Metode-metode tersebut memiliki karakteristik khusus untuk digunakan pada tipe kapal tertentu. Adapun metode-metode tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Metode savitsky (pre-planing), algoritma ini digunakan untuk memprediksi hambatan kapal planing pada kondisi "onto the plane", (Savitsky, D, 1976).
2. Metode savitsky (planing), estimasi hambatan kapal planing pada kondisi kecepatan kapal memasuki periode planning, (Savitsky, D, 1964).
3. Metode Lahtiharju, kondisi seperti pada savitsky planing, (Lahtiharju, E, 1991).
4. Metode Holtrop, memprediksi hambatan kapal tangker, general cargo, kapal ikan, kapal tunda, kapal container dan kapal perang fregate, (Holtrop, J, 1978)
5. Metode van Oortmerssen, digunakan untuk hambatan kapal kecil seperti kapal ikan jenis trawler dan kapal tunda, (Oortmeerssen, G, 1971)
6. Metode Series 60, digunakan untuk estimasi jenis kapal barang yang memiliki baling-baling tunggal (*Single screw cargo ship*), (Todd, F, 1963)
7. Metode Delft, digunakan untuk prediksi hambatan kapal layar wisata (*sailing yacht resistance*) diambil berdasarkan analisis regresi dari gerritsma, (Gerritsma, J, 1991)
8. Metode Compton, Algoritma ini didesain untuk prediksi hambatan kapal tipe patroli pantai, serta kapal-kapal untuk wisata pantai yang dioperasikan dalam kondisi *semi planing*. Serta bentuk buritan tipe transom, (Compton, R, 1986)
9. Metode Fung, algoritma dari metode ini digunakan untuk prediksi hambatan kapal dengan bentuk buritan tipe transom tetapi ukurannya lebih besar dari tipe kapal yang diprediksi oleh metode compton. Metode ini menggunakan analisis regresi dari pengujian 739 model kapal pada *david taylor model basin* dan terdiri dari 10.000 titik data, (Fung, S C, 1995)

Batasan dimensi dari 9 (sembilan) metode diatas, ditampilkan pada tabel 2.1. Dalam penelitian ini mengingat bahwa kapal yang dikaji adalah kapal ikan tradisional dengan ukuran kecil, maka metode yang akan digunakan adalah metode holtrop dan van Oortmessen.

Tabel 2.1. Metode prediksi hambatan kapal dan batasan dimensi

Metode	Batasan Dimensi			
Savitsky	3.07	<	$L/V^{1/3}$	< 12.4
	3.7	<	ie	< 28.6
	2.52	<	L/B	< 18.26
	1.7	<	B/T	< 9.8
	0	<	At/Ax	< 1
	-0.016	<	LCG/L	< 0.0656
Lahtiharju (Round Bilge)	4.47	<	$L/V^{1/3}$	< 8.30
	0.68	<	B3/V	< 7.76
	3.33	<	L/B	< 8.21
	1.72	<	B/T	< 10.21
	0.16	<	At/Ax	< 0.82
	0.57	<	Cm	< 0.89
Lahtiharju (Hard Chine)	4.49	<	$L/V^{1/3}$	< 6.81
	2.73	<	L/B	< 5.43
	3.75	<	B/T	< 7.54
	0.43	<	At/Ax	< 0.995
Holtrop	0.55	<	Cp	< 0.85
	3.9	<	L/B	< 15
	2.1	<	B/T	< 4.0
van Oortmerssen	8	<	L	< 80
	3	<	L/B	< 6.2
	0.5	<	Cp	< 0.73
	-7	<	100 LCG / L	< 2.8
	5	<	V	< 3000
	1.9	<	B/T	< 4.0
	0.70	<	Cm	< 0.97
	10	<	ie	< 46
Series 60	0.6	<	Cb	< 0.8
	5.5	<	L/B	< 8.5
	2.5	<	B/T	< 3.5
	-2.48%	<	LCB	< 3.51%
Delft	2.76	<	L/B	< 5.00
	2.46	<	B/T	< 19.32
	4.34	<	$L/V^{1/3}$	< 8.50
	-6.0%	<	LCB	< 0.0%
	0.52	<	Cp	< 0.60
Compton	-0.13	<	LCG/L	< -0.02
	4.0	<	L/B	< 5.2
	0.00368	<	V/L^3	< 0.00525
Fung	0.00057	<	V/L^3	< 0.01257
	1.696	<	B/T	< 10.204
	0.526	<	Cp	< 0.774
	0.556	<	Cx	< 0.994
	14.324°	<	ie	< 23.673°
	2.52	<	L/B	< 17.935
	0.662	<	Cwp	< 0.841

Keterangan:

- L = *Length on the waterline*
B = *Beam on the waterline*
T = *Draft of hull*
At = *Transom sectional area*
Ax = *Maximum sectional area*
V = *Displaced volume*
Cm = *Midship sectional area coefficient*
Cp = *Prismatic coefficient*
Cwp = *Water plane area coefficient*
Cx = *Maximum sectional area coefficient*
ie = *Half angle of entrance*
LCB = *Longitudinal centre of buoyancy, measured from midships*
LCG = *Longitudinal centre of gravity, measured from Midships*
Deadrise = *Mean deadrise, or deadrise at 50% Lwl*
wsa = *Wetted area of hull*
Bt = *Transom beam at waterline*
Tt = *Transom draft*
Abulb = *Bulb transverse area*

2.5. Karakteristik Mesin Penggerak dan Kebutuhan Kecepatan Kapal Ikan

Kapal sebagai wahana yang beroperasi di wilayah perairan, dulunya digerakkan dengan menggunakan *paddle* (dayung) yang kemudian berevolusi menggunakan layar dan berubah menggunakan diesel sampai saat ini. Keberadaan diesel sebagai tenaga penggerak utama ini menyebabkan seluruh aktivitas pelayaran dan penangkapan ikan menjadi tergantung dari bahan bakar minyak (BBM), sehingga kajian tentang karakteristik konsumsi BBM tiap jenis mesin penggerak perlu dilakukan untuk mendapatkan tingkat konsumsi optimal pada kecepatan kapal yang diinginkan.

Kecepatan adalah faktor yang paling penting dalam menentukan besar konsumsi bahan bakar. Ketika kapal bergerak dengan propeller, sejumlah energi diperlukan untuk menghasilkan gelombang-gelombang yang berada disepanjang tepi dan buritan kapal. Perubahan energi ini kemudian dikenal sebagai *wave making resistance*. Semakin

bertambahnya kecepatan kapal, usaha yang dikeluarkan untuk menghasilkan gelombang tadi meningkat dengan cepat tidak sebanding dengan perubahan kecepatan kapal yang diinginkan, sehingga untuk meningkatkan kecepatan kapal dua kali lipat diperlukan konsumsi bahan bakar lebih dari dua kali lipat. Pada kecepatan maksimal, kapal tidak hanya menghabiskan bahan bakar yang lebih banyak, tetapi dia juga tidak akan menjadi efisien karena mesin mencapai RPM yang maksimal. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kecepatan tinggi memiliki laju konsumsi bahan bakar yang buruk dan penurunan kecepatan dapat menghemat konsumsi bahan bakar.

Pemilihan kecepatan operasi kapal biasanya ditentukan oleh langsung oleh nakhoda kapal (*skipper*). Penghematan bahan bakar dapat dilakukan dengan mengurangi kecepatan kapal tanpa menambah biaya langsung. Kecepatan kapal selama menangkap ikan dibatasi oleh persyaratan utama yaitu kecepatan optimum tarikan jaring. Sehingga usaha untuk penghematan biaya oleh seorang nakhoda harus disadari olehnya bahwa berlayar dengan kecepatan lambat dapat menghemat bahan bakar. Nakhoda juga harus siap untuk berlayar lambat, meskipun kapal dapat bergerak dengan cepat.

Pada prinsipnya dengan memperlambat jalannya kapal yang didapat oleh seorang nakhoda adalah sebagai berikut :

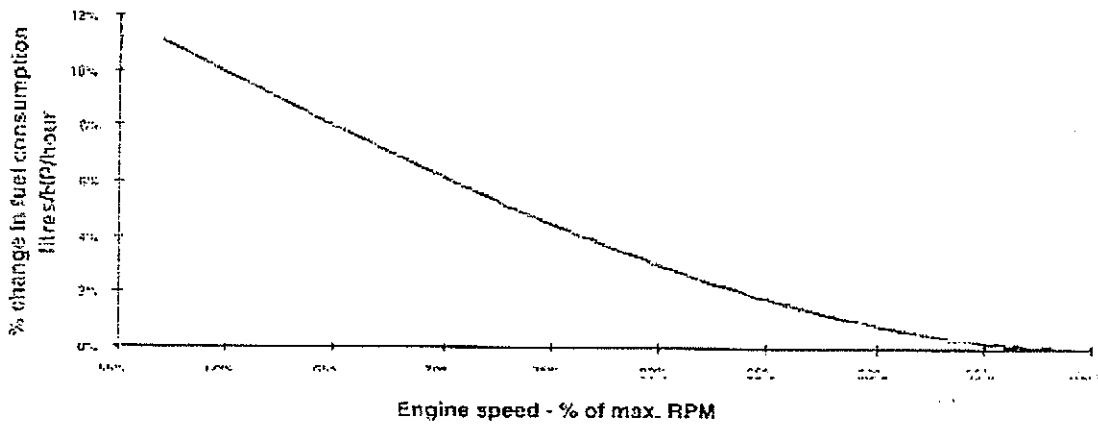
1. Kapal berlayar lambat, sehingga waktu perjalanan lebih lama
2. Efisiensi mesin akan berubah, tetapi konsumsi bahan bakar per jam akan berkurang
3. Hambatan kapal turun drastis
4. Efisiensi propeller berubah

2.5.1. Karakteristik Mesin Diesel

Sejumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin diesel untuk menghasilkan tenaga berubah secara perlahan tergantung dari kecepatan mesinnya. Sebuah mesin diesel normal (tanpa dipasang *turbocharge*) cenderung mengkonsumsi bahan bakar tiap keluaran *horsepower*-nya lebih tinggi pada kecepatan diesel rendah. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10. mesin dengan RPM rendah tampak bekerja kurang efisien dibandingkan dengan ketika bekerja pada RPM tinggi, (Kazuyuki, T, 1984)

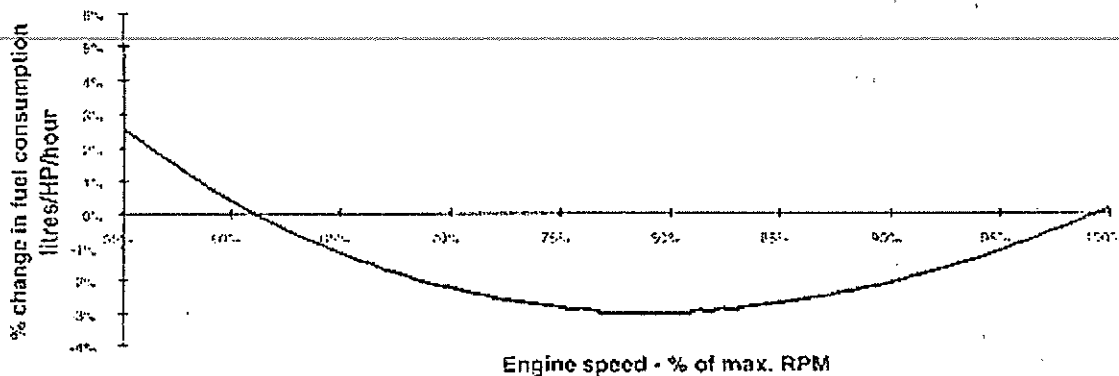
Sebuah mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharge* yaitu dengan dipasangnya sebuah kompresor kecil untuk memompa udara kedalam mesin memiliki karakteristik yang sedikit berbeda. Pada tipe ini mesin bekerja lebih efisien pada

kecepatan lambat, tetapi efisiensi ini turun bila mesin bekerja sangat lambat. Contoh grafik pada gambar 2.11. menunjukkan bahwa mesin bekerja paling efisien pada 80% dari maksimum RPM yang bisa dicapai. Perlu dicatat bahwa perubahan konsumsi bahan bakar dengan pengurangan kecepatan sebenarnya sangat kecil yaitu hanya turun beberapa persen dari pengurangan kecepatan sebesar 20%. Dari berbagai macam karakteristik mesin diesel ini sebagai kesepakatan umum ditetapkan bahwa: “mesin diesel kecil sebaiknya beroperasi pada kondisi 80% dari maksimum RPM”, (Kazuyuki, T, 1984)



Gambar 2.10. Kurva konsumsi bahan bakar pada mesin diesel konvensional

Mesin diesel juga sensitif terhadap temperatur. Selama perjalanan panjang, bahan bakar dalam tangki perlahan-lahan suhunya naik, ini mengakibatkan hilangnya sebagian kecil tenaga, yaitu sebesar 1 satu persen tiap 6°C diatas 65°C, (Campbell, J, 1986). Hal ini sangat berpengaruh bila kapal beroperasi pada daerah beriklim tropis.



Gambar 2.11. Kurva konsumsi bahan bakar pada mesin diesel turbo

2.5.2. Karakteristik Motor Tempel (Outboard motor)

Sebuah motor tempel berbahan bakar bensin tipe 2 langkah, memiliki karakteristik konsumsi bahan bakar yang tidak diharapkan. Jumlah konsumsi yang digunakan untuk menghasilkan tenaga meningkat cukup tajam seiring dengan berkurangnya beban motor. Ini disebabkan karena rusaknya aliran campuran bahan bakar dan gas buang mesin, yang menyebabkan pembakaran tidak efisien (Martin, M, 1989). Perlu dicatat bahwa seperti halnya dengan mesin diesel konvensional, motor tempel memerlukan bahan bakar lebih sedikit pada kecepatan yang lebih rendah. Tetapi hal ini sangat tidak efisien bila dilihat dari besarnya penurunan tenaga dibandingkan dengan turunnya konsumsi bahan bakar. Ada beberapa keuntungan dari motor tempel tetapi masih kurang dari yang diharapkan.

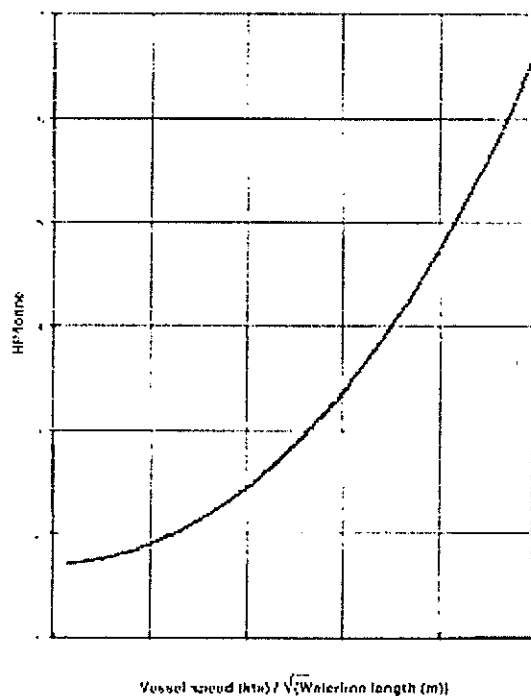
Motor tempel dengan bahan bakar kerosen memiliki karakteristik yang berbeda dengan dua tipe motor diatas, dimana pada tipe ini pengurangan kecepatan tidak menghasilkan pengurangan konsumsi bahan bakar. Ketika katup pengatur bahan bakar dibuka motor lebih banyak mengkonsumsi bensin dibanding dengan kerosen. Sehingga pada tipe ini lebih efisien mengurangi kecepatan melalui pemasangan mesin yang lebih kecil dibandingkan mengatur bukaan katup pengatur bahan bakar, (Martin, M, 1989). Hal ini menyebabkan operator kapal harus dihadapkan dengan kondisi harus mengurangi margin tenaga kecepatan kapal yang bisa mengurangi tingkat keselamatan kapal atau membayar konsumsi bahan bakar yang lebih banyak yang harus ditutup dengan mendapatkan hasil tangkapan ikan yang banyak dan berkualitas.

2.5.3. Karakteristik gabungan antara hambatan kapal dan mesin penggerak

Seperti yang telah dijelaskan di atas hambatan kapal meningkat dengan cepat seiring meningkatnya kecepatan kapal. Hal ini disebabkan oleh besarnya energi yang terserap lebih besar, karena lebih banyaknya gelombang yang muncul. Menurunnya hambatan kapal akibat berkurangnya kecepatan kapal lebih signifikan bila dibanding dengan perubahan efisiensi mesin. Hubungan antara daya hambatan dengan kecepatan kapal dapat dilihat pada gambar 2.12, (Lundgren, G, 1985).

Untuk melihat pengaruh kombinasi dari pengurangan kecepatan terhadap konsumsi bahan bakar pada kapal ikan, perlu diingat bahwa perubahan konsumsi bahan bakar tiap jam tidak benar-benar diperiukan. Bila dilihat bahwa hampir setiap operasi

penangkapan ikan berlayar dari dermaga pelabuhan menuju ke tempat penangkapan (*fishing ground*). Oleh karena itu faktor yang penting sebenarnya adalah konsumsi bahan bakar tiap satuan jarak yaitu *nautical mile* (mil laut). Konsumsi bahan bakar tiap mil laut menunjukkan tidak hanya kinerja mesin terhadap perubahan kecepatan mesin, tetapi juga interaksi propeler dan lambung kapal. Dimana hal ini tidak ditunjukkan bila kita hanya melihat dari data konsumsi bahan bakar per jam pada sebuah mesin.



Gambar 2.12. Hubungan antara *horsepower* dan *speed length ratio* kapal

Pada perubahan kecepatan, perkiraan perubahan konsumsi bahan bakar tiap mil laut dapat digunakan persamaan dibawah ini, (Lundgren, G, 1985):

$$\text{Fuel}_{\text{new}} = \text{Fuel}_{\text{original}} \times (V_{\text{new}} / V_{\text{original}})^2$$

Keterangan:

Fuel_{new} = Konsumsi bahan bakar pada kecepatan kapal yang baru

$\text{Fuel}_{\text{original}}$ = Konsumsi bahan bakar sebenarnya

V_{new} = Kecepatan kapal yang baru

V_{original} = Kecepatan kapal yang sebenarnya

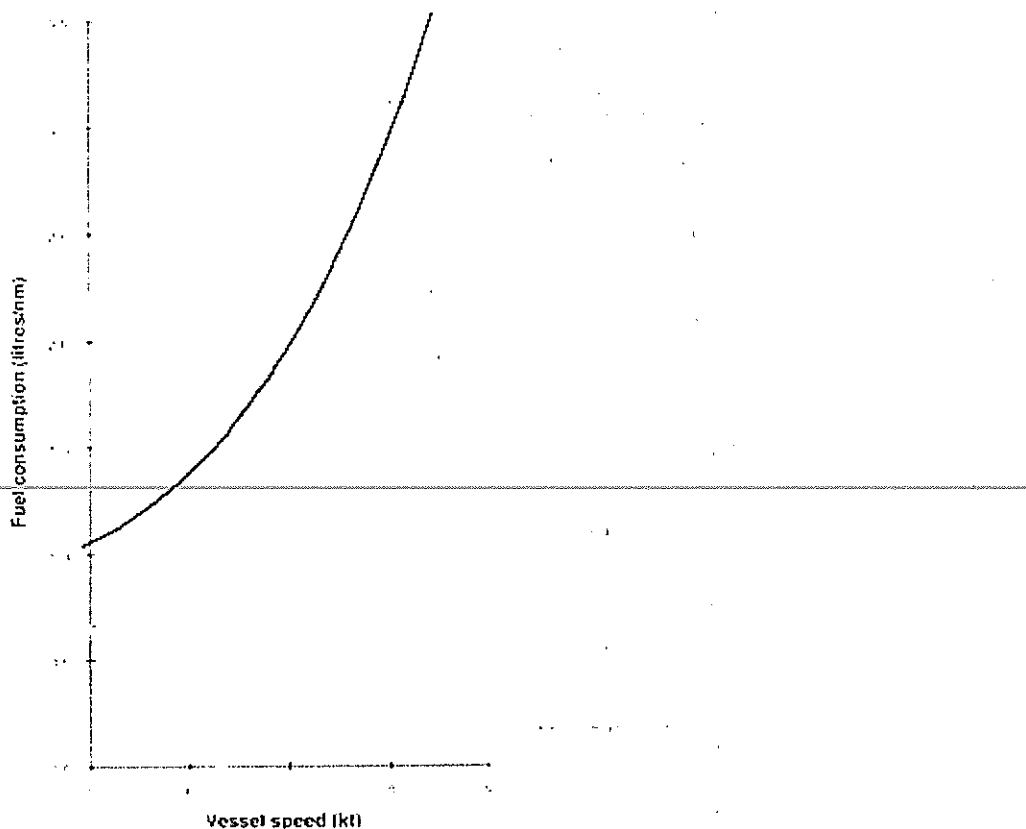
Sehingga bila kapal yang berlayar pada kecepatan 9 knot memerlukan konsumsi bahan bakar 19 liter per jam, konsumsi per mil laut adalah $19 / 9 = 2,11$ liter per mil laut. Bila

kecepatan kapal dikurangi menjadi 8,5 knot, maka konsumsi bahan bakar sebesar $2,11 \times (8,5 / 9)^2 = 1,88$ liter per mil laut. Ini mengindikasikan bahwa pengurangan kecepatan sebesar 6 persen dapat menghemat konsumsi sebesar 11 %, (Gulbrandsen, 1986). Contoh perhitungan pada sebuah kapal trawler 10 m, dapat dilihat pada tabel 2.2. Contoh-contoh yang lain dapat dilihat pada gambar 2.13 dan gambar 2.14 untuk tipe kapal canoe 13 m dan purse seine 13,1 m, (DeBoer, E, 1981).

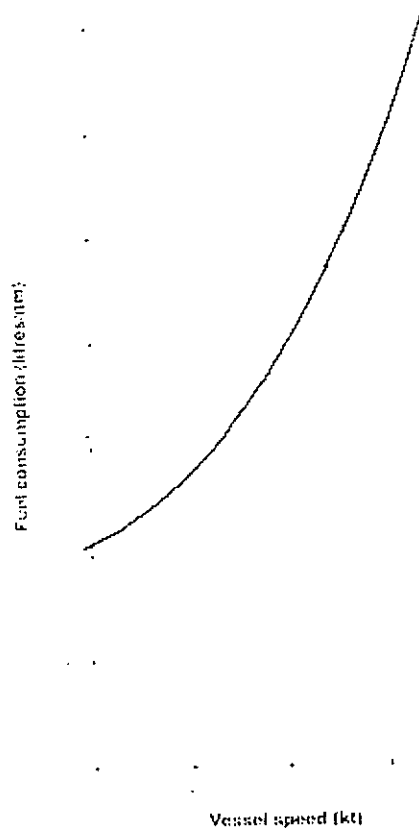
Tabel 2.2. Konsumsi bahan bakar trawler 10 m

Fuel consumption of a 10 m trawler (free-running)

Speed (kt)	Reduction in speed	Reduction in fuel consumption in (litres/nm)
7.8		0%
7.02	10%	28%
6.24	20%	51%



Gambar 2.13. Kurva konsumsi bahan bakar untuk canoe 13 m



Gambar 2.14. Kurva konsumsi bahan bakar untuk purse seine 13,1 m

Penghematan bahan bakar dengan mengurangi kecepatan merupakan salah satu langkah yang baik, tetapi seperti yang telah dikemukakan sebelumnya bahwa tidak ada sesuatu didapat tanpa pengorbanan. Dalam hal ini biaya yang harus dibayar oleh operator kapal adalah waktu. Ini merupakan keputusan yang sulit ketika menyatakan lebih efisien pada saat kapal berjalan lambat. Karena dengan kecepatan berkurang maka semakin pendek waktu menangkap ikan, semakin pendek waktu senggang antara musim tangkap, bahkan rendahnya nilai tangkap karena terlambat samapi di dermaga.

Dengan mempertimbangkan hanya pada hambatan kapal maksimum kecepatan operasi kapal direkomendasikan sebagai berikut, (Lundgren, G, 1985):

1. Untuk kapal berbentuk ramping seperti canoe, perahu kecepatan operasi sebaiknya kurang dari $2,36 \times \sqrt{L}$
2. Untuk kapal yang berbentuk pendek dan gemuk seperti trawler, kecepatan operasi sebaiknya kurang dari $1,98 \times \sqrt{L}$, dimana L adalah panjang garis air dalam meter

Pada tabel 2.3. ditunjukkan estimasi awal dalam pemilihan kecepatan operasional, tetapi ini bukanlah suatu kondisi kecepatan optimum sebuah kapal. Estimasi optimum terletak

pada bagaimana operator kapal dapat menyeimbangkan antara penghematan ketika memperlambat kapal dengan biaya yang timbul dari lamanya waktu yang dihabiskan di laut serta pendeknya waktu tangkap. Oleh karena itu dalam hal ini nakhoda kapal yang terlibat langsung dalam menentukan keputusan kapal berjalan pelan atau dipercepat. Prioritas yang dipilih oleh seorang nakhoda yang sangat menentukan optimal atau tidaknya beroperasinya sebuah kapal ikan. Optimum bisa dicapai bila penghematan biaya dari berlayar lambat lebih besar dari kompensasi biaya akibat kerugian ketika terlambat di dermaga.

Tabel 2.3. Rekomendasi kecepatan operasi maksimum kapal ikan

Recommended maximum operating speeds

Waterline length (m)	Maximum operating speed (kt)	
	Long thin vessels	Short fat vessels
8	6.7	5.6
9	7.1	5.9
10	7.5	6.3
11	7.8	6.6
12	8.2	6.9
13	8.5	7.1
14	8.8	7.4
15	9.1	7.7
16	9.4	7.9

2.6. Operasi penangkapan ikan

Pola operasi kapal ikan mempunyai pengaruh langsung terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar. Kapal besar cenderung berlayar selama lebih lama di laut untuk mengisi tangkinya agar penuh dengan hasil tangkap, untuk kapal ikan kecil lamanya berlayar mungkin hanya berkisar sehari semalam. Penghematan bahan bakar lebih efektif bila kita lebih lama berada pada *fishing ground*, hal ini bisa mencapai penghematan sebesar 50%, (MacAlister, R G, 1985) yaitu menghilangkan waktu pulang pergi yang biasa ditempuh oleh perahu nelayan kecil.

Akan tetapi dengan lamanya waktu berlayar di *fishing ground* beberapa hal yang juga harus dijadikan pertimbangan adalah sebagai berikut:

- Kapal memerlukan ruang pengawet pada ruang muatnya untuk membawa es, dengan adanya ruang insulasi ini harga jual ikan harus mampu menyesuaikan untuk mengganti investasi tambahan, serta biaya es per harinya.
- Awak kapal harus bersedia untuk bermalam di laut, dimana hal ini tidak semua orang mau melakukannya.
- Kapal harus laik laut, karena akan berada dalam waktu yang lama di laut, serta harus siap bila nanti berhadapan dengan cuaca buruk.
- Kapal harus memiliki fasilitas akomodasi, dapur, dimana hal ini tidak diperlukan lagi bagi mereka yang berlayar hanya 1 hari.

Dalam operasi penangkapan ikan, faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah jenis alat tangkapnya. Hal ini biasanya berhubungan dengan jenis ikan yang akan ditangkap. Jenis alat tangkap ini merupakan pilihan awal sebelum seorang desainer kapal menentukan bentuk lambung kapalnya, dengan memperhatikan kondisi fisik, target tangkapan dan kondisi cuaca.

Penggunaan peralatan navigasi dan *eco sounder* sudah dipakai secara umum oleh para nelayan tradisional, karena teknologinya yang tidak hanya murah tetapi juga bentuknya yang portabel. Bantuan peralatan navigasi ini dapat menghemat bahan bakar dengan kisaran sebesar 10% tergantung dari operasi penangkapan, sulitnya lokasi dan jelasnya lokasi sasaran, (MacLennan, D. 1995). Peralatan ini tidak hanya membantu untuk mencapai fishing ground tetapi mampu mencari lahan tangkap yang baru. Navigator dan *eco sounder* ini memerlukan ketrampilan tersendiri bagi nakhoda kapal.

2.7. Sistem Penggerak Bantu Layar

Penggunaan layar sebagai tenaga dorong tambahan pada kapal menghasilkan penghematan bahan bakar yang cukup signifikan yaitu sebesar lebih dari 80 % (untuk kapal kecil dan perjalanan jauh), (MacAlister, R G, 1988) tetapi penggunaan layar ini tidak selalu berlaku secara universal. Beberapa keadaan layar motor menjadi lebih laik khususnya bila dihadapkan dengan kondisi cuaca. Pada kapal ikan, pemasangan layar juga harus ditinjau dari kemampuan awak kapal dalam menjalankan kapal dengan layar.

Pada sebuah kapal, layar memerlukan persyaratan tambahan yang berhubungan dengan stabilitas, denah geladak. Layar akan menjadi teknologi yang baik bila diaplikasikan pada kapal yang telah didesain untuk dipasang sebuah layar. Kapal ikan

yang berukuran kecil harus ditambah dengan lunas *ballast* untuk memperbaiki kinerja stabilitasnya, sehingga kapal dapat menerima gaya dorong yang lebih besar dari layar. Pada kapal ikan layar sebenarnya merupakan penghalang, karena tiang mast dan pembentangnya dapat memakan ruang kerja mereka diatas geladak.

Layar sebenarnya adalah sebuah keahlian (*skill*), awak kapal layar harus mahir dan benar-benar bersedia untuk menjalankan kapalnya dengan menggunakan layar. Karena mengatur arah layar agar mendapatkan gaya dorong yang sesuai dengan keinginan memerlukan kerja keras terlebih lagi untuk kapal-kapal yang berukuran besar. Fakta sederhana menunjukkan bahwa awak kapal sering sekali melupakan fungsi layar daripada motor sebagai tenaga penggerak.

Namun layar dapat menghemat biaya bahan bakar secara signifikan, tergantung dari kekuatan angin arah angin yang relatif dengan jalur menuju atau keluar dari *fishing ground*. Penghematan tersebut berkisar antara 5% sampai dengan 80 %, (MacAlister, R G, 1985). Gambaran ini, tergantung dari kemampuan dari awak kapal, bentuk lambung kapal dan bentuk desain layarnya. Penting untuk diketahui bahwa hendaknya desain layar adalah sederhana, aman dan mudah dikerjakan.

Pada kapal ikan usahakan desain layar ini sederhana, yaitu dengan jumlah tiang yang minim, jumlah pembentang yang minim agar tidak memakan ruang kerja nelayan di atas geladak. Bagi kapal yang lebih kecil biasanya layar berjumlah satu. Dan sebagai tenaga bantu layar dapat meningkatkan tingkat keselamatan kapal, khususnya bila kapal mampu berlayar hanya dengan menggunakan layar.



BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan desain layar sebagai tenaga penggerak bantu untuk kapal tradisional < 20 GT – (studi kasus kapal sopek), untuk mengurangi konsumsi BBM dalam operasi penangkapan ikan.

3.2. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian ini membantu nelayan dalam menyelesaikan masalah kenaikan harga BBM, dengan menekan konsumsi BBM melalui penggunaan layar sebagai tenaga penggerak kapal .

Melalui beberapa output dari Hasil Perancangan Prototipe Desain Layar, manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu nelayan dalam menghadapi masalah kenaikan harga BBM dengan menggunakan layar sebagai tenaga penggerak alternatif.
2. Memberikan solusi alternatif dalam menekan konsumsi BBM.
3. Mengimplementasikan program pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*), melalui penggunaan energi alternatif yang murah dalam operasional penangkapan ikan.
4. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain layar kapal tradisional sebagai penggerak kapal.



BAB IV

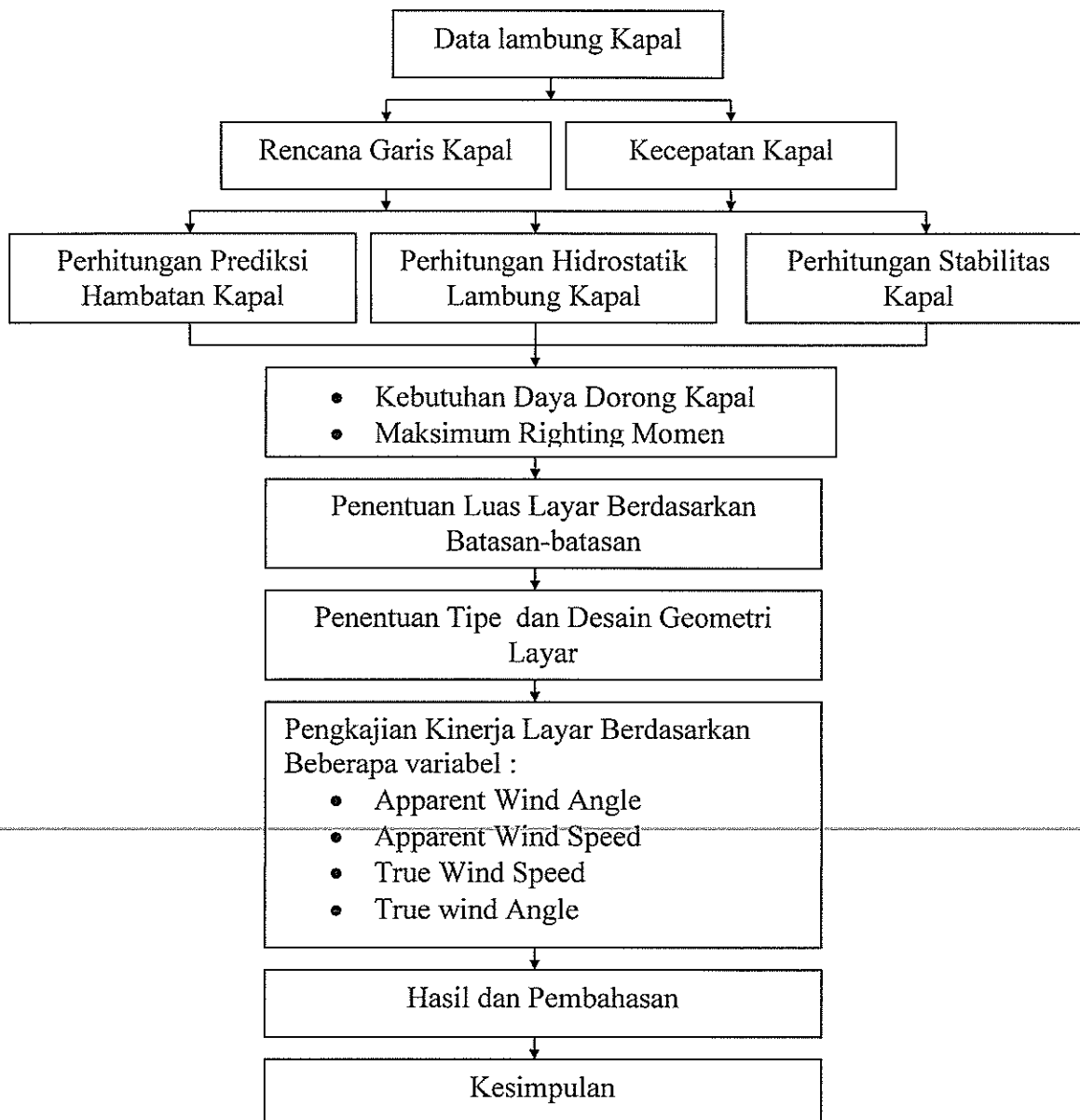
METODE PENELITIAN

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. ALUR PIKIR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan desain layar yang tepat untuk kapal-kapal yang dipakai oleh nelayan tradisional di kawasan pantura. Adapun alur pemikiran dari penelitian ini, dapat di gambarkan dalam diagram alir dibawah ini :



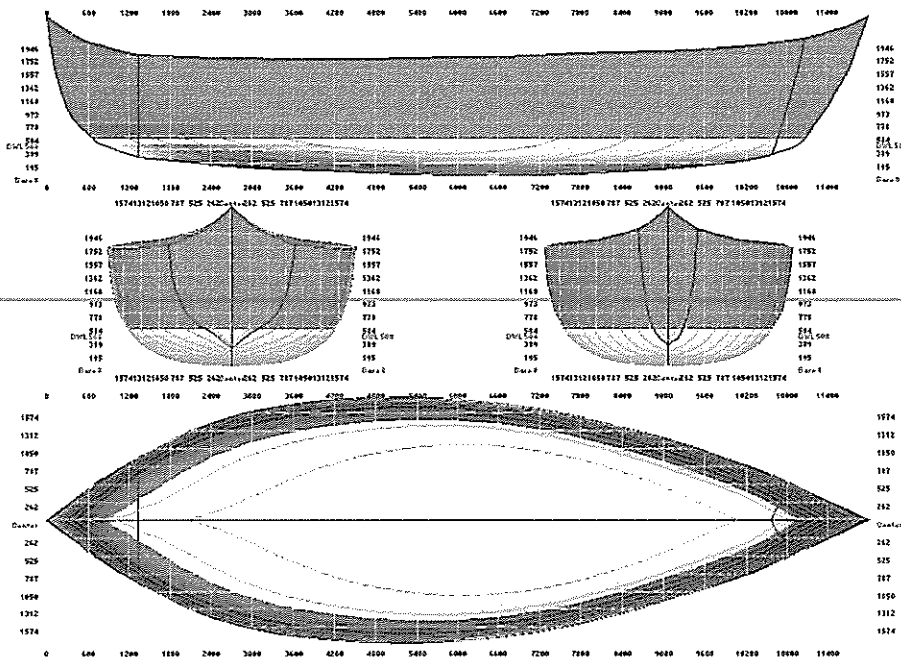
Gambar 4.1. Diagram Alir Metode Penelitian Desain Layar

4.2. RENCANA GARIS DAN KECEPATAN KAPAL

Rencana garis (*Lines Plan*) adalah sebuah teknik penggambaran bentuk objek 3D, dengan menyajikan garis-garis hasil dari potongan tiap-tiap penampang kurva dengan tiga arah sumbu potongan. Gambar ini biasa digunakan untuk menggambarkan bentuk sebuah lambung kapal, dimana tiap-tiap ordinat dari masing-masing potongan lambung kapal dapat disajikan.

Pada penelitian ini sebagai langkah awal untuk melakukan analisis terhadap kinerja lambung kapal tradisional, maka perlu kita lakukan pendataan ukuran ordinat lambung kapal. Pengukuran tersebut dilakukan dengan menggunakan alat bantu ukur dan meteran untuk mendapatkan ukuran lambung tersebut. Setelah mendapatkan ukuran tersebut kita lakukan penggambaran rencana garis dengan menggunakan bantuan *Software Freeship Version 2.6*.

Software Freeship Version 2.6 ini digunakan sebagai alat bantu dalam menggambar rencana garis kapal, karena memiliki kemudahan-kemudahan dalam mendefinisikan bentuk garis kurva potongan lambung kapal. Kita hanya melakukan editing terhadap bentuk standar lambung kapal yang sudah ada pada software tersebut, sehingga dapat mempercepat kerja kita dalam menggambar kapal. Hasil yang kita peroleh tampak pada gambar 4.2. data selengkapnya pada (Lampiran A).



Gambar 4.2. Rencana garis kapal tradisional tipe sopek

Setelah kita mendapatkan bentuk lambung kapal, kemudian kita menentukan besar kebutuhan kecepatan dari kapal nelayan tersebut. Berdasarkan dari pengukuran di lapangan, besar kecepatan kapal ini berkisar antara 4-8 knot. Untuk mencapai kecepatan tersebut, operasional kapal ini dibantu oleh mesin penggerak diesel berukuran 14 Hp. Data spesifikasi mesin dari kapal nelayan ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Spesifikasi mesin penggerak kapal sopek

Spesifikasi mesin penggerak kapal sopek	
Continuous Rating Output	14.0hp @ 2400rpm
1-Hour Rating Output	16.0hp @ 2400rpm
Cylinders	1
Combustion	Direct Injection
Cooling System	Water - Radiator
Bore x Stroke	102 x 105 mm
Displacement	0.857 litres
Dry Weight (electric start)	140 kg
Length	766 mm
Width	379.5 mm
Height	621 mm

4.3. PERHITUNGAN PREDIKSI HAMBATAN KAPAL

Hambatan pada sebuah kapal (hambatan kapal) adalah besarnya gaya yang diperlukan oleh kapal untuk berlayar pada kecepatan tertentu. Berdasarkan definisi tersebut tampak bahwa kita harus mengetahui berapa besar hambatan kapal dari kapal tradisional ini. Hal ini yang merupakan dasar penentuan kebutuhan gaya agar kapal dapat beroperasi pada kecepatan antara 4-8 knot. Berdasarkan besar gaya tersebut kita dapat menentukan besar ukuran layar yang dibutuhkan oleh kapal tersebut.

Pada penelitian ini kita menggunakan metode Holtrop untuk mendapatkan nilai hambatan lambung kapal. Metode ini dipakai karena metode ini bisa diaplikasikan pada kapal-kapal ikan yang ukurannya relatif kecil. Menurut metode Holtrop besarnya hambatan kekentalan (*Viscous Resistance*), (Holtrop, J, 1982) adalah sebagai berikut :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k_t) S$$

Dimana , C_{FO} adalah koefisien gesek berdasarkan ITTC 1957, (ITTC, 1957) yang diambil dari formula sebagai berikut :

$$C_{FO} = 0.075 / (\text{Log } R_n - 2)^2$$

Dimana,

R_n = Angka Reynold

k_1 = Faktor bentuk lambung

Nilai $(1 + k_1)$ didapatkan secara statistik dengan formula, (Holtrop, J, 1982), yaitu:

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487 c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/L_R)^{0.1216} (L^3 / \nabla)^{0.3649} (1-C_p)^{-0.6042}$$

Dimana,

c adalah koefisien bentuk buritan yang dinyatakan oleh formula sebagai berikut :

$$c = 1 + 0.011 c_{\text{stern}}$$

$c_{\text{stern}} = -25$ untuk pram dengan gondola

$c_{\text{stern}} = -10$ untuk penampang bentuk V

$c_{\text{stern}} = 0$ untuk bentuk normal

$c_{\text{stern}} = +10$ untuk penampang bentuk U atau buritan Hogner

L_R adalah panjang lari kapal (*the length of the run*), dapat diestimasi dengan formula sebagai berikut :

$$L_R / L = 1 - C_p + 0.06 C_p LCB / (4C_p - 1)$$

Bila luas permukaan basah (*wetted surface area*) tidak diketahui maka dapat diestimasi dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$S = L(2T + B)C_m^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_m - 0.003467B/T + 0.3696C_{wp}) + 2.38A_{BT}/C_B$$

Dimana,

T = Sarat *molded* rata-rata dalam meter

L = Panjang garis air dalam meter

B = Lebar *molded* dalam meter

LCB = *Longitudinal center of buoyancy* didepan midship + atau dibelakang – sebagai prosentase dari panjang garis air

A_{BT} = Luas penampang *bulb* pada bidang vertikal berpotongan dengan haluan pada permukaan air

Semua koefisien menggunakan L yang merupakan panjang garis air dari kapal.

Hambatan akibat adanya tonjolan pada lambung kapal (*Appendages Resistance*) juga dianalisis dengan menggunakan form faktor yang mengikutsertakan faktor tonjolan seperti pada tabel 4.2.

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

Dimana,

k_2 = bentuk efektif dari faktor *appendages*

S_{app} = Total permukaan basah *appendages*

S_{tot} = Total permukaan basah lambung kapal ditambah dengan *appendages*

Sehingga modifikasi persamaan perhitungan hambatan kekentalan telah dikoreksi untuk gabungan kapal dan *appendages* menjadi persamaan sebagai berikut :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k) S_{tot}$$

Nilai efektif dari k_2 untuk kapal-kapal yang memiliki lebih dari satu tipe *appendages* harus dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana,

S_i = Luas permukaan basah *appendages* ke-i

$(1 + k_2)_i$ = Faktor *appendages* ke-i

Tabel 4.2. Tabel nilai faktor *appendages*

Type <i>appendages</i>	Nilai $1+k_2$
Kemudi kapal propeller tunggal	1.3 – 1.5
Kemudi Tipe Spade untuk dua propeller	2.8
Kemudi tetap untuk dua propeller	1.5 – 2.0
Shaft Brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keels	1.4
Stabilizers fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

Untuk perhitungan hambatan pembuat gelombang (*wave making resistance*) mengikuti persamaan yang dipakai Havelock yaitu sebagai berikut, (Havelock, T H, 1951) :

$$\frac{R_W}{W} = C_1 e^{-mFn^{-2/9}} + e^{-mFn^{-2}} \{C_2 + C_3 \cos(\lambda Fn^{-2})\}$$

Pada persamaan ini C_1, C_2, C_3, λ dan m adalah koefisien yang tergantung oleh bentuk lambung. Persamaan ini mengekspresikan *wave making resistance* dari *two pressure disturbance*, yang kemudian disederhanakan menjadi formula sebagai berikut :

$$\frac{R_W}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 Fn^d} + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})$$

Untuk kapal-kapal kecepatan rendah $Fn \leq 0.4$, maka nilai koefisien-koefisien tersebut adalah :

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90-i_E)^{-1.3757}$$

Dengan :

$$C_4 = 0.2296 (B/L)^{0.3333} \quad \text{untuk } B/L \leq 0.11$$

$$C_4 = B/L \quad \text{untuk } 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 L/B \quad \text{untuk } B/L > 0.25$$

dan,

$$d = -0.9$$

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

dengan,

$$C_5 = 8.0798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p^3 \quad \text{untuk } C_p \leq 0.8$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 C_p \quad \text{untuk } C_p > 0.8$$

dan,

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

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{untuk } L^3/\nabla \leq 512$$

$$C_6 = 1.69385 + (L^3/\nabla - 8.0)/2.36 \quad \text{untuk } 512 \leq L^3/\nabla \leq 1727$$

$$C_6 = 0.0 \quad \text{untuk } L^3/\nabla > 1727$$

dan,

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad \text{untuk } L/B \leq 12$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.36 \quad \text{untuk } L/B > 12$$

dimana i_E adalah setengah dari *angle of entrance* dari garis air dalam satuan derajat. Nilai C_2 dihitung untuk pengaruh *bulb* pada kapal. Bila tidak ada *bulb* maka $C_2 = 1$, untuk nilai C_2 didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$C_2 = e^{-1.89} A_{BT} r_B / \{BT(r_B + i)\}$$

Dimana r_B adalah jari-jari dari *bulb* efektif, yaitu sebesar :

$$r_B = 0.56 A_{BT}^{0.5}$$

i adalah bagian *bulb* efektif yang tercelup air, yang didapat dari persamaan:

$$i = T_f - h_B - 0.4464 r_B$$

h_B adalah tinggi pusat penampang area potongan *bulb* dari *baseline*.

Koefisien selanjutnya adalah C_3 yang dinyatakan dalam persamaan :

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

C_3 dihitung karena pengaruh dari bentuk *transom* pada daerah buritan pada hambatan gelombang. A_T adalah area *transom* yang tercelup air pada kecepatan nol.

Bila pada tahap preliminary design nilai i_E belum diketahui, maka dapat digunakan formula sebagai berikut :

$$i_E = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 \{LCB + (6.8[T_a - T_f]/T)\}^3$$

dimana, T_a = sarat molded pada buritan.

Untuk kapal kecepatan tinggi dengan nilai $Fn \geq 0.55$ beberapa koefisien berubah menjadi sebagai berikut :

$$C_1 = 6919.3 C_M^{-1.3346} (\nabla / L^3)^{2.0098} (L/B - 2)^{1.4069}$$

$$m_1 = -7.2035(B/L)^{0.3269} (T/B)^{0.6054}$$

Untuk kapal kecepatan sedang ($0.4 \leq Fn \leq 0.55$), formula interpolasi yang disarankan :

$$R_W/W = 1/W [R_W(Fn=0.4) + (10Fn - 4) \{R_W(Fn=0.55) - R_W(Fn=0.4)\}/1.5]$$

Formula yang didapat untuk menyatakan hubungan dengan kapal model adalah :

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

Dimana ini valid untuk $T_F / L_{WL} > 0.04$. Bila $T_F / L_{WL} < 0.04$ maka nilai yang tepat untuk koefisien C_A adalah :

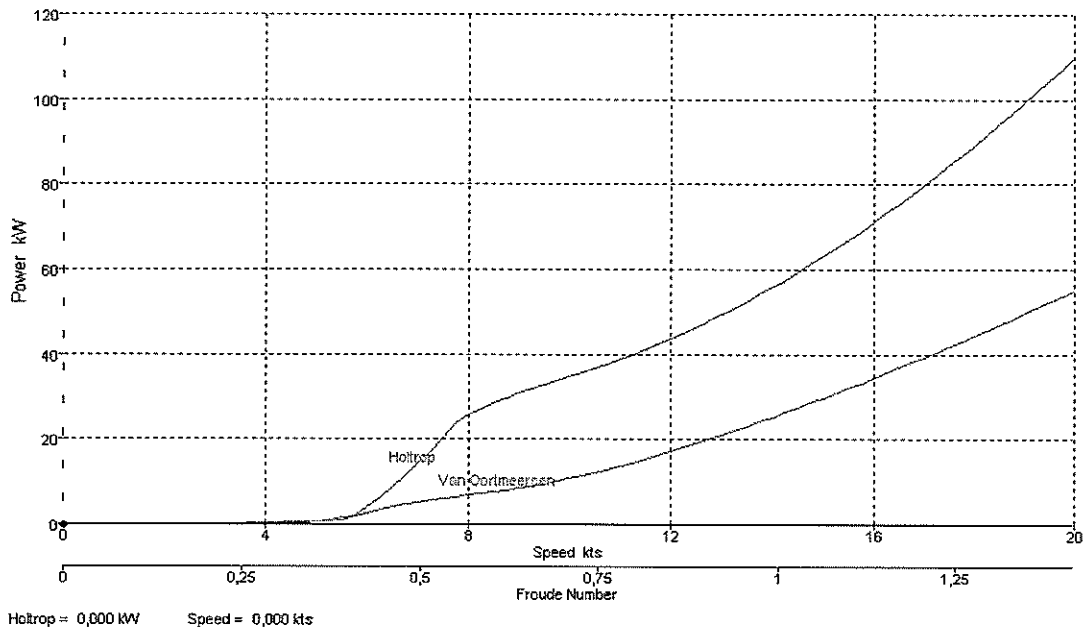
$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 (L_{WL}/7.5)^{0.5} C_B^4 C_2 (0.04 - T_F/L_{WL})$$

Dimana nilai C_2 adalah koefisien yang diambil dari pengaruh *bulb* di atas.

Dari semua macam dan jenis hambatan tadi, kemudian dinyatakan besar hambatan total adalah sebagai berikut :

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

Berdasarkan dari beberapa persamaan di atas, dengan bantuan *Software Hullspeed Version 9.6*, dengan memasukkan beberapa variabel didapat nilai hambatan kapal sopek untuk setiap kecepatan, gambar 4.3. dan tabel 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hambatan kapal sopek berdasarkan metode Holtrop dan Van Oortmeersen

Tabel 4.3. Tabel nilai hambatan kapal menurut metode Holtrop dan Van Oortmeersen

Speed (kts)	Holtrop		Van Oortmeersen	
	Resistance (kN)	Power (Hp)	Resistance (kN)	Power (Hp)
0	--	--	--	--
0.5	0	0	0	0
1	0.01	0	0.01	0
1.5	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.02	0.02	0.02	0.02
2.5	0.04	0.05	0.04	0.05
3	0.05	0.08	0.06	0.09
3.5	0.07	0.13	0.08	0.15
4	0.11	0.22	0.13	0.27
4.5	0.16	0.37	0.21	0.5
5	0.22	0.56	0.28	0.72
5.5	0.33	0.94	0.51	1.45
6	1.33	4.12	0.87	2.7
6.5	2.66	8.9	1.21	4.04
7	3.99	14.37	1.44	5.18
7.5	5.32	20.54	1.58	6.09
8	6.25	25.72	1.67	6.89
8.5	6.54	28.6	1.76	7.68
9	6.66	30.86	1.85	8.57
9.5	6.71	32.81	1.96	9.59
10	6.75	34.71	2.1	10.79
10.5	6.79	36.68	2.25	12.15
11	6.86	38.8	2.42	13.67
11.5	6.95	41.11	2.59	15.33
12	7.07	43.64	2.77	17.12
12.5	7.21	46.37	2.96	19.02
13	7.37	49.32	3.14	21.02
13.5	7.56	52.48	3.33	23.1
14	7.75	55.83	3.51	25.26
14.5	7.96	59.38	3.68	27.49
15	8.18	63.12	3.86	29.77
15.5	8.41	67.05	4.03	32.1
16	8.64	71.14	4.19	34.48
16.5	8.88	75.41	4.35	36.91
17	9.13	79.85	4.5	39.38
17.5	9.38	84.44	4.65	41.89
18	9.63	89.19	4.8	44.44
18.5	9.89	94.09	4.94	47.03
19	10.14	99.14	5.08	49.65
19.5	10.4	104.34	5.22	52.32
20	10.66	109.68	5.35	55.02

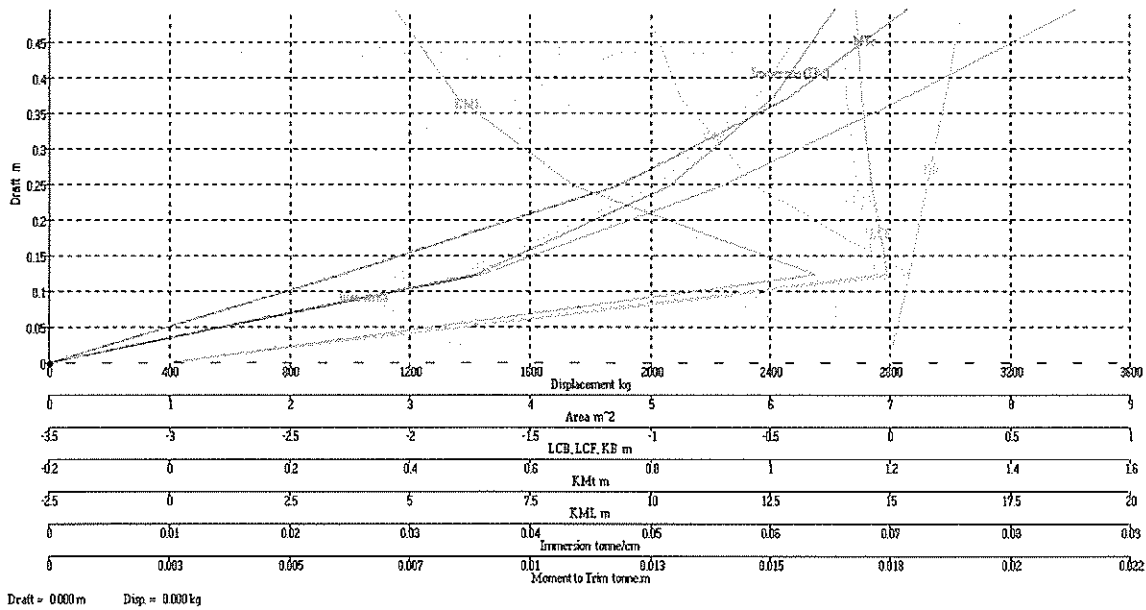
4.4. PERHITUNGAN HIDROSTATIK DAN STABILITAS KAPAL

Setelah mengetahui besar hambatan kapal yang menunjukkan besarnya gaya yang diperlukan oleh kapal untuk bergerak dengan kecepatan tertentu, pada sub bab ini peneliti akan mendapatkan karakteristik hidrostatis dan stabilitas dari kapal tradisional. Hidrostatik merupakan sebuah diagram kurva yang menunjukkan berbagai macam karakteristik lambung kapal pada sebuah air tenang dan sarat mendatar (*even keel*).

Pada penelitian ini analisis hidrostatis dilakukan dengan bantuan *Software Hydromax Version 9.6*, dan dengan bantuan perangkat lunak ini kita dapat mengetahui karakteristik lambung kapal tradisional tipe sopek. Hasil dari analisis tersebut dinyatakan pada tabel 4.4. dan gambar 4.4

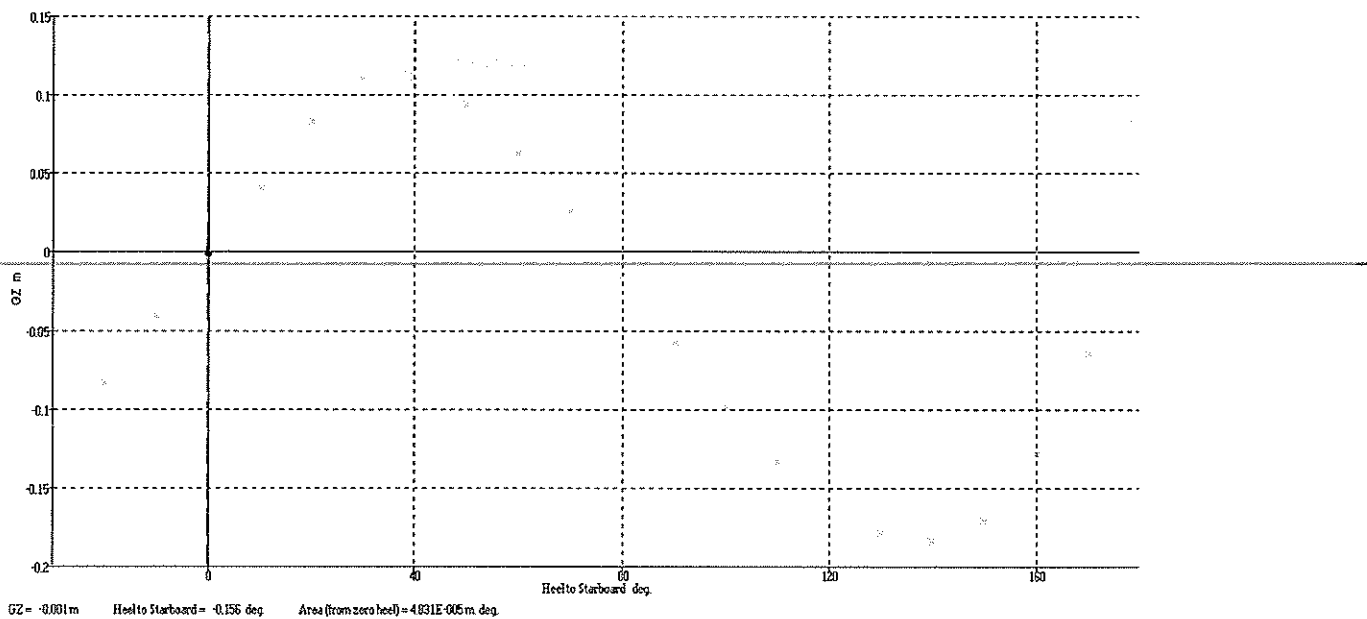
Tabel 4.4. Tabel Hidrostatik Tipe Kapal Sopek

Draft Amidsh. m	0,495	0,371	0,248	0,124
Displacement tonne	2,281	1,500	0,803	0,2525
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,495	0,371	0,248	0,124
Draft at AP m	0,495	0,371	0,248	0,124
Draft at LCF m	0,495	0,371	0,248	0,124
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	5,369	5,198	4,990	4,470
WL Beam m	1,696	1,612	1,473	1,201
Wetted Area m ²	8,545	7,134	5,597	3,599
Waterpl. Area m ²	6,384	5,876	5,035	3,463
Prismatic Coeff.	0,622	0,608	0,574	0,513
Block Coeff.	0,494	0,470	0,431	0,371
Midship Area Coeff.	0,800	0,784	0,758	0,730
Waterpl. Area Coeff.	0,701	0,701	0,685	0,645
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,140	-0,115	-0,073	-0,009
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,194	-0,181	-0,138	-0,054
KB m	0,298	0,227	0,155	0,080
KG m	0,495	0,495	0,495	0,495
BMt m	0,492	0,621	0,819	1,152
BML m	4,401	5,778	8,240	13,370
GMt m	0,294	0,353	0,479	0,736
GML m	4,204	5,509	7,899	12,954
KMt m	0,790	0,848	0,974	1,231
KML m	4,699	6,005	8,394	13,449
Immersion (TPc) tonne/cm	0,065	0,060	0,052	0,036
MTc tonne.m	0,018	0,015	0,012	0,006
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,012	0,009	0,007	0,003
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0



Gambar 4.4. Kurva Hidrostatik Kapal Sopek

Kemudian dilakukan perhitungan stabilitas kapal. Perhitungan stabilitas ini digunakan untuk menunjukkan karakteristik stabilitas kapal ketika mengalami keolengan pada saat berlayar. Bila lengan stabilitas bernilai positif (+) maka kapal tersebut dapat dikatakan stabil, karena dia memiliki momen pengembali apabila kapal berada dalam keadaan oleng. Dalam penelitian ini didapat stabilitas maksimal pada kondisi oleng 35.5° , dengan lengan momen sebesar 0.114 m lihat gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kurva stabilitas kapal sopek

Berdasarkan dari perhitungan hambatan dan stabilitas, maka batasan yang diperlukan untuk mendesain layar pada kapal tradisional tipe sopek ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Tabel batasan-batasan dalam penentuan desain layar

Item Batasan	Nilai
Kecepatan Kapal	6 Knot
Gaya dorong berdasarkan Holtrop	1.33 kN
Daya dorong berdasarkan Holtrop	4.12 Hp
Gaya dorong berdasarkan Oortmeersen	0.87 kN
Daya dorong berdasarkan Oortmeersen	2.7 Hp
Lengan Momen Maksimum(GZ_{max})	0.114 m
Rigthing Momen Maximum Kapal	260.034 kg m
Rigthing Momen Pada Olangan 1^0	12 kg m

4.5. PENENTUAN LUAS DAN DESAIN GEOMETRI LAYAR

Pada sub bab ini perancangan desain layar menjadi target sasaran peneliti untuk mendapatkan sebuah ukuran luas layar dan bentuk geometri layar. Setelah didapatkan data-data batasan seperti pada tabel 4.5. peneliti mencoba untuk mengkaji hubungan antara gaya-gaya yang bekerja pada layar, khususnya hubungan antara kebutuhan luas layar dengan gaya yang disyaratkan berdasarkan perhitungan prediksi hambatan.

Berdasarkan perhitungan hambatan kapal, kita mempunyai 2 (dua) buah gaya dorong yaitu berdasarkan metode Holtrop dan Oortmeersen. Kedua gaya tersebut akan kita cari berapa sebenarnya luas layar yang diperlukan untuk menghasilkan gaya sebesar itu. Karena pada metode Oortmeersen memiliki kebutuhan gaya yang lebih kecil, tentu saja secara logik kebutuhan luas layar akan lebih kecil dibanding dengan metode Holtrop. Namun dalam mendesain layar tentu saja hanyadiperlukan satu luasan saja yang akan digunakan. Sehingga dalam penelitian ini penentuan luas layar diambil berdasarkan nilai rata-rata dari kebutuhan luasan, atau kita akan pilih salah satu dari kedua luasan tersebut, lalu kita tetapkan bentuk desain yang tepat. Dan setelah itu akan kita kaji secara mendalam dengan melibatkan variabel-variabel yang lain dan dianalisis

secara simultan dengan bantuan *Software Span Version 9.6*. Yang akan dibahas mendalam pada Bab V.

Langkah awal pada penentuan kebutuhan luas layar, adalah mengklasifikasi gaya-gaya yang bekerja pada layar dan kita ambil dua buah gaya yang paling menentukan yaitu *Driving Force* dan *Heeling Force*. Persamaan kedua buah gaya tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F_R = 0.00119 \times v_A^2 \times S_A \times C_R$$

$$F_H = 0.00119 \times v_A^2 \times S_A \times C_H$$

Dimana,

F_R = *Driving Force* dalam lb

F_H = *Heeling Force* dalam lb

v_A = *Apparent Wind Speed* ft/sec

S_A = Luas Layar dalam sq.ft

C_R = Koefisien Aerodinamik untuk *Driving Force*

C_H = Koefisien Aerodinamik untuk *Heeling Force*

Penentuan nilai koefisien aerodinamik ini, sangat berhubungan dengan tipe layar yang kita pilih. Hal ini dikarenakan nilai tersebut diambil berdasarkan hasil uji di *wind tunnel*, dimana akan berbeda-beda nilainya untuk tiap jenis tipe layarnya. Karena keterbatasan fasilitas dan sumber daya yang ada, dalam hal ini peneliti hanya menggunakan data-data nilai koefisien yang sudah ada. Sehingga kita tidak dapat melakukan observasi untuk tipe-tipe layar khusus.

Pemilihan jenis tipe layar ini, dapat kita mulai dari data-data yang menunjukkan nilai koefisien aerodinamik yang tinggi. Hal ini secara logik bisa tentukan karena hubungan antara gaya aerodinamik dengan koefisiennya berbanding lurus, artinya bila nilai koefisiennya lebih besar, maka gaya aerodinamik yang dihasilkan akan lebih besar pula dengan catatan kondisi variabel-variabel yang lain bernilai sama. Berdasarkan hal tersebut maka kita ambil tipe kapal bermuda dengan nilai-nilai koefisien aerodinamik untuk tiap *angle of incidence*, Tabel 4.6. Pada data tersebut yang ada hanyalah koefisien *Lift* dan koefisien *Drag*, Hubungannya dengan koefisien *Driving* dan *Heeling* dapat dinyatakan oleh persamaan sebagai berikut :

$$C_R = C_L \cdot \sin \beta - C_D \cdot \cos \beta$$

$$C_H = C_L \cdot \cos \beta + C_D \cdot \sin \beta$$

Dimana,

C_R = Koefisien *Driving Force*

C_H = Koefisien *Heeling Force*

C_L = Koefisien *Lift*

C_D = Koefisien *Drag*

β = *Apparent Wind Angle* dalam derajat

Tabel 4.6. Nilai koefisien Lift dan Drag untuk Tipe Layar Bermuda

Angel of Incidence [Deg]	Koefisien Lift (C_L)	Koefisien Drag (C_D)
10	1.32	0.18
15	1.52	0.27
20	1.28	0.41
25	1.21	0.49
30	1.18	0.59
40	0.97	0.71
50	0.81	0.87
60	0.69	1
70	0.51	1.12
80	0.3	1.21
90	0	0

Penentuan luas layar akan kita gunakan formula teori aerodinamika, yaitu dengan merubah persamaan diatas menjadi sebagai berikut :

$$S_A = F_R / (0.00119 \times v_A^2 \times C_R)$$

$$C_R = C_L \cdot \sin \beta - C_D \cdot \cos \beta$$

Berdasarkan persamaan tersebut lalu kita tabulasikan dengan memasukkan beberapa variabel bebas yang lain, maka didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.7. Luasan layar dengan menggunakan metode hambatan Holtrop

Apparent Wind Angle	Luas Layar Min	Apparent Wind Angle	Luas Layar Min
10	394.69	100	13.28
20	72.63	110	13.48
30	38.97	120	14.13
40	26.62	130	15.33
50	20.69	140	16.94
60	17.36	150	16.74
70	15.35	160	16.54
80	14.14	170	16.49
90	13.49	180	16.95
Luas Layar Minimum Dengan Hambatan Holtrop			13.28

Tabel 4.8. Luasan layar dengan menggunakan metode hambatan Oortmeersen

Apparent Wind Angle	Luas Layar Min	Apparent Wind Angle	Luas Layar Min
10	258.18	100	8.69
20	47.51	110	8.82
30	25.49	120	9.24
40	17.41	130	10.02
50	13.54	140	11.08
60	11.35	150	10.95
70	10.04	160	10.82
80	9.25	170	10.78
90	8.82	180	11.08
Luas Layar Minimum Dengan Hambatan Oortmeersen =			8.69

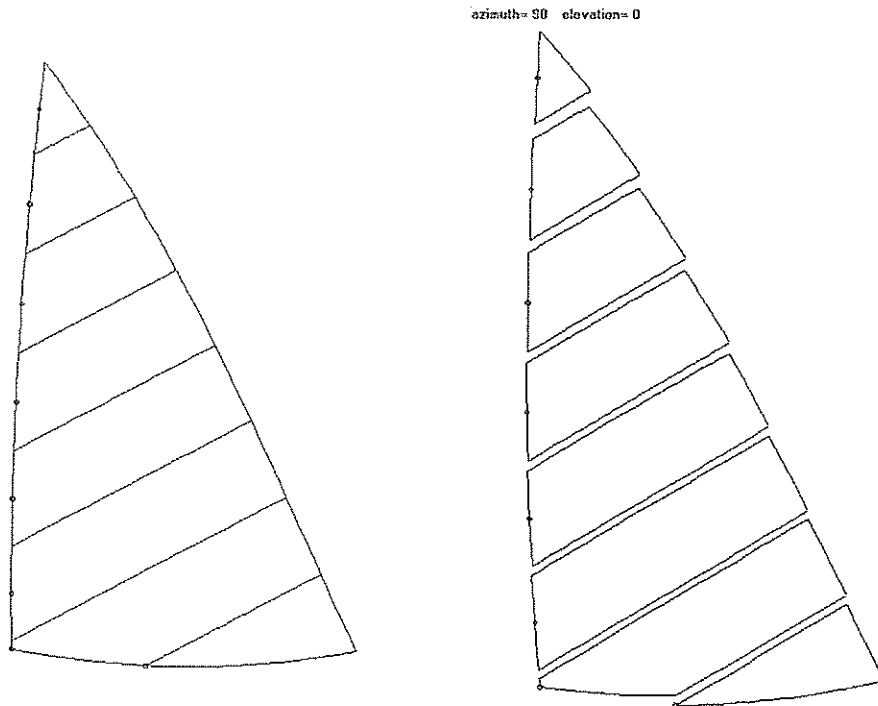
1. Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Holtrop :
 - a. Luasan maksimum layar = 394.69 m^2 , pada Apparent Wind Angle = 10^0
 - b. Luasan minimum layar = 13.28 m^2 , pada Apparent Wind Angle = 100^0
2. Berdasarkan perhitungan yang mengacu pada hasil perhitungan hambatan dengan menggunakan metode Oortmeersen :
 - a. Luasan maksimum layar = 258.18 m^2 , pada Apparent Wind Angle = 10^0
 - b. Luasan minimum layar = 8.69 m^2 , pada Apparent Wind Angle = 100^0

Hasil di atas menunjukkan bahwa dalam mendesain layar, kisaran interval luasan layar yang digunakan adalah bernilai antara $8.69 - 13.28 \text{ m}^2$. Dalam penelitian ini kita mengambil range yang berada ditengah dari interval tersebut, sehingga kita memilih untuk mendesain layar dengan luas sebesar $= 12 \text{ m}^2$. Hal ini kita lakukan mengingat bahwa semakin besar layar, maka dapat mengganggu aktivitas penangkapan ikan serta memerlukan biaya investasi yang lebih besar pula.

Berdasarkan dari beberapa tahapan perhitungan di atas , maka kita telah dapatkan desain layar dengan karakteristik sebagai berikut :

- Layar dengan tipe bermuda
- Luas layar sebesar 12 m^2
- Nilai aspek rasio layar = 4 (empat)

Dengan bantuan *Software Sailcut Version 4.0* bentuk desain layar akan tampak seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Bentuk geometri dan bukaan layar hasil penelitian

Sail dimensions				
<input checked="" type="radio"/> Jib	Hoist I=	<input type="text" value="8000"/> mm	Base J=	<input type="text" value="3000"/> mm
<input checked="" type="radio"/> Main sail	Boom height	<input type="text" value="1000"/> mm	Mast rake	<input type="text" value="3"/> deg
	Luff length	<input type="text" value="6000"/> mm	Luff round	<input type="text" value="100"/> mm
			Luff round position	<input type="text" value="50"/> %
	Foot length	<input type="text" value="3500"/> mm	Foot round	<input type="text" value="170"/> mm
	Diagonal length	<input type="text" value="6800"/> mm	LP =	<input type="text" value="3495"/> mm
	Gaff length	<input type="text" value="5"/> mm	Gaff round	<input type="text" value="0"/> mm
	Gaff angle / luff	<input type="text" value="57"/> deg		
	Leech length =	<input type="text" value="6802"/> mm	Leech roach	<input type="text" value="200"/> mm
	Sail area =	<input type="text" value="12.29"/> m ²	Leech roach position	<input type="text" value="60"/> %
<input checked="" type="radio"/> Cross cut <input type="radio"/> Twist foot cut <input type="radio"/> Vertical cut <input type="radio"/> Radial cut		Head depth <input type="text" value="11"/> % Max depth <input type="text" value="9"/> % Foot depth <input type="text" value="2"/> % Twist angle head/foot <input type="text" value="14"/> deg		
File <input type="text" value="LAYAR SOPEK"/>		Usefull cloth width <input type="text" value="890"/> mm		
<input type="button" value="Validate"/>		Seams width <input type="text" value="20"/> mm		

Gambar 4.7. Data desain layar hasil penelitian pada *Software Sailcut Version 4.0*



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. KINERJA LAYAR

Pada sub bab ini akan dibahas kinerja layar dari hasil desain yang telah didapat melalui data-data kebutuhan daya dorong kapal, serta berdasarkan teori aerodinamika tentang besarnya gaya dorong sebuah layar. Pengkajian kinerja layar ini ditinjau dengan memvariasikan beberapa variabel yaitu :

- Kecepatan Angin Riil (True Wind Speed) : 6, 8, 10, 12, 14, 16 dan 20 knot
- Kondisi *Upwind* dan *Downwind Sailing*
- Sudut Angin Riil (True Wind Angle)
- *Apparent Wind Angle*
- *Apparent Wind Speed*

Melalui kondisi variabel-variabel di atas, kemudian desain layar ini dikaji dengan bantuan *Software Span Version 9.6*. Adapun hasil yang akan dikaji adalah sebagai berikut :

- Kecepatan Kapal (*Hull Speed*)
- *Speed Made Good (V MG)*
- Sudut Oleng (*Heeling Angle*)
- Momen oleng udara (*Aero Heeling Moment*)
- Momen oleng air (*Hydro Heeling Moment*)
- Momen Pengembali Lambung (*Hull Righting Moment*)
- Momen Pengembali Awak Kapal (*Crew Righting Moment*)

Dengan mengetahui karakteristik dari variabel-variabel di atas, kita dapat mengetahui kinerja dari kapal ketika beroperasi menggunakan tenaga penggerak layar.

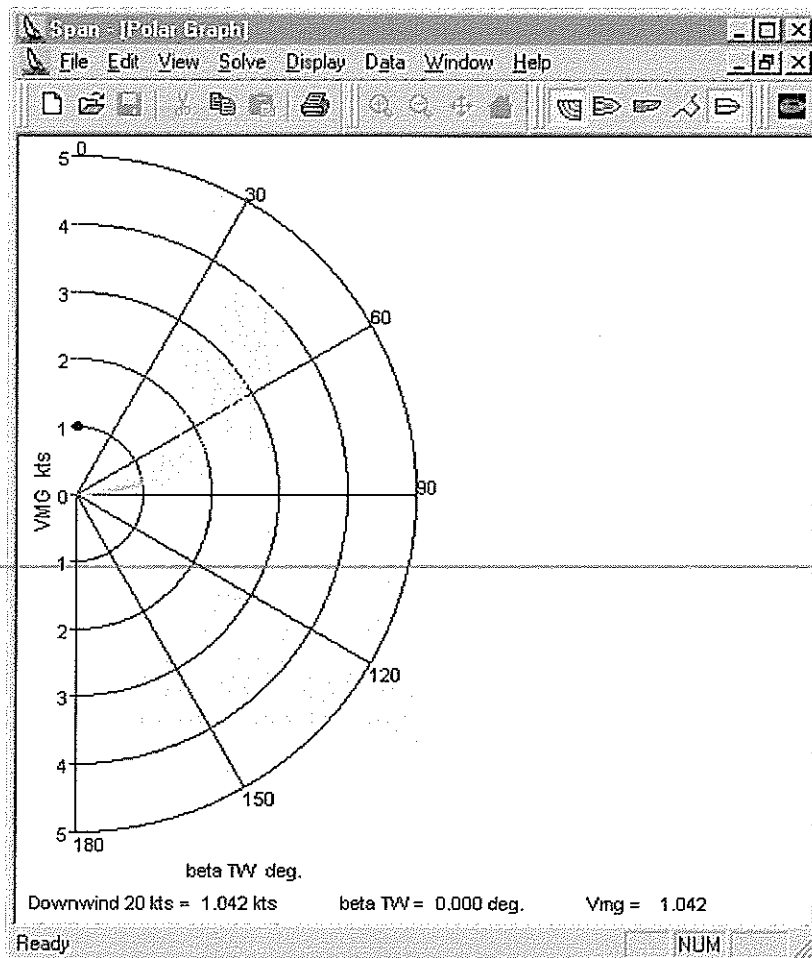
5.1.1. Kecepatan Kapal

Kinerja layar dapat diukur salah satunya melalui kecepatan kapal. Kecepatan kapal yang dihasilkan melalui gaya dorong layar ini dikaji berdasarkan variasi kondisi kecepatan angin riil dan variabel-variabel yang telah disebut di atas. Hasil analisis menunjukkan bahwa, maksimum kecepatan sebesar 6,01 Knot, pada kecepatan angin riil 20 Knot dengan sudut angin nyata (*apparent wing angle*) 45.82° . Peningkatan

5.1.2. Speed Made Good (VMG)

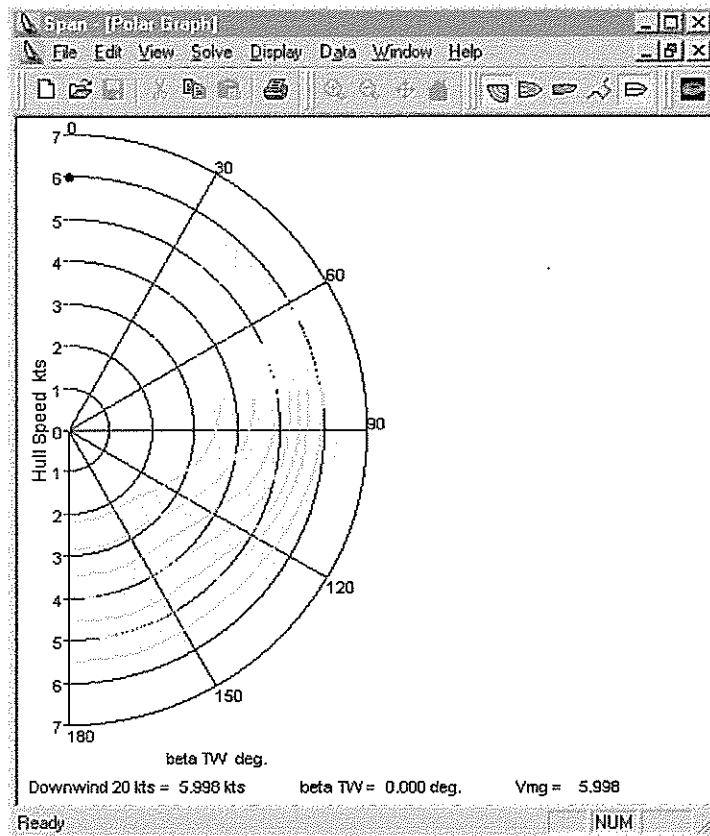
Speed Made Good adalah besarnya kecepatan kapal pada arah yang berlawanan dengan kecepatan angin riil. Bila kapal berlayar pada kondisi *upwing sailing*, maka angin riil memiliki arah dari depan dan *Speed Made Good* merupakan kecepatan kapal yang menuju ke depan yaitu berlawanan dengan arah angin tersebut. Indikator ini biasa digunakan untuk kompetisi layar, yang mana kapal dengan *Speed Made Good* yang besar dapat lebih cepat sampai batas finish yang ditentukan.

Berdasarkan diagram polar, *Speed Made Good* mencapai kecepatan maksimum sebesar 4,43 knot pada sudut angin riil sebesar 35° dan apparent wind angle 26.55° . Laju peningkatan *Speed Made Good* maksimum menunjukkan karakteristik *trendline*, yang tidak jauh berbeda dengan Indikator Kecepatan Kapal. Untuk lebih jelas dapat dilihat polar diagram dan grafik peningkatan *Speed Made Good* (Gambar 5.3 dan 5.4).

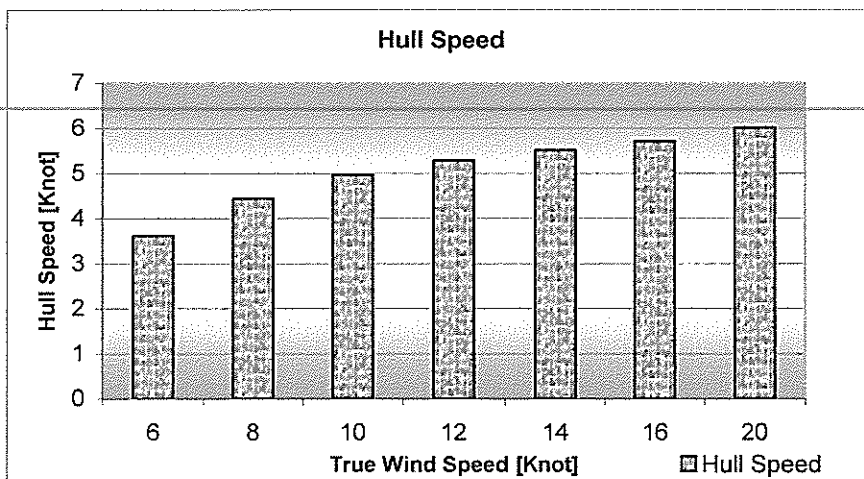


Gambar 5.3. Polar Diagram *Speed Made Good*

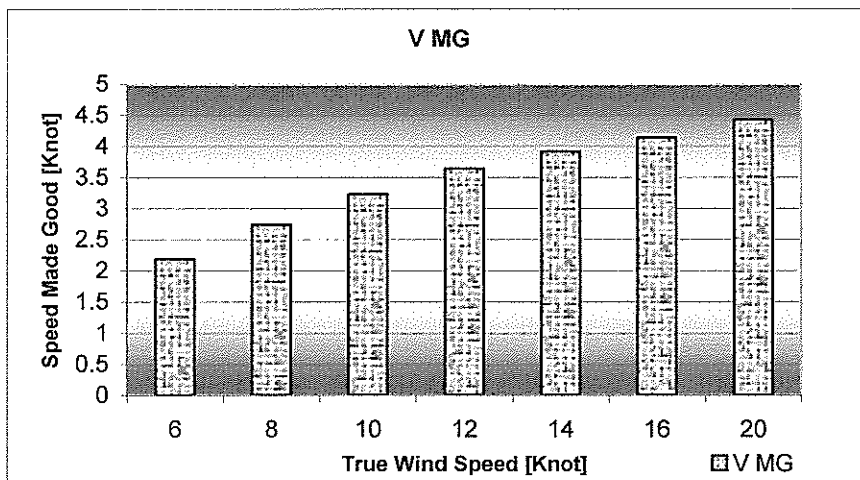
terlihat cukup signifikan ketika terjadi penambahan kecepatan angin riil 6 knot – 8 knot. Karakteristik kecepatan untuk tiap kondisi variabel ditunjukkan oleh polar diagram pada Gambar 5.1, sedangkan hasil analisis selengkapannya dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.1. Polar Diagram Kecepatan Kapal



Gambar 5.2. Karakteristik Peningkatan Kecepatan Maksimum Kapal

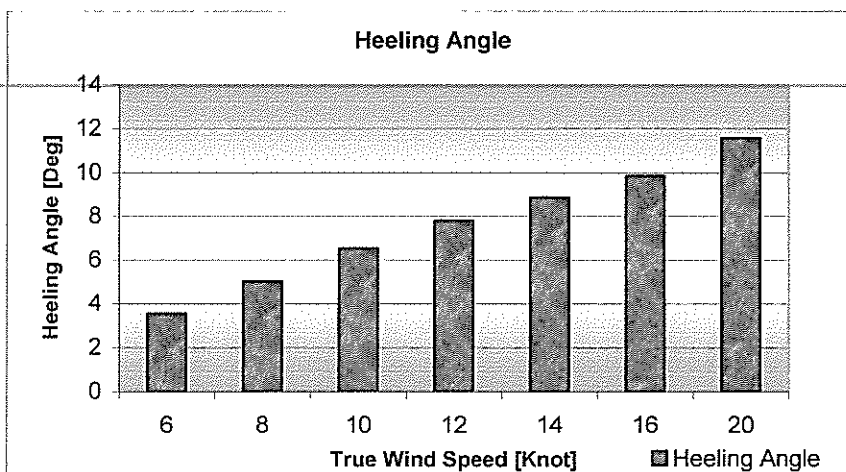


Gambar 5.4. Karakteristik Peningkatan *Speed Made Good* Maksimum

5.1.3. Sudut Olang Kapal

Sudut olang merupakan kondisi kapal dalam keadaan olang akibat pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal, untuk kali ini gaya tersebut disebabkan oleh gaya yang bekerja pada layar. Kondisi olangan kapal yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya *deck wetness* (masuknya air pada geladak), bahkan dapat mengakibatkan hilangnya stabilitas kapal.

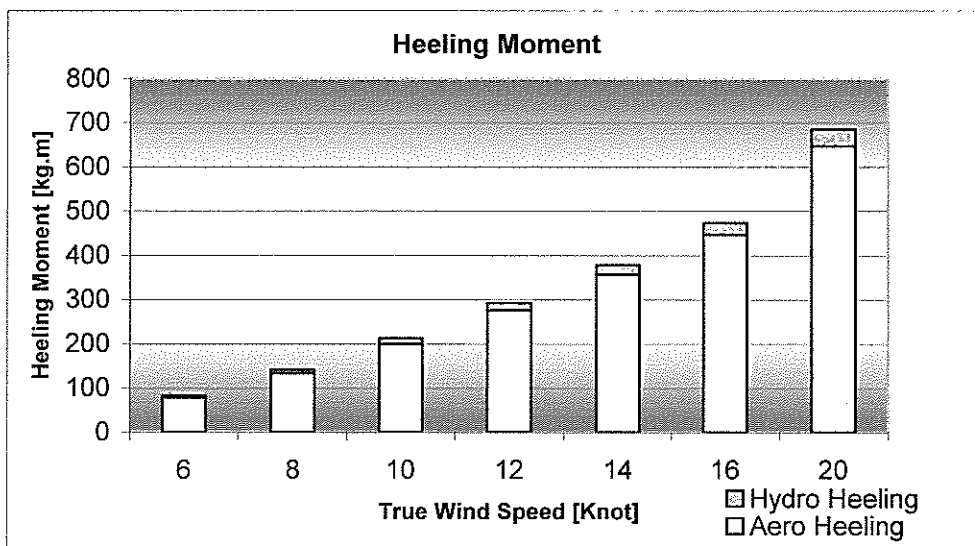
Berdasarkan hasil analisis, besar olangan maksimum mencapai 11.58° , Hal ini menunjukkan bahwa besar olangan tidak sampai mengakibatkan terjadinya *deck wetness* ($>35^{\circ}$). Laju peningkatan sudut olang pada tiap kondisi angin riil, menunjukkan kecenderungan linier, peningkatan ini tampak lebih agresif dibanding pada indikator *Hull Speed* dan *Speed Made Good*. Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar 5.5



Gambar 5.5. Karakteristik peningkatan sudut olang kapal

5.1.4. Momen Olang Kapal

Momen olang kapal adalah besarnya momen yang dihasilkan oleh layar, yang menyebabkan olangan pada kapal. Momen olang ini dibagi menjadi dua jenis yaitu : Momen olang udara (*aero heeling moment*) dan momen olang air (*hydro heeling moment*). Dari hasil analisis proporsi momen olang udara jauh lebih besar dibandingkan dengan momen olang air. Pada kondisi maksimum momen olang udara sebesar 647.11 kg.m dan momen olang air sebesar 38.76 kg.m. Peningkatan besarnya momen ini juga memiliki karakteristik linier, lihat Gambar 5.6.



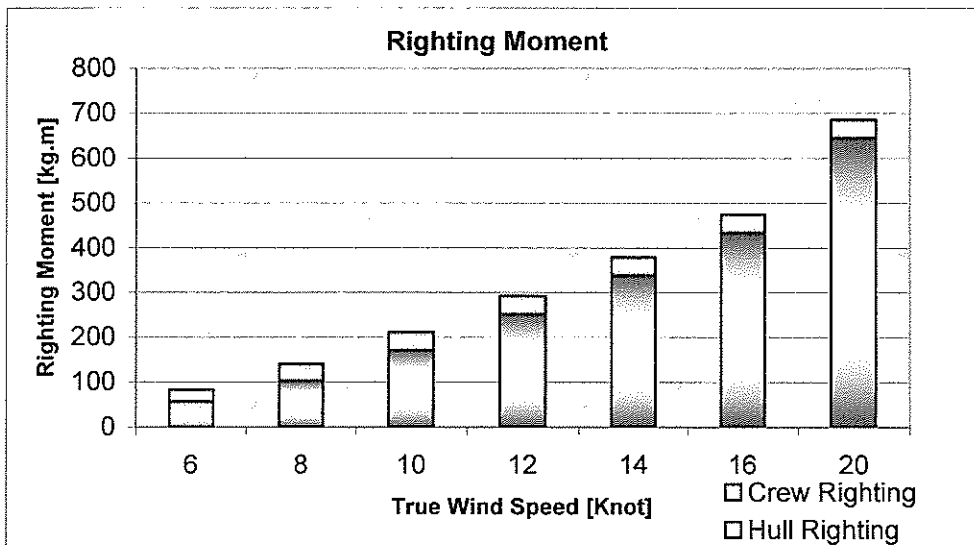
Gambar 5.6. Karakteristik peningkatan momen olang kapal

5.1.5. Momen Pengembali Kapal

Pada saat kapal dalam kondisi stabil, bila dalam keadaan olang, maka kapal tersebut dapat kembali ke posisi semula dengan adanya momen pengembali kapal. Bila kita telah mendapatkan besarnya momen olang, maka dalam keadaan stabil tersebut besarnya momen pengembali sama dengan momen olang, karena momen ini merupakan reaksi dari olangan yang disebabkan oleh gaya yang berasal dari luar kapal. Ditinjau dari jenisnya momen pengembali ini terdiri dari dua jenis; Momen pengembali lambung kapal dan momen awak kapal.

Momen pengembali lambung kapal, didapat dari momen yang terbentuk oleh berat kapal dan gaya tekan ke atas (*buoyancy*). Sedangkan momen awak kapal disebabkan oleh berat awak kapal dalam memberikan respon ketika terjadi olangan.

Nilai momen lambung kapal jauh lebih besar bila dibanding dengan momen awak kapal. Pada kondisi maksimum momen lambung kapal sebesar 645.2^0 dan momen awak kapal sebesar 41.27^0 . Laju peningkatan momen pengembali ini sama dengan momen oleng, mengingat bahwa momen ini merupakan reaksi dari kapal ketika terjadi oleng, lihat Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Peningkatan momen pengembali kapal

5.2. PENGARUH LAYAR TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR

Layar sebagai tenaga bantu dorong merupakan pendorong alternatif yang relatif murah. Bahkan penghematan konsumsi bahan bakar dapat mencapai 80% untuk kapal yang memiliki jalur perjalanan panjang. Pada penelitian ini sasaran utama dibuatnya desain layar adalah mendukung operasional penangkapan ikan dan mengurangi konsumsi BBM yang mana harganya semakin mahal. Layar berperan sebagai sistem penggerak ketika menuju ke daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan ketika kembali ke daratan. Pada saat kegiatan menangkap ikan, layar tidak dapat berfungsi optimal, sehingga kapal ikan tetap menggunakan mesin ketika menebar dan menarik alat tangkap. Oleh karena itu semakin jauh letak *fishing ground* semakin besar pula penghematan bahan bakar yang didapat dengan menggunakan layar.

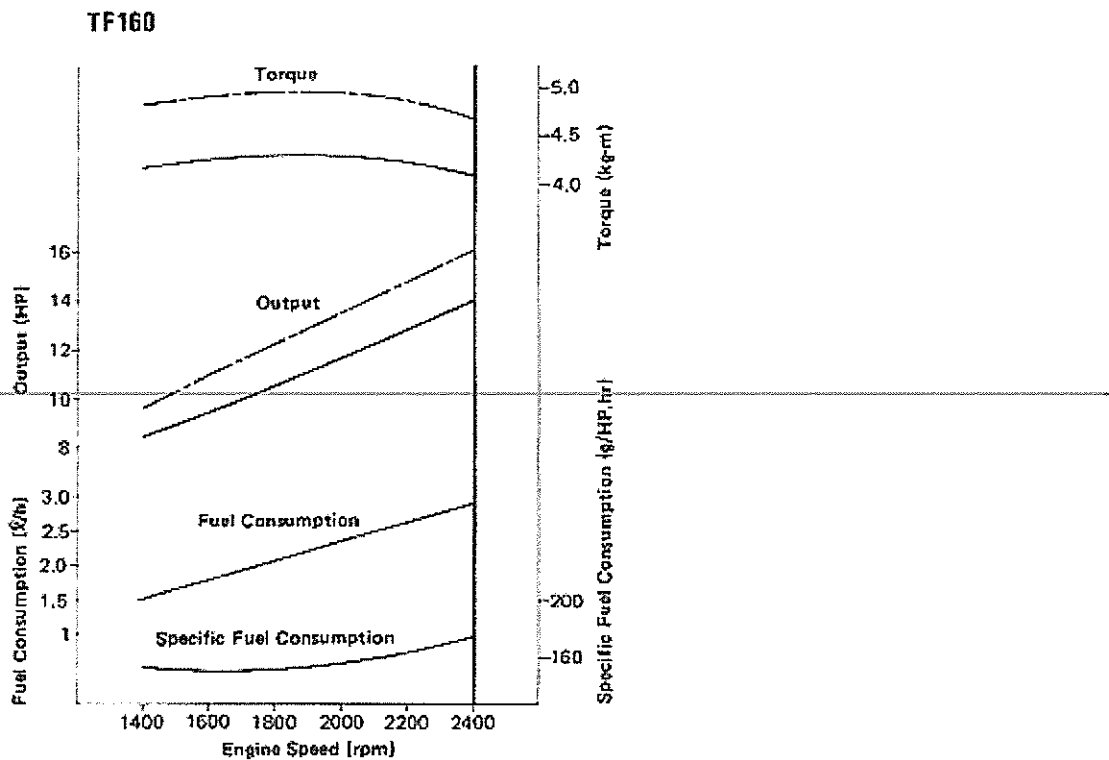
Pada tipe kapal sopek, daerah operasi penangkapan ikan terbatas pada jarak 12 mil laut dari daratan. Ketentuan ini diberlakukan oleh pemerintah demi keselamatan dan kelaiklautan kapal nelayan. Berdasarkan hasil wawancara terhadap para nelayan,

mereka rata-rata beroperasi pada daerah antara 6 – 12 mil laut, dengan frekuensi aktivitas penangkapan 25 hari tiap bulannya. Pengoperasian kapal dilakukan oleh 2 orang nelayan, dan mereka biasa berangkat petang dan kembali pada waktu pagi. Waktu tempuh menuju *fishing ground* berkisar antara 2- 3 jam, juga saat kembali ke daratan.

Berdasarkan hasil wawancara dan beberapa data yang telah didapat, peneliti mencoba melakukan analisis pengaruh layar terhadap pengurangan konsumsi bahan bakar. Asumsi yang diambil dari karakteristik operasi penangkapan ikan untuk analisis tersebut adalah :

- Jarak perjalanan PP : 24 mil laut
- Frekuensi penangkapan : 25 hari/ bulan
- Kecepatan kapal : 6 Knot
- Daya mesin yang dibutuhkan : 10 HP
- Harga BBM jenis solar : Rp. 4200,-

Untuk mendapatkan data laju konsumsi BBM, digunakan diagram karakteristik diesel yang didapat dari produsen mesin, Gambar 5.8. Diagram tersebut menunjukkan pada saat mesin beroperasi dengan output 10 HP, maka laju konsumsi sebesar 1,52 liter/jam.



Gambar 5.8. Karakteristik Diesel Engine Yanmar T160

Hasil analisis menunjukkan bahwa :

1. Lama operasi mesin untuk aktivitas PP : $24 \div 6 = 4$ jam
2. Konsumsi BBM yang dapat dihemat : $4 \times 1,52 = 6,08$ liter/trip

Sehingga didapat penghematan sebesar :

1. Penghematan per Trip : $6.08 \times \text{Rp. } 4.200,- = \text{Rp. } 25.536,-$
2. Penghematan dalam 1 bulan : $25 \times \text{Rp. } 25.536,- = \text{Rp. } 638.400,-$
3. Penghematan dalam 1 tahun : $7 \times \text{Rp. } 638.400,- = \text{Rp. } 4.468.800,-$

Berdasarkan hasil analisis tampak bahwa nelayan dapat menghemat dengan jumlah yang cukup signifikan dalam mengurangi biaya penggunaan BBM, sehingga kesejahteraan nelayan bisa lebih ditingkatkan atau setidaknya dapat terus bertahan hidup meskipun harga BBM telah mengalami kenaikan.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa layar yang tepat untuk tipe kapal sopek memiliki luasan sebesar 8-15 m². Peneliti dalam hal ini mengambil luasan 12 m² untuk digunakan sebagai studi kinerja layar pada kapal, dan hasil dari analisis kinerja layar tersebut menunjukkan bahwa :

- a. Kecepatan kapal : 3.62 – 6.01 Knot
- b. *Speed Made Good* : 2.19 – 4.43 Knot
- c. Sudut oleng kapal : 3.55 – 11.58 Deg
- d. Total momen oleng : 83.85 – 685.87 kg.m
- e. Total momen pengembali : 83.85 – 686.47 kg.m

2. Penggunaan layar pada operasi penangkapan ikan, lebih diarahkan pada saat kapal menuju fishing ground dan kembali ke daratan. Hal ini disebabkan aktivitas penebaran alat tangkap harus menggunakan motor sebagai alat penggerak kapal. Berdasarkan kondisi tersebut hasil analisis tentang pengaruh layar pada konsumsi BBM adalah sebagai berikut :

- a. Lama operasi mesin untuk aktivitas PP : $24 \div 6 = 4$ jam
- b. Konsumsi BBM yang dapat dihemat : $4 \times 1,52 = 6,08$ liter/trip

Sehingga penghematan yang didapat, yaitu :

1. Penghematan per Trip : $6.08 \times \text{Rp. } 4.200,- = \text{Rp. } 25.536,-$
2. Penghematan dalam 1 bulan : $25 \times \text{Rp. } 25.536,- = \text{Rp. } 638.400,-$
3. Penghematan dalam 1 tahun : $7 \times \text{Rp. } 638.400,- = \text{Rp. } 4.468.800,-$

6.2. SARAN

1. Kinerja layar sangat dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal. Oleh karena itu perlu adanya bentuk lambung standar, agar kinerja layar sesuai dengan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini.
2. Peneliti menentukan bentuk tipe layar bermuda, dikarenakan adanya keterbatasan data dan fasilitas yang ada, sehingga studi tentang kinerja tipe layar pada sebuah *wind tunnel* dapat dilakukan pada penelitian mendatang agar dapat menghasilkan desain layar yang teruji secara eksperimen.
3. Aplikasi desain layar pada kapal ikan tradisional, haruslah disertai dengan pembekalan kemampuan nelayan dalam mengoperasikan layar sebagai tenaga penggerak.
4. Prediksi besarnya hambatan kapal akan lebih akurat bila dilakukan dengan cara eksperimen uji tarik di Laboratorium Hidrodinamika. Hal ini disebabkan metode perhitungan yang ada, didapat dari hasil eksperimen yang menggunakan dimensi kapal hasil produksi negaranya (Eropa dan Amerika). Oleh karena itu penelitian tentang pengembangan metode prediksi hambatan kapal-kapal tradisional dapat dilakukan pada penelitian mendatang.
5. Pada penelitian ini studi tentang material bahan layar, belum dilakukan, sehingga Penelitian tentang material bahan layar dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

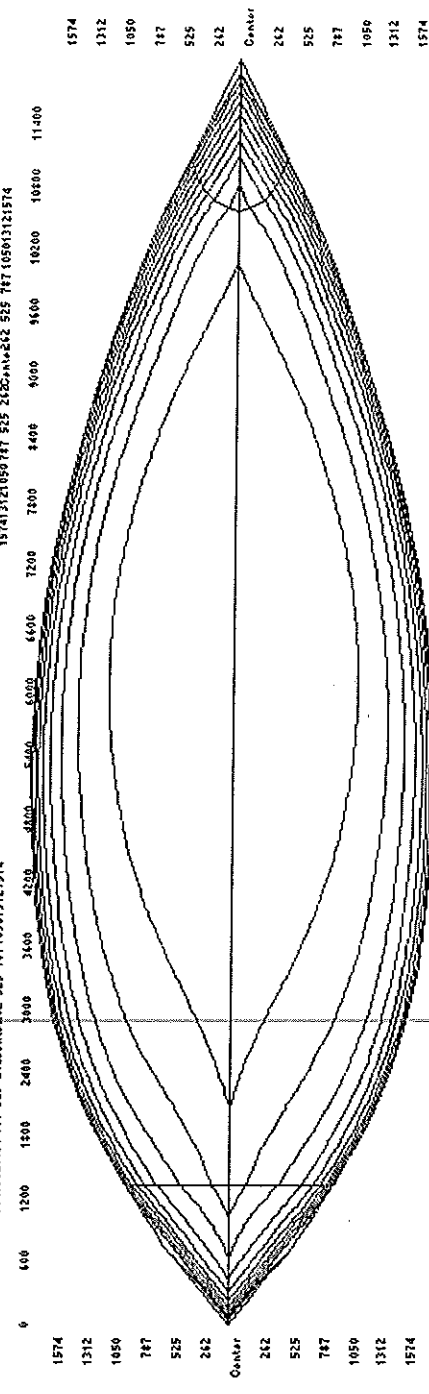
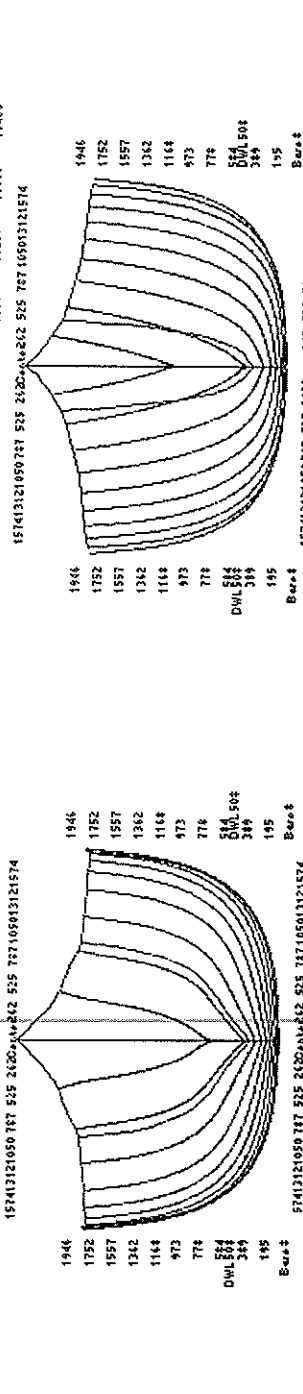
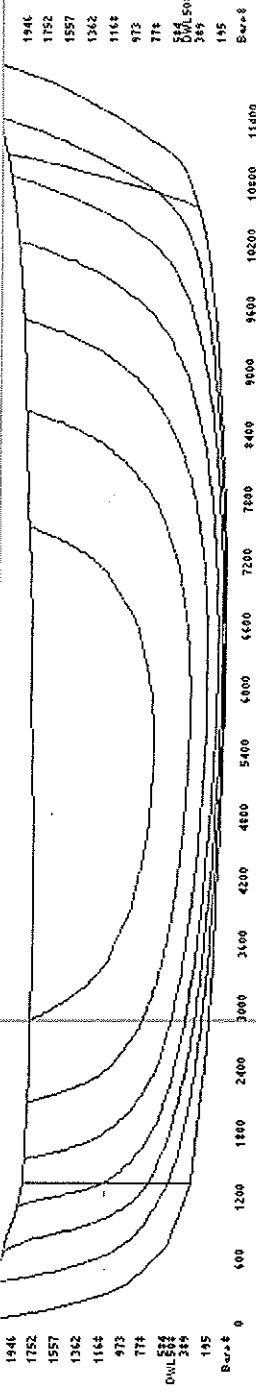
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, Laporan Apresiasi SPD-SPBN, Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta, Indonesia
- Campbell, J, 1986. "*The Evaluation of vessels and engine performance*", Kambia Fisheries development project, Lyminton, UK
- Compton, R, 1986. "*Resistance of Systematic Series of Semi-Planing Transom-Stern Hulls*", Marine Technology, SNAME, USA
- De Boer, E, 1981. "*Fuel Consumption in Fishing*", FAO Internal Report, Rome, Italy.
- Fung, S C, 1995. "*Revised Speed-Dependent Powering Predictions for High-Speed Transom Stern Hull Forms*", FAST '95: Third International Conference on Fast sea Transportation, The Royal Institution of Naval Architecture, UK
- Gerritsma, J, 1991, "*The Delft Systematic Yacht Hull Series II Experiments*", 10th Chesapeake Sailing Yacht Symposium, Annapolis, USA
- Gulbrandsen, 1986. "*Reducing the fuel costs of small fishing vessels*", FAO – Swedish International Development Authority, Madras, India
- Havelock, T H, 1951. "*Wave Resistance Theory and Its Application to Ship Problems*", SNAME Transactions, Vol. 59, USA
- Holtrop, J, 1978. "*A Statistical Power Prediction Method*", NSMB Paper 603, Netherlands
- Holtrop, J, 1982, "*An Approximate Power Prediction Method*", NSMB Paper 689, Netherlands
- ITTC, 1957. Proceedings of the 8th International Towing Tank Conference (ITTC), published by Canal de Experiencias Hidrodinámicas, Madrid, Spain
-
- Kazuyuki, T, 1984. "*How to operate a small diesel engine for fishing boat*", Training Department Ref. TD/TRB/No.33, South East Asian Fisheries Development Center, Philippine
- Lahtiharju, E, 1991. "*Resistance and Seakeeping Characteristics of Fast Transom-Stern Hulls With Systematically Varied Form*", SNAME, USA.
- Lundgren, G, 1985. "*A simple method to determine optimum vessel speed*". Paper presented at the International Conference on Design, Construction and Operation of Commercial Fishing Vessels, Florida, USA

- MacAlister, R G, 1985. "*The application of sail in fisheries development*". Proceedings of the Regional Conference on Sail Motor Propulsion, Manila, Philippine
- MacAlister, R G, 1988, "*Sails and an aid to fishing*", Lymington, UK.
- MacLennan, D. 1995, "*Technology Development in Capture Fisheries*", FAO Internal Report, Rome, Italy
- Mannen, J D, 1988, "*Resistance*", Principles of Naval Architecture 2nd Revision Vol. 2, SNAME, USA
- Marchaj, C A, 1982. "*Sailing Theory and Practice 2nd Edition*", Granada publishing, London, UK
- Martin, M, 1989. "*Issues in the design of kerosene outboard motors for use in fisheries*". Paper presented at The National Workshop on Technology for Small-scale Fishworkers, Trivandrum, India
- Morwood, J, 1954. Sailing Aerodynamics, Cornell Maritime Press, Maryland, USA
- Oortmeerssen, G, 1971. "*A Power Prediction Method and Its Application to Small Ships*", International shipbuilding progress, Vol. 18, No. 207, Netherlands
- Savitsky, D, 1964. "*Hydrodynamic Design of Planing Hulls*", Marine Technology, SNAME, USA
- Savitsky, D, 1976. "*Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water*", Marine Technology, SNAME, USA
- Tanner, T, 1930. "*The Forces on a Yacht's Sail*", Journal Royal Aerodynamics Society, UK.
- Tanner, T, 1960. "*The Geometry of Sailing to Windward*", Transaction of The Royal Institution of Naval Architecture, UK
-
- Todd, F, 1963, Series 60 Methodical Experiments with Models of Single Screw Ships, TMB report, DTRC, USA
- Warner, E P, 1925. "*The Aerodynamics of Yacht Sail*", Transaction of The Society of Naval Architecture and Marine Engineering (SNAME), USA



Lampiran A
Rencana Garis dan Tabel
Ordinat Lambung Kapal



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO

PERAHU MOTOR TEMPEL SOPEK

RENCANA GARIS

Sheet 1.1.75	Tanggal	Tanda Tangan	No Gambar
Digambar oleh A. F. ZAKKI		Ukuran	A4
Diperiksa oleh A. F. ZAKKI			
Disetujui oleh A. F. ZAKKI			

**TABEL OF ORDINATES
PERAHU MOTOR TEMPEL SOPEK**

L	B/2	T	L	B/2	T	L	B/2	T
0	0	2.34466	0.814225	0.021298	0.506014	1.6711	0.696925	0.624183
0.015	0	2.216987	0.8222	0.3131	0.853982	1.6711	0.777282	0.698872
0.030625	0	2.089314	0.83595	0.279645	0.790178	1.6711	0.849099	0.792584
0.0475	0	1.961642	0.836833	0.593236	1.816716	1.6711	0.911973	0.902835
0.06625	0	1.833969	0.8497	0.243951	0.738223	1.6711	0.965496	1.027138
0.0875	0	1.706296	0.862687	0.64917	1.899446	1.6711	1.009265	1.163009
0.108553	0.080407	2.268907	0.86595	0.206321	0.691178	1.6711	1.042873	1.307962
0.111562	0	1.580158	0.874225	0	0.4312	1.6711	1.068861	1.459726
0.13875	0	1.45709	0.8872	0.167056	0.642108	1.6711	1.089769	1.616032
0.169375	0	1.338627	0.91595	0.126458	0.584074	1.6711	1.108136	1.774608
0.19398	0.09454	1.820181	0.950325	0.084861	0.519317	2.026361	0	0.198729
0.20375	0	1.226303	0.98845	0.042597	0.450079	2.026361	0.126989	0.24933
0.204507	0.134744	2.101486	0.991032	0.657804	1.608146	2.026361	0.252983	0.299872
0.213982	0.159251	2.19628	0.994463	0.629268	1.438556	2.026361	0.376985	0.350296
0.239688	0	1.123241	1.009449	0.737407	1.864956	2.026361	0.497999	0.400544
0.249852	0.151861	1.947449	1.028336	0.617312	1.261005	2.026361	0.615031	0.450557
0.275	0	1.032562	1.02845	0	0.3786	2.026361	0.726105	0.505183
0.3075	0	0.957388	1.048846	0.592192	1.114815	2.026361	0.829249	0.56927
0.31316	0.23497	2.129902	1.061405	0.557298	0.993	2.026361	0.92249	0.647667
0.317572	0.167455	1.668717	1.061846	0.732668	1.730455	2.026361	1.003853	0.745221
0.335	0	0.900841	1.071425	0.516022	0.888575	2.026361	1.07352	0.859453
0.357419	0.248463	2.020162	1.07955	0.46965	0.802278	2.026361	1.131674	0.987882
0.3625	0	0.855168	1.086425	0.419467	0.734846	2.026361	1.178495	1.12803
0.395	0	0.812616	1.0933	0.365927	0.67975	2.026361	1.214166	1.277417
0.395388	0.197118	1.497248	1.101425	0.309481	0.63046	2.026361	1.241474	1.433732
0.402964	0.306002	2.072899	1.11205	0.250583	0.580447	2.026361	1.263207	1.594666
0.43714	0.320136	2.007191	1.126425	0.189687	0.523181	2.026361	1.282152	1.757911
0.4375	0	0.765431	1.143613	0.127291	0.460476	2.423744	0	0.162717
0.444573	0.200856	1.330773	1.162675	0.063895	0.394144	2.423744	0.145884	0.206114
0.480267	0.370784	2.028397	1.169782	0.830695	1.829123	2.423744	0.290617	0.250121
0.482271	0.195993	1.194289	1.182675	0	0.326	2.423744	0.433047	0.29535
0.495	0	0.70586	1.3369	0	0.2734	2.423744	0.572024	0.342409
0.512799	0.185415	1.081114	1.3369	0.085194	0.33821	2.423744	0.706396	0.39191
0.540475	0.172007	0.984566	1.3369	0.169721	0.401634	2.423744	0.83357	0.448092
0.554981	0.433404	1.992597	1.3369	0.252916	0.462288	2.423744	0.950953	0.515194
0.56375	0	0.637001	1.3369	0.334111	0.518785	2.423744	1.055952	0.597458
0.56485	0.15655	0.905685	1.3369	0.412641	0.569741	2.423744	1.145974	0.699122
0.567821	0.414493	1.917029	1.3369	0.487902	0.621277	2.423744	1.221749	0.817661
0.570665	0.377569	1.780475	1.3369	0.55929	0.679515	2.423744	1.284007	0.950549
0.585475	0.139822	0.845509	1.3369	0.6262	0.750575	2.423744	1.333479	1.09526
0.6061	0.121976	0.796695	1.3369	0.688029	0.84058	2.423744	1.370895	1.24927
0.630475	0.10316	0.751897	1.3369	0.743766	0.947012	2.423744	1.399269	1.410252
0.637015	0.497949	1.961704	1.3369	0.792397	1.067355	2.423744	1.421615	1.575884
0.64	0	0.561949	1.3369	0.832912	1.199092	2.423744	1.440946	1.743841
0.66235	0.083528	0.703769	1.3369	0.864299	1.339706	2.884309	0	0.128293
0.673477	0.403715	1.502654	1.3369	0.888839	1.486978	2.884309	0.162375	0.164367
0.705475	0.063229	0.644967	1.3369	0.908815	1.638688	2.884309	0.323455	0.201728
0.711904	0.527235	1.891963	1.3369	0.926509	1.792618	2.884309	0.481944	0.241662
0.72	0	0.4838	1.6711	0	0.2358	2.884309	0.636546	0.285456
0.728113	0.405398	1.309403	1.6711	0.106492	0.293525	2.884309	0.785967	0.334395
0.736281	0.568509	1.931919	1.6711	0.212151	0.350527	2.884309	0.927071	0.392147
0.757038	0.04243	0.578159	1.6711	0.316145	0.406082	2.884309	1.056725	0.462374
0.763175	0.393039	1.158413	1.6711	0.417639	0.459468	2.884309	1.171795	0.548744
0.786506	0.371093	1.038022	1.6711	0.515802	0.50996	2.884309	1.269146	0.65492
0.80595	0.344015	0.936571	1.6711	0.609331	0.563039	2.884309	1.349999	0.778254

**TABEL OF ORDINATES
PERAHU MOTOR TEMPEL SOPEK**

L	B/2	T	L	B/2	T	L	B/2	T
2.884309	1.415575	0.916098	4.669381	1.78152	1.547358	7.156669	0.388818	0.030339
2.884309	1.467094	1.065802	4.669381	1.799331	1.732825	7.156669	0.574985	0.050957
2.884309	1.505779	1.224719	5.31379	0	0.023882	7.156669	0.751261	0.086328
2.884309	1.534836	1.390545	5.31379	0.198458	0.033882	7.156669	0.914349	0.141368
2.884309	1.557476	1.560977	5.31379	1.772036	1.367561	7.156669	1.062157	0.216589
2.884309	1.576907	1.733711	5.31379	1.792379	1.553278	7.156669	1.192593	0.312505
3.429119	0	0.095986	5.31379	1.809328	1.740679	7.156669	1.303567	0.429627
3.429119	0.175661	0.124579	5.313791	0.394866	0.047714	7.156669	1.392987	0.568467
3.429119	0.349898	0.155144	5.313791	0.587173	0.069213	7.156669	1.463602	0.724141
3.429119	0.521285	0.189654	5.313791	0.773328	0.102212	7.156669	1.518162	0.891767
3.429119	0.688397	0.230079	5.313791	0.951282	0.150543	7.156669	1.559417	1.06646
3.429119	0.849811	0.278393	5.313791	1.117186	0.215945	7.156669	1.590117	1.243337
3.429119	1.001954	0.337731	5.313791	1.267191	0.300156	7.156669	1.6129	1.421853
3.429119	1.141256	0.411228	5.313791	1.397451	0.404914	7.156669	1.630406	1.601461
3.429119	1.264146	0.502022	5.313791	1.504117	0.531956	7.156669	1.645273	1.781615
3.429119	1.367053	0.613246	5.313791	1.589691	0.677394	7.754772	0	0.029001
3.429119	1.451611	0.742027	5.313791	1.656678	0.837341	7.754772	0.545813	0.07498
3.429119	1.519455	0.885491	5.313791	1.70758	1.00791	7.754772	1.114931	0.351577
3.429119	1.572218	1.040761	5.313791	1.744901	1.185211	7.754772	1.409958	0.936451
3.429119	1.611535	1.204964	5.940355	1.78609	1.751764	7.754773	0.186743	0.037619
3.429119	1.640767	1.375866	5.940356	0	0.012157	7.754773	0.369882	0.051268
3.429119	1.663275	1.551234	5.940356	0.201093	0.018843	7.754773	0.710931	0.113786
3.429119	1.682423	1.728836	5.940356	0.399738	0.029833	7.754773	0.861632	0.172716
4.03265	0	0.067008	5.940356	0.593489	0.049433	7.754773	0.996704	0.251928
4.03265	0.185959	0.088441	5.940356	0.779898	0.081946	7.754773	1.215102	0.47182
4.03265	0.370347	0.112516	5.940356	0.956518	0.131677	7.754773	1.296002	0.612812
4.03265	0.55159	0.141875	5.940356	1.119889	0.199934	7.754773	1.360124	0.769405
4.03265	0.728118	0.179159	5.940356	1.266549	0.288027	7.754773	1.447997	1.108801
4.03265	0.898358	0.22701	5.940356	1.393038	0.397264	7.754773	1.476733	1.281308
4.03265	1.058448	0.288073	5.940356	1.495896	0.528954	7.754773	1.49849	1.453931
4.03265	1.204524	0.364989	5.940356	1.577822	0.678853	7.754773	1.515596	1.626633
4.03265	1.332725	0.460403	5.940356	1.641517	0.842719	7.754773	1.530376	1.799374
4.03265	1.439188	0.576957	5.940356	1.689679	1.016308	8.351744	0	0.055372
4.03265	1.525893	0.711478	5.940356	1.72501	1.195377	8.351744	0.1718	0.069025
4.03265	1.594818	0.860788	5.940356	1.750716	1.378556	8.351744	0.339865	0.087675
4.03265	1.647944	1.021713	5.940356	1.770007	1.564475	8.351744	0.500458	0.116322
4.03265	1.68725	1.191078	6.553256	0	0.008418	8.351744	0.649844	0.159962
4.03265	1.71619	1.366772	6.553256	0.398246	0.023618	8.351744	0.784288	0.223595
4.03265	1.738221	1.546686	6.553256	0.590152	0.042894	8.351744	0.903514	0.307056
4.03265	1.756796	1.728709	6.553256	0.773396	0.076182	8.351744	1.007246	0.410181
4.669381	0	0.04257	6.553256	1.102382	0.199703	8.351744	1.095212	0.532807
4.669381	0.193486	0.057645	6.553256	1.242408	0.291733	8.351744	1.167133	0.674769
4.669381	0.385202	0.075991	6.553256	1.362312	0.405139	8.351744	1.224983	0.830705
4.669381	0.57338	0.100878	6.553256	1.53598	0.694197	8.351744	1.27073	0.995251
4.669381	0.756248	0.135577	6.553256	1.595346	0.860692	8.351745	1.306347	1.163045
4.669381	0.932038	0.183358	6.553256	1.640134	1.035727	8.351745	1.333803	1.328722
4.669381	1.096782	0.246401	6.553256	1.697324	1.396691	8.351745	1.355138	1.492813
4.669381	1.24651	0.326887	6.553256	1.715613	1.580639	8.351746	1.372393	1.655845
4.669381	1.377254	0.426997	6.553256	1.730958	1.765578	8.351747	1.387607	1.818349
4.669381	1.485045	0.548909	6.553257	0.200567	0.013683	8.91731	0	0.089347
4.669381	1.57215	0.689101	6.553257	0.945092	0.128153	8.91762	0.15326	0.109345
4.669381	1.640835	0.844052	6.553257	1.459236	0.540819	8.917942	0.302803	0.134201
4.669381	1.693367	1.010237	6.553257	1.673145	1.214723	8.918287	0.444914	0.16877
4.669381	1.73201	1.184136	7.156669	0	0.013691	8.918669	0.575877	0.21791
4.669381	1.760237	1.363819	7.156669	0.196058	0.019556	8.919098	0.691974	0.286477

**TABEL OF ORDINATES
PERAHU MOTOR TEMPEL SOPEK**

L	B/2	T	L	B/2	T	L	B/2	T
8.919575	0.79383	0.37404	10.21548	0.643659	1.086159	10.81356	0.174771	0.63401
8.9201	0.882066	0.480167	10.22831	0.674582	1.235822	10.8143	0.527128	1.853413
8.920674	0.957304	0.604425	10.24051	0.701151	1.383328	10.81932	0.334466	1.048417
8.921297	1.020169	0.746384	10.25157	0.723163	1.523409	10.83669	0.538594	1.983519
8.921943	1.071973	0.900537	10.26177	0.741756	1.65792	10.83703	0.052757	0.465998
8.922585	1.114029	1.061379	10.27139	0.758071	1.788718	10.85171	0.197575	0.726993
8.923195	1.147652	1.223405	10.28072	0.773245	1.91766	10.86063	0.35437	1.188375
8.923748	1.174154	1.381111	10.32087	0	0.236263	10.86657	0	0.401688
8.924258	1.195315	1.535575	10.3311	0.081078	0.276738	10.87074	0.076939	0.524231
8.92474	1.212917	1.687879	10.34172	0.159539	0.321166	10.89373	0.217168	0.832529
8.925208	1.228738	1.839103	10.35313	0.232765	0.373502	10.90167	0.372232	1.332273
9.421196	0	0.127467	10.36572	0.298139	0.437699	10.90735	0.098484	0.591891
9.422437	0.133152	0.154153	10.37988	0.353044	0.517711	10.90963	0.013409	0.450221
9.423724	0.262733	0.185487	10.39561	0.399458	0.612832	10.93964	0.234582	0.950291
9.425107	0.385174	0.226114	10.41294	0.439356	0.722357	10.94073	0.387794	1.475971
9.426633	0.496903	0.280683	10.43188	0.474717	0.845581	10.94793	0	0.441589
9.428349	0.59435	0.353839	10.45244	0.507517	0.981799	10.94853	0.116514	0.671896
9.430257	0.678895	0.44495	10.45779	0	0.268832	10.95194	0.026379	0.502293
9.432358	0.751915	0.553385	10.47267	0.067045	0.311773	10.97611	0.4008	1.615324
9.434653	0.814789	0.678512	10.47374	0.537433	1.126058	10.98948	0.25085	1.079949
9.437145	0.868897	0.819699	10.48813	0.131894	0.358449	10.99275	0.03847	0.561443
9.439727	0.914886	0.971393	10.4949	0.564142	1.273407	10.99431	0.131716	0.764052
9.442292	0.953404	1.128043	10.50472	0.192348	0.412596	11.00872	0.41189	1.75142
9.444733	0.985097	1.284096	10.51504	0.587319	1.418893	11.01262	0	0.486839
9.446945	1.010613	1.434002	10.52303	0.246211	0.477947	11.03546	0.049242	0.629872
9.448984	1.031496	1.579295	10.53328	0.606641	1.557563	11.0395	0.421702	1.885344
9.45091	1.04929	1.721515	10.54362	0.291285	0.558239	11.04125	0.265792	1.218955
9.452778	1.065541	1.862198	10.5501	0.623072	1.691123	11.04473	0.144778	0.868164
9.833129	0	0.166273	10.56415	0	0.300709	11.06633	0	0.538756
9.83623	0.113508	0.19902	10.56597	0.637576	1.821275	11.06935	0.430875	2.018181
9.83945	0.223692	0.236174	10.56651	0.329291	0.652875	11.0835	0.058257	0.709781
9.842907	0.327231	0.282143	10.58137	0.651116	1.949723	11.09297	0.279231	1.36476
9.846721	0.420799	0.341334	10.58399	0.053636	0.345717	11.09983	0.156388	0.984039
9.85101	0.501075	0.418153	10.59171	0.361946	0.761259	11.11475	0	0.598655
9.85578	0.569951	0.511854	10.6046	0.105515	0.394243	11.13692	0.065858	0.80111
9.861031	0.629319	0.621687	10.61926	0.39097	0.882794	11.14319	0.291046	1.516561
9.86677	0.681074	0.746905	10.62673	0.153878	0.449807	11.15963	0.167233	1.111482
9.873	0.727107	0.886759	10.64917	0.418083	1.016884	11.16357	0	0.667853
9.879455	0.767517	1.035769	10.65114	0.196969	0.515928	11.18568	0.377016	2.048012
9.885865	0.802405	1.188454	10.67051	0	0.332585	11.19049	0.301116	1.673557
9.89197	0.831868	1.339332	10.67859	0.233028	0.596125	11.19574	0.072389	0.903799
9.897499	0.856007	1.482924	10.68015	0.442963	1.158965	11.21101	0.343665	1.940582
9.902596	0.876152	1.621051	10.69532	0.040227	0.37966	11.21848	0	0.747666
9.907407	0.893634	1.755535	10.70911	0.263433	0.689934	11.21854	0.316352	1.82011
9.912073	0.909786	1.888196	10.71092	0.46529	1.304471	11.2218	0.177207	1.249318
10.12283	0	0.202307	10.72107	0.079136	0.430037	11.26001	0.078194	1.017788
10.12904	0.096358	0.239517	10.74022	0.484742	1.448837	11.27952	0	0.838169
10.13547	0.189716	0.280904	10.74272	0.289557	0.796894	11.28399	0.186202	1.396372
10.14239	0.277077	0.330645	10.74873	0.115409	0.487019	11.30202	0.323156	2.079216
10.15002	0.35544	0.392917	10.76675	0.501001	1.587499	11.32979	0.083617	1.143014
10.1586	0.421807	0.471897	10.77271	0	0.365799	11.34468	0.194198	1.554092
10.16813	0.478241	0.56682	10.77924	0.147727	0.553909	11.34674	0	0.939435
10.17864	0.526807	0.676922	10.77945	0.312776	0.916542	11.3732	0.272131	2.006882
10.19012	0.569567	0.80144	10.79122	0.514863	1.721882	11.40221	0.088607	1.279243
10.20258	0.608586	0.939608	10.80456	0.026818	0.414272	11.40236	0.201174	1.723925

**TABEL OF ORDINATES
PERAHU MOTOR TEMPEL SOPEK**

L	B/2	T	L	B/2	T	L	B/2	T
11.41835	0.269297	2.113166	11.58256	0	1.308949	11.77774	0.078954	2.115707
11.4202	0	1.051536	11.60919	0.100716	1.758563	11.81351	0	1.785336
11.46228	0.207908	1.915005	11.63122	0.152094	2.091479	11.87874	0	1.966441
11.47445	0.093115	1.426237	11.65101	0.161578	2.194796	11.88367	0.053859	2.292902
11.49994	0	1.174547	11.66463	0	1.455227	11.94029	0	2.153965
11.51676	0.213603	2.095308	11.68263	0.096942	1.937824	12	0	2.3447
11.53468	0.215437	2.151235	11.74275	0	1.613862			
11.5442	0.097149	1.585506	11.76734	0.107719	2.242476			



Lampiran B Perhitungan Stabilitas pada Sarat Penuh

Stability Calculation - SOPEK

Loadcase - Loadcase1

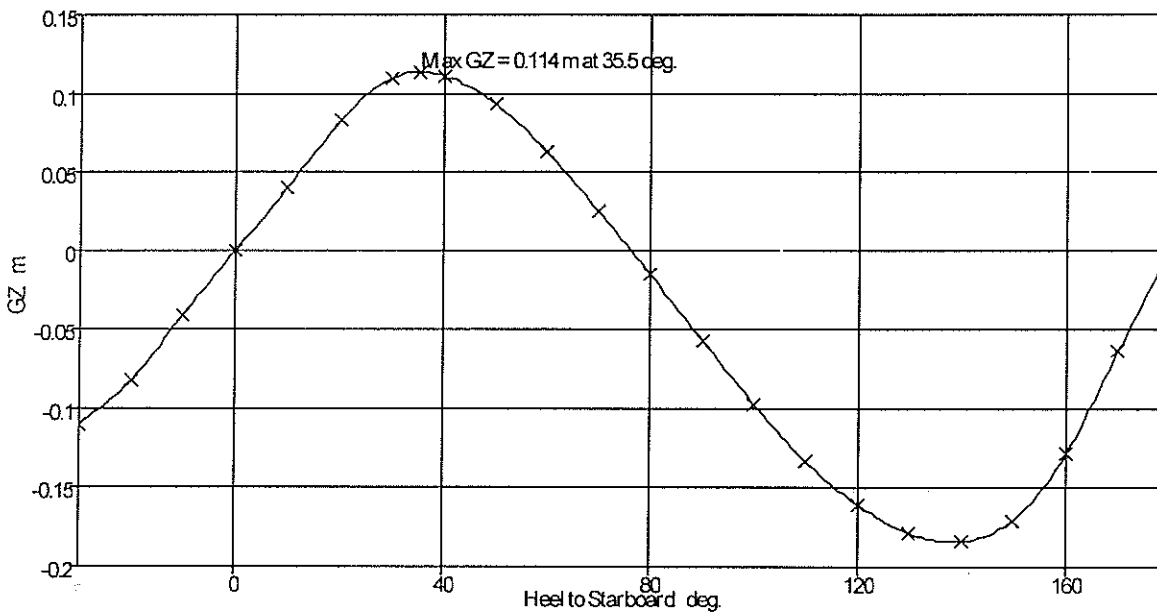
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1.025; (Density = 1025.2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
Lightship	1	2281	-0.500	0.575	0.000	0.000
	Total Weight=	2281	LCG=-0.500	VCG=0.575	TCG=0.00	0
				FS corr.=0		
				VCG fluid=0.575		



Heel to Starboard degrees	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0
Displacement kg	2281	2281	2281	2281	2281	2281
Draft at FP m	0.183	0.217	0.230	0.234	0.231	0.217
Draft at AP m	0.704	0.700	0.708	0.710	0.708	0.700
WL Length m	5.244	5.290	5.311	5.317	5.311	5.290
Immersed Depth m	0.614	0.567	0.585	0.597	0.585	0.567
WL Beam m	1.564	1.728	1.711	1.705	1.711	1.728
Wetted Area m ²	8.760	8.420	8.370	8.365	8.371	8.421
Waterpl. Area m ²	5.811	6.400	6.372	6.340	6.372	6.399
Prismatic Coeff.	0.608	0.599	0.598	0.598	0.598	0.599
Block Coeff.	0.442	0.429	0.418	0.411	0.418	0.429
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.524	-0.523	-0.523	-0.523	-0.523	-0.523
VCB from DWL m	-0.221	-0.209	-0.204	-0.203	-0.204	-0.209
GZ m	-0.110	-0.083	-0.041	0.000	0.041	0.083
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.210	-0.282	-0.283	-0.280	-0.283	-0.282
TCF to zero pt. m	-0.296	-0.242	-0.121	0.000	0.121	0.242
Max deck inclination deg	30.3	20.6	11.2	5.1	11.2	20.6
Trim angle (+ve by stern) deg	5.5	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1

Heel to Starboard degrees	150.0	160.0	170.0	180.0
Displacement kg	2281	2281	2281	2281
Draft at FP m	-0.870	-0.844	-0.841	-0.840
Draft at AP m	-0.271	-0.307	-0.327	-0.333
WL Length m	5.405	5.421	5.434	5.438
Immersed Depth m	0.800	0.693	0.651	0.594
WL Beam m	1.430	1.753	1.733	1.722
Wetted Area m ²	10.717	11.205	11.329	11.332
Waterpl. Area m ²	5.742	6.501	6.571	6.535
Prismatic Coeff.	0.654	0.638	0.635	0.634
Block Coeff.	0.360	0.338	0.363	0.400
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.519	-0.516	-0.514	-0.513
VCB from DWL m	-0.247	-0.215	-0.190	-0.181
GZ m	-0.170	-0.129	-0.064	0.000
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.041	-0.016	-0.020	-0.028
TCF to zero pt. m	0.288	0.249	0.132	0.000
Max deck inclination deg	149.5	159.3	168.7	174.6
Trim angle (+ve by stern) deg	6.4	5.7	5.5	5.4

Heel to Starboard degrees	90.0	100.0	110.0	120.0	130.0	140.0
Displacement kg	2281	2281	2281	2281	2281	2281
Draft at FP m	N/A	-0.428	-1.474	-1.170	-1.018	-0.927
Draft at AP m	N/A	0.727	0.133	-0.058	-0.157	-0.223
WL Length m	5.102	5.189	5.519	5.421	5.381	5.389
Immersed Depth m	0.915	0.967	0.992	0.988	0.954	0.890
WL Beam m	0.879	0.886	1.000	0.977	1.069	1.208
Wetted Area m ²	9.551	9.641	9.760	9.958	10.154	10.376
Waterpl. Area m ²	3.871	3.939	4.122	4.360	4.667	5.120
Prismatic Coeff.	0.678	0.674	0.639	0.656	0.665	0.665
Block Coeff.	0.543	0.500	0.442	0.425	0.406	0.384
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.535	-0.534	-0.532	-0.530	-0.527	-0.522
VCB from DWL m	-0.334	-0.336	-0.331	-0.319	-0.300	-0.276
GZ m	-0.058	-0.098	-0.133	-0.161	-0.179	-0.184
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.094	-0.082	-0.061	-0.017	-0.014	-0.031
TCF to zero pt. m	0.488	0.476	0.457	0.428	0.383	0.333
Max deck inclination deg	90.0	99.9	109.9	119.8	129.7	139.7
Trim angle (+ve by stern) deg	90.0	30.4	16.7	11.7	9.1	7.5

Heel to Starboard degrees	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
Displacement kg	2281	2281	2281	2281	2281	2281
Draft at FP m	0.182	0.121	0.026	-0.135	-0.453	-1.413
Draft at AP m	0.704	0.732	0.786	0.883	1.075	1.669
WL Length m	5.243	5.145	5.096	5.096	5.179	5.052
Immersed Depth m	0.614	0.667	0.719	0.764	0.805	0.848
WL Beam m	1.564	1.313	1.133	1.014	0.940	0.896
Wetted Area m ²	8.761	9.006	9.154	9.263	9.376	9.455
Waterpl. Area m ²	5.810	5.190	4.683	4.317	4.073	3.897
Prismatic Coeff.	0.608	0.630	0.646	0.655	0.653	0.678
Block Coeff.	0.442	0.493	0.536	0.563	0.568	0.580
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.525	-0.527	-0.530	-0.533	-0.534	-0.535
VCB from DWL m	-0.221	-0.243	-0.267	-0.291	-0.310	-0.325
GZ m	0.110	0.111	0.093	0.063	0.026	-0.015
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0.210	-0.165	-0.140	-0.136	-0.119	-0.112
TCF to zero pt. m	0.296	0.348	0.398	0.442	0.472	0.486
Max deck inclination deg	30.3	40.3	50.2	60.1	70.1	80.0
Trim angle (+ve by stern) deg	5.6	6.5	8.1	10.7	15.9	29.9

Lampiran C
Perhitungan Hidrostatik
Lambung Kapal



Hydrostatics - SOPEK

Damage Case - Intact

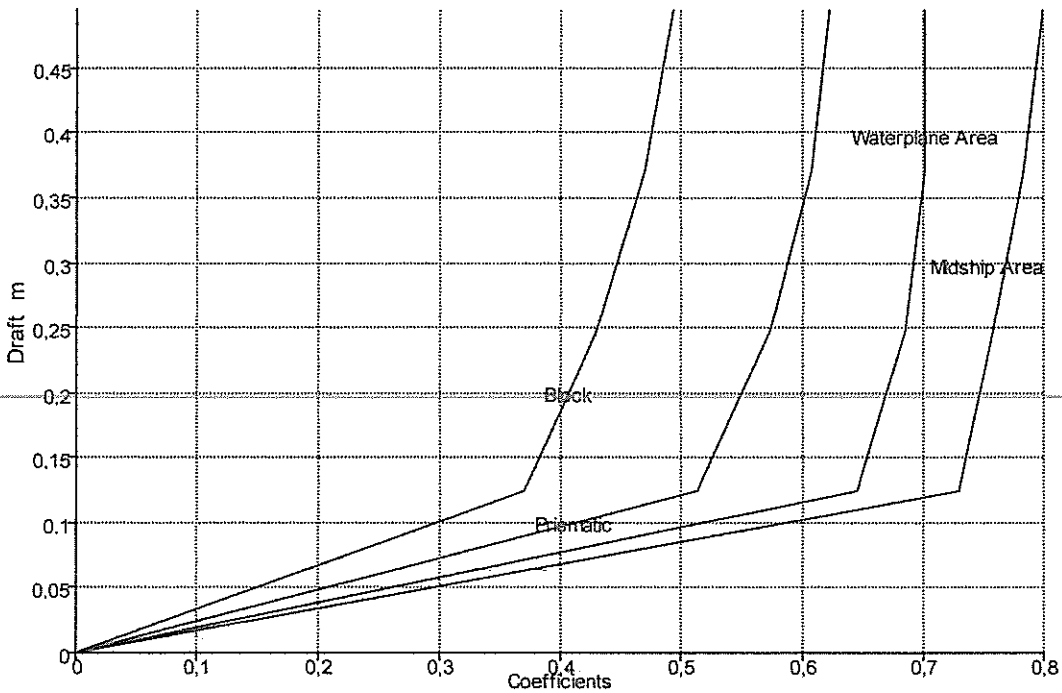
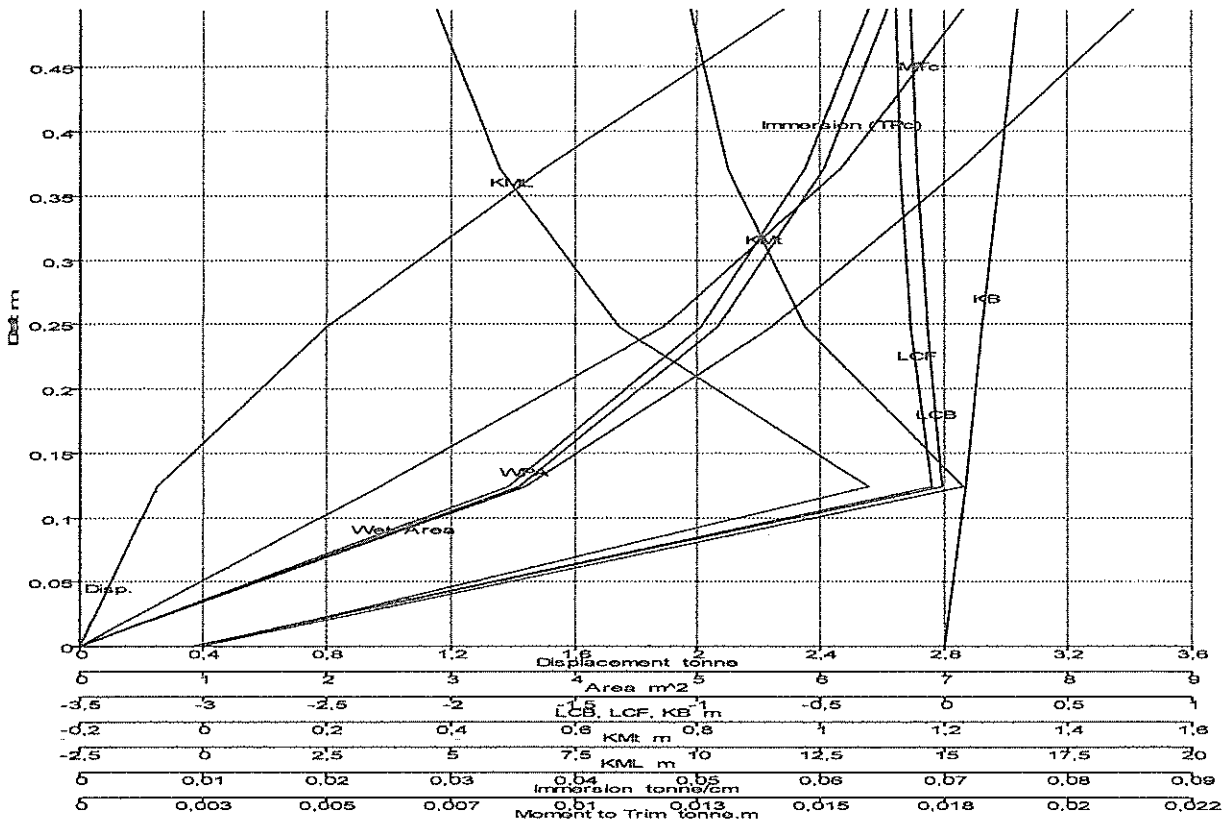
Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,0252 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	0,495	0,371	0,248	0,124
Displacement tonne	2,281	1,500	0,803	0,2525
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,495	0,371	0,248	0,124
Draft at AP m	0,495	0,371	0,248	0,124
Draft at LCF m	0,495	0,371	0,248	0,124
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	5,369	5,198	4,990	4,470
WL Beam m	1,696	1,612	1,473	1,201
Wetted Area m ²	8,545	7,134	5,597	3,599
Waterpl. Area m ²	6,384	5,876	5,035	3,463
Prismatic Coeff.	0,622	0,608	0,574	0,513
Block Coeff.	0,494	0,470	0,431	0,371
Midship Area Coeff.	0,800	0,784	0,758	0,730
Waterpl. Area Coeff.	0,701	0,701	0,685	0,645
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,140	-0,115	-0,073	-0,009
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,194	-0,181	-0,138	-0,054
KB m	0,298	0,227	0,155	0,080
KG m	0,495	0,495	0,495	0,495
BMt m	0,492	0,621	0,819	1,152
BML m	4,401	5,778	8,240	13,370
GMt m	0,294	0,353	0,479	0,736
GML m	4,204	5,509	7,899	12,954
KMt m	0,790	0,848	0,974	1,231
KML m	4,699	6,005	8,394	13,449
Immersion (TPc) tonne/cm	0,065	0,060	0,052	0,036
MTc tonne.m	0,018	0,015	0,012	0,006
RM at 1deg =	0,012	0,009	0,007	0,003
GMt.Disp.sin(1) tonne.m				
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0

Draft Amidsh. m	0,000
Displacement tonne	0,0000
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,000
Draft at AP m	0,000
Draft at LCF m	0,000
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	0,000
WL Beam m	0,000
Wetted Area m ²	0,000
Waterpl. Area m ²	0,000
Prismatic Coeff.	0,000
Block Coeff.	0,000
Midship Area Coeff.	0,000

Waterpl. Area Coeff.	0,000
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-3,039
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-3,039
KB m	-0,005
KG m	0,495
BMt m	0,000
BML m	0,000
GMt m	-0,500
GML m	-0,500
KMt m	-0,005
KML m	-0,005
Immersion (TPc) tonne/cm	0,000
MTc tonne.m	0,000
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,000
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0





Lampiran D
Perhitungan Kinerja
Layar

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Beta TW	Spinnaker	V AW	Beta AW	Hull Speed	V MG	Heel Angle
Knots	Deg		Knots	Deg	Knots	Knots	Deg
6	35	down	7,53	23,9	2,52	2,07	3,41
6	39	down	7,69	25,82	2,78	2,16	3,5
6	42	down	7,77	27,28	2,94	2,19	3,53
6	45	down	7,82	28,77	3,08	2,18	3,55
6	50	down	7,84	31,33	3,27	2,1	3,53
6	60	down	7,7	36,74	3,51	1,75	3,36
6	75	down	7,17	45,82	3,62	0,94	2,85
6	90	down	6,35	57,07	3,45	0	2,1
6	100	down	5,72	66,52	3,21	-0,56	1,57
6	110	down	5,12	77,89	2,9	-0,99	1,13
6	80	up	6,93	49,16	3,61	0,63	2,63
6	90	up	6,36	56,95	3,47	0	2,11
6	100	up	5,73	66,38	3,22	-0,56	1,58
6	110	up	5,13	77,73	2,91	-1	1,13
6	120	up	4,62	90,96	2,59	-1,29	0,81
6	130	up	4,23	105,11	2,32	-1,49	0,64
6	140	up	3,92	118,95	2,19	-1,68	0,55
6	150	up	3,63	132,68	2,16	-1,87	0,48
6	165	up	3,29	155,18	2,17	-2,09	0,3
6	175	up	3,21	171,66	2,14	-2,13	0,15
6	180	up	3,2	180	2,13	-2,13	-0,08
8	35	down	9,92	24,17	3,23	2,64	4,91
8	39	down	10,07	26,26	3,51	2,73	5
8	42	down	10,14	27,85	3,68	2,74	5,03
8	45	down	10,17	29,47	3,83	2,71	5,03
8	50	down	10,17	32,2	4,04	2,6	4,98
8	60	down	9,99	37,88	4,33	2,17	4,73
8	75	down	9,3	47,42	4,45	1,15	3,99
8	90	down	8,26	59,2	4,23	0	2,95
8	100	down	7,5	68,82	3,94	-0,68	2,26
8	110	down	6,78	79,87	3,62	-1,24	1,69
8	80	up	9	50,93	4,44	0,77	3,68
8	90	up	8,27	59,09	4,25	0	2,96
8	100	up	7,51	68,7	3,96	-0,69	2,27
8	110	up	6,79	79,74	3,64	-1,24	1,69
8	120	up	6,16	92,31	3,31	-1,65	1,27

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Beta TW	Spinnaker	V AW	Beta AW	Hull Speed	V MG	Heel Angle
Knots	Deg		Knots	Deg	Knots	Knots	Deg
8	130	up	5,66	105,96	3,01	-1,94	1,04
8	140	up	5,25	119,58	2,85	-2,19	0,92
8	150	up	4,87	133,17	2,82	-2,44	0,8
8	165	up	4,43	155,48	2,83	-2,74	0,51
8	175	up	4,33	171,76	2,8	-2,79	0,26
8	180	up	4,32	180	2,78	-2,78	-0,13
10	35	down	12,18	24,54	3,81	3,12	6,41
10	39	down	12,35	26,71	4,13	3,21	6,5
10	42	down	12,43	28,34	4,34	3,23	6,53
10	45	down	12,46	30,02	4,51	3,19	6,52
10	50	down	12,42	32,98	4,71	3,03	6,42
10	60	down	12,08	39,29	4,91	2,45	6,01
10	75	down	11,22	49,61	4,97	1,29	5
10	90	down	10,09	61,43	4,83	0	3,75
10	100	down	9,26	70,65	4,61	-0,8	2,96
10	110	down	8,43	81,61	4,27	-1,46	2,28
10	80	up	10,88	53,29	4,96	0,86	4,6
10	90	up	10,1	61,37	4,84	0	3,76
10	100	up	9,27	70,55	4,63	-0,8	2,96
10	110	up	8,44	81,48	4,29	-1,47	2,28
10	120	up	7,71	93,97	3,91	-1,95	1,77
10	130	up	7,12	107,15	3,61	-2,32	1,49
10	140	up	6,62	120,39	3,46	-2,65	1,33
10	150	up	6,15	133,8	3,44	-2,98	1,17
10	165	up	5,62	155,86	3,45	-3,33	0,77
10	175	up	5,49	171,89	3,42	-3,4	0,4
10	180	up	5,49	180	3,4	-3,4	-0,21
12	35	down	14,41	24,83	4,36	3,57	7,74
12	39	down	14,56	27,13	4,68	3,64	7,8
12	42	down	14,57	28,98	4,84	3,59	7,77
12	45	down	14,54	30,88	4,95	3,5	7,72
12	50	down	14,41	34,13	5,08	3,27	7,57
12	60	down	13,97	40,92	5,23	2,62	7,08
12	75	down	13,02	51,86	5,28	1,37	5,92
12	90	down	11,81	64,11	5,16	0	4,46
12	100	down	10,94	73,25	5	-0,87	3,59

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Beta TW	Spinnaker	V AW	Beta AW	Hull Speed	VMG	Heel Angle
Knots	Deg		Knots	Deg	Knots	Knots	Deg
12	110	down	10,07	83,51	4,79	-1,64	2,86
12	80	up	12,64	55,74	5,26	0,91	5,44
12	90	up	11,82	64,06	5,17	0	4,47
12	100	up	10,95	73,2	5,02	-0,87	3,6
12	110	up	10,07	83,43	4,8	-1,64	2,85
12	120	up	9,27	95,21	4,49	-2,24	2,29
12	130	up	8,6	108,23	4,16	-2,68	1,96
12	140	up	8,02	121,28	4,01	-3,07	1,78
12	150	up	7,48	134,52	3,99	-3,46	1,58
12	165	up	6,86	156,29	4,02	-3,88	1,06
12	175	up	6,71	172,04	3,98	-3,96	0,57
12	180	up	6,71	180	3,96	-3,96	-0,31
14	35	down	16,52	25,2	4,78	3,92	8,87
14	39	down	16,57	27,77	5,01	3,9	8,86
14	42	down	16,54	29,76	5,13	3,81	8,81
14	45	down	16,48	31,78	5,23	3,7	8,73
14	50	down	16,31	35,23	5,34	3,43	8,55
14	60	down	15,81	42,36	5,47	2,74	8,01
14	75	down	14,77	53,79	5,51	1,43	6,77
14	90	down	13,51	66,44	5,4	0	5,17
14	100	down	12,6	75,72	5,27	-0,92	4,22
14	110	down	11,7	85,87	5,1	-1,74	3,42
14	80	up	14,37	57,83	5,49	0,95	6,26
14	90	up	13,51	66,41	5,41	0	5,18
14	100	up	12,61	75,67	5,28	-0,92	4,22
14	110	up	11,7	85,82	5,11	-1,75	3,42
14	120	up	10,84	97,04	4,89	-2,45	2,82
14	130	up	10,09	109,27	4,67	-3	2,46
14	140	up	9,42	121,99	4,54	-3,48	2,25
14	150	up	8,81	135,11	4,53	-3,93	2,01
14	165	up	8,12	156,64	4,56	-4,41	1,37
14	175	up	7,94	172,16	4,52	-4,51	0,76
14	180	up	7,94	180	4,5	-4,5	-0,42
16	35	down	18,49	25,68	5,05	4,14	9,85
16	39	down	18,49	28,4	5,25	4,08	9,81
16	42	down	18,44	30,48	5,35	3,98	9,74

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Beta TW	Spinnaker	V AW	Beta AW	Hull Speed	V MG	Heel Angle
Knots	Deg		Knots	Deg	Knots	Knots	Deg
16	45	down	18,36	32,59	5,44	3,84	9,65
16	50	down	18,16	36,17	5,54	3,56	9,44
16	60	down	17,62	43,57	5,67	2,83	8,85
16	75	down	16,51	55,42	5,7	1,48	7,53
16	90	down	15,2	68,4	5,59	0	5,89
16	100	down	14,27	77,82	5,48	-0,95	4,85
16	110	down	13,33	87,99	5,33	-1,82	4
16	80	up	16,1	59,58	5,68	0,99	7,01
16	90	up	15,2	68,37	5,6	0	5,89
16	100	up	14,27	77,78	5,49	-0,95	4,85
16	110	up	13,33	87,95	5,34	-1,83	3,99
16	120	up	12,44	99	5,16	-2,58	3,37
16	130	up	11,63	110,82	5	-3,22	3
16	140	up	10,91	123,18	4,92	-3,77	2,76
16	150	up	10,24	136,1	4,93	-4,27	2,49
16	165	up	9,51	157,26	4,96	-4,79	1,72
16	175	up	9,32	172,36	4,93	-4,91	0,98
16	180	up	9,3	180	4,91	-4,91	-0,56
20	35	down	22,27	26,55	5,41	4,43	11,58
20	39	down	22,22	29,45	5,58	4,34	11,5
20	42	down	22,14	31,66	5,68	4,22	11,41
20	45	down	22,03	33,89	5,76	4,07	11,3
20	50	down	21,8	37,67	5,86	3,77	11,05
20	60	down	21,18	45,48	5,99	2,99	10,37
20	75	down	19,97	57,94	6,01	1,56	8,9
20	90	down	18,58	71,43	5,91	0	7,24
20	100	down	17,6	81,09	5,81	-1,01	6,16
20	110	down	16,63	91,35	5,68	-1,94	5,21
20	80	up	19,53	62,29	6	1,04	8,35
20	90	up	18,58	71,41	5,92	0	7,24
20	100	up	17,6	81,06	5,82	-1,01	6,16
20	110	up	16,63	91,32	5,69	-1,95	5,19
20	120	up	15,69	102,24	5,55	-2,78	4,55
20	130	up	14,83	113,73	5,45	-3,5	4,16
20	140	up	14,03	125,71	5,42	-4,15	3,89
20	150	up	13,32	138,27	5,45	-4,72	3,53
20	165	up	12,56	158,54	5,48	-5,29	2,49
20	175	up	12,34	172,79	5,46	-5,44	1,49
20	180	up	12,33	180	5,45	-5,45	-0,91

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Fwd Force	Side Force	Reef	Flat	Form Drag	Ind Drag	Aero Heel Moment
Knots	kN	kN			kN	kN	kg.m
6	0,05	0,21	1	1	0,04	0,01	74,38
6	0,05	0,21	1	1	0,05	0	77,32
6	0,06	0,22	1	1	0,06	0	78,58
6	0,07	0,22	1	1	0,06	0	79,11
6	0,08	0,22	1	1	0,07	0	78,57
6	0,09	0,2	1	1	0,09	0	73,08
6	0,1	0,16	1	1	0,09	0	57,27
6	0,08	0,1	1	1	0,08	0	37,03
6	0,07	0,07	1	1	0,07	0	25,03
6	0,05	0,04	1	1	0,05	0	16,33
6	0,09	0,14	1	1	0,09	0	51,01
6	0,08	0,1	1	1	0,08	0	37,24
6	0,07	0,07	1	1	0,07	0	25,15
6	0,06	0,05	1	1	0,05	0	16,37
6	0,04	0,03	1	1	0,04	0	10,9
6	0,03	0,02	1	1	0,03	0	8,27
6	0,03	0,02	1	1	0,03	0	7,04
6	0,03	0,02	1	1	0,03	0	6,01
6	0,03	0,01	1	1	0,03	0	3,59
6	0,03	0	1	1	0,03	0	1,71
6	0,03	0	1	1	0,03	0	-0,85
8	0,08	0,36	1	1	0,07	0,01	128,86
8	0,1	0,37	1	1	0,09	0,01	132,45
8	0,11	0,37	1	1	0,1	0,01	133,53
8	0,12	0,37	1	1	0,11	0,01	133,58
8	0,13	0,36	1	1	0,13	0,01	131,7
8	0,16	0,34	1	1	0,15	0	121,61
8	0,17	0,26	1	1	0,16	0	94,17
8	0,14	0,17	1	1	0,14	0	60,17
8	0,12	0,11	1	1	0,12	0	41,17
8	0,09	0,08	1	1	0,09	0	27,7
8	0,16	0,23	1	1	0,16	0	83,44
8	0,14	0,17	1	1	0,14	0	60,49
8	0,12	0,11	1	1	0,12	0	41,33
8	0,1	0,08	1	1	0,1	0	27,73
8	0,07	0,05	1	1	0,07	0	19,1

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Fwd Force	Sida Force	Reef	Flat	Form Drag	Ind Drag	Aero Heel Moment
Knots	kN	kN			kN	kN	kg.m
8	0,06	0,04	1	1	0,06	0	14,78
8	0,05	0,03	1	1	0,05	0	12,67
8	0,05	0,03	1	1	0,05	0	10,83
8	0,05	0,02	1	1	0,05	0	6,46
8	0,05	0,01	1	1	0,05	0	3,09
8	0,05	0	1	1	0,05	0	-1,55
10	0,12	0,54	1	1	0,11	0,02	194,45
10	0,15	0,55	1	1	0,13	0,01	198,96
10	0,17	0,55	1	1	0,15	0,01	200,45
10	0,18	0,55	1	1	0,17	0,01	200,02
10	0,2	0,54	1	1	0,19	0,01	195,12
10	0,24	0,49	1	1	0,23	0,01	175,38
10	0,25	0,37	1	1	0,24	0	132,52
10	0,21	0,24	1	1	0,21	0	85,92
10	0,18	0,17	1	1	0,18	0	60,66
10	0,15	0,11	1	1	0,15	0	41,65
10	0,24	0,33	1	1	0,24	0	116,9
10	0,22	0,24	1	1	0,22	0	86,16
10	0,18	0,17	1	1	0,18	0	60,8
10	0,15	0,11	1	1	0,15	0	41,67
10	0,12	0,08	1	1	0,12	0	29,43
10	0,09	0,06	1	1	0,09	0	23,31
10	0,08	0,06	1	1	0,08	0	20,14
10	0,08	0,05	1	1	0,08	0	17,23
10	0,08	0,03	1	1	0,08	0	10,29
10	0,08	0,01	1	1	0,08	0	4,94
10	0,08	-0,01	1	1	0,08	0	-2,5
12	0,18	0,75	1	1	0,15	0,02	272,18
12	0,21	0,76	1	1	0,19	0,02	276,11
12	0,23	0,76	1	1	0,21	0,02	274,71
12	0,26	0,75	1	1	0,24	0,02	270,93
12	0,29	0,72	1	1	0,27	0,02	260,86
12	0,33	0,64	1	1	0,32	0,01	230,94
12	0,34	0,48	1	1	0,33	0,01	171,63
12	0,3	0,31	1	1	0,29	0	111,69
12	0,25	0,22	1	1	0,25	0	80,76

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Fwd Force	Side Force	Reef	Flat	Form Drag	Ind Drag	Aero Heel Moment
Knots	kN	kN			kN	kN	kg.m
12	0,21	0,16	1	1	0,21	0	57,67
12	0,33	0,42	1	1	0,33	0,01	150,77
12	0,3	0,31	1	1	0,3	0	111,88
12	0,25	0,22	1	1	0,25	0	80,82
12	0,21	0,16	1	1	0,21	0	57,6
12	0,17	0,11	1	1	0,17	0	42,01
12	0,14	0,09	1	1	0,14	0	33,89
12	0,12	0,08	1	1	0,12	0	29,56
12	0,12	0,07	1	1	0,12	0	25,34
12	0,12	0,04	1	1	0,12	0	15,13
12	0,12	0,02	1	1	0,12	0	7,31
12	0,12	-0,01	1	1	0,12	0	-3,74
14	0,24	0,99	1	1	0,21	0,03	357,55
14	0,28	0,98	1	1	0,25	0,03	356,96
14	0,31	0,97	1	1	0,29	0,03	352,75
14	0,34	0,96	1	1	0,32	0,03	346,27
14	0,38	0,92	1	1	0,36	0,02	331,48
14	0,44	0,81	1	1	0,42	0,02	290,9
14	0,45	0,59	1	1	0,44	0,01	213,51
14	0,39	0,39	1	1	0,38	0	139,65
14	0,33	0,28	1	1	0,33	0	102,59
14	0,28	0,2	1	1	0,27	0	75,13
14	0,44	0,52	1	1	0,43	0,01	187,16
14	0,39	0,39	1	1	0,39	0	139,8
14	0,34	0,28	1	1	0,33	0	102,57
14	0,28	0,2	1	1	0,28	0	74,96
14	0,23	0,15	1	1	0,22	0	56,65
14	0,19	0,13	1	1	0,19	0	46,59
14	0,17	0,11	1	1	0,17	0	40,85
14	0,17	0,1	1	1	0,17	0	35,08
14	0,17	0,06	1	1	0,17	0	20,96
14	0,17	0,03	1	1	0,17	0	10,17
14	0,17	-0,01	1	1	0,17	0	-5,24
16	0,31	1,23	1	1	0,26	0,05	447,47
16	0,37	1,22	1	1	0,32	0,04	443,58
16	0,41	1,2	1	1	0,36	0,04	436,89

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Fwd Force	Side Force	Reef	Flat	Form Drag	Ind Drag	Aero Heel Moment
Knots	kN	kN			kN	kN	kg.m
16	0,44	1,18	1	1	0,4	0,04	427,74
16	0,49	1,13	1	1	0,46	0,03	408,05
16	0,56	0,99	1	1	0,53	0,02	355,92
16	0,56	0,72	1	1	0,55	0,01	258,78
16	0,49	0,47	1	1	0,48	0,01	170,34
16	0,42	0,35	1	1	0,42	0	126,78
16	0,35	0,26	1	1	0,35	0	94,72
16	0,55	0,63	1	1	0,54	0,01	226,71
16	0,49	0,47	1	1	0,49	0,01	170,45
16	0,43	0,35	1	1	0,42	0	126,69
16	0,36	0,26	1	1	0,36	0	94,44
16	0,29	0,2	1	1	0,29	0	73,6
16	0,25	0,17	1	1	0,25	0	61,92
16	0,23	0,15	1	1	0,23	0	54,8
16	0,23	0,13	1	1	0,23	0	47,18
16	0,24	0,08	1	1	0,24	0	28,25
16	0,23	0,04	1	1	0,23	0	13,81
16	0,23	-0,02	1	1	0,23	0	-7,19
20	0,48	1,78	1	1	0,39	0,09	647,11
20	0,56	1,76	1	1	0,48	0,08	637,34
20	0,62	1,73	1	1	0,54	0,08	625,58
20	0,67	1,69	1	1	0,6	0,07	610,71
20	0,74	1,6	1	1	0,68	0,06	580,15
20	0,83	1,39	1	1	0,79	0,04	501,8
20	0,83	1	1	1	0,81	0,02	360,44
20	0,73	0,66	1	1	0,72	0,01	240,52
20	0,64	0,5	1	1	0,63	0,01	182,86
20	0,54	0,38	1	1	0,54	0	141,22
20	0,81	0,88	1	1	0,8	0,02	316,25
20	0,74	0,67	1	1	0,73	0,01	240,55
20	0,64	0,5	1	1	0,64	0,01	182,57
20	0,55	0,38	1	1	0,54	0	140,66
20	0,46	0,31	1	1	0,46	0	115,01
20	0,41	0,27	1	1	0,41	0	100,52
20	0,39	0,25	1	1	0,39	0	90,83
20	0,41	0,22	1	1	0,4	0	78,65
20	0,42	0,13	1	1	0,42	0	47,27
20	0,41	0,06	1	1	0,41	0	23,57
20	0,4	-0,03	1	1	0,4	0	-12,63

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Hydro Heel Moment	Hull Right Moment	Crew Right Moment	Force Err	Moment Err
Knots	kg.m	kg.m	kg.m	kN	kg.m
6	4,46	53,74	25,1	0	0
6	4,63	55,91	26,04	0	0
6	4,71	56,85	26,43	0	0
6	4,74	57,25	26,6	0	0
6	4,71	56,85	26,42	0	0
6	4,39	52,82	24,64	0	0
6	3,45	41,64	19,09	0	0
6	2,23	27,97	11,29	0	0
6	1,5	19,9	6,62	0	0
6	0,97	13,8	3,5	0	0
6	3,1	37,36	16,74	0	0,01
6	2,26	28,12	11,38	0	0
6	1,52	19,99	6,67	0	0
6	0,98	13,83	3,52	0	0
6	0,64	9,71	1,82	0	0
6	0,48	7,61	1,14	0	0
6	0,42	6,59	0,87	0	0
6	0,36	5,71	0,65	0	0
6	0,21	3,54	0,25	0	0
6	0,1	1,74	0,06	0	0
6	-0,05	0,89	0,02	0	-1,81
8	7,72	98,48	38,11	0	0
8	7,93	101,78	38,6	0	0
8	8	102,79	38,74	0	0
8	8	102,84	38,74	0	0
8	7,89	101,1	38,49	0	0
8	7,31	91,98	36,94	0	0
8	5,68	68,92	30,93	0	0
8	3,63	43,66	20,13	0	0,01
8	2,47	30,73	12,9	0	0,01
8	1,64	21,71	7,63	0	0
8	5,07	60,59	27,9	0	0,02
8	3,67	43,91	20,26	0	0
8	2,49	30,85	12,97	0	0
8	1,66	21,74	7,65	0	0
8	1,12	15,78	4,45	0	0

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Hydro Heel Moment	Hull Right Moment	Crew Right Moment	Force Err	Moment Err
Knots	kg.m	kg.m	kg.m	kN	kg.m
8	0,87	12,66	2,99	0	0
8	0,75	11,09	2,34	0	0
8	0,65	9,67	1,81	0	0,01
8	0,39	6,11	0,74	0	0
8	0,18	3,08	0,19	0	0
8	-0,09	1,59	0,05	0	-3,29
10	11,65	164,85	41,25	0	0
10	11,92	169,63	41,24	0	0
10	12,01	171,21	41,24	0	0
10	11,98	170,76	41,24	0	0
10	11,7	165,57	41,25	0	0
10	10,55	144,65	41,28	0	0
10	8	101,94	38,59	0	0
10	5,17	62,47	28,61	0	0,02
10	3,63	44	20,28	0	0,01
10	2,47	31,05	13,07	0	0
10	7,11	87,9	36,09	0	0,02
10	5,22	62,69	28,69	0	0
10	3,66	44,12	20,35	0	0
10	2,48	31,07	13,08	0	0
10	1,73	22,87	8,28	0	0
10	1,37	18,71	5,96	0	0
10	1,2	16,52	4,81	0	0
10	1,03	14,46	3,8	0	0
10	0,61	9,25	1,65	0	0
10	0,29	4,78	0,46	0	0
10	-0,15	2,52	0,13	0	-5,3
12	16,3	247,35	41,13	0	0
12	16,54	251,53	41,13	0	0
12	16,46	250,04	41,13	0	0
12	16,24	246,04	41,13	0	0
12	15,65	235,36	41,15	0	0
12	13,9	203,64	41,19	0	0
12	10,36	140,72	41,27	0	0
12	6,72	83,36	35,04	0	0
12	4,82	58,53	27,04	0	0,02

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Hydro Heel Moment	Hull Right Moment	Crew Right Moment	Force Err	Moment Err
Knots	kg.m	kg.m	kg.m	kN	kg.m
12	3,41	41,9	19,17	0	0
12	9,16	119,46	40,45	0	0,02
12	6,77	83,56	35,09	0	0
12	4,86	58,61	27,07	0	0
12	3,42	41,86	19,15	0	0,02
12	2,47	31,28	13,19	0	0
12	1,99	25,86	10,02	0	0
12	1,76	22,97	8,34	0	0
12	1,52	20,13	6,73	0	0
12	0,9	12,94	3,1	0	0
12	0,43	6,82	0,92	0	0
12	-0,22	3,69	0,27	0	-7,92
14	21,42	337,96	41,01	0	0
14	21,38	337,32	41,01	0	0
14	21,13	332,86	41,02	0	0
14	20,76	325,99	41,03	0	0
14	19,89	310,32	41,05	0	0
14	17,52	267,32	41,11	0	0
14	12,89	185,18	41,22	0	0
14	8,38	108,59	39,44	0	0
14	6,11	75,69	33,01	0	0
14	4,43	54,32	25,24	0	0
14	11,36	157,25	41,26	0	0
14	8,45	108,79	39,46	0	0
14	6,15	75,69	33,01	0	0,02
14	4,44	54,2	25,19	0	0,01
14	3,32	41,19	18,78	0	0
14	2,74	34,35	14,97	0	0
14	2,43	30,53	12,75	0	0
14	2,1	26,69	10,49	0	0
14	1,25	17,12	5,1	0	0
14	0,6	9,16	1,62	0	0
14	-0,31	5,04	0,51	0	-11,09
16	26,8	433,37	40,9	0	0
16	26,57	429,24	40,9	0	0
16	26,18	422,16	40,91	0	0

PERHITUNGAN KINERJA LAYAR (SOFTWARE SPAN VERSION 9.6)

V TW	Hydro Heel Moment	Hull Right Moment	Crew Right Moment	Force Err	Moment Err
Knots	kg.m	kg.m	kg.m	kN	kg.m
16	25,65	412,47	40,92	0	0
16	24,5	391,6	40,95	0	0
16	21,45	336,35	41,02	0	0
16	15,62	233,24	41,15	0	0
16	10,21	139,29	41,26	0	0
16	7,54	96,58	37,74	0	0
16	5,57	69,25	31,01	0	0,02
16	13,75	199,26	41,2	0	0
16	10,29	139,48	41,26	0	0
16	7,58	96,54	37,73	0	0
16	5,58	69,07	30,94	0	0,01
16	4,31	53,18	24,72	0	0
16	3,64	44,85	20,71	0	0
16	3,26	39,95	18,11	0	0
16	2,82	34,79	15,22	0	0
16	1,68	22,12	7,82	0	0
16	0,82	11,96	2,67	0	0
16	-0,42	6,73	0,89	0	-15,23
20	38,76	645,2	40,67	0	0
20	38,18	634,84	40,68	0	0
20	37,5	622,38	40,69	0	0
20	36,63	606,64	40,71	0	0
20	34,86	574,26	40,74	0	0
20	30,26	491,23	40,83	0	0
20	21,74	341,17	41,01	0	0
20	14,39	213,73	41,18	0	0
20	10,83	152,42	41,27	0	0
20	8,27	109,9	39,58	0	0
20	19,16	294,34	41,07	0	0
20	14,48	213,85	41,18	0	0
20	10,88	152,19	41,27	0	0
20	8,28	109,42	39,53	0	0
20	6,73	86,08	35,67	0	0
20	5,93	73,95	32,49	0	0
20	5,42	66,27	29,98	0	0
20	4,71	56,98	26,37	0	0
20	2,82	34,86	15,23	0	0
20	1,39	18,93	6,03	0	0
20	-0,74	11,07	2,3	0	-26,74