



TESIS - MN092350

**EVALUASI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA
KAPAL IKAN UNTUK WILAYAH PERAIRAN PULAU
BENGKALIS - RIAU**

**NURHASANAH
4112203003**

DOSEN PEMIMBING

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN HIDRODINAMIKA KAPAL
PROGRAM STUDI TEKNIK PRODUKSI DAN MATERIAL KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2014**



THESIS - MN092350

**EVALUATION OF HYDRODYNAMICS
CHARACTERISTICS OF FISHING VESSELS FOR
BENGKALIS ISLAND OF RIAU PROVINCE**

**NURHASANAH
4112203003**

SUPERVISORS

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama., M.Sc., Ph.D.

**POSTGRADUATE PROGRAMME
AREA OF EXPERTISE SHIP HYDRODYNAMICS
THE STUDY PROGRAMME OF MARINE MATERIAL AND
PRODUCTION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2014**

EVALUASI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA KAPAL IKAN UNTUK WILAYAH PERAIRAN PULAU BENGKALIS-RIAU

Nama mahasiswa : Nurhasanah
NRP : 4112203003
Pembimbing : Prof. Ir. IKAP Utama, M.Sc, PhD

ABSTRAK

Kapal ikan yang terdapat di Pulau Bengkalis digolongkan berdasarkan beberapa kapasitas (*Gross Tonnage*). Salah satu kapal dengan tipe terbanyak berkapasitas 3GT, dengan jumlah hampir 160 unit. Jumlah tersebut kemungkinan dalam jangka waktu beberapa tahun kedepan akan mengalami penurunan. Terdapat 2 faktor penyebab yaitu sulitnya untuk mendapatkan bahan dasar kayu atau tidak ada lagi pembangunan kapal ikan 3GT karena nelayan tidak sanggup membangun kapal ikan dengan bahan baku yang lain karena dikhawatirkan memiliki harga yang lebih mahal. Bahan baku yang diperkirakan memiliki kemungkinan terbesar untuk bisa diterapkan sebagai pengganti kayu adalah *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) karena berat tiap meter persegi FRP lebih ringan di bandingkan dengan kayu. Untuk mengalihkan penggunaan kayu menjadi FRP sebagai bahan baku pembuatan kapal ikan 3GT, maka di butuhkan evaluasi kapal ikan 3GT yang ada saat ini. Kapal yang ada saat ini perlu di evaluasi supaya apabila nantinya akan di bangun kapal ikan dengan bahan FRP, maka bisa mengacu pada ukuran dan bentuk kapal ikan yang lama.

Berdasarkan hasil survey di lapangan terdapat 4 tipe kapal ikan 3GT di Pulau Bengkalis yang berbeda ukuran dan bentuk. Ke empat tipe kapal tersebut (Kapal-1, kapal-2, kapal-3, kapal-4) akan di evaluasi kondisi *displacement*, stabilitas, hambatan dan olah gerak (*seakeeping*). Untuk mengevaluasi masing – masing item tersebut, maka model kapal harus digambarkan sama dengan kondisi yang ada di lapangan. Kondisi *displacement* kapal dihitung menggunakan *Maxsurf-hydromax*, stabilitas kapal dievaluasi menggunakan kriteria *International Maritime Organization* (IMO), hambatan total kapal menggunakan metode Van Oortmerssen, dan olah gerak kapal dievaluasi dengan *Strip Theory*. Hasil evaluasi *displacement*, stabilitas, hambatan total dan *seakeeping*, maka kapal-2 memenuhi kriteria stabilitas IMO, hambatan yang tidak terlalu besar, memiliki olah gerak yang baik dan mampu menambah *payload* menjadi 0,62 Ton dari *payload* awal sebesar 0,5 Ton. Penambahan *payload* tentunya akan sangat menguntungkan nelayan, karena muatan yang dibawa bisa lebih banyak dari muatan sebelumnya.

Kata – kata kunci: *Kapal ikan 3GT, FRP, seakeeping, stabilitas, hambatan*

EVALUATION OF HYDRODYNAMICS CHARACTERISTICS OF FISHING VESSELS FOR BENGKALIS ISLAND OF RIAU PROVINCE

By : Nurhasanah
Student Identity Number : 4112203003
Supervisor : Prof. Ir. IKAP Utama, M.Sc, PhD

ABSTRACT

Fishing vessels in Bengkalis island consists of several Gross Tonnage (GT). One of the largest type of vessel have a capacity of 3GT with total 160 units. The number are likely to decrease within the next few years. It is caused by two factors, the difficulties of obtaining wooden materials and there is no more 3GT fishing vessels being built because fishermen can not afford to build a fishing boat using other raw materials due to its higher price. The raw materials expected to have a greatest possibility to be used as an alternative of wood is Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) for its each area (m^2) FRP weight is lighter than wood. To replace the use of wood as a raw material 3GT fishing vessels into FRP the current 3GT fishing vessels need to be evaluated. In building it needs to be evaluated so that when the fishing vessels will be built using FRP material, it can refer to the size and shape of the old fishing vessels.

The results of the field survey showed that there are 4 types of 3GT fishing vessels in Bengkalis Island in different sizes and shapes. These four types of vessel (ship-1, ship-2, ship-3, ship-4) displacement conditions, stability, total resistance and seakeeping were evaluated. To evaluate each of these items, the model must be described in a way same as the field conditions. The displacement of ship was calculated using Maxsurf-Hydromax, the ship stability was evaluated using the International Maritime Organization (IMO) criterion, total resistance of ship using Van Oortmerssen method, and seakeeping of ship was calculated using Strip Theory. From the results of the evaluation of displacement, stability, total resistance and seakeeping, the ship-2 follows the IMO stability criteria, have a total resistance that are not too big, has a good seakeeping and able to increase the payload from 0.5 tons to 0,62 tons. The increase in payload will be very beneficial for fishermen, because the quantity that can be carried is more than the previous one.

Keywords: *3GT fishing vessels, FRP, seakeeping, stability, resistance*

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

EVALUASI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA KAPAL IKAN UNTUK WILAYAH PERAIRAN PULAU BENGKALIS - RIAU

TESIS

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tesis
Tanggal 15 Juli 2014

Teknik Produksi dan Material Kelautan
Program Studi Teknologi Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NURHASANAH
NRP. 4112 203 003

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:

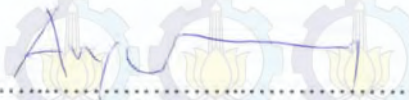
1. Prof., Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP. 196012021987031001



2. Aries Sulisetyono ST., MA.Sc. Ph.D
NIP. 197103201995121002



3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D
NIP. 196402101989031001



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tesis:

Prof., Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D
NIP. 196704061992031001




Direktur Program Pascasarjana,
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“Evaluasi Karakteristik Hidrodinamika Kapal Ikan Untuk Wilayah Perairan Pulau Bengkalis-Riau”**. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan (TPMK) Program Pascasarjana FTK-ITS Surabaya. Pada penyusunan tesis ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan materil maupun spiritual. Untuk itu ucapan terimakasih yang sebesar –besarnya ingin saya tujukan kepada:

1. Prof. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran, masukan, semangat dan bimbingan dalam penulisan tesis ini.
2. Bapak dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dalam menyempurnakan isi tesis ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Pascasarjana Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu selama kuliah dan bermanfaat buat penulisan tesisi ini yang tidak bisa saya disebutkan satu persatu.
4. Kedua Orang tua tercinta Ayahanda Chairul Anwar dan Ibunda Umi Aida yang telah memberikan Do’a dan semangatnya.
5. Keluarga tercinta Bang Apan, Kak Adek, Nawan, Jiki, Nia, Abid dan Difa yang selalu menumbuhkan rasa semangat untuk menyelesaikan Tesis ini.
6. Teman – teman sekaligus keluarga di Surabaya Retno, Dias, Onie, Karin, Restu, Farida, Fani, Dewi, Mira dan Ida.
7. Untuk seluruh teman – teman Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK-ITS yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
8. Pihak – pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Surabaya, 03 Juli 2014

Nurhasanah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
LEMBAR PUBLIKASI.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Hipotesa	4
1.6 Batasan Masalah.....	4

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Kondisi Kapal Ikan di Pulau Bengkalis	5
2.2 Kajian Sifat Kayu dan FRP	6
2.3 Stabilitas Kapal.....	8
2.4 Hambatan Kapal	12
2.5 Dinamika Gerak Kapal	17

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Permasalahan.....	21
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Pengumpulan Data	21

3.4 Penggambaran dan Perhitungan	23
3.5 Evaluasi Stabilitas dan Hambatan Kapal.....	23
3.6 Evaluasi Dinamika Gerak Kapal	23
3.7 Kesimpulan.....	23

**BAB 4 EVALUASI STABILITAS DAN HAMBATAN
KAPAL**

4.1 Evaluasi Ukuran Utama dan Penggambaran Model.....	25
4.2 Evaluasi Stabilitas Kapal.....	32
4.3 Evaluasi Hambatan Kapal	45

**BAB 5 EVALUASI KARAKTERISTIK DINAMIKA
GERAK KAPAL**

5.1 Pengaruh Gerakan Kapal Terhadap Setiap Kecepatan	54
5.2 Pengaruh RAO Terhadap Bentuk dan Ukuran Kapal.....	55
5.3 Pengaruh RAO Gerakan Kapal Terhadap Kecepatan	58
5.4 Pengaruh RAO Gerakan Kapal Terhadap Displacement	60
5.5 Kriteria <i>Seakeeping</i>	62

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas Jenis Kayu	6
Tabel 2.2 Jangka Waktu Pelapukan Kapal Kayu	7
Tabel 2.3 Batasan Penggunaan Metode Van Oortmerssen	16
Tabel 2.4.2 Regulasi Metode Hambatan Kapal	16
Tabel 2.5 Sea State WMO	17
Tabel 2.6 Hubungan Percepatan Vertikal Dengan Kenyamanan	20
Tabel 2.7 Periode Gerakan Rolling.....	20
Tabel 3.1 Data Mengenai Survey Di Lapangan	22
Tabel 4.1 Ukuran Utama Kapal	26
Tabel 4.2 Komponen Berat Kapal	29
Tabel 4.3 Hasil Penggambaran Actual Menjadi Model Desain.....	30
Tabel 4.4 Rasio Geometri dan Nilai Coeffisien Setiap Kapal	31
Tabel 4.5 Kalkulasi Berat lambung Kapal Tiap m ² Untuk 6-12m.....	31
Tabel 4.6 Perhitungan Berat Kapal Kayu	32
Tabel 4.7 Perhitungan Berat Kapal FRP	32
Tabel 4.8 Perhitungan LWT	33
Tabel 4.9 Perhitungan DWT Kapal	33
Tabel 4.10 Displacement Kapal Kayu dan FRP Setiap Loadcase	34
Tabel 4.11 Nilai Sarat Kapal Pada Setiap Displacement.....	37
Tabel 4.12 Evaluasi stabilitas untuk kapal kayu	39
Tabel 4.13 Evaluasi stabilitas untuk kapal-1 FRP	40
Tabel 4.14 Evaluasi stabilitas untuk kapal-2 FRP	41
Tabel 4.15 Evaluasi stabilitas untuk kapal-3 FRP	42
Tabel 4.16 Evaluasi stabilitas untuk kapal-4 FRP	43
Tabel 4.17 Kondisi payload awal hingga penambahan.....	44
Tabel 5.1 Dimensi Utama Kapal Ikan 3GT	51
Tabel 5.2 Input Data Pada Program Maxsurf	52
Tabel 5.3 Sea State WMO.....	52
Tabel 5.4 <i>Output</i> RAO dari <i>Maxsurf-Seakeeper</i>	53

Tabel 5.5 Rasio Geometri	58
Tabel 5.6 Percepatan Gerakan <i>Heave</i> Kapal	63
Tabel 5.7 Periode Gerakan <i>Roll</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Pulau Bengkalis.....	1
Gambar 2.1a Bentuk Kapal Kayu di Pulau Bengkalis.....	5
Gambar 2.1b Bentuk Kapal FRP di Pulau Bengkalis	6
Gambar 2.3.1 Titik – titik Penting Pada Stabilitas Kapal	10
Gambar 2.5 Arah Gerakan Kapal dilihat Dari Sumbu Axis	18
Gambar 4.1 Macam Kapal Ikan 3GT.....	26
Gambar 4.2 Pengukuran Bentuk Haluan Kapal	27
Gambar 4.3 Pengukuran Bentuk Lambung Kapal	27
Gambar 4.4 Pengukuran Bentuk Lambung Kapal Bagian Midship	28
Gambar 4.5a Kondisi 100% Bahan Bakar dan 0% Muatan.....	35
Gambar 4.5b Kondisi 50% Bahan Bakar dan 50% Muatan.....	35
Gambar 4.5c Kondisi 10% Bahan Bakar dan 100% Muatan.....	36
Gambar 4.6 Kondisi <i>Displacement</i> Setelah Penambahan <i>Payload</i>	44
Gambar 4.7a <i>Total Resistance</i> (RT) Untuk Kapal Kayu	47
Gambar 4.7b <i>Total Resistance</i> (RT) Untuk Kapal FRP.....	47
Gambar 4.7c <i>Total Resistance</i> Kapal-2 FRP	48
Gambar 5.1.1 RAO Roll pada 135^0 ,Kecepatan 0 Knot.....	54
Gambar 5.1.2 RAO Roll pada 135^0 , Kecepatan 7 Knot.....	55
Gambar 5.1.2 RAO Roll pada 135^0 , Kecepatan 8 Knot.....	55
Gambar 5.2.1 RAO Heave Kapal-1-2-3-4 pada Kecepatan 8 Knot.....	56
Gambar 5.2.2 RAO Pitch Kapal-1-2-3 -4 Pada Kecepatan 8 Knot.....	56
Gambar 5.2.3 RAO Roll Kapal-1-2-3-4 Pada Kecepatan 8 Knot.....	57
Gambar 5.3.1 RAO Roll Kapal-1 Pada Heading 135^0	58
Gambar 5.3.2 RAO Roll Kapal- 3 Pada Heading 135^0	59
Gambar 5.3.3 RAO Heave Kapal-1 Pada Heading 180^0	59
Gambar 5.3.4 RAO Pitch Kapal- 1 Pada Heading 180^0	60
Gambar 5.4.1 RAO Heave Kapal- 2 Pada Heading 135^0	61
Gambar 5.4.2 RAO Pitch Kapal-2 Pada Heading 135^0	61
Gambar 5.4.3 RAO Roll Kapal-2 Pada Heading 135^0	61

BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Bengkalis yang terdiri dari delapan kecamatan merupakan salah satu kabupaten yang memiliki potensi besar di bidang perikanan khususnya untuk dua kecamatan yang berada di pulau Bengkalis yaitu Kecamatan Bengkalis dan Kecamatan Bantan. Berdasarkan data dari situs resmi Kabupaten Bengkalis, tercatat bahwa Kabupaten Bengkalis adalah salah satu kabupaten dengan pantai terpanjang di propinsi Riau dengan panjang garis pantai 1.355 Km. Pulau Bengkalis yang terdiri dari dua kecamatan yaitu Kecamatan Bantan dan Kecamatan Bengkalis merupakan daerah penghasil ikan terbesar di Kabupaten Bengkalis dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Terlihat pada peta pulau Bengkalis yang mana di hampir semua pesisir pantainya terdapat pemukiman penduduk, sehingga secara garis besar penduduk yang tinggal di pesisir pantai tersebut bermata pencaharian sebagai nelayan.



Gambar 1.1: Peta Pulau Bengkalis (Sumber: www.bengkaliskab.go.id)

Bersasarkan informasi dari situs resmi pemerintah Kabupaten Bengkalis, sesuai dengan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Bengkalis 2010-2015 bahwa dua kecamatan yang berada di pulau Bengkalis ini akan dijadikan pusat pengembangan perikanan laut. Melihat potensi perikanan yang ada, maka dukungan dan perhatian terhadap nelayan harus selalu ditingkatkan.

Kapal ikan dengan bahan dasar kayu yang ada di pulau Bengkalis terdiri dari beberapa tipe yang dibedakan berdasarkan *Gross Tonnage* (GT) kapal, dari kapasitas 1GT s/d 7GT. Salah satu kapal dengan tipe terbanyak berkapasitas 3GT, dengan jumlah sebanyak 160 unit (Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis, 2013). Jumlah tersebut kemungkinan dalam jangka waktu beberapa tahun kedepan akan mengalami penurunan. Terdapat 2 faktor penyebab yaitu sulitnya untuk mendapatkan bahan dasar kayu atau tidak ada lagi pembangunan kapal ikan 3GT karena nelayan tidak sanggup membangun kapal ikan dengan bahan baku yang lain karena dikhawatirkan memiliki harga yang lebih mahal. Bahan baku yang diperkirakan memiliki kemungkinan terbesar untuk bisa diterapkan sebagai pengganti kayu adalah *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP). Sifat *fiberglass* yang lebih ringan dibandingkan dengan kayu bisa menjadi alasan kuat mengapa bahan ini dipilih menjadi alternatif (Scott,1996). Perbandingan berat antara kayu dan *fiberglass* yaitu untuk kulit lambung kapal kayu memiliki berat 20 Kg/m², sedangkan FRP memiliki berat 14 Kg/m² (Fyson, 1985). Dengan perbandingan berat tersebut, maka dilihat dari sisi displacement kapal akan lebih menguntungkan sehingga akan berpengaruh juga terhadap hambatan kapal yang kemungkinan bisa lebih kecil dan akan menguntungkan dalam pemilihan daya *main engine* kapal.

Untuk melihat lebih jelas pengaruh tersebut, perlu di evaluasi pada kapal kayu 3GT yang ada pada saat ini terlebih dahulu supaya bisa diperoleh perbandingan antara karakteristik kapal ikan dengan bahan dasar kayu dengan kapal ikan berbahan FRP. Karakteristik meliputi displacement, hambatan, serta stabilitas kapal. Sebagai langkah awal perlu adanya data hasil survey dilapangan mengenai kapal kayu 3GT seperti data dimensi utama kapal, data *main engine*, data ukuran ruangan-ruangan yang terdapat pada kapal, data mengenai bentuk

lambung kapal, dan lain-lain. Kapal ikan 3GT dipilih menjadi studi kasus karena tipe ini merupakan tipe yang paling banyak digunakan oleh nelayan. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari nelayan yang menggunakan kapal ikan 3GT dengan bahan dasar kayu tersebut, diperoleh beberapa alasan mengapa mereka masih menggunakan kapal 3GT:

- a. Harga pembuatan kapal kayu 3GT lebih terjangkau
- b. Biaya operasional bisa lebih terjangkau
- c. Apabila diperlukan perbaikan, maka nelayan tersebut bisa melakukannya sendiri. Atau bisa dikatakan nelayan mampu mandiri apabila kapal membutuhkan perbaikan

1.2 Tujuan

- a. Mengetahui stabilitas kapal kayu dan FRP berdasarkan kriteria *International Maritime Organization* yaitu IMO 2008 A.168(ES IV).
- b. Mengetahui hambatan total kapal FRP berdasarkan desain kapal kayu
- c. Mengetahui karakteristik olah gerak kapal FRP berdasarkan desain kapal kayu

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Memberikan informasi kepada instansi pemerintah yang terkait dalam bidang perikanan dan juga kepada nelayan mengenai desain kapal yang paling sesuai digunakan untuk pelayaran penangkapan kapal ikan diperairan pulau Bengkalis
- b. Adanya perkembangan ilmu pengetahuan mengenai kapal ikan khususnya untuk kapal-kapal ikan yang ada di daerah pulau Bengkalis sehingga pembangunan kapal ikan pada masa yang akan datang dapat dilakukan sesuai standar yang nantinya akan mampu meningkatkan faktor keamanan dan kenyamanan nelayan pada saat berlayar.

1.4 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana melakukan evaluasi mengenai hambatan, stabilitas, dan karakteristik dinamika olah gerak antara kapal ikan dengan bahan dasar kayu dengan kapal ikan bahan dasar *fiberglass*.
- b. Bagaimana membuat *layout* kapal ikan 3GT dengan bahan FRP.

1.5 Hipotesa

Bahan FRP yang lebih ringan akan memberikan keuntungan dari sisi berat kapal, sehingga dengan ukuran dan bentuk yang sama dengan kapal kayu yang telah ada akan bisa lebih menguntungkan karena kapal FRP bisa menambah payload. Namun harus dikaji lebih detail seberapa besar penambahan payload yang memenuhi kriteria stabilitas, hambatan dan karakteristik olah gerak kapal.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah perlu disebutkan disini dengan tujuan supaya kajian lebih fokus dan untuk mempermudah dalam proses perhitungan.

- a. Kapal ikan yang menjadi obyek penelitian adalah kapal ikan 3GT
- b. Kapal kayu dan FRP memiliki bentuk dan ukuran yang sama
- c. Evaluasi stabilitas kapal dilakukan mengikuti kriteria *International Maritime Organization* (IMO)
- d. Evaluasi hambatan kapal dilakukan dengan satu metode yaitu Van Oortmerssen
- e. Evaluasi karakteristik olah gerak kapal (*Seakeeping*) terdiri dari *Respon Amplitudo Operator* (RAO) gerakan *heave*, *pitch* dan *roll* dengan kecepatan 0 Knot, 7 Knot dan 8 Knot.

BAB 2

Kajian Pustaka dan Dasar Teori

2.1 Tinjauan Kondisi Kapal Ikan di Pulau Bengkalis

Kapal-kapal perikanan yang ada di Pulau Bengkalis yaitu Kecamatan Bengkalis dan Kecamatan Bantan diperoleh dengan cara memesan ataupun melalui bantuan langsung dari pemerintah. Meskipun kapal tersebut diperoleh dari bantuan pemerintah, namun metode pembangunan kapal tersebut masih dengan cara tradisional dengan melakukan perbandingan langsung terhadap jenis dan type kapal yang telah ada. Sampai dengan tahun 2013, tercatat sebanyak 160 unit kapal ikan 3GT yang beroperasi di Kecamatan Bantan dan Kecamatan Bengkalis (Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bengkalis, 2013). Kapal – kapal tersebut hampir sebagian besar terbuat dengan bahan dasar kayu, dan beberapa diantaranya dengan bahan dasar *fiberglass reinforced plastic* (FRP). Sejak tahun 2010, pemerintah setempat mulai mengalihkan pembuatan kapal dengan bahan dasar kayu menjadi FRP karena melihat kondisi sulitnya untuk mendapatkan bahan baku kayu. Namun sangat disayangkan bahwa, kapal – kapal ikan yang dibangun dengan bahan FRP memiliki bentuk yang sangat berbeda dengan kapal – kapal kayu yang telah digunakan nelayan sejak puluhan tahun yang lalu.



Gambar 2.1a: Beberapa bentuk kapal kayu di pulau Bengkalis



Gambar 2.1b: Beberapa bentuk kapal FRP di pulau Bengkalis

2.2 Kajian Sifat Kayu dan FRP

2.2.1 Kapal Kayu

Jenis – jenis kayu yang bisa digunakan untuk pembuatan kapal di antaranya kayu malas (*Parastemonurophyllum*), kayu kompas (*Compassia sp*), kayu loban (*Vitex pubercens Vahl*) dan kayu meranti (*Shorea sp*). Masing – masing kayu tersebut digunakan pada posisi yang berbeda – beda pada proses pembuatan kapal yang dibedakan berdasarkan kelas awet dan kuat (BKI, 1989).

Tabel 2.1: Kelas jenis kayu (BKI, 1989)

No	Nama Kayu	Nama Latin	Kelas		Pemakaian
			Awet	Kuat	
1	Kompas	<i>Compassia malcensis</i>	III - IV	I - II	Lunas
2	Malas	<i>Parastemon sp</i>	II - III	I	Lunas luas, Dasar mesin, Linggi haluan, Linggi dalam
3	Loban	<i>Vitex pubercens vahl</i>	I	I - II	Tiang as, Tiang utama, Dasar mesin, Balok geladak, Gading - gading
4	Meranti	<i>Shorea platiclados</i>	II - III	II - IV	Dinding lambung, Papan geladak, Pisang-pisang, Dek kapal, Dinding angin, Transom, Papan tenda

Dalam jangka waktu tertentu kapal kayu akan mengalami pelapukan terutama untuk bagian kayu yang berhubungan atau yang tercelup langsung dengan air laut. Pelapukan kayu terjadi selain oleh proses alamiah kayu sendiri, juga disebabkan oleh hewan laut perusak seperti kapang dan teritip melekat pada tubuh kapal serta mikroba berupa jamur dan lumut (Ahmad, 2009). Selanjutnya akan dijelaskan pada tabel berikut ini mengenai jangka waktu pelapukan kapal kayu.

Tabel 2.2: Jangka waktu pelapukan kapal kayu (Ahmad, 2009)

Jenis Kayu	Kuat tekan bahan (kN)			Penampang (A)	Kekuatan bahan (kN/m ²)			Pemakaian
	1 Thn	10 Thn	15 Thn		1 Thn	10 Thn	15 Thn	
Kempas	63.28	35.88	23.29	0.0009	703.11	398.67	258.78	Lunas
Loban	53.52	42.37	41.27	0.0009	594.57	470.78	458.56	Linggi depan
Loban	51.8	43.31	40.97	0.0009	575.56	481.22	455.22	Linggi buritan
Loban	52.86	42.57	41.56	0.0009	587.33	473	461.78	Gading – gading
Meranti	31.96	31.11	30.29	0.0009	355.11	345.67	336.56	Dinding

2.2.2 Kapal FRP

Kapal dengan bahan dasar *fiberglass* saat ini menjadi alternatif pengganti kapal kayu yang paling tepat. Meskipun bahan *fiberglass* memiliki campuran bahan kimia yang sulit terurai sehingga dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan, akan tetapi sebagai pengganti kapal ikan type kayu masih tidak terlalu beresiko (Muharam, 2011). Untuk wilayah operasi kapal nelayan yang berada di pulau, akan sangat sulit untuk langsung menggantikan kapal kayu menjadi kapal baja atau kapal jenis lain selain *fiberglass* karena kapal baja pembangunan kapal baja membutuhkan fasilitas produksi seperti alat-alat berat yang memadai. Sedangkan untuk kapal *fiberglass* tidak membutuhkan fasilitas seperti alat-alat berat seperti yang telah disebutkan sebelumnya.

Nilai perbandingan L/H , L/B , dan B/H perlu diperhatikan dalam perhitungan teknis, jenis bahan maupun ketentuan yang berlaku. Dalam desain sebuah kapal, karakteristik perbandingan dimensi – dimensi utama merupakan hal penting yang harus diperhatikan (Fyson,1985). Adapun Perbandingan tersebut meliputi:

- a. Perbandingan antara panjang dan lebar (L/B) yang mempengaruhi hambatan dan kecepatan kapal. Semakin kecil nilai perbandingan L/B akan berpengaruh pada kecepatan kapal atau kapal menjadi lambat.
- b. Perbandingan antara lebar dan tinggi (B/H) merupakan faktor yang berpengaruh pada stabilitas. Jika nilai B/H membesar akan membuat stabilitas baik tetapi di sisi lain mengakibatkan propulsive ability memburuk.
- c. Perbandingan antara panjang dan tinggi (L/H) merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal. Jika nilai L/H membesar maka kekuatan longitudinal kapal akan berkurang.

2.3 Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan kemampuan suatu benda untuk kembali ke posisi awal seperti sebelum benda tersebut bergerak. Stabilitas secara garis besar bisa didefinisikan menjadi beberapa bagian. Yang pertama apabila sebuah benda yang berada pada posisi keseimbangan digeser atau digerakkan ke suatu posisi baru, kemudian mampu kembali keposisi awal maka benda tersebut bisa dikatakan berada pada keseimbangan stabil dan kondisi seperti ini disebut sebagai stabilitas positif terhadap acuan keseimbangan posisi awal. Yang kedua adalah ketika suatu benda digerakkan dari posisi keseimbangannya keposisi baru dan tetap berada pada posisi baru tersebut, maka benda tersebut berada dalam keseimbangan netral. Sedangkan yang ketiga, apabila suatu benda setelah digerakkan keposisi baru benda tersebut bergerak semakin menjauh dari posisi awalnya mak keseimbangan benda tersebut dikatakan berada pada keseimbangan labil dan kondisi ini disebut sebagai stabilitas negatif terhadap acuan posisi awalnya. Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dikelompokkan pada dua bagian yaitu:

a. Faktor internal

Faktor internal dipengaruhi oleh tata letak muatan, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas ataupun tubrukan

b. Faktor eksternal

Faktor eksternal lebih dipengaruhi oleh kondisi alam seperti angin, gelombang, arus dan badai.

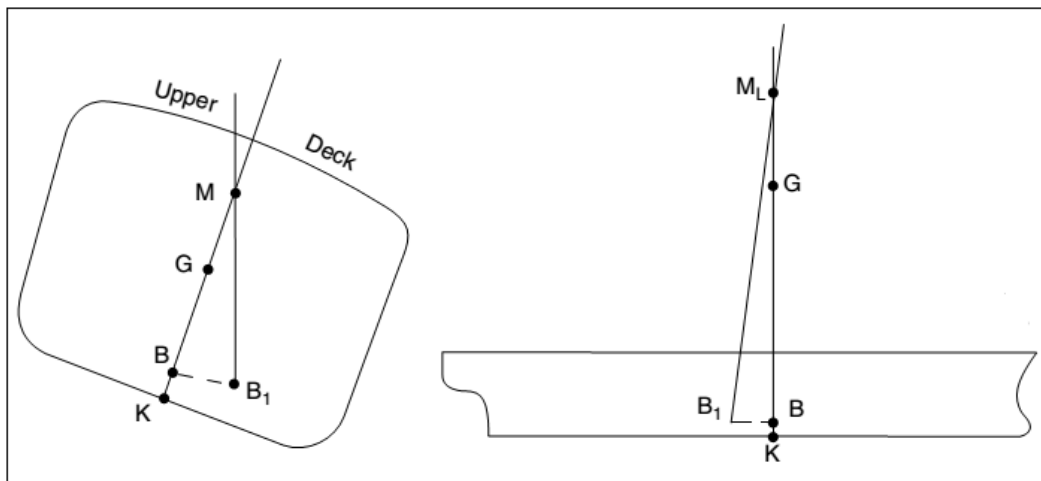
Untuk menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari ukuran utama yang berkaitan dengan dimensi utama kapal. Ukuran-ukuran utama yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (*length*), lebar (*breadth*), tinggi (*depth*) serta sarat (*draft*). Sedangkan untuk panjang di dalam pengukuran kapal dikenal beberapa istilah seperti LOA (Length Over All), LBP (Length Between Perpendicular) dan LWL (Length Water Line).

2.3.1 Titik – titik penting pada stabilitas kapal

Berikut merupakan titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik metacenter (M), titik berat (G) dan titik apung (B) (Hind, 1967):

- a. Titik metacenter (M) merupakan titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atas titik M agar kapal tetap mempunyai stabilitas positif (*stable equilibrium*). Titik metacenter dapat berubah-ubah sesuai dengan sudut kemiringan kapal. apabila kapal miring dengan sudut kecil (kurang dari 15^0), maka titik apung bergerak di sepanjang busur dimana titik M merupakan titik pusatnya yang terletak dibidang tengah kapal (*centre of line*) akan mengalami sudut kemiringan yang sangat kecil sehingga titik M masih dianggap tetap.
- b. Titik berat (G) merupakan titik tangkap semua gaya-gaya yang menekan kebawah terhadap kapal. Letak titik G dikapal dapat diperoleh dengan menghitung letak pembebanan muatan di kapal. Sehingga dapat dikatakan bahwa titik berat tidak akan berubah selama tidak ada perubahan peletakan pembebanan muatan walau kapal dalam kondisi miring.

- c. Titik apung (B) merupakan titik tangkap semua gaya-gaya yang menekan keatas terhadap pembebanan kapal. Berbeda dengan titik berat yang tidak berubah pada saat kapal dalam kondisi miring, pada titik apung akan berubah bergantung pada perubahan permukaan yang terendam didalam air. Titik apung akan berpindah mengikuti arah kemiringan kapal untuk memberikan gaya balik ke atas agar kapal tegak kembali setelah mengalami kemiringan.



Gambar 2.3.1: Titik – titik penting pada stabilitas kapal

2.3.2 Jenis – jenis stabilitas

Secara umum, stabilitas kapal terdiri dari dua yaitu stabilitas statis dan stabilitas dinamis.

- a. Stabilitas statis (statical stability), berlaku untuk kapal yang diam dan mengalami kemiringan sampaisudut tertentu yang ditentukan oleh besarnya momen pengembali. Stabilitas statis terdiri dari:
- Stabilitas awal (initial stability), tinjauan dilakukan terhadap stabilitas didasarkan pada titik metasentra (dinotasikan dengan M) terhadap titik pusat gravitasi (dinotasikan dengan G) dan juga jarak antara titik pusat gravitasi dengan titik metasentria (yang dinotasikan dengan GM).Tinjauan ini berlaku untuk sudut inklinasi yang kecil, dimana titik metasentria diasumsikan tetap

- Stabilitas lanjut (large stability), tinjauan dilakukan dengan sudut kemiringan yang besar, di mana posisi titik M tidak tetap, dan yang menentukan stabilitas kapal adalah besar lengan momen pengembali (righting arm) GZ.

b. Stabilitas dinamis (dynamic stability), stabilitas yang ditunjukkan oleh besarnya kerja atau penambahan energi potensial yang ditimbulkan oleh gerakan naik turun pada momen pengembali selama proses terjadinya kemiringan pada sudut tertentu.

2.3.3 Kriteria Stabilitas Kapal

Untuk mengetahui apakah sebuah kapal sudah mampu berlayar dengan kondisi aman atau tidak, perlu dilakukan analisa stabilitas kapal. Sebagai pedoman dalam menganalisa, maka perlu mengikuti kriteria yang telah ditentukan suatu badan organisasi dunia mengenai stabilitas kapal yaitu International Maritime Organization (IMO,2008). Seperti yang dijelaskan pada IMO 2008-Annex: *Explanatory Notes To The International Code On Intact Stability, 2008 Chapter 3.3*. Pada *chapter 3.3* menjelaskan mengenai *Background of the approximate formula for the minimum GM_0 for small fishing vessels* (part B, paragraph 2.1.5.1 of the 2008 IS Code). Selanjutnya dijelaskan bahwa formula yang lebih tepat untuk menghitung tinggi minimum metasentra untuk kapal ikan berukuran kecil menggunakan *regression analysis*. Pada 1967 *the Panel of Expertson Fishing Vessels Stability* (PFV) IMO merekomendasikan perlu diterbitkannya standar stabilitas untuk kapal ikan berukuran kecil dengan panjang kapal kurang dari 30 meter. Alasannya adalah pada faktanya kapal ikan berukuran kecil ini tidak tersedia data gambar dan data stabilitas, maka dari itu diusulkan kriteria dari resolusi A.168(ES IV). Kriteria resolusi A.168 (ES IV) ini diperoleh dari hasil koleksi data stabilitas dari 119 jumlah kapal dengan panjang 15 meter s/d 29 meter. Untuk lebih jelas mengenai krtiteria resolusi A.168 (ES IV) adalah sebagai berikut:

- a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^\circ - 30^\circ$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,055 meter.rad

- b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $0^{\circ} - 40^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,09 meter.rad
- c. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng $30^{\circ} - 40^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,03 meter.rad
- d. Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^{\circ} - 180^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 meter
- e. Sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25°
- f. Nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,35 meter

Kriteria IMO 2008 A.168(ES IV) akan digunakan untuk menganalisa stabilitas masing – masing kapal ikan 3GT meskipun rata – rata dari panjang kapal ikan 3GT ini adalah 10 meter. Hal ini karena kriteria ini adalah kriteria yang paling mendekati karena untuk kapal ikan berukuran kecil dengan panjang kurang dari 30 meter. Selanjutnya untuk menghitung stabilitas suatu kapal, maka akan dibuat beberapa variasi muatan yang berupa orang dan barang pada beberapa kondisi muatan (*loadcase*) sehingga diketahui stabilitas untuk tiap kondisinya. Khusus untuk analisa stabilitas kapal ikan, maka variasi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi berlayar ketika bahan bakar 100% dan muatan ikan 0%
- b. Kondisi berlayar yang diasumsikan ketika bahan bakar 50% dan muatan ikan 50%
- c. Kondisi belayar yang diasumsikan ketika bahan bakar 10% dan muatan ikan 100%

2.4 Hambatan Kapal

Hambatan (*Resistance*) merupakan gaya yang menghambat laju kecepatan kapal sehingga akibat dari adanya hambatan tersebut maka dibutuhkan gaya dorong (*thrust*) untuk mendorong kapal. Ketika berlayar, kapal akan mengalami beberapa hambatan akibat dari interaksi antara kapal dengan lingkungan di laut (Harvald, 1983). Hambatan-hambatan tersebut antara lain adalah hambatan gelombang, hambatan udara, dan hambatan gesek. Selain dari itu masih ada

hambatan lain yang akan dialami oleh kapal ketika berlayar yaitu hambatan tambahan yang mana salah satu dari hambatan tambahan tersebut adalah hambatan kekasaran. Hambatan kekasaran merupakan hambatan yang terjadi akibat kekasaran, misalnya kekasaran akibat korosi dan fouling (pengotoran) pada badan kapal.

Metode perhitungan hambatan total kapal untuk kapal – kapal kecil bisa menggunakan metode Van Oormersses. Metode ini bisa digunakan untuk mengestimasi hambatan total kapal – kapal kecil seperti *trawlers* dan *tugs*. Persamaan parameter – parameter yang digunakan pada metode Van Oortmerssen ini diperoleh dari koleksi data – data kapal *trawler* dan *tugs* sejumlah 93 model kapal. Sebagai tambahan, metode ini juga bisa digunakan untuk memprediksi hambatan dan *powering* kapal tipe *small craft*. Pada metode ini hambatan viskous dan hambatan gelombang direpresentasikan langsung pada komponen hambatan total kapal (*Total Resistance*).

2.4.1 Langkah – langkah perhitungan *total resistance* (RT)

a. Menghitung volume displacement

Volume Displacement adalah volume air yang dipindahkan dan merupakan salah satu variabel penting dalam perhitungan hambatan kapal. Volumedari badan kapal yang ada di bawah permukaan air namun tidak termasuk tebal kulit, tebal lunas, tebal daun kemudi, propeller, dan segala perlengkapan kapal yang tercelup air.

$$\nabla = L_{wl} \times B \times T \times C_{bwl}$$

Dimana:

L_{wl} : Panjang garis air (m)

B : Lebar kapal (m)

T : Srat kapal (m)

C_{bwl} : *Coeffisien block of waterline*

b. Menghitung displacement

$$\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_{bwl} \times \rho$$

Dimana; ρ adalah masa jenis air laut (1.025 ton/m³)

- c. Menghitung luas permukaan basah

Luas permukaan basah merupakan luas dari permukaan lambung kapal yang tercelup air. Permukaan basah untuk kapal niaga biasanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$s = 3.223V^{2/33} + 0.5402L_{wl}V^{1/3}$$

- d. Menentukan Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{Vs}{\sqrt{gL}}$$

V_s = kecepatan service kapal (knot)

g = percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

- e. Menghitung Bilangan Reynolds (Re)

$$Re = \frac{Vs \times L_{wl}}{\nu}$$

ν merupakan koefisien viskositas Kinematis pada ;

$$25^{\circ}\text{C} = 9.4252 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

- f. Menentukan hambatan total kapal

Hambatan kapal merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total ini merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (hambatan). Secara sederhana hambatan total kapal dapat diperoleh dengan

persamaan, sebagai berikut :

$$R_T = 0,5 \times \rho \times C_T \times S \times V_s^2$$

Dimana ;

ρ : massa jenis fluida (Kg/m^3)

C_T : koefisien hambatan total kapal

S : luasan permukaan basah dari badan kapal (m^2)

Akibat adanya hambatan kapal, maka harus ada gaya dorong (*thrust*) kapal yang digunakan untuk mengatasi hambatan (*Resistance*) atau gaya hambat kapal. Pada kondisi yang sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi di kapal. Namun, kondisi tersebut sangat tidak realistis, karena pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan degradasi terhadap nilai besaran gaya dorong kapal.

g. Menghitung Effective Horse Power (EHP) motor induk

Daya efektif atau Effective Horse Power (EHP) merupakan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk mendorong kapal dengan kecepatan V .

2.4.2 Metode – metode perhitungan *total resistance* (RT)

Untuk kapal ikan 3GT ini digunakan metode *Van Oortmerssen* karena metode ini sesuai digunakan untuk kapal – kapal kecil (Prayitno, 2012). Untuk lebih jelasnya mengenai metode masing – masing hambatan bisa dilihat pada penjelasan berdasarkan berikut ini.

a. Savitsky

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi sebelum *planning* (*pre planning*). Selain dari itu terdapat juga metode Savitsky *Planning* yang digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* yang bekerja pada kondisi *planning* (kecepatan *planning*).

b. Lahtiharju

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi *planning* (kecepatan *planning*).

c. Holtrop

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal tanker, kapal kargo, kapal ikan, tug boat, kapal 16ontainer dan kapal frigate.

d. Van Oortmerssen

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal kapal kecil misalnya kapal trawler dan kapal tug boat.

e. Series 60

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal kargo dengan satu propeller (single screw propeller).

f. Delf Series

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal layar (sailing yacht).

Berdasarkan deskripsi masing – masing metode diatas maka dipilih metode Van Oortmerssen untuk evaluasi hambatan pada ke empat kapal di pulau Bengkalis ini. Untuk alasan yang lebih spesifik mengenai alasan memilih metode Van Oortmerssen adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3: Batasan Penggunaan Metode Van Oortmerssen

No	Parameter	Limitations
1	Length of Water line, L_{WL}	8 to 80 m
2	Volume, V	5 to 3000 m^3
3	Length/Breadth, L/B	3 to 6.2
4	Breadth/Draft, B/T	1.9 to 4.0
5	Prismatic Coefficient, C_p	0.5 to 0.73
6	Longitudinal Center of Buoyancy, LCB	0.7 to 0.97
7	$\frac{1}{2}$ entrance angle, $\frac{1}{2} i_e$	-7% L to 2.8% L
8	Speed/length, $V/L^{0.5}$	0 to 1.79
9	Froude Number, F_n	0 to 0.50

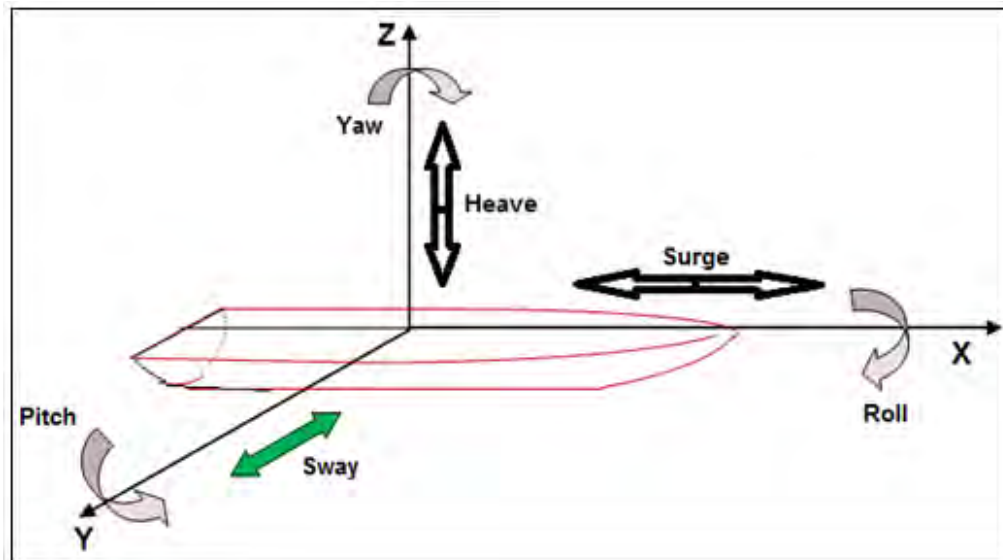
2.5 Dinamika Gerak Kapal

Kapal ikan ini beroperasi sebagaimana fungsinya yaitu sebagai kapal yang digunakan untuk menangkap ikan dan mengangkut muatan ikan tersebut hingga kedermaga. Untuk menghitung respon olah gerak kapal, maka dibutuhkan data kondisi area yang sesuai dengan daerah operasi kapal ikan tersebut. Adapun data kondisi area yang dibutuhkan adalah untuk area dipulau Bengkalis yang bisa dilihat pada table 2.5.

Sea State Code	Significant Wave height	Description	Period (s)
	Range (m)		
0	0	Calm (glassy)	10
1	0,0 - 0,1	Calm (glassy)	11
2	0,1 - 0,5	Smooth (wavelets)	12
3	0,5 - 1,25	Sligth	13
4	1,25 - 2,5	Moderate	14
5	2,5 - 4,0	Rough	5
6	4,0 - 6,0	Very rough	6
7	6,0 - 9,0	High	7
8	9,0 - 14,0	Very high	8
9	Over 14,0	Phenomenal	9

Spesifikasi data gelombang dari tabel diatas akan digunakan untuk menghitung respon gerakan kapal. arah datangnya gelombang mempengaruhi sudut heading, yaitu sudut antara arah pergerakan gelombang dan arah laju kapal. Sudut masuk gelombang disini dimaksud sebagai arah datangnya gelombang yang diukur dari bagian-bagian kapal dengan sudut datang 0^0 , 45^0 , 90^0 , 135^0 , dan 180^0 . *Output* dari perhitungan ini diantaranya adalah:

- Gerakan-gerakan kapal seperti *heaving*, *pitching*, *rolling* yang didefinisikan dari *amplitude*, *velocity*, dan *acceleration* dimana gerakan-gerakan tersebut yang menyebabkan terjadinya *deck wetness*.
- Hambatan yang timbul akibat pengaruh gelombang dan arah masuk gelombang.
- Structural respons* (RAO) pada gerakan kapal.



Gambar 2.5: Arah gerakan kapal dilihat dari sumbu axis

Persamaan dinamika gerak kapal bisa digambarkan melalui tekanan pada keseluruhan lambung kapal yang diintegrasikan, kemudian akan diperoleh gaya hidrodinamis pada bagian lambung kapal. berdasarkan gaya hidrodinamis tersebut, maka linear motion pada enam derajat kebebasan akan bisa diperoleh dalam bentuk *respon amplitude operator* (RAO). RAO dihitung terlebih dahulu dengan menyelesaikan persamaan gerak pada setiap frekuensi untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk diagram transfer fungsi. Persamaan RAO pada fungsi frekuensi adalah:

$$RAO(\omega) = \left(\frac{a}{a} \right)^2$$

Dimana ;

a : Amplitudo struktur

a : Amplitudo gelombang

Respon yang dihasilkan dari dalam bentuk RAO merupakan respon linear dan kemudian dikalikan dengan spectrum gelombang sehingga akan diperoleh spectrum respon. Adapun spectrum gelombang yang digunakan pada perhitungan ini adalah ITTC.

Persamaan umum dalam menghitung gerak kapal adalah sebagai berikut:

$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos \omega_e t$$

Penjelasan dari persamaan diatas adalah gerakan *heaving* dan disebut sebagai *forced heaving motion*. Sedangkan untuk gerakan – gerakan translasi lainnya, persamaan tersebut dapat diterapkan dengan merubah sumbu axis gerakan terhadap x atau y di mana a adalah *virtual mass* (masa kapal ditambah dengan *added mass*), b adalah koefisien *damping* (gaya melawan arah gerakan), c adalah koefisien *restoring force* (gaya pengembali ke titik seimbang) dan F_0 adalah *existing force* atau *encountering force* atau gaya luar yang bekerja pada benda apabila kapal berada pada kondisi air tenang (*calm*) maka nilai F_0 adalah nol (Bhattacharyya, 1978).

Untuk gerakan lainnya yaitu gerakan rotational, persamaan dasar yang dipakai tetap sama hanya merubah variable gerakan dari translasi (jarak) menjadi sudut dan gaya menjadi momen seperti dituliskan pada persamaan pitching berikut ini. Persamaan *rolling* juga sama, namun karena sumbu rotasinya berbeda dengan *pitching*, maka sudut θ diganti dengan ϕ .

$$a \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t$$

Dimana:

- a : inertial moment
- b : damping moment
- c : restoring moment
- M_0 : existing moment

Untuk menentukan RAO sebuah kapal, maka akan digunakan *software maxsurf-seakeeper*. Pada *software* ini, untuk mempengaruhi respon gerakan maka kapal akan dibagi menjadi beberapa station atau strip. Respon yang terjadi pada setiap station akan diintegrasikan terhadap arah memanjang kapal untuk memperoleh *output* secara keseluruhan dan metode ini bisa disebut dengan strip theory (Kornev, 2011). Metode strip teori sangat sesuai digunakan untuk kapal ikan

3GT ini. Hal ini karena secara prinsip teori ini bisa digunakan untuk kapal dengan bentuk *slender body, monohull* dengan rasio perbandingan panjang dan lebar kapal $L/B > 3$ (Kornev, 2011).

Olah gerak kapal (*seakeeping*) memiliki kriteria kenyamanan yang bertujuan untuk menetapkan kondisi nyaman pada manusia yang berada dikapal pada saat terjadi berbagai gerakan pada kapal pada saat berlayar. Seperti yang telah dijelaskan Riola & Garcia de Arboleya (2006) mengenai petunjuk tentang kemampuan aktifitas personil yang dikaitkan dengan percepatan gerak vertikal adalah seperti pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Hubungan percepatan vertikal dengan kenyamanan
(Sumber: Riola & Garcia de Arboleya, 2006)

$< 0.315 \text{ m/det}^2$	<i>Not Uncomfortable</i>
0.315 – 0.63	<i>A little Uncomfortable</i>
0.5 – 1.0	<i>Fairly Uncomfortable</i>
0.8 – 1.6	<i>Uncomfortable</i>
1.25 – 2.5	<i>Very Uncomfortable</i>
$> 2.0 \text{ m/det}^2$	<i>Extremely Uncomfortable</i>

Tabel 2.7 Periode Gerakan Rolling (Sumber: Bhattacharyya, 1978)

Types of Ships	T (second)
Passenger	20 – 25
Cargo-Passenger	10.5 – 14.5
Cargo	9 – 13
Tanker	9 – 10
Fishing Boat	5.5 – 7.0
Whale Boat	9 – 11.5
Battleship	14.5 – 17.0
Cruiser	12.0 – 13.0
Destroyer	9 – 9.5
Torpedo Boat	7 – 7.5

BAB 3

Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian, maka perlu ditentukan metodologi apa yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian tersebut. Adapun metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Identifikasi Permasalahan

Permasalahan yang akan di bahas adalah mengenai kapal ikan yang terdapat di pulau Bengkalis-Riau, yang mana kapal ikan tersebut merupakan kapal ikan dengan bahan dasar kayu yang tidak di desain berdasarkan standarisasi sebuah kapal ikan. Selain tidak didesain sesuai standar, kapal dengan bahan dasar kayu akan sulit untuk di produksi dikemudian hari karena bahan kayu yang sulit untuk diperoleh. Sehingga desain baru akan mengarah kepada kapal ikan dengan bahan dasar *fiberglass*.

3.2 Studi Literatur

Literatur yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa data-data dari lapangan atau dari referensi sebelumnya yang di ambil dari paper, majalah ataupun buku.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data yang di peroleh langsung berdasarkan wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan akan dilakukan pada lokasi-lokasi tempat perkumpulan nelayan yang ada di pulau Bengkalis. Selain pengamatan, juga akan dilakukan wawancara langsung kepada nelayan mengenai kondisi kapal ikan yang selama ini digunakan untuk melaut.

Adapun data yang harus diperoleh antara lain adalah:

a. Data geografis

Data geografis berupa data yang berhubungan dengan kondisi alam tempat kapal ikan yang saat ini beroperasi. Data-data geografis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Letak dermaga kapal ikan atau lokasi tempat pelelangan ikan (TPI)
- Jarak maksimum kapal ikan berlayar dari dermaga dalam satuan mill laut
- Data gelombang dan angin
- Data pasang surut

b. Data teknis kapal

Data teknis kapal diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan wawancara kepada nelayan di beberapa lokasi. Adapun data-data teknis yang harus ada dalam penelitian ini diantaranya adalah:

Tabel 3.1: Data mengenai survey dilapangan

Daerah. A			
No	Data yang dibutuhkan	Ukuran	Satuan
1	Panjang		m
2	Lebar		m
3	Tinggi		m
4	Sarat		m
5	Kecepatan		Knot
6	Data Main Engine:		
	a. Merk		
	b. Power		Hp
	c. Rpm		
7	Volume ruang muat		m ³
8	Perkiraan jarak berlayar dari dermaga		Mill laut
9	Jumlah tangkapan satu kali berlayar		Kg
10	Lama waktu berlayar		Jam
11	Jenis ikan yang ditangkap		
12	Jenis alat tangkap		
13	Surat izin penangkapan ikan (SIPI)		
14	Biaya pembuatan kapal		Rp

3.4 Penggambaran dan Perhitungan

Karena kapal ikan ini tidak di bangun berdasarkan hasil desain terlebih dahulu, maka perlu dilakukan penggambaran dan perhitungan ulang berdasarkan data teknis dari type kapal terbanyak dari hasil survey dilapangan. Hal ini dilakukan untuk membandingkan karakteristik dari sisi hidrodinamika antara kapal kayu dan *fiberglass*.

3.5 Evaluasi Stabilitas dan Hambatan Kapal

Analisa stabilitas dilakukan berdasarkan peraturan *International Maritime Organization* (IMO) mengenai desain kapal ikan, yang mana pada peraturan yang terdapat didalam IMO ini menyatakan kriteria standar stabilitas untuk kapal ikan yang direkomendasikan. Selanjutnya melakukan evaluasi hambatan kapal untuk mengetahui *total resistance* (RT) dari masing – masing kapal.

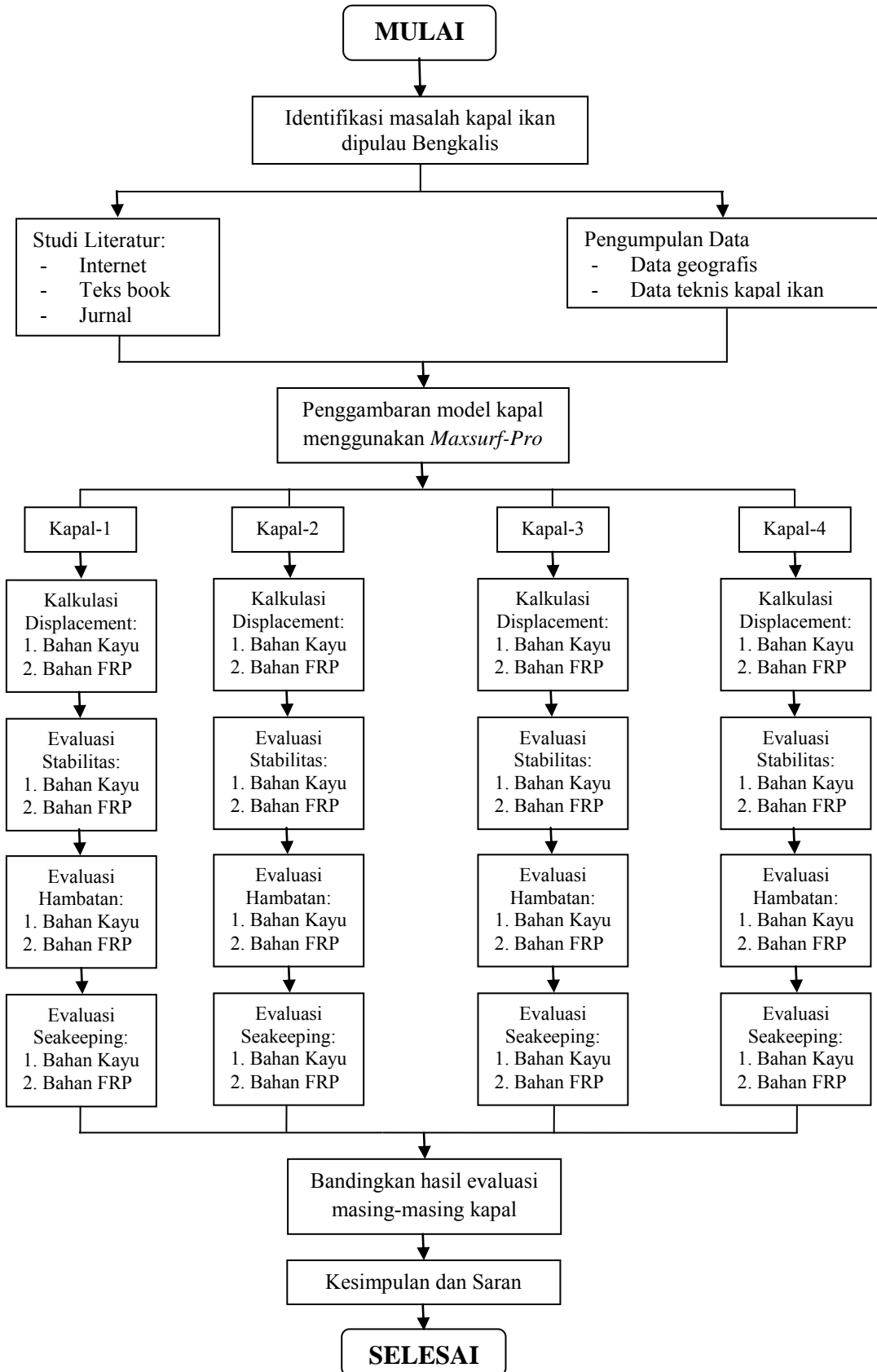
3.6 Evaluasi Dinamika Gerak Kapal

Kapal ikan yang telah di desain akan di analisa olah gerak kapal yaitu dengan menganalisa interaksi antara body kapal terhadap kondisi perairan pelayaran kapal ikan di pulau Bengkalis. Salah satu kondisi yang di alami oleh kapal misalnya terhadap gelombang, jadi ketinggian gelombang di ambil berdasarkan kondisi gelombang untuk kapal ikan itu sendiri.

3.7 Kesimpulan

Berdasarkan analisa terhadap stabilitas yang telah dilakukan, maka diperoleh *output* berupa hasil desain lambung kapal ikan dengan ukuran utama yang standar yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan IMO.

3.8 Flowchart Pengerjaan Tesis



BAB 4

Evaluasi Stabilitas dan Hambatan Kapal

Kapal ikan 3GT untuk wilayah perairan pulau Bengkalis-Riau terdiri dari beberapa ukuran, sehingga perlu dilakukan beberapa langkah awal sebelum mengevaluasi hambatan dan stabilitas setiap kapal. Sebelum lebih jauh membahas mengenai evaluasi hambatan dan stabilitas, data – data hasil survey di lapangan perlu dijelaskan secara detail. Perlu diketahui bahwa data – data seperti data utama kapal, data *main engine*, kapasitas ruang muat, kapasitas jaring dan data – data yang menyangkut penelitian ini diambil berdasarkan hasil survey di lapangan dan hasil wawancara langsung dengan nelayan.

Berdasarkan hasil survey dan pengukuran langsung terhadap kapal – kapal ikan 3GT, maka diketahui bahwa terdapat 4 type kapal ikan 3GT dengan ukuran yang berbeda – beda. Sehingga lebih lanjut, untuk mempermudah proses evaluasi yang dilakukan menggunakan software *Maxsurf* yang terdiri dari *Maxsurf-pro* untuk penggambaran model, *Maxsurf-hullspeed* untuk evaluasi hambatan kapal dan *Maxsurf-hydomax pro* untuk evaluasi stabilitas kapal.

4.1 Evaluasi Ukuran Utama dan Penggambaran Model

Sebelum membahas lebih jauh mengenai evaluasi hambatan dan stabilitas kapal, perlu dibahas secara detail mengenai ukuran utama kapal dan bentuk kapal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan. Hal ini dilakukan karena untuk mengevaluasi hambatan dan stabilitas dibutuhkan model kapal yang ukuran dan bentuknya sama dengan ukuran dan bentuk sebenarnya dari kapal ikan yang telah disurvei. Proses penggambaran tersebut disebut sebagai *actual design process* menjadi *model design process*.

4.1.1 Actual Design Process

Yang dimaksud mengenai *actual design process* di sini adalah komponen – komponen hasil pengukuran langsung di lapangan yang terdiri dari ukuran utama kapal, pengukuran bentuk lambung kapal, pengukuran luasan bangunan atas, serta pengukuran kompartemen – kompartemen yang

terdapat pada kapal. Selain dari itu, *actual design* di sini juga meliputi data yang diperoleh dari hasil wawancara dengan nelayan yaitu data mengenai jumlah hasil tangkapan, data mengenai *main engine*, data mengenai kondisi pelayaran, serta data – data mengenai komponen berat kapal seperti berat jaring, berat makanan dan minuman, berat bahan bakar, dan lain – lain.

a. Data Utama Kapal

Berdasarkan hasil survey, diperoleh informasi bahwa untuk kapal ikan 3GT yang ada di pulau Bengkalis terdiri dari beberapa dimensi. Pada penelitian ini jumlah kapal ikan 3GT yang dibahas terdiri dari 4 ukuran yang berbeda. Untuk lebih jelasnya mengenai ukuran tersebut bisa dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1: Ukuran Utama Kapal

No	Nama Kapal	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
1	Kapal-1	10.20	2.20	1.76
2	Kapal-2	10.23	2.00	1.33
3	Kapal-3	10.97	1.93	1.69
4	Kapal-4	10.62	2.10	2.00

Untuk lebih jelasnya mengenai bentuk dari ukuran – ukuran kapal yang telah di ukur pada tabel 4.1 bisa di lihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1: Macam kapal ikan 3GT

Selain dari data utama kapal, data mengenai pengukuran bentuk dari lambung kapal juga sangat penting. Berdasarkan hasil survey, dari ke empat kapal yang dievaluasi hanya kapal-2 dari desa Meskom yang bisa dilakukan pengukuran lengkap bentuk lambung kapalnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa kendala yang ada di lapangan pada saat survey seperti misalnya posisi kapal pada saat sudah berada di dermaga kebanyakan berada pada posisi miring sehingga sulit untuk menentukan titik tengah (*centre*) dari kapal tersebut. Perlu juga diketahui bahwa untuk proses pengukuran, kapal harus berada pada kondisi tidak terapung. Berikut beberapa gambar mengenai teknis pengukuran.



Gambar 4.2: Pengukuran bentuk haluan kapal



Gambar 4.3: Pengukuran bentuk lambung kapal

Berdasarkan hasil pengukuran maka diperoleh ukuran – ukuran untuk setiap garis air (*water line*). Perlu diketahui bahwa, untuk pengukuran bagian haluan kapal dilakukan dari luar lambung kapal karena bentuk lambung bagian haluan memiliki bentuk yang paling banyak lengkungan. Sedangkan untuk bagian *midship* dilakukan dari bagian dalam seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4: Pengukuran bentuk lambung kapal bagian *midship*

b. Evaluasi *Gross Tonnage* (GT)

Masing – masing kapal ikan yang telah diketahui ukurannya, selanjutnya perlu dievaluasi apakah benar – benar memiliki kapasitas 3GT. Untuk mengetahui total dari Gross Tonnage (GT) kapal - kapal yang akan dievaluasi, maka perlu dihitung terlebih dahulu volume ruang-ruang tertutup pada kapal. Untuk perhitungan GT menggunakan persamaan $0,25 \times \text{Volume ruang tertutup khusus untuk kapal dengan panjang kurang atau sama dengan 24 meter}$ (IMO, 1969).

c. Data Komponen - Komponen Berat Kapal

Data – data komponen berat kapal berikut ini diperoleh dari hasil wawancara langsung dengan nelayan. Namun, ada beberapa data yang diperoleh dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu data berat kulit lambung, berat gading atau konstruksi, berat panel atau bangunan atas yang diperoleh dari hasil perhitungan luasan badan kapal. Sedangkan untuk data *main engine* diperoleh dari katalog mesin (*engine project guide*). Tabel 4.2 yang ditampilkan berikut ini merupakan tabel berat dari salah satu kapal.

Tabel 4.2: Komponen Berat Kapal

No	Item Berat Kapal LWT	Berat (Ton)
1	Berat kulit lambung	1.28
2	Berat gading/konstruksi	0.05
3	Berat panel/Bangunan atas	0.90
4	Main Engine, Propeller&Shaft	0.50
5	Kemudi	0.04
6	Jaring dan pelampung	0.80
7	Box ikan	0.04
8	Jangkar	0.02
9	Tali Jangkar	0.01
10	Kayu untuk bendera	0.00
11	Anak Buah Kapal (ABK)	0.14
12	Perlengkapan masak	0.01
14	Bahan bakar (Solar) 'Full'	0.03
15	Makanan 'Full'	0.01
16	Minuman 'Full'	0.06
17	Berat Es 'Full'	0.02
18	Jumlah Tangkapan 'Full'	0.40



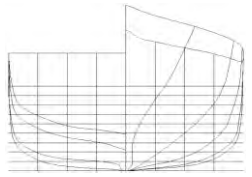

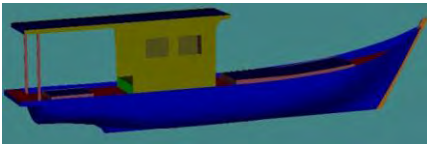
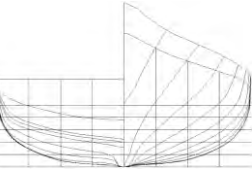

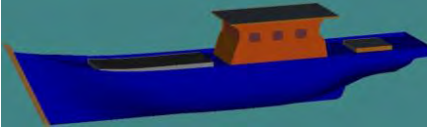
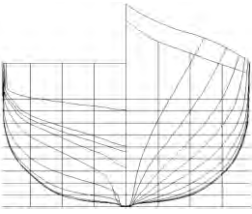

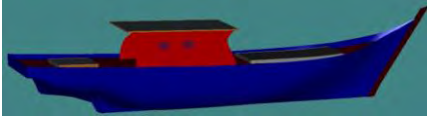
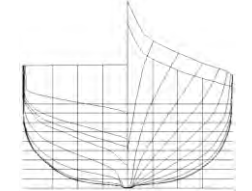
4.1.2 Model Design Process

Pada tahap *model design process* ini dilakukan penggambaran kapal dari bentuk dan ukuran yang sebenarnya menjadi sebuah model kapal. Hal ini harus dilakukan karena untuk proses evaluasi hambatan, stabilitas kapal dan *seakeeping* akan dilakukan dengan bantuan *Maxsurf*. Tahap awal adalah

bentuk lambung kapal atau *bodyplan* digambarkan menggunakan AutoCAD berdasarkan titik – titik yang sudah diukur pada kapal sebenarnya.

Kapal yang *bodyplan* nya melalui proses penggambaran pada AutoCAD adalah kapal-2, sedangkan untuk kapal-1, kapal-3 dan kapal-4 digambarkan langsung melalui *Maxsurf-Pro* karena ke tiga kapal ini dalam proses pengukuran dilapangan didapatkan hasil pengukuran yang maksimal. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil penggambaran ke empat model kapal dipaparkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3: Hasil penggambaran dari actual design menjadi model design

No	Nama	Data Kapal (m)	Kapal 'Actual'	Kapal 'Model'	Bodyplan	
1	Kapal-1	L	10.20			
		B	2.20			
		H	1.76			
		T	0.40			
		Cb	0.48			
2	Kapal-2	L	10.23			
		B	2.00			
		H	1.33			
		T	0.44			
		Cb	0.55			
3	Kapal	L	10.97			
		B	1.93			
		H	1.69			
		T	0.49			
		Cb	0.42			
4	Kapal-4	L	10.62			
		B	2.10			
		H	2.00			
		T	0.37			
		Cb	0.43			

Setelah tahap penggambaran dilakukan, maka diperoleh data yang sebelumnya tidak bisa diketahui melalui prosese pengukuran seperti angka *coeffisien block*, *coeffisien midship*, *coeffisien prismatic*, luasan kulit

lambung kapal, sarat kapal, dan lain – lain. Selain itu, setelah penggambaran pada *maxsurf-pro* maka akan bisa dihitung rasio geometri kapal.

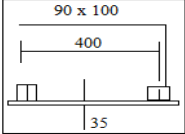
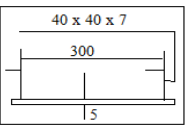
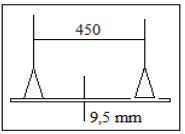
Tabel 4.4: Rasio geometri dan nilai – nilai coefficient masing – masing kapal

No	Nama Kapal	L/B (m)	L/H (m)	B/T (m)	H/T (m)	Cb	Cp	Cm
1	Kapal-1	4.64	5.80	5.53	4.42	0.48	0.59	0.82
2	Kapal-2	5.12	7.69	4.52	3.01	0.55	0.69	0.83
3	Kapal-3	5.68	6.49	3.96	3.47	0.42	0.57	0.75
4	Kapal-4	5.06	5.31	5.61	5.35	0.43	0.57	0.75

4.1.3 Penentuan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari beberapa komponen di antaranya berat kulit lambung kapal, konstruksi, bangunan atas, berat main engine, makanan dan minuman, dan lain-lain. Berat kapal akan mempengaruhi berapa besar kedalaman lambung kapal yang tercelup ke dalam air (*draft*). Sebelum mengevaluasi hambatan, stabilitas dan seakeeping, perlu ditentukan terlebih dahulu *draft* kapal. Khusus untuk perhitungan lambung kapal, konstruksi dan bangunan atas pada penelitian ini perhitungan berat mengacu pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 ; Kalkulasi berat lambung kapal tiap m² untuk 6-12 m kapal ikan (Fyson, 1985)

	Wood	Steel	FRP	Fero-Cement
				
Specific Gravity	0,75	7,8	1,5	2,6
Weight of Skin per m ²	20 Kg	39 Kg	14 Kg	70 Kg
Weight of Frame per m ²	19 Kg	17 Kg	7 Kg	6 Kg
Weight of Panel per m ²	45 Kg	56 Kg	21 Kg	76 Kg

Sebelum menghitung berat kapal, untuk berat lambung, konstruksi dan bangunan atas terlebih dahulu harus diketahui luas masing – masing komponen. Pada penelitian ini area masing – masing komponen akan

dikalkulasikan menggunakan program *Maxsurf-pro*. Berikut akan dipaparkan melalui tabel 4.6 dan 4.7 yang memperlihatkan hasil perhitungan berat untuk kapal kayu dan kapal FRP.

Tabel 4.6: Perhitungan berat kapal kayu

Item	Kapal-1		Kapal-2		Kapal-3		Kapal-4	
	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)
Berat Kulit	64.00	1.28	58.53	1.17	72.24	1.44	73.04	1.46
Berat Gading	2.60	0.05	2.21	0.04	3.03	0.06	2.93	0.06
Berat panel/B.Atas	19.98	0.90	20.40	0.92	20.84	0.94	21.21	0.95
Total		2.23		2.13		2.44		2.47

Tabel 4.7: Perhitungan berat kapal FRP

Item	Kapal-1		Kapal-2		Kapal-3		Kapal-4	
	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)	Luas (m ²)	Berat (Ton)
Berat Kulit	64.00	0.90	58.53	0.82	72.24	1.01	73.04	1.02
Berat Gading	2.60	0.02	2.21	0.02	3.03	0.02	2.93	0.02
Berat panel/B.Atas	19.98	0.42	20.40	0.43	20.84	0.44	21.21	0.45
Total		1.33		1.26		1.47		1.49

Selanjutnya, setelah mengetahui masing – masing berat dari bangunan dan konstruksi kapal, maka detail dari komponen berat kapal secara keseluruhan untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada penjelasan sub bab 4.2 berikutnya yaitu pada pembahasan evaluasi stabilitas kapal.

4.2 Evaluasi Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal sangat dipengaruhi oleh distribusi beban, perbandingan data utama kapal, sarat kapal, dan lain – lain. Maka dari itu, sebelum melakukan pengujian stabilitas menggunakan *Maxsurf-hydromax* perlu diperhatikan secara lebih detail mengenai sarat kapal terhadap beban tertentu. Dalam menganalisa stabilitas kapal, kondisi pembebanan dibagi menjadi beberapa skenario:

- a. Kondisi 100% bahan bakar dan 0% muatan
- b. Kondisi 50% bahan bakar dan 50% muatan
- c. Kondisi 10% bahan bakar dan 100% muatan

Untuk lebih jelasnya perhitungan beban akan dipaparkan secara lebih rinci pada Tabel 4.8 berikut ini dan diambil sebagai contoh adalah kapal-1.

Tabel 4.8: Perhitungan LWT

No	Item Berat Kapal	Kapal Kayu (Ton)	Kapal FRP (Ton)
1	Berat kulit lambung	1.771	1.24
2	Berat gading (termasuk konstruksi)	0.554	0.204
3	Berat panel (termasuk bangunan atas)	0.304	0.319
4	Main engine, propeller dan shaft	0.5	0.5
5	Kemudi	0.035	0.035
6	Jaring dan pelampung	0.8	0.8
7	Box ikan	0.04	0.04
8	Jangkar	0.02	0.02
9	Tali jangkar	0.005	0.005
10	Kayu dan bendera	0.002	0.002
11	Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total		4.037	3.171

Untuk berat kapal yang sifatnya tidak tetap atau kondisi DWT, bisa dilihat pada salah satu data kapal yaitu kapal-2 pada tabel 4.9.

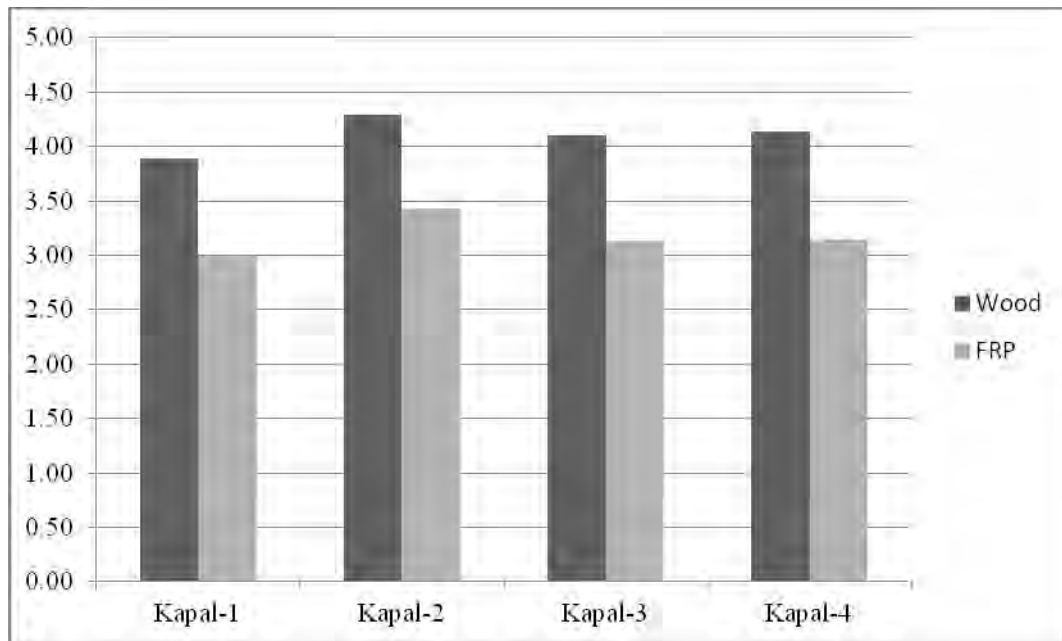
Tabel 4.9: Perhitungan DWT Kapal

Skenario Kondisi	Item Berat Kapal (DWT)	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
100% Bahan Bakar, 0% Muatan	Bahan bakar (Solar)	0.030	0.030
	Makanan	0.005	0.005
	Minuman	0.060	0.060
	Berat Es	0.020	0.020
	Jumlah Tangkapan	0.000	0.000
	ABK	0.140	0.140
	Sub Total	0.255	0.255
	Total	4.292	3.426
50% Bahan Bakar, 50% Muatan	Bahan bakar (Solar)	0.015	0.015
	Makanan	0.003	0.003
	Minuman	0.030	0.030
	Berat Es	0.020	0.020
	Jumlah Tangkapan	0.200	0.200
	ABK	0.140	0.140
	Sub Total	0.408	0.408
	Total	4.445	3.579
10% Bahan Bakar, 100% Muatan	Bahan bakar (Solar)	0.003	0.003
	Makanan	0.001	0.001
	Minuman	0.006	0.006
	Berat Es	0.020	0.020
	Jumlah Tangkapan	0.500	0.500
	ABK	0.140	0.140
	Sub Total	0.670	0.670
	Total	4.707	3.841

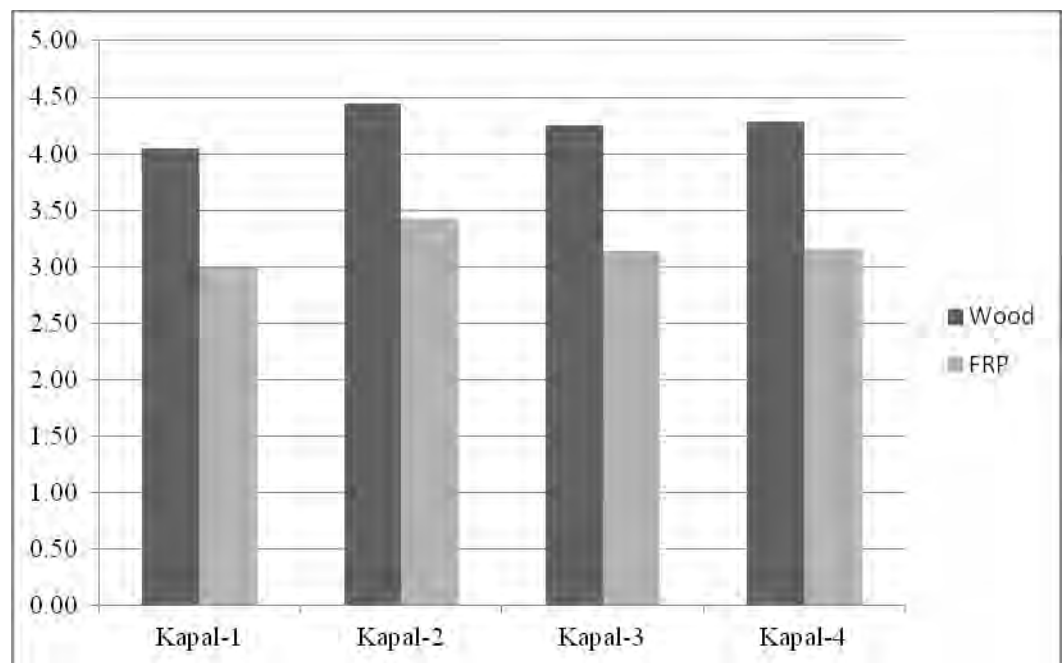
Tabel 4.10: Displacement kapal kayu dan FRP pada masing-masing loadcase

No	Loadcase	Nama Kapal	Displ Kayu (Ton)	Displ FRP (Ton)	Selisih berat (Ton)
1	100 % Bahan Bakar 0% Muatan	Kapal-1	3.89	3.00	0.89
		Kapal-2	4.29	3.43	0.87
		Kapal-3	4.10	3.13	0.97
		Kapal-4	4.13	3.15	0.98
2	50% Bahan Bakar 50% Muatan	Kapal-1	4.04	3.15	0.89
		Kapal-2	4.44	3.58	0.87
		Kapal-3	4.26	3.29	0.97
		Kapal-4	4.29	3.30	0.98
3	10% Bahan Bakar 100% Muatan	Kapal-1	4.21	3.31	0.89
		Kapal-2	4.71	3.84	0.87
		Kapal-3	4.42	3.45	0.97
		Kapal-4	4.45	3.47	0.98

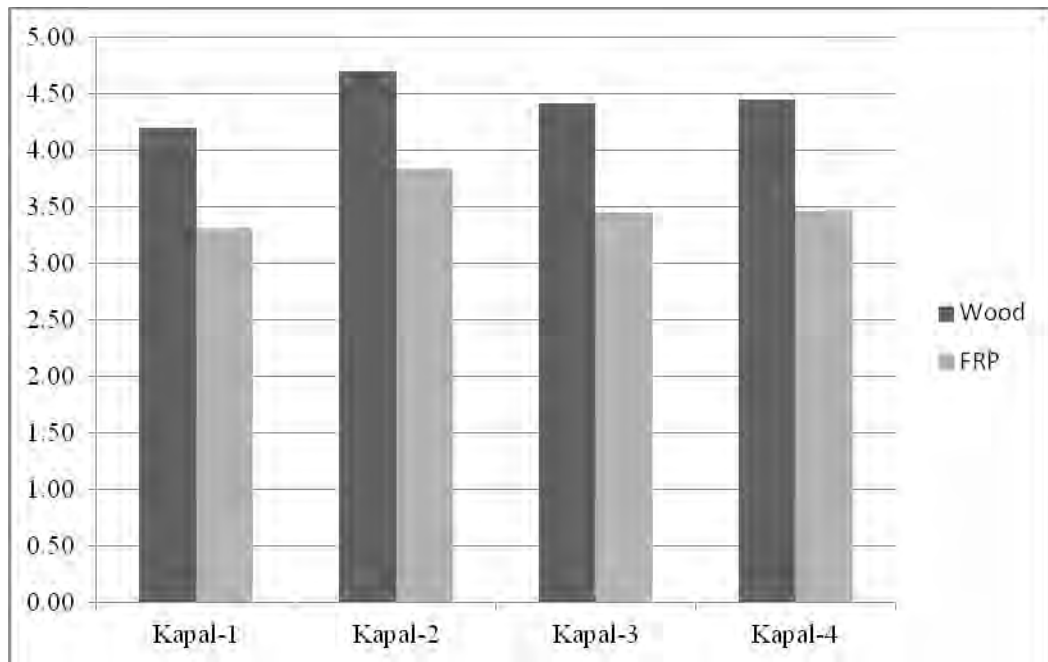
Pada Tabel 4.10 menjelaskan berat (displacement) kapal pada masing – masing kondisi pembebanan (*loadcase*). Loadcase yang ditampilkan pada tabel 4.10 tersebut merupakan kondisi beban maksimum untuk kapal kayu dengan total payload adalah sama antara kapal kayu dan FRP untuk masing – masing kapal. Displacement kapal di peroleh dari hasil perkalian antara luasan kapal dengan berat tiap meter persegi (m^2), dimana berat untuk setiap meter persegi tersebut mengacu pada tabel 4.5. Untuk lebih jelasnya mengenai selisih displacement masing – masing kapal di tampilkan pada gambar 4.5a, 4.5b dan 4.5c.



Gambar 4.5a: Kondisi 100% Bahan bakar dan 0% muatan



Gambar 4.5b: Kondisi 50% Bahan bakar dan 50% muatan



Gambar 4.5c: Kondisi 10% Bahan bakar dan 100% muatan

Berdasarkan gambar 4.5a, 4.5b dan 4.5c masing – masing kapal diatas, maka terlihat secara jelas bahwa displacement kapal kayu lebih besar dibandingkan dengan kapal FRP. Secara lebih spesifik bisa disimpulkan bahwa kapal-2 merupakan kapal yang memiliki displacement paling besar dengan nilai total displacement displacement untuk kapal kayu pada kondisi muatan 100% sebesar 4,71 Ton dan kapal FRP 3,84 Ton. Hal ini tentu saja sangat menguntungkan untuk penggunaan kapal FRP karena memiliki displacement yang lebih kecil dibandingkan kapal kayu. Keuntungan yang dimaksud adalah pada hambatan kapal karena bisa dipastikan hambatan kapal FRP akan semakin kecil dan ini juga akan berdampak pada *power main engine* yang dibutuhkan tentu saja akan lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal kayu.

Mengacu pada keterangan tabel 4.10, terlihat selisih *displacement* antara kapal kayu dan FRP. Dengan adanya selisih berat ini, maka analisa tahap berikutnya adalah melakukan percobaan dengan menyamakan kondisi *displacement* antara kapal kayu dan FRP sehingga payload pada kapal FRP akan di tambah berdasarkan selisih berat masing – masing kapal sesuai dengan yang tertera pada tabel 4.10. Selisih *displacement* antara kapal kayu dengan kapal FRP terjadi

karena adanya perhitungan berat kapal yang untuk setiap m^2 luasan bangunan kapal dan konstruksi antara kapal kayu dan FRP berbeda. Selisih rata – rata antar masing – masing kapal sekitar 0,8 s/d 0,9 ton. Perbandingan selisih tersebut juga berpengaruh terhadap sarat kapal seperti ditampilkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11: Nilai sarat kapal pada setiap *displacement*

No	Loadcase	Nama Kapal	Displ Kayu (Ton)	Sarat (m)	Displ FRP (Ton)	Sarat (m)
1	100 % B.Bakar, 0% Muatan	Kapal-1	3.89	0.41	3.00	0.36
		Kapal-2	4.29	0.44	3.43	0.38
		Kapal-3	4.10	0.53	3.13	0.45
		Kapal-4	4.13	0.53	3.15	0.45
2	50% B.Bakar, 50% Muatan	Kapal-1	4.04	0.43	3.15	0.37
		Kapal-2	4.44	0.45	3.58	0.39
		Kapal-3	4.26	0.55	3.29	0.46
		Kapal-4	4.29	0.54	3.30	0.46
3	10% B.Bakar, 100% Muatan	Kapal-1	4.21	0.45	3.31	0.38
		Kapal-2	4.71	0.46	3.84	0.41
		Kapal-3	4.42	0.56	3.45	0.48
		Kapal-4	4.45	0.56	3.47	0.48

Berdasarkan angka selisih displacement antara masing – masing kapal kayu dan FRP pada tabel diatas, selanjutnya akan dilakukan percobaan untuk penambahan *payload* pada kapal FRP. Penambahan *payload* harus memenuhi beberapa kriteria berikut ini:

- a. Memenuhi kriteria stabilitas kapal sesuai dengan Internationa Maritime Organization (IMO, 2008-A.168.ES IV)
- b. Kapasitas atau volume ruang muat mencukupi untuk penambahan *payload*.

Untuk kapal iakn 3GT ini masing – masing memiliki volume ruang muat seperti pada tabel 4.12 berikut ini:

No	Nama Kapal	Vol. Ruang Muat (m^3)
1	Kapal-1	2,1
2	Kapal-2	1,6
3	Kapal-3	1,8
4	Kapal-4	2,9

Namun, sebelum mengevaluasi stabilitas kapal untuk masing – masing kapal, posisi sarat harus diketahui terlebih dahulu. Setelah mengetahui masing – masing *displacement* kapal, maka sarat kapal bisa diperoleh dari kurva hidrostatik dimana kurva hidrostatik diperoleh dari *maxsurf-hydromax*. Sarat untuk masing – masing kapal seperti yang telah di jelaskan pada tabel 4.11. Berdasarkan tabel tersebut, maka akan dilakukan analisa stabilitas menggunakan *maxsurf-hydromax*. Sebelum analisa dilakukan, perlu ditentukan terlebih dahulu letak titik berat untuk masing – masing kapal. Selain dari itu, posisi kompartemen juga harus diketahui ukurannya melalui gambar *layout* dari masing – masing kapal. Penentuan posisi titik berat kapal untuk tiap kondisi pembebanan bisa dilihat pada lampiran 5.

Sebelum membahas lebih lanjut mengenai hasil stabilitas kapal FRP setelah penambahan *loadcase*, perlu diketahui bahwa hasil evaluasi stabilitas masing – masing kapal untuk kapal kayu pada kondisi sebelum penambahan *loadcase* di nyatakan memenuhi kriteria IMO. Hal ini seperti terlihat pada tabel 4.12 yang menjelaskan mengenai kondisi stabilitas kapal kayu apakah memenuhi kriteria IMO atau tidak. Namun perlu diketahui bahwa sebelum mengevaluasi stabilitas, maka perlu diketahui terlebih dahulu sarat kapal pada masing – masing *displacement*.

Setelah mengetahui masing – masing tinggi sarat untuk tiap kondisi *loadcase* baik sebelum penambahan *payload* maupun setelah penambahan *payload*, maka bisa terlihat pada kondisi mana sajakah kapal tidak mampu memenuhi kriteria IMO. Berdasarkan hasil *running* stabilitas, maka untuk kapal kayu masing – masing kapal tiap kondisi hampir memenuhi semua kriteria IMO kecuali kapal-1 untuk kriteria 30^0 - 40^0 tidak memenuhi kriteria IMO. Untuk lebih jelasnya *output* dari hasil IMO *requirement* dari hasil *Maxsurf-hydromax* seperti terlihat pada tabel 4.12 s/d 4.1

Tabel 4.12: Evaluasi Stabilitas Untuk Kapal Kayu

No	Nama Kapal	Payload (Ton)	Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Area 0 - 30 deg		Area 0 - 40 deg		Area 30 - 40 deg		Area 30 deg or Greater		Sudut pada GZ Maks	
						IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual
1	Kapal-1	0	100% B.Bakar, 0% Muatan	3.89	0.41	0,055 m.rad	0.07	0,09 m.rad	0.13	0,03 m.rad	0.04	0,2 m	0.27	25 deg	26.00
		0.2	50% B.Bakar, 50% Muatan	4.04	0.43	0,055 m.rad	0.09	0,09 m.rad	0.17	0,03 m.rad	0.09	0,2 m	0.32	25 deg	28.50
		0.4	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.21	0.45	0,055 m.rad	0.12	0,09 m.rad	0.21	0,03 m.rad	0.13	0,2 m	0.38	25 deg	30.00
2	Kapal-2	0	100% B.Bakar, 0% Muatan	4.29	0.44	0,055 m.rad	0.22	0,09 m.rad	0.15	0,03 m.rad	0.08	0,2 m	0.31	25 deg	27.00
		0.25	50% B.Bakar, 50% Muatan	4.44	0.45	0,055 m.rad	0.25	0,09 m.rad	0.19	0,03 m.rad	0.16	0,2 m	0.37	25 deg	28.00
		0.5	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.71	0.46	0,055 m.rad	0.31	0,09 m.rad	0.22	0,03 m.rad	0.19	0,2 m	0.42	25 deg	30.50
3	Kapal-3	0	100% B.Bakar, 0% Muatan	4.10	0.53	0,055 m.rad	0.03	0,09 m.rad	0.16	0,03 m.rad	0.07	0,2 m	0.33	25 deg	26.50
		0.2	50% B.Bakar, 50% Muatan	4.26	0.55	0,055 m.rad	0.07	0,09 m.rad	0.18	0,03 m.rad	0.19	0,2 m	0.36	25 deg	29.00
		0.4	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.42	0.56	0,055 m.rad	0.14	0,09 m.rad	0.25	0,03 m.rad	0.22	0,2 m	0.39	25 deg	31.00
4	Kapal-4	0	100% B.Bakar, 0% Muatan	4.13	0.53	0,055 m.rad	0.08	0,09 m.rad	0.15	0,03 m.rad	0.15	0,2 m	0.29	25 deg	27.00
		0.2	50% B.Bakar, 50% Muatan	4.29	0.54	0,055 m.rad	0.17	0,09 m.rad	0.19	0,03 m.rad	0.21	0,2 m	0.37	25 deg	29.50
		0.4	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.45	0.56	0,055 m.rad	0.23	0,09 m.rad	0.23	0,03 m.rad	0.31	0,2 m	0.39	25 deg	33.00

Tabel 4.13: Hasil Evaluasi Stabilitas Kapal FRP: kapal-1

No	Penambahan Payload (Ton)		Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Area 0 - 30 deg		Area 0 - 40 deg		Area 30 - 40 deg		Area 30 deg or Greater		Sudut pada GZ Maks	
	Maks Payload	Tiap kondisi				IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual
1	0	0	100% b.Bakar, 0% Muatan	3.00	0.36	0,055 m.rad	0.071	0,09 m.rad	0.28	0,03 m.rad	0.071	0,2 m	0.36	25 deg	28.5
2	1.29	0.65	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.56	0.39	0,055 m.rad	0.023	0,09 m.rad	0.002	0,03 m.rad	0.004	0,2 m	0.011	25 deg	11
		1.29	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.21	0.46	0,055 m.rad	0.011	0,09 m.rad	0.007	0,03 m.rad	0.007	0,2 m	0.018	25 deg	13.5
3	1	0.5	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.41	0.38	0,055 m.rad	0.06	0,09 m.rad	0.118	0,03 m.rad	0.044	0,2 m	0.29	25 deg	27.5
		1	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.91	0.44	0,055 m.rad	0.018	0,09 m.rad	0.011	0,03 m.rad	0.008	0,2 m	0.02	25 deg	14
4	0.8	0.4	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.31	0.37	0,055 m.rad	0.061	0,09 m.rad	0.21	0,03 m.rad	0.051	0,2 m	0.31	25 deg	28
		0.8	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.71	0.42	0,055 m.rad	0.023	0,09 m.rad	0.013	0,03 m.rad	0.011	0,2 m	0.03	25 deg	15
5	0.6	0.3	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.21	0.37	0,055 m.rad	0.063	0,09 m.rad	0.25	0,03 m.rad	0.058	0,2 m	0.34	25 deg	29
		0.6	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.51	0.40	0,055 m.rad	0.027	0,09 m.rad	0.018	0,03 m.rad	0.015	0,2 m	0.05	25 deg	18
6	0.58	0.29	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.20	0.37	0,055 m.rad	0.066	0,09 m.rad	0.27	0,03 m.rad	0.064	0,2 m	0.35	25 deg	29.5
		0.58	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.49	0.39	0,055 m.rad	0.035	0,09 m.rad	0.03	0,03 m.rad	0.017	0,2 m	0.09	25 deg	21.5
7	0.56	0.28	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.19	0.35	0,055 m.rad	0.07	0,09 m.rad	0.29	0,03 m.rad	0.067	0,2 m	0.34	25 deg	30
		0.56	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.47	0.39	0,055 m.rad	0.039	0,09 m.rad	0.04	0,03 m.rad	0.02	0,2 m	0.12	25 deg	21
8	0.54	0.27	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.18	0.35	0,055 m.rad	0.075	0,09 m.rad	0.33	0,03 m.rad	0.07	0,2 m	0.37	25 deg	31
		0.54	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.45	0.38	0,055 m.rad	0.041	0,09 m.rad	0.07	0,03 m.rad	0.022	0,2 m	0.17	25 deg	24
9	0.52	0.26	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.17	0.35	0,055 m.rad	0.077	0,09 m.rad	0.35	0,03 m.rad	0.075	0,2 m	0.4	25 deg	31
		0.52	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.43	0.38	0,055 m.rad	0.058	0,09 m.rad	0.112	0,03 m.rad	0.04	0,2 m	0.26	25 deg	26

Tabel 4.14: Hasil Evaluasi Stabilitas Kapal FRP: kapal-2

No	Penambahan Payload (Ton)		Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Area 0 - 30 deg		Area 0 - 40 deg		Area 30 - 40 deg		Area 30 deg or Greater		Sudut pada GZ Maks	
	Maks Payload	Tiap kondisi				IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual
1	0	0	100% b.Bakar, 0% Muatan	3.43	0.38	0,055 m.rad	0.095	0,09 m.rad	0.45	0,03 m.rad	0.21	0,2 m	0.58	25 deg	32.5
2	1.36	0.68	50% B.Bakar, 50% Muatan	4.02	0.46	0,055 m.rad	0.026	0,09 m.rad	0.002	0,03 m.rad	0.007	0,2 m	0.04	25 deg	14
		1.36	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.71	0.47	0,055 m.rad	0.028	0,09 m.rad	0.003	0,03 m.rad	0.001	0,2 m	0.01	25 deg	15
3	1.1	0.55	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.89	0.42	0,055 m.rad	0.071	0,09 m.rad	0.17	0,03 m.rad	0.07	0,2 m	0.38	25 deg	27
		1.1	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.44	0.45	0,055 m.rad	0.031	0,09 m.rad	0.007	0,03 m.rad	0.002	0,2 m	0.02	25 deg	18.5
4	0.9	0.45	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.79	0.41	0,055 m.rad	0.075	0,09 m.rad	0.18	0,03 m.rad	0.08	0,2 m	0.41	25 deg	29.5
		0.9	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.24	0.45	0,055 m.rad	0.035	0,09 m.rad	0.009	0,03 m.rad	0.003	0,2 m	0.04	25 deg	18
5	0.7	0.35	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.69	0.40	0,055 m.rad	0.08	0,09 m.rad	0.22	0,03 m.rad	0.085	0,2 m	0.42	25 deg	30
		0.7	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.04	0.45	0,055 m.rad	0.038	0,09 m.rad	0.01	0,03 m.rad	0.005	0,2 m	0.05	25 deg	20.5
6	0.68	0.34	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.68	0.40	0,055 m.rad	0.083	0,09 m.rad	0.21	0,03 m.rad	0.093	0,2 m	0.47	25 deg	32
		0.68	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.02	0.44	0,055 m.rad	0.041	0,09 m.rad	0.02	0,03 m.rad	0.008	0,2 m	0.08	25 deg	21
7	0.66	0.33	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.67	0.40	0,055 m.rad	0.085	0,09 m.rad	0.28	0,03 m.rad	0.099	0,2 m	0.49	25 deg	33.5
		0.66	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.00	0.44	0,055 m.rad	0.043	0,09 m.rad	0.05	0,03 m.rad	0.011	0,2 m	0.11	25 deg	22.5
8	0.64	0.32	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.66	0.39	0,055 m.rad	0.09	0,09 m.rad	0.32	0,03 m.rad	0.13	0,2 m	0.53	25 deg	34
		0.64	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.98	0.43	0,055 m.rad	0.048	0,09 m.rad	0.07	0,03 m.rad	0.018	0,2 m	0.16	25 deg	24
9	0.62	0.31	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.65	0.39	0,055 m.rad	0.093	0,09 m.rad	0.35	0,03 m.rad	0.18	0,2 m	0.55	25 deg	35
		0.62	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.96	0.42	0,055 m.rad	0.06	0,09 m.rad	0.15	0,03 m.rad	0.05	0,2 m	0.33	25 deg	26.5

Tabel 4.15: Hasil Evaluasi Stabilitas Kapal FRP: kapal-3

No	Penambahan Payload (Ton)		Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Area 0 - 30 deg		Area 0 - 40 deg		Area 30 - 40 deg		Area 30 deg or Greater		Sudut pada GZ Maks	
	Maks Payload	Tiap kondisi				IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual
1	0	0	100% b.Bakar, 0% Muatan	3.13	0.45	0,055 m.rad	0.087	0,09 m.rad	0.37	0,03 m.rad	0.084	0,2 m	0.52	25 deg	32
2	1.37	0.69	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.73	0.41	0,055 m.rad	0.021	0,09 m.rad	0.025	0,03 m.rad	0.008	0,2 m	0.03	25 deg	12
		1.37	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.42	0.45	0,055 m.rad	0.025	0,09 m.rad	0.03	0,03 m.rad	0.009	0,2 m	0.06	25 deg	14
3	1	0.5	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.55	0.40	0,055 m.rad	0.076	0,09 m.rad	0.21	0,03 m.rad	0.048	0,2 m	0.29	25 deg	27
		1	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.05	0.43	0,055 m.rad	0.027	0,09 m.rad	0.034	0,03 m.rad	0.011	0,2 m	0.07	25 deg	15
4	0.8	0.4	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.45	0.40	0,055 m.rad	0.079	0,09 m.rad	0.25	0,03 m.rad	0.051	0,2 m	0.31	25 deg	28.5
		0.8	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.85	0.41	0,055 m.rad	0.031	0,09 m.rad	0.037	0,03 m.rad	0.012	0,2 m	0.09	25 deg	16.5
5	0.6	0.3	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.35	0.37	0,055 m.rad	0.083	0,09 m.rad	0.26	0,03 m.rad	0.053	0,2 m	0.33	25 deg	29
		0.6	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.65	0.40	0,055 m.rad	0.033	0,09 m.rad	0.041	0,03 m.rad	0.014	0,2 m	0.11	25 deg	18
6	0.58	0.29	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.34	0.37	0,055 m.rad	0.086	0,09 m.rad	0.28	0,03 m.rad	0.057	0,2 m	0.36	25 deg	30
		0.58	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.63	0.39	0,055 m.rad	0.036	0,09 m.rad	0.045	0,03 m.rad	0.017	0,2 m	0.12	25 deg	21
7	0.56	0.28	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.33	0.36	0,055 m.rad	0.089	0,09 m.rad	0.31	0,03 m.rad	0.06	0,2 m	0.37	25 deg	32.5
		0.56	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.61	0.38	0,055 m.rad	0.037	0,09 m.rad	0.048	0,03 m.rad	0.018	0,2 m	0.13	25 deg	23
8	0.54	0.27	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.32	0.36	0,055 m.rad	0.091	0,09 m.rad	0.33	0,03 m.rad	0.062	0,2 m	0.39	25 deg	33
		0.54	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.59	0.37	0,055 m.rad	0.041	0,09 m.rad	0.05	0,03 m.rad	0.021	0,2 m	0.15	25 deg	24.5
9	0.52	0.26	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.31	0.36	0,055 m.rad	0.095	0,09 m.rad	0.35	0,03 m.rad	0.065	0,2 m	0.4	25 deg	34
		0.52	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.57	0.37	0,055 m.rad	0.072	0,09 m.rad	0.18	0,03 m.rad	0.046	0,2 m	0.28	25 deg	25.5

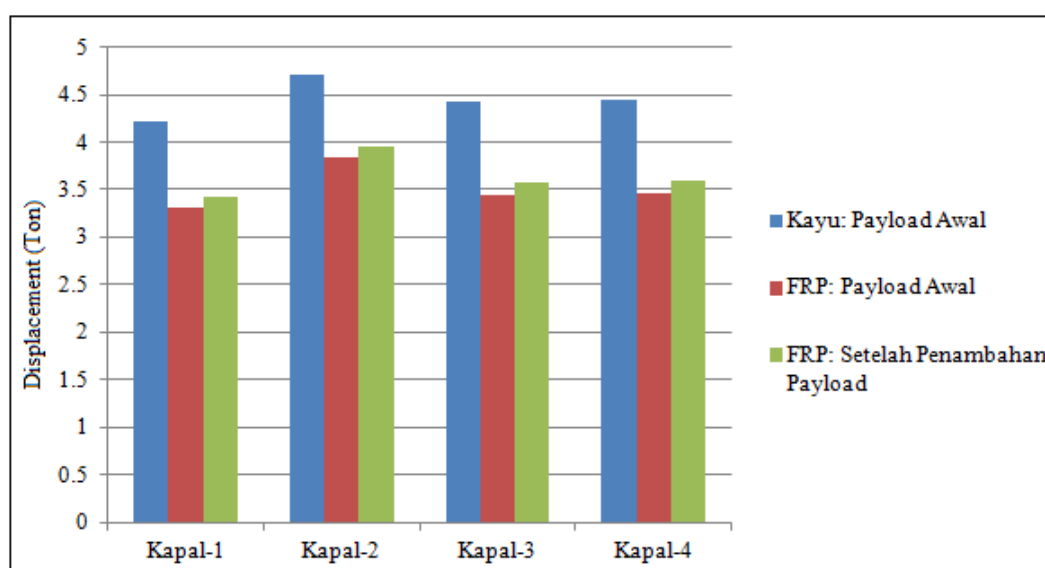
Tabel 4.16: Hasil Evaluasi Stabilitas Kapal FRP: kapal-4

No	Penambahan Payload (Ton)		Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Area 0 - 30 deg		Area 0 - 40 deg		Area 30 - 40 deg		Area 30 deg or Greater		Sudut pada GZ Maks	
	Maks Payload	Tiap kondisi				IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual	IMO.Req	Actual
1	0	0	100% b.Bakar, 0% Muatan	3.15	0.45	0,055 m.rad	0.091	0,09 m.rad	0.33	0,03 m.rad	0.061	0,2 m	0.62	25 deg	33
2	1.38	0.69	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.76	0.42	0,055 m.rad	0.017	0,09 m.rad	0.025	0,03 m.rad	0.005	0,2 m	0.011	25 deg	11
		1.38	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.45	0.45	0,055 m.rad	0.021	0,09 m.rad	0.029	0,03 m.rad	0.008	0,2 m	0.025	25 deg	14
3	1	0.5	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.57	0.39	0,055 m.rad	0.068	0,09 m.rad	0.15	0,03 m.rad	0.043	0,2 m	0.4	25 deg	28
		1	10% B.Bakar, 100% Muatan	4.07	0.42	0,055 m.rad	0.025	0,09 m.rad	0.031	0,03 m.rad	0.011	0,2 m	0.03	25 deg	15.5
4	0.8	0.4	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.47	0.38	0,055 m.rad	0.07	0,09 m.rad	0.17	0,03 m.rad	0.046	0,2 m	0.43	25 deg	29.5
		0.8	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.87	0.40	0,055 m.rad	0.028	0,09 m.rad	0.033	0,03 m.rad	0.012	0,2 m	0.05	25 deg	16
5	0.6	0.3	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.37	0.37	0,055 m.rad	0.073	0,09 m.rad	0.19	0,03 m.rad	0.047	0,2 m	0.44	25 deg	30
		0.6	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.67	0.40	0,055 m.rad	0.037	0,09 m.rad	0.037	0,03 m.rad	0.014	0,2 m	0.065	25 deg	17.5
6	0.58	0.29	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.36	0.37	0,055 m.rad	0.075	0,09 m.rad	0.21	0,03 m.rad	0.049	0,2 m	0.47	25 deg	31
		0.58	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.65	0.40	0,055 m.rad	0.039	0,09 m.rad	0.041	0,03 m.rad	0.017	0,2 m	0.08	25 deg	19
7	0.56	0.28	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.35	0.36	0,055 m.rad	0.077	0,09 m.rad	0.23	0,03 m.rad	0.051	0,2 m	0.49	25 deg	32.5
		0.56	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.63	0.39	0,055 m.rad	0.041	0,09 m.rad	0.055	0,03 m.rad	0.018	0,2 m	0.11	25 deg	21
8	0.54	0.27	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.34	0.36	0,055 m.rad	0.079	0,09 m.rad	0.26	0,03 m.rad	0.056	0,2 m	0.53	25 deg	33
		0.54	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.61	0.39	0,055 m.rad	0.048	0,09 m.rad	0.07	0,03 m.rad	0.021	0,2 m	0.12	25 deg	22.5
9	0.52	0.26	50% B.Bakar, 50% Muatan	3.33	0.36	0,055 m.rad	0.08	0,09 m.rad	0.29	0,03 m.rad	0.059	0,2 m	0.56	25 deg	35
		0.52	10% B.Bakar, 100% Muatan	3.59	0.37	0,055 m.rad	0.062	0,09 m.rad	0.098	0,03 m.rad	0.04	0,2 m	0.38	25 deg	27.5

Berdasarkan tabel 4.12 yang menjelaskan mengenai kondisi stabilitas untuk kapal kayu pada masing – masing kapal, maka kapal kayu memenuhi kriteria IMO. Sedangkan untuk evaluasi stabilitas kapal FRP yang ditampilkan pada tabel 4.13 s/d 4.16, terlihat bahwa tidak semua kondisi pembebanan memenuhi kriteria IMO. Selanjutnya, untuk mengetahui apakah kapal FRP setelah percobaan penambahan payload sesuai dengan variasi yang disebutkan pada tabel 4.13 s/d 4.16 yang memenuhi kriteria stabilitas dan kapasitas ruang muat bisa dilihat pada tabel berikut ini 4.17. Tabel 4.17 ini akan menampilkan kondisi masing – masing kapal pada kondisi payload maksimum dengan loadcase pada 10% Bahan bakar dan 100% Muatan.

Tabel 4.17: Kondisi Payload Awal Hingga Penambahan

No	Nama Kapal	Payload Awal (Ton)	Displacemetn (Ton)		Payload FRP (Ton)	Displacemetn (Ton)	
			Kayu	FRP		Kayu	FRP
1	Kapal-1	0.4	4.21	3.31	0.52	-	3.43
2	Kapal-2	0.5	4.71	3.841	0.62	-	3.96
3	Kapal-3	0.4	4.42	3.448	0.52	-	3.57
4	Kapal-4	0.4	4.45	3.466	0.52	-	3.59



Gambar 4.6: Kondisi displacement setelah penambahan payload

Berdasarkan gambar 4.6, terlihat bahwa kapal kayu dan kapal FRP pada kondisi displacement awal dimana maksimum muatan adalah sama untuk masing – masing kapal menunjukkan displacement kapal kayu lebih besar jika dibandingkan dengan kapal FRP. Sedangkan untuk kapal FRP, meskipun telah menambah payload rata –rata dari 0.4 Ton menjadi 0.52 Ton kondisi displacement kapal tetap berada dibawah displacement kapal kayu.

4.3 Evaluasi Hambatan Kapal

Pada tahap penentuan besarnya hambatan kapal (*resistance*), ada beberapa hal yang harus diketahui terlebih dahulu seperti metode perhitungan yang digunakan, kecepatan, dan sarat kapal. Untuk mengkalkulasi hasil hambatan kapal akan digunakan software *maxsurf-hullspeed*. Pada program *maxsurf-hullspeed* ini terdiri dari beberapa metode perhitungan hambatan, sehingga harus dipilih metode yang tepat untuk digunakan sebagai perhitungan hambatan kapal ikan dengan kategori *small ship*. Hambatan kapal akan dikalkulasi pada kecepatan 0 Knot s/d 8 Knot. Hal ini dilakukan karena untuk ke empat kapal ikan ini tidak diketahui persis berapa kecepatannya. Jadi, kalkulasi dilakukan pada beberapa kecepatan yaitu 0 Knot s/d 8 Knot.

Untuk kapal ikan 3GT ini digunakan metode *Van Oortmerssen* karena metode ini sesuai digunakan untuk kapal – kapal kecil (*Maxsurf, 2013*). Untuk lebih jelasnya mengenai metode masing – masing hambatan bisa dilihat pada keterangan berikut ini.

a. Savitsky

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi sebelum *planning* (*pre planning*). Selain dari itu terdapat juga metode Savitsky *Planning* yang digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* yang bekerja pada kondisi *planning* (*kecepatan planning*).

b. Lahtiharju

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal cepat *planning hull* pada kondisi *planning* (*kecepatan planning*)

c. Holtrop

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal tanker, kapal kargo, kapal ikan, tug boat, kapal 46ontainer dan kapal frigate.

d. Van Oortmerssen

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal kapal kecil misalnya kapal trawler dan kapal tug boat.

e. Series 60

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal kargo dengan satu propeller (single screw propeller).

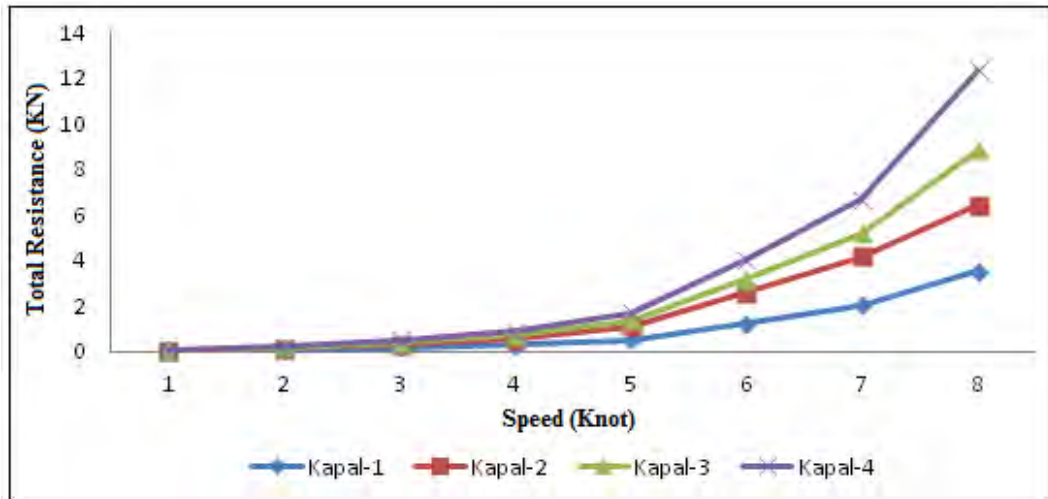
f. Delf Series

Algoritma ini digunakan untuk perhitungan hambatan kapal pada kapal layar (sailing yacht).

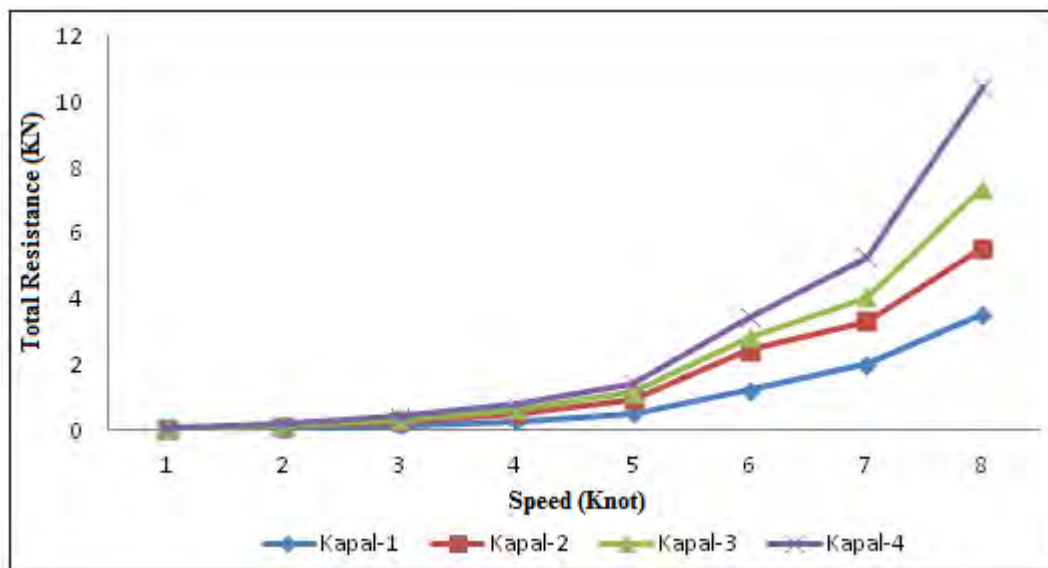
Berdasarkan deskripsi masing – masing metode diatas maka dipilih metode Van Oortmerssen untuk evaluasi hambatan pada ke empat kapal di pulau Bengkalis ini. Untuk alasan yang lebih spesifik mengenai alasan memilih metode Van Oortmerssen adalah sebagai berikut:

- a. $8 < L < 80$
- b. $3 < L/B < 6,2$
- c. $1,9 < B/T < 4,0$
- d. $0,5 < C_p < 0,73$
- e. $5 < V < 3000$
- f. $0,70 < C_m < 0,97$

Untuk mengetahui hambatan pada masing – masing kapal pada setiap kecepatan seperti terlihat pada tabel berikut ini dimana sumbu x merupakan kecepatan kapal 0 Knot s/d 8 Knot.



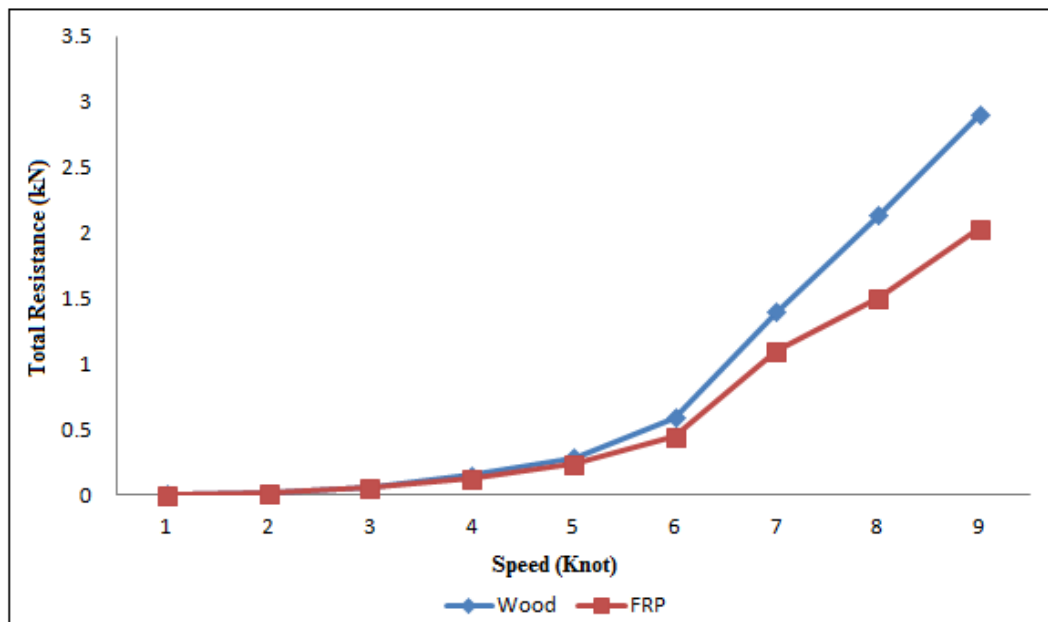
Gambar 4.7a: *Total Resistance* (RT) untuk kapal kayu



Gambar 4.7b: *Total Resistance* (RT) untuk kapal FRP

Pada gambar 4.7a dan 4.7b mengenai *total resistance* (RT) untuk kecepatan 0 Knot s/d 8 Knot, terlihat bahwa kapal yang memiliki *resistance* paling yang paling besar adalah kapal-4 selanjutnya kapal-3, kapal-2 dan yang paling kecil resistancinya adalah kapal-1. Hal ini tentu saja akan menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan kapal type yang manakah yang bisa dipilih sebagai pengganti kapal kayu. Jika dilihat dari sisi *total resistance* (RT) kapal, maka akan berpengaruh terhadap kebutuhan *main engine*. Karena semakin besar *resistance*, maka akan semakin besar pula daya *main engine* yang dibutuhkan.

Total resistance (RT) untuk kapal kayu lebih besar jika dibandingkan dengan kapal FRP. Hal ini terjadi karena displacement kapal kayu lebih besar jika dibandingkan dengan kapal FRP. Seperti yang telah dijelaskan Harvland, 1983 bahwa semakin besar berat suatu kapal, maka *total resistance* nya juga akan semakin besar. Pada kasus kapal ikan 3GT ini kondisi *total resistance* antara kapal kayu dan FRP bisa terlihat pada gambar 4.7c berikut ini.



Gambar 4.7c: Total Resistance Kapal-2

Hambatan kapal ikan 3GT ini dihitung dengan menggunakan metode Van Oortmerssen, dimana metode ini lebih sesuai digunakan untuk kapal – kapal kecil. Namun, ada batasan – batasan yang juga tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan dari metode ini. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4.16: Batasan Penggunaan Metode Van Oortmerssen

No	Parameter	Limitations
1	Length of Water line, L_{WL}	8 to 80 m
2	Volume, V	5 to 3000 m ³
3	Length/Breadth, L/B	3 to 6.2
4	Breadth/Draft, B/T	1.9 to 4.0
5	Prismatic Coefficient, C_p	0.5 to 0.73
6	Longitudinal Center of Buoyancy, LCB	0.7 to 0.97
7	$\frac{1}{2}$ entrance angle, $\frac{1}{2} i_e$	-7% L to 2.8% L
8	Speed/length, $V/L^{0.5}$	0 to 1.79
9	Froude Number, F_n	0 to 0.50

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 5

EVALUASI KARAKTERISTIK DINAMIKA GERAK KAPAL

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa ketika kapal sedang berlayar dilaut, maka kapal akan berinteraksi dengan gelombang, arus dan udara. Akibat dari adanya berbagai keadaan dilaut tersebut, maka akan mempengaruhi timbulnya gerakan-gerakan dan sejumlah respons struktur (Djarmiko, 2012). Selanjutnya, untuk mengetahui informasi mengenai karakteristik gerakan tersebut maka diberikan dalam bentuk grafik dengan absis berupa parameter frekuensi. Sedangkan ordinatnya berupa rasio antara amplitudo gerakan tertentu seperti *heave*, *pitch*, dan *roll* dengan amplitudo gelombang yang disebut dengan istilah *Respon Amplitudo Operator* (RAO).

Untuk mengetahui karakteristik hidrodinamika suatu kapal, maka akan dipaparkan dalam bentuk karakteristik gerakan – gerakan yang biasa dialami oleh kapal pada saat berlayar. Karakteristik gerakan-gerakan tersebut akan disajikan dalam bentuk gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dengan variasi kecepatan 0 Knot, 7 Knot, dan 8 Knot pada sudut heading 0^0 , 45^0 , 90^0 , 135^0 , dan 180^0 . Kapal yang akan dilihat karakteristiknya terdiri dari 4 jenis dengan kapasitas yang sama yaitu 3GT tetapi dengan ukuran utama yang berbeda-beda. Adapun data-data kapal tersebut seperti terlihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1: Dimensi Utama Kapal Ikan 3GT

No	Nama Kapal	Length (m)	Breadth (m)	Depth (m)	Draft (m)
1	Kapal-1	10.20	2.20	1.76	0.40
2	Kapal-2	10.23	2.00	1.33	0.44
3	Kapal-3	10.97	1.93	1.69	0.49
4	Kapal-4	10.62	2.10	2.00	0.37

Evaluasi karakteristik akan dilakukan menggunakan program *Maxsurf-Seakeeper*. Untuk mengoperasikan program ini, *input* data harus dipersiapkan terlebih dahulu. Beberapa *input* data secara umum paparkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5.2: Input data pada program *maxsurf*

No	Input Data	Kapal-1		Kapal-2		Kapal-3		Kapal-4	
		Wood	FRP	Wood	FRP	Wood	FRP	Wood	FRP
1	Maksimum Draft	4.21	0.45	4.71	0.46	4.42	0.56	4.45	0.56
2	Number of Mapped Sections	41							
3	Vessel Type	Monohull							
4	Environment	1025 Tonne/m ³							
5	Spectra	I T T C							
	a. Char Height	0.5 meter							
	b. Modal Periode	12 Second							
6	Headings	0 ⁰ , 45 ⁰ , 90 ⁰ , 135 ⁰ , 180 ⁰							
7	Speed	0 Knot, 7 Knot, 12 Knot							

Pada tabel diatas, untuk penentuan tinggi dan periode gelombang mengacu pada ketentuan tentang *sea state* yang terdapat pada *World Meteorological Organisation* (WMO) 2002 menyetujui kode standart *sea state*, maka wilayah perairan pulau Bengkalis tergolong pada *Sea State 2* dengan *Significant Wave Height* 0,1 - 0,5 dengan periode 12 Sec. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat Tabel 5.3

Tabel 5.3: Sea State WMO,2002

Sea State Code	Significant Wave height	Description	Period (s)
	Range (m)		
0	0	Calm (glassy)	10
1	0,0 - 0,1	Calm (glassy)	11
2	0,1 - 0,5	Smooth (wavelets)	12
3	0,5 - 1,25	Sligth	13
4	1,25 - 2,5	Moderate	14
5	2,5 - 4,0	Rough	5
6	4,0 - 6,0	Very rough	6
7	6,0 - 9,0	High	7
8	9,0 - 14,0	Very high	8
9	Over 14,0	Phenomenal	9

Setelah mengetahui informasi-informasi mengenai *input* data diatas, masing – masing model kapal akan dilakukan uji olah gerak dengan menggunakan *software Maxsurf-seakeeper*. *Output* yang dihasilkan bisa disimpulkan dengan beberapa perbandingan variabel frekuensi, amplitudo gerakan, kecepatan dan heading.

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab.2 mengenai strip teori, untuk mengetahui olah gerak kapal ikan 3GT ini akan dibagi menjadi beberapa station atau strip. Sebagai salah satu *output* dari RAO untuk tiap station diambil salah satu tabel RAO pada kapal-2 FRP pada kecepatan 8 Knot dan heading angle 135^0 .

Tabel 5.4: *Output* RAO dari *Maxsurf-Seakeeper*

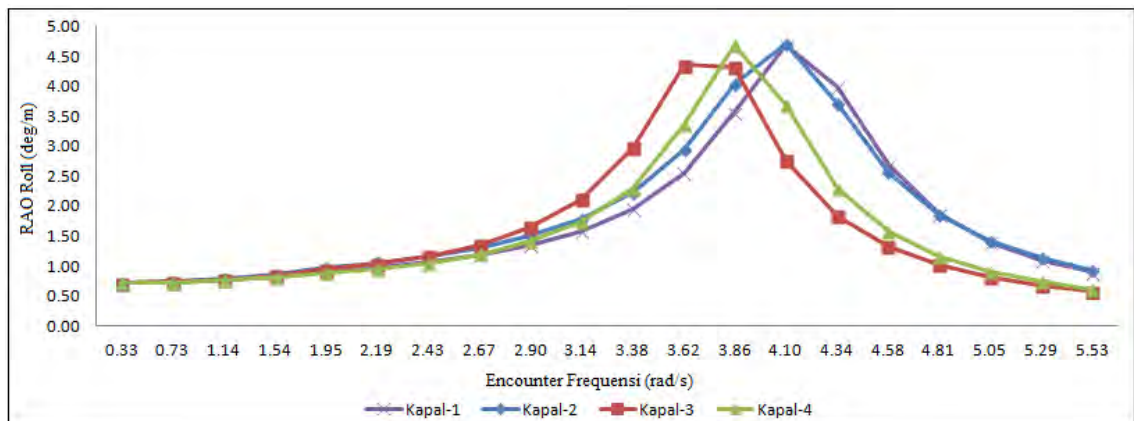
Station	Encounter freq. rad/s	Wave freq. rad/s	Heave RAO	Roll RAO	Pitch RAO
1	0.363	0.33	1.003	0.713	0.656
2	0.817	0.68	1.007	0.736	0.666
3	1.27	0.983	1.01	0.781	0.701
4	1.724	1.256	1.015	0.856	0.749
5	2.178	1.505	1.029	0.977	0.797
6	2.393	1.617	1.043	1.061	0.82
7	2.609	1.726	1.064	1.17	0.841
8	2.825	1.831	1.094	1.316	0.861
9	3.041	1.933	1.133	1.518	0.879
10	3.257	2.032	1.177	1.81	0.891
11	3.473	2.128	1.211	2.26	0.889
12	3.688	2.223	1.204	2.989	0.856
13	3.904	2.315	1.117	4.095	0.772
14	4.12	2.404	0.941	4.7	0.639
15	4.336	2.492	0.728	3.635	0.49
16	4.552	2.579	0.534	2.516	0.362
17	4.768	2.663	0.384	1.827	0.264
18	4.983	2.746	0.277	1.402	0.193
19	5.199	2.827	0.204	1.123	0.143
20	5.415	2.907	0.156	0.928	0.107
21	5.631	2.986	0.126	0.785	0.082
22	5.847	3.063	0.107	0.676	0.064
23	6.063	3.139	0.094	0.591	0.052
24	6.278	3.214	0.084	0.522	0.043
25	6.494	3.287	0.075	0.467	0.037
26	6.71	3.36	0.066	0.42	0.034
27	6.926	3.432	0.058	0.381	0.031
28	7.142	3.502	0.049	0.347	0.028
29	7.358	3.572	0.04	0.318	0.026
30	7.573	3.641	0.032	0.293	0.024
31	7.789	3.708	0.024	0.271	0.022
32	8.005	3.775	0.017	0.252	0.019
33	8.221	3.842	0.012	0.234	0.016
34	9.591	4.245	0.022	0.159	0.004
35	10.961	4.622	0.011	0.115	0.005
36	12.332	4.978	0.007	0.088	0.002
37	13.702	5.316	0.005	0.07	0.001
38	15.072	5.638	0.002	0.057	0.001
39	16.442	5.947	0.002	0.047	0
40	17.813	6.244	0.001	0.04	0
41	19.183	6.53	0.001	0.034	0

5.1 Pengaruh Gerakan Kapal Terhadap Masing-masing Kecepatan

Untuk melihat respon bentuk gerakan *heave*, *roll*, dan *pitch*, berikut akan dipaparkan dalam bentuk kurva RAO dengan *heading angle* 135^0 pada kecepatan 0 Knot, 7 Knot dan 8 Knot. Sudut masuk 135^0 dipilih sebagai salah satu sampel karena posisi arah sudut datang gelombang hampir berlawanan arah dengan arah gerakan kapal sehingga perubahan untuk setiap gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* kapal akan jelas terlihat.

5.1.1 Kecepatan 0 Knot (*Calm*)

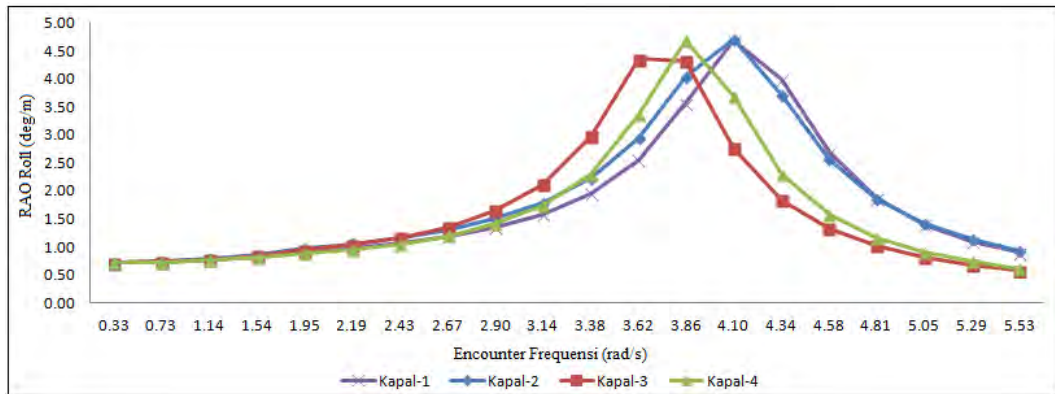
Pada kecepatan 0 Knot atau kapal dalam keadaan diam, diambil hasil analisa salah satu gerakan yaitu gerakan Roll dengan *heading angle* 135^0 untuk type FRP.



Gambar 5.1.1: RAO Roll pada 135^0 heading dan kecepatan 0 Knot

5.1.2 Kecepatan 7 Knot

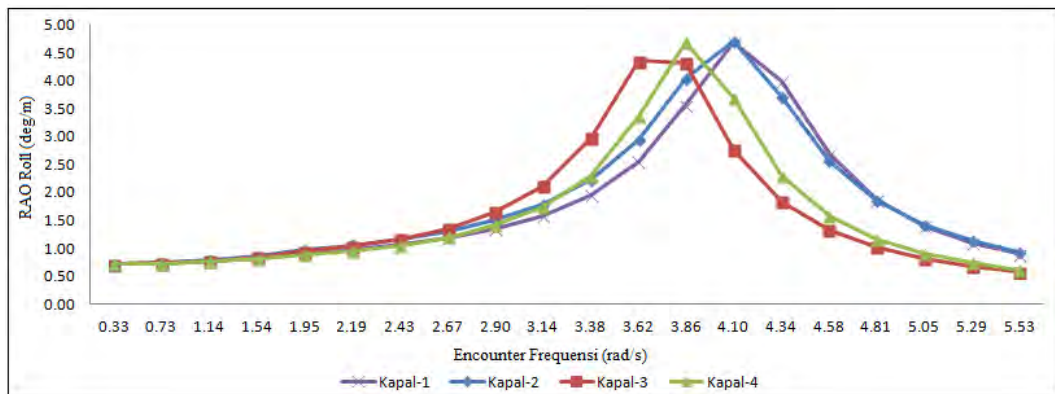
Untuk kecepatan kapal 7 Knot, diambil hasil analisa model kapal pada *heading angle* 135^0 untuk kapal type FRP dengan gerakan Roll.



Gambar 5.1.2: RAO Roll pada 135^0 heading dan kecepatan 7 Knot

5.1.3 Kecepatan 8 Knot

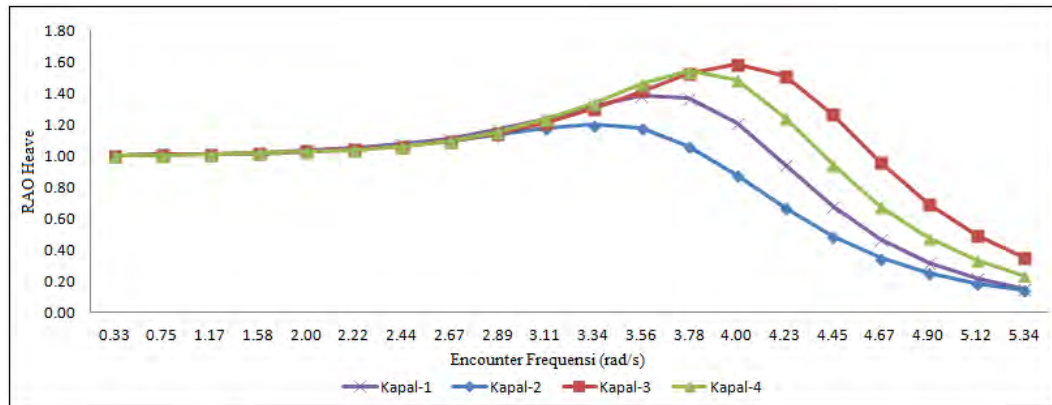
Pada kecepatan 8 Knot, akan diambil pada kapal FRP dengan heading angle 135^0 untuk gerakan Roll



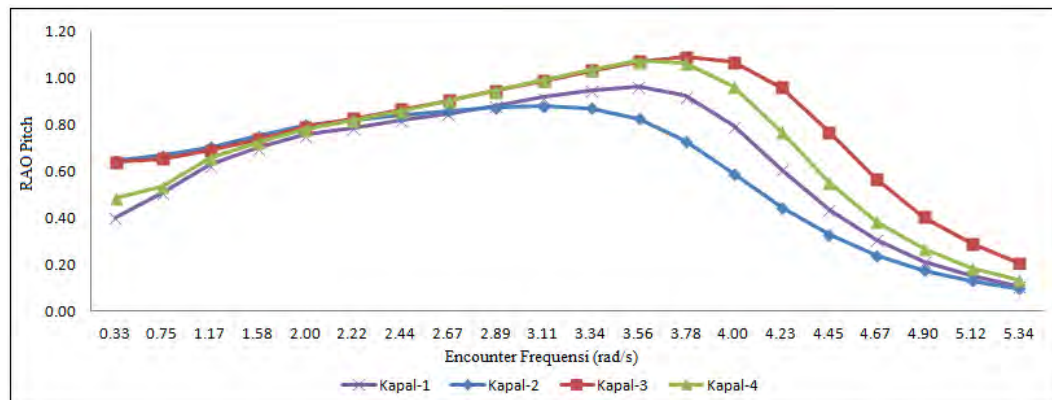
Gambar 5.1.3: RAO Roll pada 135^0 heading dan kecepatan 8 Knot

5.2 Pengaruh RAO Terhadap Bentuk dan Ukuran Kapal

Untuk membandingkan pengaruh RAO terhadap masing-masing kapal, maka akan diplot kurva RAO heave, roll, dan pitch pada sudut arah datang gelombang 135^0 pada kecepatan 8 Knot. Untuk lebih jelasnya, diambil salah satu contoh dari type kapal FRP dengan kondisi *full load*.



Gambar 5.2.1: RAO *Heave* kapal-1-2-3-4 pada kecepatan 8 Knot

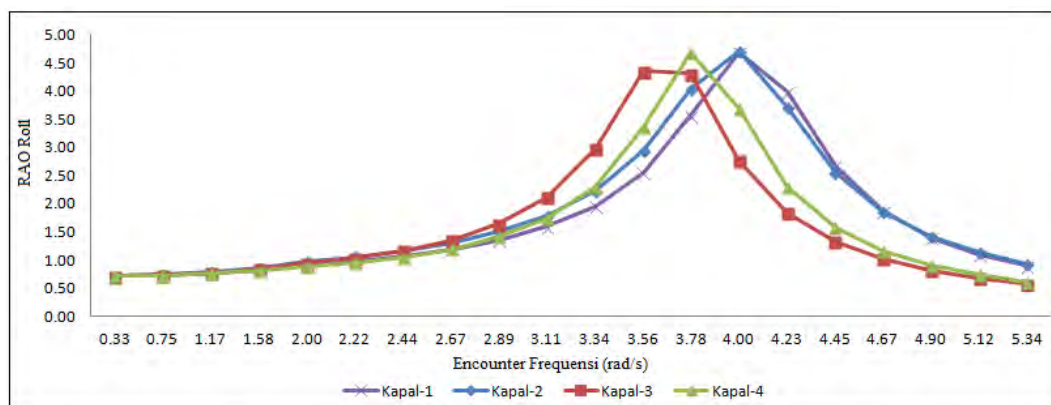


Gambar 5.2.2: RAO *Pitch* kapal-1-2-3-4 pada kecepatan 8 Knot

Pada RAO gerakan heave dan pitch, terlihat pada kurva bahwa kapal-2 berada pada titik paling rendah dengan nilai puncak kritis RAO *heave* 1,20 dengan frekuensi 3,56 rad/s dan RAO *pitch* berada pada titik kritis 0,88 pada frekuensi 3,33 rad/s . Selanjutnya, jika diurutkan dari RAO terkecil hingga terbesar adalah kapal-1 dengan puncak kritis RAO *heave* 1,38 untuk frekuensi 3,62 rad/s dan RAO *pitch* 0,96 untuk frekuensi 3,62 rad/s. Kemudian RAO *heave* kapal-4 dengan nilai puncak kritis RAO *heave* 1,54 untuk frekuensi 3,86 rad/s dan RAO *pitch* 1,07 untuk frekuensi 3,59 rad/s. Sedangkan untuk kapal yang memiliki nilai puncak RAO *heave* dan *pitch* yang tertinggi adalah kapal-3 dengan nilai puncak RAO *heave* 1,59 untuk 3,75 rad/s dan nilai puncak RAO *pitch* 1,09 untuk frekuensi 3,53 rad/s.

Jika diperhatikan kurva diatas dengan membandingkan terhadap rasio geometri dari masing-masing kapal, yang paling terlihat adalah untuk kapal-2 yang

memiliki nilai kritis paling rendah memiliki coefficient block, coefficient prismatic, dan coefficient midship yang paling besar. Sedangkan untuk kapal-3 yang memiliki puncak kritis RAO heave yang paling besar, memiliki angka-angka coefficient yang paling kecil.



Gambar 5.2.3: RAO *Roll* kapal-1-2-3-4 pada kecepatan 8 Knot

Evaluasi untuk gerakan *roll*, jika diperhatikan menunjukkan bentuk yang berlawanan dengan karakteristik gerakan *heave* dan *pitch*. Berdasarkan kurva *roll* diatas, kapal-3 yang memiliki nilai puncak kritis tertinggi untuk gerakan *heave* dan *pitch* justru memiliki nilai puncak kritis yang paling terendah yaitu pada titik 4,36 untuk frekuensi 3,30 rad/s. Selanjutnya, jika diurutkan dari kapal yang memiliki puncak kritis RAO roll dari yang terendah hingga tertinggi, maka berikutnya adalah kapal-4 dengan puncak kritis RAO roll 4,69 untuk frekuensi 3,86 rad/s. Berikutnya adalah kapal-1 dengan puncak kritis RAO 4,68 untuk frekuensi 4,10 rad/s. Sedangkan kapal yang memiliki nilai puncak kritis RAO tertinggi yaitu kapal-2 dengan nilai 4,72 untuk frekuensi 4,22 rad/s.

Jika evaluasi diatas dihubungkan dengan tabel 4.2 mengenai rasio geometri maka dapat disimpulkan bahwa untuk gerakan *heave* dan *pitch*, kapal yang memiliki coefficient block, coefficient prismatic, dan coefficient midship yang paling tinggi akan berada pada nilai puncak kritis RAO yang paling rendah. Sedangkan berbanding terbalik dengan gerakan *roll*, dimana kapal yang memiliki nilai

coeffisien block, coeffisien prismatic, dan coeffisien midship yang paling tinggi akan memiliki puncak kritis RAO yang paling tinggi.

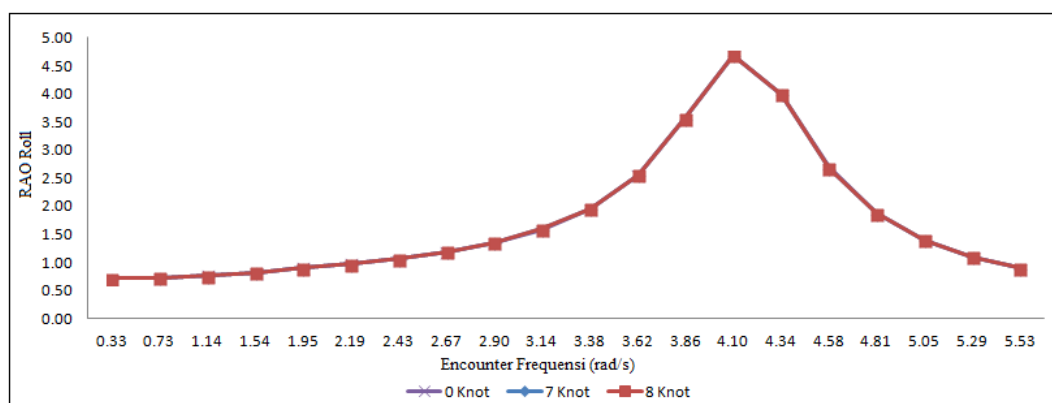
Tabel 5.5: Rasio Geometri

No	Nama Kapal	L/B (m)	L/H (m)	B/T (m)	H/T (m)	C _b	C _p	C _m
1	Kapal-1	4.64	5.80	5.53	4.42	0.48	0.59	0.82
2	Kapal-2	5.12	7.69	4.52	3.01	0.55	0.69	0.83
3	Kapal-3	5.68	6.49	3.96	3.47	0.42	0.57	0.75
4	Kapal-4	5.06	5.31	5.61	5.35	0.43	0.57	0.75

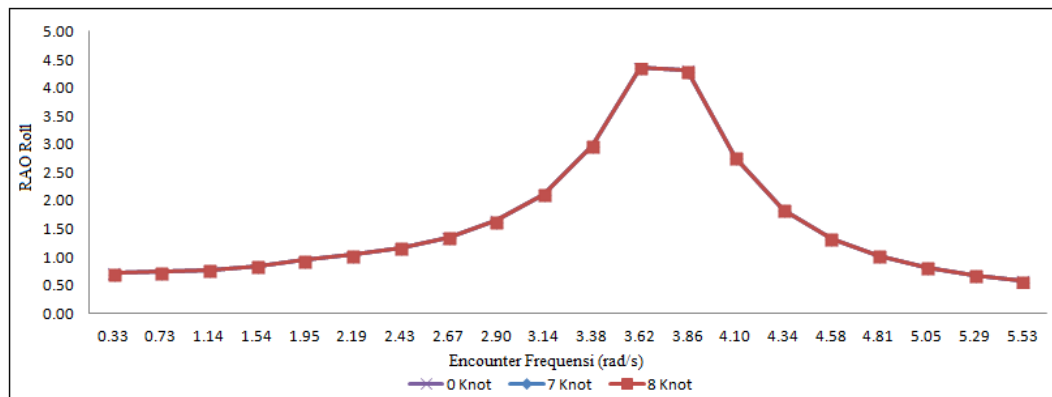
Jadi, karakteristik gerakan *heave*, *pitch* dan *roll* untuk ke empat kapal 3GT di pulau Bengkalis yang telah dievaluasi, jika dilihat dari nilai-nilai coeffisien dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai coeffisien suatu kapal maka nilai puncak kritis RAO akan semakin rendah untuk gerakan *heave* dan *pitch*. Sedangkan, untuk gerakan *roll* akan berbanding terbalik karena memiliki puncak kritis RAO yang paling tinggi.

5.3 Pengaruh RAO Gerakan Kapal Terhadap Kecepatan

Untuk mengetahui pengaruh kecepatan kapal terhadap gerakan kapal, maka akan diambil salah satu sampel model kapal FRP pada kondisi full load yaitu kapal-1 dan kapal-3 untuk gerakan roll, diambil pada heading angle 135^0 . Sedangkan untuk gerakan heave, diambil dari model kapal-1 pada hading angle 180^0 . Dan untuk gerakan pitch, diambil dari kapal-3 pada heading angle 180^0 .

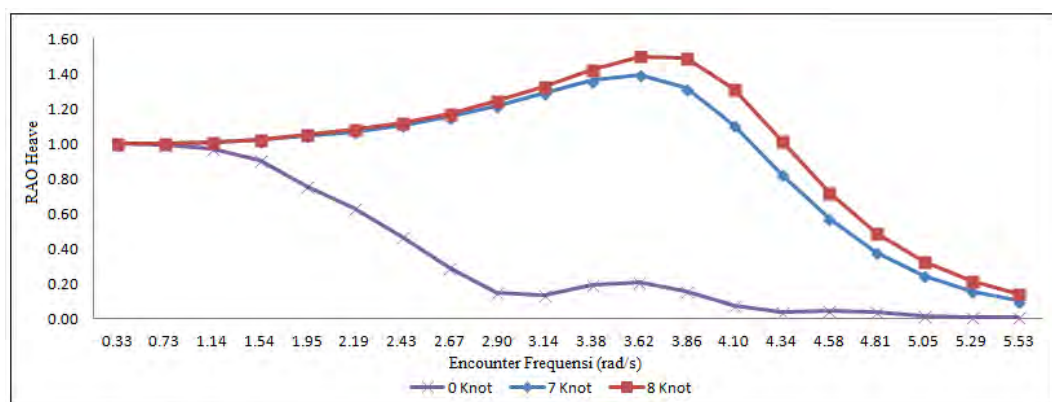


Gambar 5.3.1: RAO Roll kapal-1 pada heading 135^0

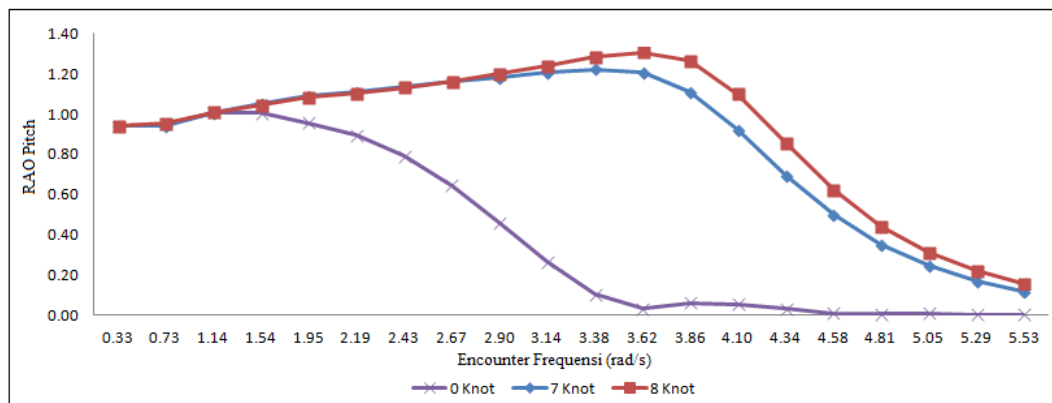


Gambar 5.3.2: RAO Roll kapal-3 pada heading 135⁰

Kemampuan olah gerak kapal berpenaruh terhadap setiap perubahan kecepatan kapal. Apabila seakeeping suatu benda dianalisa dengan kecepatan maju, maka sebaran nilai RAO akan berubah pada saat kecepatan berubah (Claus dan Stutz, 2001). Namun, pada penelitian untuk kapal ikan 3GT di pulau Bengkalis ini tidak perubahan kecepatan tidak mempengaruhi olah gerak kapal untuk gerakan roll. Seperti terlihat pada dua kurva diatas, bahwa kecepatan kapal tidak mempengaruhi gerakan *roll*. Hal ini terlihat bahwa kurva untuk masing – masing kecepatan berhimpitan antara satu sama lain, dan hal ini menunjukkan bahwa nilai-nilai RAO untuk gerakan roll untuk kecepatan 0 Knot, 7 Knot dan 8 Knot adalah sama.



Gambar 5.3.3: RAO Heave kapal-1 pada heading 180⁰

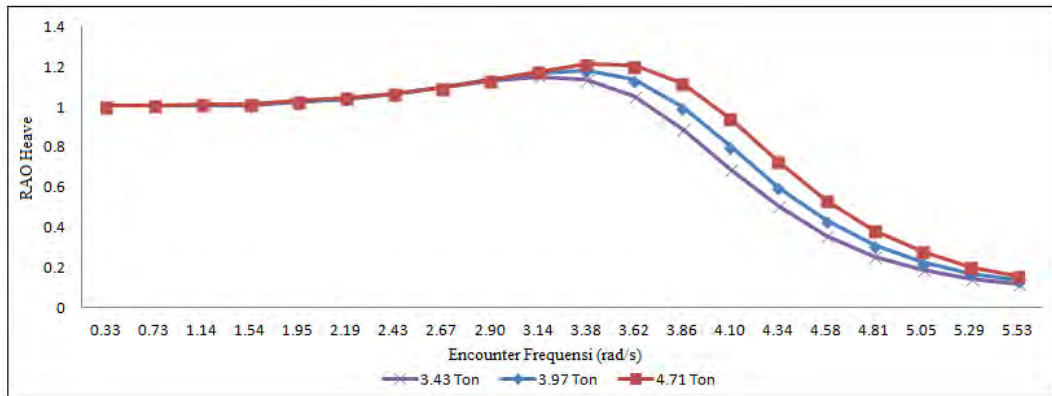


Gambar 5.3.4: RAO *Pitch* kapal-1 pada heading 180^0

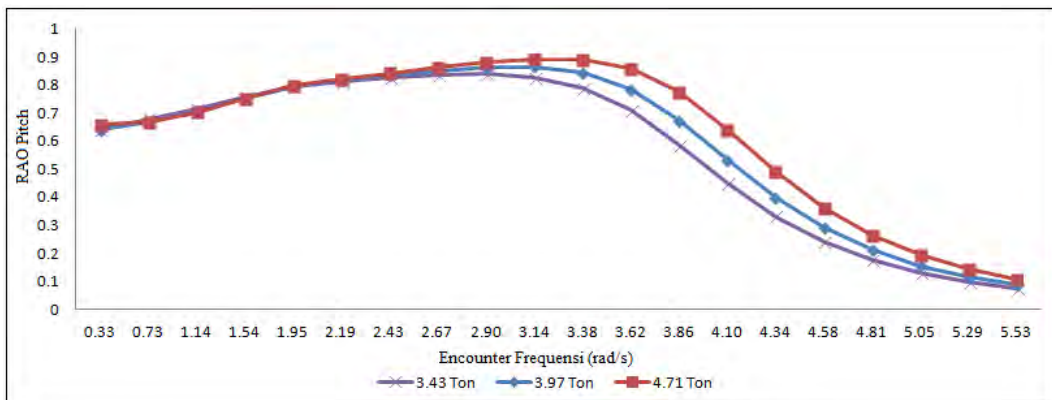
Karakteristik untuk gerakan *heave* dan *pitch* seperti terlihat pada kurva, bahwa perubahan kecepatan kapal sangat mempengaruhi pola olah gerak kapal untuk gerakan *heave* dan *pitch*. Hal ini seperti fenomena yang terjadi untuk kapal type patroli bahwa intensitas gerakan *heave* dan *pitch* akan naik bersamaan dengan bertambahnya kecepatan kapal (Djarmiko, 2012).

5.4 Pengaruh RAO Gerakan Kapal Terhadap Perubahan Displacement

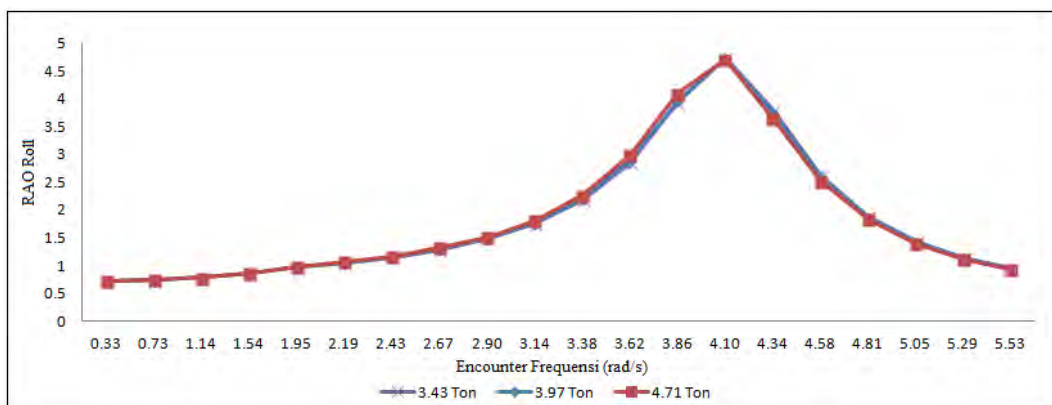
Untuk mengetahui pengaruh gerakan kapal *heave*, *pitch* dan *roll* terhadap perubahan *displacement* kapal, maka akan diambil salah satu hasil analisa model kapal FRP yaitu kapal-2 dengan variasi *displacement* 3,43 Ton pada sarat 0,38 meter, kemudian pada *displacement* 4,71 Ton pada sarat 0,46 meter. Selanjutnya pada *displacement* 3,97 Ton pada sarat 0,42 meter. Penjelasan mengenai pengaruh *displacement* kapal terhadap gerakan kapal ini akan diambil contoh dari kapal-2 pada setiap gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dengan heading angle 135^0 dan pada kecepatan maksimum 8 Knot.



Gambar 5.4.1: RAO *Heave* kapal-2 pada heading 135^0



Gambar 5.4.2: RAO *Pitch* kapal-2 pada heading 135^0



Gambar 5.4.3: RAO *Roll* kapal-2 pada heading 135^0

Berdasarkan pada gambar 5.4.1 yang menjelaskan tentang pengaruh RAO *heave* terhadap setiap *displacement*, terlihat bahwa *displacement* yang paling tinggi yaitu 4,71 Ton pada sarat 0,46 meter memiliki nilai RAO yang paling tinggi pula

dengan nilai puncak RAO 1,15 pada frekuensi 3,60 rad/s. Selanjutnya untuk displacement 3,97 Ton pada sarat 0,42 meter memiliki nilai puncak RAO heave 1,18 pada frekuensi 3,66 rad/s. Sedangkan untuk displacement 3,43 pada sarat 0,38 memiliki nilai RAO tertinggi 1,15 pada frekuensi 3,60 rad/s.

Untuk RAO gerakan *pitch* yang ditampilkan pada gambar 5.4.2 terlihat bentuk kurva hampir mendekati gerakan *heave* dengan nilai RAO *pitch* pada displacement 4,71 Ton adalah 0,89 pada frekuensi 3,47. Selanjutnya pada displacement 3,97 Ton nilai RAO *pitch* 0,86 pada frekuensi 3,43 rad/s. Sedangkan pada displacement 3,43 Ton, nilai RAO *pitch* adalah 0,84 pada frekuensi 3,36 rad/s. Sementara untuk gerakan *roll* seperti yang ditampilkan pada gambar 5.4.3 nilai puncak RAO hampir sama dengan nilai RAO *roll* pada displacement 4,71 Ton adalah 4,70 dengan frekuensi 4,12 rad/s. Selanjutnya untuk RAO *roll* pada displacement 3,97 Ton adalah 4,72 dengan frekuensi 4,35 rad/s. Sedangkan untuk RAO pada displacement 3,43 Ton, nilai RAO *roll* sebesar 4,73 pada frekuensi 4,57 rad/s.

Untuk mengetahui kapal yang manakah yang memiliki kemampuan dinamika gerak yang paling baik, maka pada kajian ini jawaban akan mengacu pada kapal yang memiliki nilai RAO yang paling kecil. Jika dilihat berdasarkan bentuk respons yang di tampilkan pada gambar 5.2.1 dan 5.2.2 maka terlihat bahwa kapal yang memiliki nilai RAO yang paling kecil adalah kapal-2, diikuti oleh kapal-1, kapal-4 dan selanjutnya kapal-3.

5.5 Kriteria Seakeeping

Untuk mengetahui tingkat kenyamanan orang yang berada pada kapal terhadap olah gerak suatu kapal dapat diketahui berdasarkan percepatan gerakan *heave*, *roll* dan *pitch*. Percepatan gerakan untuk kapal 3GT terdiri dari percepatan gerakan *Heave* (m/s^2), percepatan gerakan *Roll* (rad/s), dan percepatan gerakan *Pitch* (rad/s). Perlu diketahui bahwa Pada penelitian ini kriteria kenyamanan *seakeeping* untuk gerakan *heave* mengacu pada kriteria Riola & Garcia de Arboleya (2006) dimana kriteria ini untuk percepatan gerakan vertikal kapal seperti yang ditampilkan di Bab.2 pada tabel 2.7. Sedangkan untuk kriteria kenyamanan *seakeeping* gerakan *roll* akan mengacu pada kriteria yang telah

ditetapkan Bhattacharyya (1978), dimana direkomendasikan *roll periods* untuk *fishing boat* adalah 5,5 s/d 7,0. Sedangkan untuk kriteria kenyamanan *seakeeping* gerakan *pitch* belum ditemukannya rekomendasi kriteria yang sesuai untuk tipe kapal ikan. Untuk lebih jelasnya mengenai kriteria *rolling periods* Bhattacharyya (1978) telah ditampilkan pada Bab.2 Tabel 2.7.

Berikut pada tabel 5.6 ditampilkan nilai percepatan gerakan *heave* masing – masing kapal yang diperoleh dari hasil *maxsurf-seakeeper*.

Tabel 5.6: Percepatan Gerakan *Heave* Kapal

No	Nama Kapal	Kecepatan (Knot)	Sarat (m)	0°	45°	90°	135°	180°
1	Kapal-1	0	0.36	0.082 m/s ²	0.088 m/s ²	0.106 m/s ²	0.086 m/s ²	0.081 m/s ²
			0.45	0.081 m/s ²	0.086 m/s ²	0.105 m/s ²	0.085 m/s ²	0.08 m/s ²
		8	0.36	0.028 m/s ²	0.037 m/s ²	0.093 m/s ²	0.212 m/s ²	0.261 m/s ²
			0.45	0.028 m/s ²	0.037 m/s ²	0.092 m/s ²	0.21 m/s ²	0.257 m/s ²
2	Kapal-2	0	0.38	0.08 m/s ²	0.087 m/s ²	0.109 m/s ²	0.084 m/s ²	0.077 m/s ²
			0.46	0.08 m/s ²	0.086 m/s ²	0.109 m/s ²	0.084 m/s ²	0.077 m/s ²
		8	0.38	0.029 m/s ²	0.037 m/s ²	0.093 m/s ²	0.197 m/s ²	0.235 m/s ²
			0.46	0.029 m/s ²	0.037 m/s ²	0.094 m/s ²	0.196 m/s ²	0.235 m/s ²
3	Kapal-3	0	0.45	0.082 m/s ²	0.089 m/s ²	0.11 m/s ²	0.086 m/s ²	0.08 m/s ²
			0.56	0.08 m/s ²	0.086 m/s ²	0.109 m/s ²	0.085 m/s ²	0.079 m/s ²
		8	0.45	0.028 m/s ²	0.037 m/s ²	0.1 m/s ²	0.226 m/s ²	0.275 m/s ²
			0.56	0.027 m/s ²	0.037 m/s ²	0.098 m/s ²	0.226 m/s ²	0.275 m/s ²
4	Kapal-4	0	0.45	0.087 m/s ²	0.092 m/s ²	0.109 m/s ²	0.088 m/s ²	0.083 m/s ²
			0.56	0.082 m/s ²	0.088 m/s ²	0.106 m/s ²	0.086 m/s ²	0.081 m/s ²
		8	0.45	0.028 m/s ²	0.037 m/s ²	0.098 m/s ²	0.229 m/s ²	0.282 m/s ²
			0.56	0.028 m/s ²	0.037 m/s ²	0.097 m/s ²	0.229 m/s ²	0.282 m/s ²

Berdasarkan nilai percepatan gerakan *heave* yang ditampilkan pada tabel 5.6, maka bisa disimpulkan bahwa gerakan *heave* memenuhi kriteria Riola & Garcia de Arboleya (2006) karena percepatan gerakan vertikal berada pada kondisi kurang dari 0.315 m/det² (< 0.315 m/det²) dengan status *Not Uncomfortable*. Namun perlu di lihat lebih jauh lagi, apakah kapal ikan 3GT ini tergolong pada type kapal yang nyaman (*Not Uncomfortable*) ataupun tidak nyaman. Hal ini perlu diperjelas lagi karena kesimpulan bahwa kapal ikan 3GT ini memenuhi kriteria

gerakan *heave* apabila kapal ikan ini tergolong pada jenis kapal yang *Not Uncomfortable*.

Untuk mengetahui apakah gerakan *roll* memenuhi kriteria atau tidak, maka berikut akan ditampilkan pada tabel 5.7 nilai periode gerakan *roll* dalam satuan detik berdasarkan hasil kalkulasi *maxsurf-seakeeper*.

Tabel 5.7: Periode Gerakan *Roll*

No	Nama Kapal	Kecepatan (Knot)	Sarat (m)	0°	45°	90°	135°	180°
1	Kapal-1	0	0.36	6.87 detik	7.36 detik	7.72 detik	7.96 detik	7.32 detik
			0.45	6.75 detik	6.97 detik	7.25 detik	7.58 detik	7.21 detik
		8	0.36	6.95 detik	7.18 detik	7.99 detik	8.32 detik	7.93 detik
			0.45	6.64 detik	7.03 detik	8.36 detik	8.87 detik	8.66 detik
2	Kapal-2	0	0.38	6.18 detik	6.7 detik	7.01 detik	7.33 detik	6.57 detik
			0.46	5.06 detik	5.33 detik	6.84 detik	6.32 detik	5.97 detik
		8	0.38	6.65 detik	6.93 detik	7.21 detik	7.04 detik	7.48 detik
			0.46	6.87 detik	7.07 detik	7.48 detik	7.51 detik	6.95 detik
3	Kapal-3	0	0.45	7.61 detik	7.86 detik	8.31 detik	8.57 detik	8.22 detik
			0.56	7.44 detik	7.77 detik	8.08 detik	8.26 detik	8.68 detik
		8	0.45	7.93 detik	8.32 detik	8.81 detik	8.89 detik	9.43 detik
			0.56	7.61 detik	7.96 detik	8.67 detik	8.89 detik	8.69 detik
4	Kapal-4	0	0.45	7.06 detik	7.44 detik	7.93 detik	8.07 detik	7.97 detik
			0.56	6.82 detik	7.08 detik	7.54 detik	7.87 detik	7.51 detik
		8	0.45	7.19 detik	7.57 detik	8.65 detik	8.99 detik	8.54 detik
			0.56	6.97 detik	7.43 detik	8.41 detik	8.66 detik	8.06 detik

Berdasarkan tabel 5.7, maka terlihat bahwa tidak semua dari kapal-1, kapal-2, kapal-3 dan kapal-4 memenuhi kriteria kenyamanan untuk gerakan *roll*. Berdasarkan tabel 2.7 yang ditampilkan pada Bab.2 mengenai kriteria *roll periods*, diketahui bahwa kapal yang nyaman dilihat dari gerakan *roll* berada pada range 5.5 s/d 7.0 detik. Untuk nilai *roll periods* berdasarkan tabel 5.7 yang paling mendekati kriteria adalah kapal-2. Maka dapat disimpulkan bahwa kapal yang paling nyaman diantara seluruh kapal 3GT yang dievaluasi pada penelitian ini adalah kapal-2.

BAB 6

Kesimpulan

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi stabilitas, hambatan, dan dinamika gerak kapal, maka bisa disimpulkan bahwa kapal dengan bahan FRP layak untuk mengganti kapal kayu. Hal ini dinyatakan sesuai dengan hasil evaluasi yaitu:

- a. Masing – masing kapal FRP mampu menambah *payload* sebesar 0,12 Ton dengan *payload* terbesar terdapat pada kapal-2 dengan total *payload* 0,62 Ton dari *payload* awal sebesar 0,5 Ton. Sedangkan untuk kapal-1, kapal-3 dan kapal-4 mengalami penambahan 0,12 Ton dengan *payload* terbesar 0,52 Ton dari *payload* awal sebesar 0,4 Ton.
- b. Stabilitas kapal FRP setelah penambahan *payload* memenuhi kriteria *International Maritime Organization* (IMO).
- c. Untuk kapal FRP, hambatan yang paling kecil adalah untuk kapal-1, diikuti oleh kapal-2, kapal-3 dan kapal-4.
- d. Berdasarkan kriteria kenyamanan *seakeeping* gerakan *heave* dan *roll*, kapal yang memenuhi kriteria gerakan *heave* dan *roll* adalah kapal-2.

6.2 Saran

Untuk memilih desain kapal yang manakah yang paling layak untuk di jadikan acuan dalam pembuatan kapal ikan FRP 3GT, maka bisa mempertimbangkan kembali dari total *payload*, hambatan, dan dinamika gerak kapal masing – masing kapal.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M dan Nofrizal (2009), "Tentang Pelapukan Kapal Kayu", *Jurnal Perikanan dan Kelautan.*, Universitas Riau, Pekanbaru, hal. 135-146.
- Baqi, M (2012), *Karakteristik Stabilitas Kapal Isap Timah Perairan Dangkal Di Kepulauan Bangka Belitung*, Tesis Program Studi Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok.
- Bhattacharyya, R (1978), *Dynamics Of Marine Vehicles*, John Wiley & Sons, New York.
- Biro Klasifikasi Indonesia (1989), *Peraturan Konstruksi Kapal Kayu*, Jakarta.
- Clauss, G. F. and Stutz, K (2001) "Time-Domain Analysis of Floating Bodies with Forward Speed". *Proceeding of OMAE'01. 20th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*. Rio de Janeiro, Brazil.
- IMO (2002), *Code on Intact Stability Criteria for Types of ships Covered by IMO Instruments*, 2002 Edition, IMO, London.
- IMO (2008), "Explanatory Notes To The International Code On Intact Stability" Resolution A.168 (ES IV), IMO, London
- Djarmiko, E.B (2012), *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*, ITS Press, Surabaya
- Fyson, J (1985), *Design of Small Fishing Vessels*, Fishing News Ltd, Farnham Surrey England.
- Harvald, Sv.Aa (1983), *Resistance and propulsion of ships*, A Willey-Interscience, Newyork.

- International Convention on Tonnage Measurement of Ships (1969), International Maritime Organization, 1983, London.
- Lewis, Edward.V. (1988), *Principal of Naval Architecture Second Revision Vol.I Stability And Strength*, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City.
- Maxsurf (2007), “Maxsurf Automation Manual”, Maxsurf Windows Version 13.
- Muharam, S.A (2011), “Desain dan Konstruksi Kapal Fibreglass di PT.Carita Boat Indonesia Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten”, Skripsi Program Studi Manajemen Perikanan Tangkap, IPB, Bogor.
- Newman, JN (1978), “The Theory of Ship Motions”, *Advances in Applied Mechanics*, Vol.18, pp 221-283
- Olson, S.R (1978), “An Evaluation of the Seakeeping Qualities of Naval Combatants”, *Naval Engineers Journal*, ASNE, Vol90, No.1, pp.23-24, Feb.
- Prayitno, E.M.M (2012), “Analisa Teknis Optimalisasi Propulsi Kapal Ikan Menggunakan CVT Gearbox”, *Kapal-Vol.9*, No.3.
- Riola, J.M. and Garcia de Arboleya,M (2006), “Habitability and Personal Space in Seakeeping Behaviour”, *Journal of Maritime Research*, Vol.III No.1, pp.41-54
- Sahrin, Tasrun, (1998), *Membangun Kapal Ikan Secara Praktis*, PT.PAL Indonesia, Jakarta.
- Scott, R.J (1996), *Fiberglass Boat Design and Construction*, 2nd edition, The Society of Naval Architects and Marine Engineers 601 Pavonia Avenue, New Jersey.

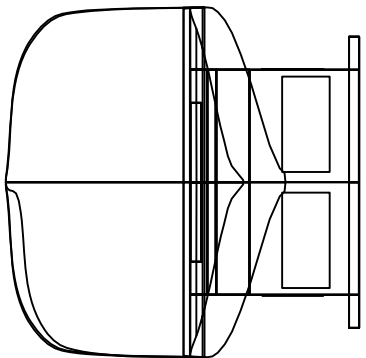
BIODATA PENULIS



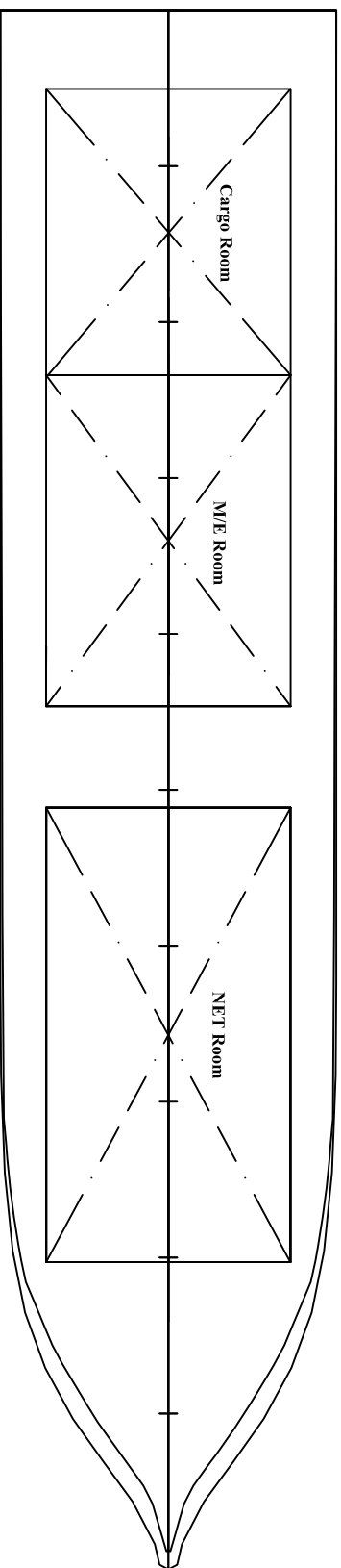
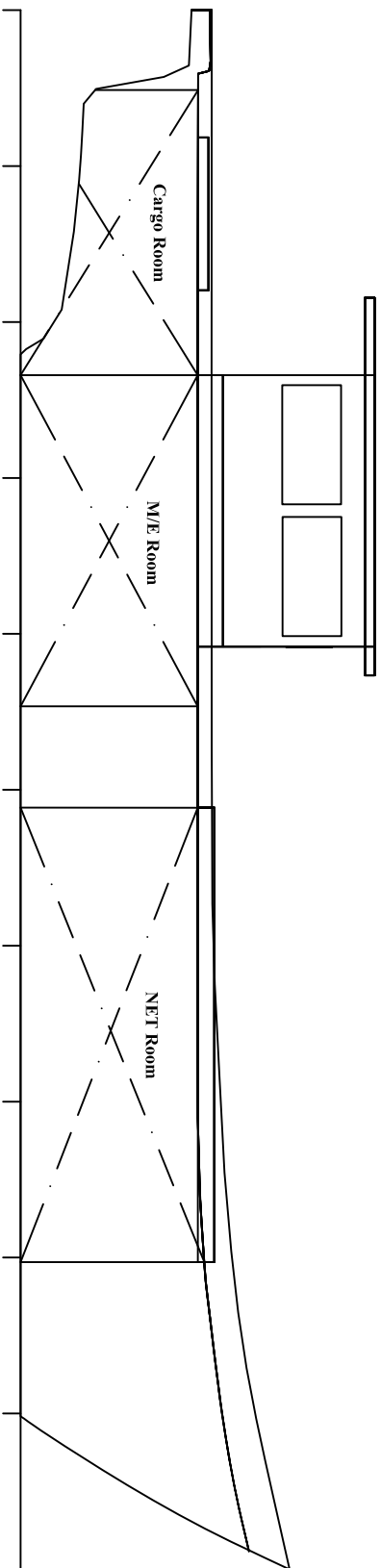
NURHASANAH

Penulis lahir di Bengkalis Riau, 20 April 1984, merupakan anak kedua dari lima bersaudara pasangan Bapak Chairul Anwar dan Ibu Umi Aida. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD N 029 Air Putih, SMP N 3 Bengkalis dan SMA N 2 Bengkalis. Setelah lulus pada tahun 2002, Penulis melanjutkan studi Diploma 3 di Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Bengkalis Riau. Setelah menyelesaikan studi Diploma 3, pada tahun 2006 penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi Pasca Sarjana dengan Bidang Keahlian Hidrodinamika Kapal, Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK - ITS Surabaya. Terdaftar dengan NRP. 4112203003, penulis menyelesaikan penulisan Tesis dengan judul “EVALUASI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA KAPAL IKAN UNTUK WILAYAH PERAIRAN PULAU BENGKALIS - RIAU” pada tahun 2014.

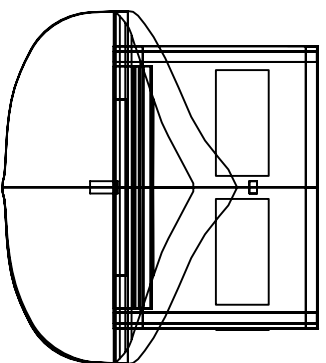
Lampiran-1 : Layout Kapal-1



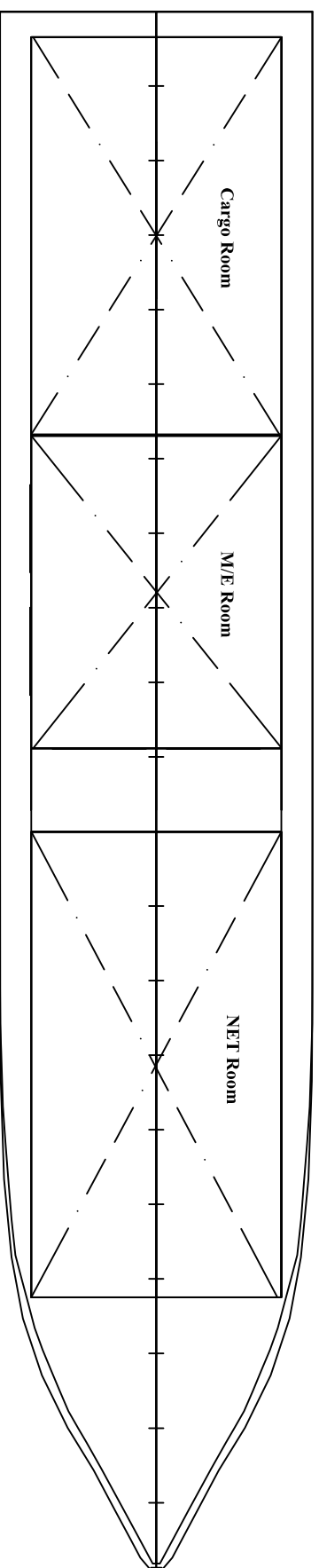
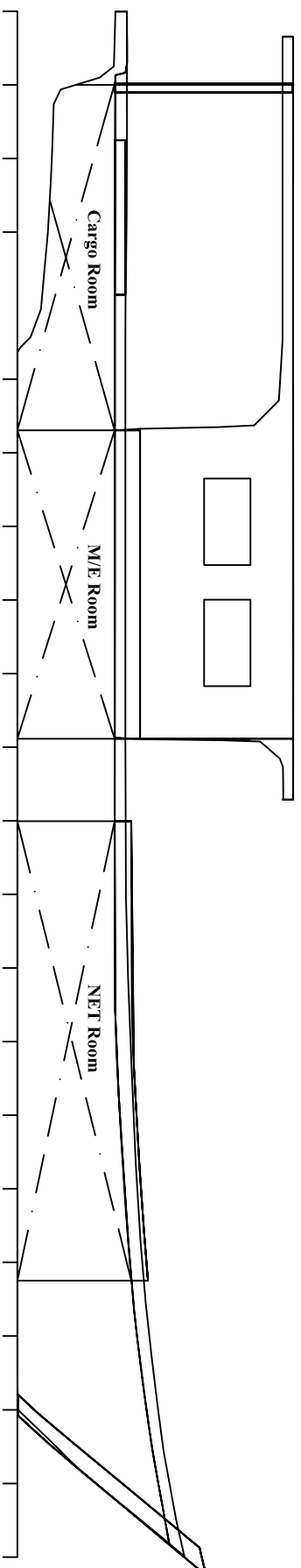
Dimension
Length : 10,2 m
Breadth : 2,2 m
Hight : 1,76 m



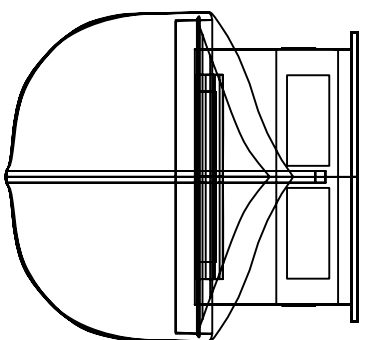
Lampiran-2: Layout Kapal-2



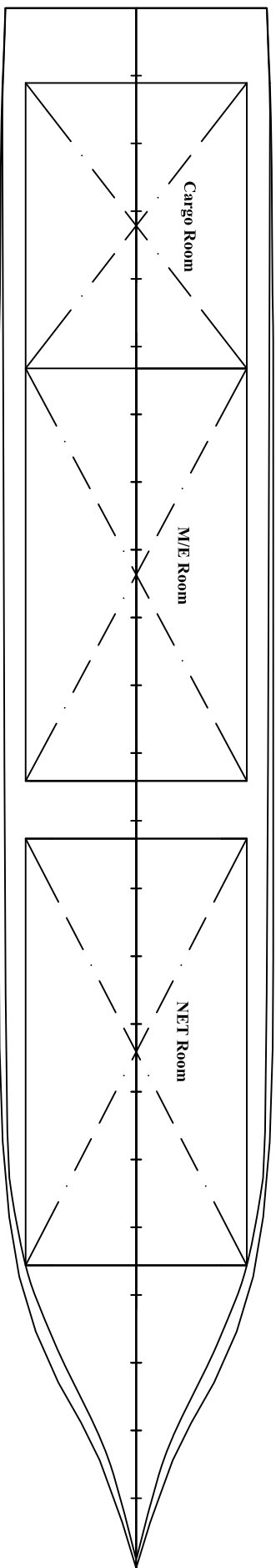
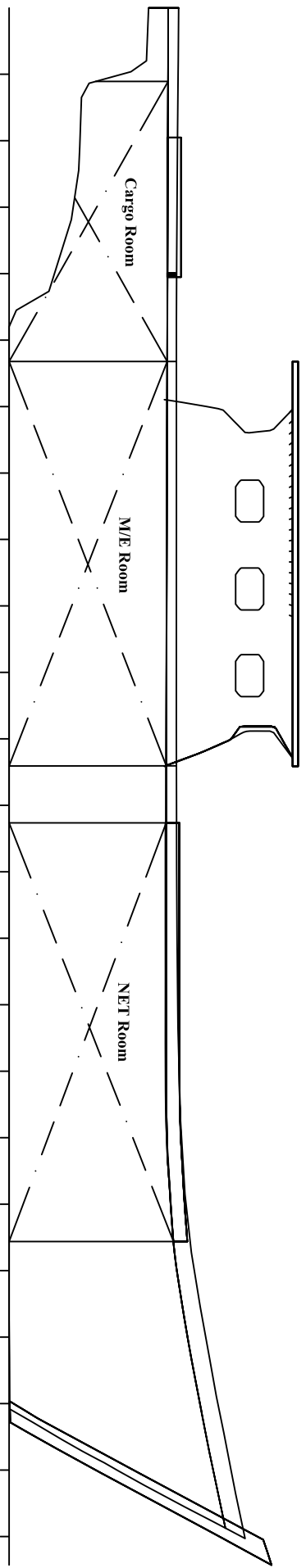
Dimension
Length : 10,23 m
Breadth : 2,0 m
Hight : 1,33 m



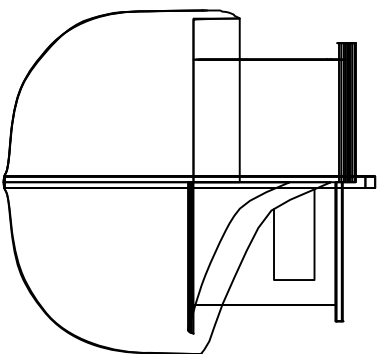
Lampiran-3: Layout Kapal-3



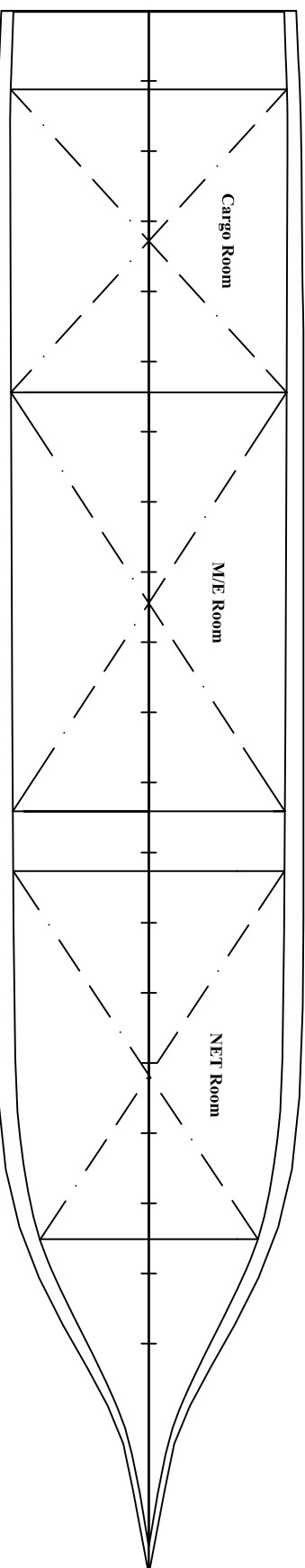
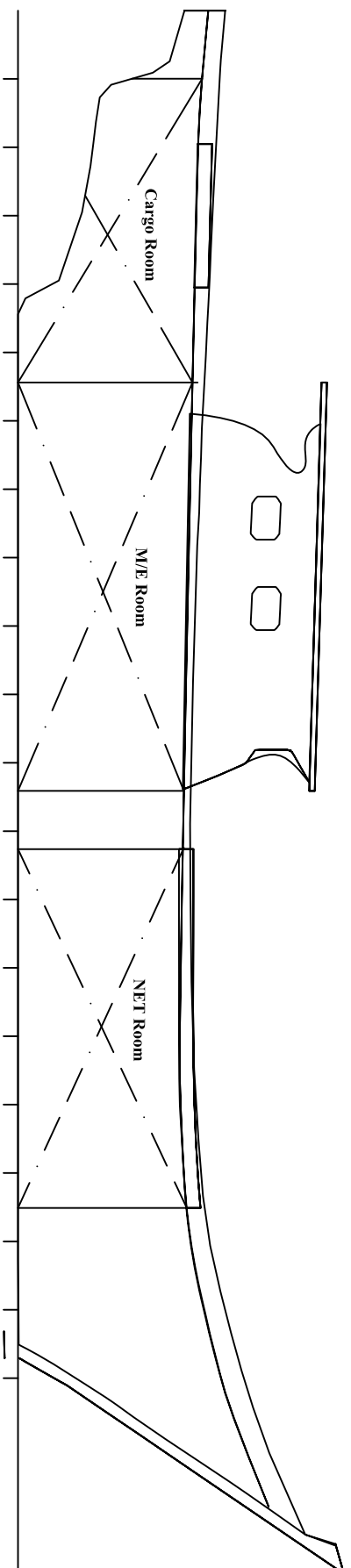
Dimension
Length : 10,97 m
Breadth : 1,93 m
Hight : 1,69 m



Lampiran-4: Layout Kapal-4



Dimension
Length : 10,62 m
Breadth : 2,1 m
Hight : 2,0 m



Lampiran-5

Item Perhitungan Titik Berat Kapal

No	Item	Kapal-1	Kapal-2	Kapal-3	Kapal-4
1	Panjang Kapal (m)	10.20	10.23	10.97	10.62
2	Lebar Kapal (m)	2.20	2.00	1.93	2.10
3	Tinggi Kapal (m)	1.76	1.33	1.69	2.00
4	Panjang Bangunan Atas (m)	1.50	2.00	1.80	2.00
5	Lebar Bangunan Atas (m)	1.70	1.80	1.50	1.60
6	Tinggi Bangunan Atas (m)	1.00	1.10	0.80	1.00
7	Luas alas (m ²)	18.81	19.08	19.22	17.60
8	Luas sisi (m ²)	45.49	39.48	53.12	53.36
9	Luas geladak (m ²)	18.31	19.36	20.83	18.32
10	Luas Sekat ruang muat (m ²)	1.64	1.71	1.74	1.58
11	Luas Sekat ruang jaring (m ²)	1.64	1.71	1.74	1.58
12	Tebal sekat (m)	0.03			
13	Tebal alas (m)	0.06			
14	Tebal sisi (m)	0.03			
15	Tebal geladak (m)	0.03			
16	Tebal Bangunan Atas (m)	0.02			
17	Massa jenis bahan (kg/m ³)	5800 gr/m ³			
18	Gravitasi (m/s ²)	9.81 m/s ²			

Lampiran-6
Detail Perhitungan KG dan LCG

Kapal-1

No	Item	Luas (m ²) (m ²)	Volume (m ³) (A x t)	Massa (Kg)	Gaya (N)	Lengan ->Alas (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan alas)	Lengan ->Ap (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan Ap)
1	Bagian alas	18.81	1.1286	6545.88	65458.8	0	0	5.52	0
2	Bagian sisi	45.49	1.3647	7915.26	79152.6	0.55	43533.93	5.52	240307.2936
3	Bagian geladak	18.31	0.5493	3185.94	31859.4	1.1	35045.34	5.52	193450.2768
4	Bagian Sekat ruang muat	1.64	0.0492	285.36	2853.6	0.4	1141.44	2.56	2922.0864
5	Bagian Sekat ruang jaring	1.64	0.0492	285.36	2853.6	0.4	1141.44	5.51	6289.3344
6	Bagian sisi bangunan atas	3.00	0.06	348	3480	1.38	4802.4	3.27	15703.848
7	Bagian tutup bangunan atas	2.55	0.051	295.8	2958	2.76	8164.08	3.27	26696.5416
8	TOTAL			18861.6	188616		93828.63		485369.38

Jadi, Total berat = 188616 N
 KG = Momen_{Alas}/Gaya = 0.497 m diatas dasar
 LCG = Momen_{Ap}/Gaya = 5.57 m dari AP

Kapal-2

No	Item	Luas (m ²) (m ²)	Volume (m ³) (A x t)	Massa (Kg)	Gaya (N)	Lengan ->Alas (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan alas)	Lengan ->Ap (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan Ap)
1	Bagian alas	19.08	1.1448	6639.84	66398.4	0	0	5.25	0
2	Bagian sisi	39.48	1.1844	6869.52	68695.2	0.45	30912.84	5.25	162292.41
3	Bagian geladak	19.36	0.5808	3368.64	33686.4	0.9	30317.76	5.25	159168.24
4	Bagian Sekat ruang muat	1.85	0.0555	321.9	3219	0.45	1448.55	2.69	3896.5995
5	Bagian Sekat ruang jaring	1.85	0.0555	321.9	3219	0.45	1448.55	5.08	7358.634
6	Bagian sisi bangunan atas	4.40	0.088	510.4	5104	0.69	3519.7184	3.73	13128.54963
7	Bagian tutup bangunan atas	3.60	0.072	417.6	4176	2.43	10147.68	3.73	37850.8464
8	TOTAL			18449.8	184498		77795.10		383695.28

Jadi, Total berat = 184498 N
 KG = Momen_{Alas}/Gaya = 0.422 m diatas dasar
 LCG = Momen_{Ap}/Gaya = 5.07 m dari AP

Kapal-3

No	Item	Luas (m ²) (m ²)	Volume (m ³) (A x t)	Massa (Kg)	Gaya (N)	Lengan ->Alas (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan alas)	Lengan ->Ap (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan Ap)
1	Bagian alas	19.22	1.1532	6688.56	66885.6	0	0	5.7	0
2	Bagian sisi	53.12	1.5936	9242.88	92428.8	0.32	29577.216	5.7	168590.1312
3	Bagian geladak	20.83	0.6249	3624.42	36244.2	0.64	23196.288	5.7	132218.8416
4	Bagian Sekat ruang muat	1.74	0.0522	302.76	3027.6	0.57	1725.732	2.57	4435.13124
5	Bagian Sekat ruang jaring	1.74	0.0522	302.76	3027.6	0.57	1725.732	5.85	10095.5322
6	Bagian sisi bangunan atas	2.88	0.0576	334.08	3340.8	1.72	5746.176	4.11	23616.78336
7	Bagian tutup bangunan atas	2.70	0.054	313.2	3132	2.02	6326.64	4.11	26002.4904
8	TOTAL			20808.66	208086.6		68297.78		364958.91

Jadi, Total berat = 208086.6 N
 KG = Momen_{Alas}/Gaya = 0.328 m diatas dasar
 LCG = Momen_{Ap}/Gaya = 5.76 m dari AP

Kapal-4

No	Item	Luas (m ²) (m ²)	Volume (m ³) (A x t)	Massa (Kg)	Gaya (N)	Lengan ->Alas (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan alas)	Lengan ->Ap (m)	Momen (Nm) (GayaxLengan Ap)
1	Bagian alas	17.60	1.056	6124.8	61248	0	0	5.26	0
2	Bagian sisi	53.36	1.6008	9284.64	92846.4	0.63	58493.232	5.26	307674.4003
3	Bagian geladak	18.32	0.5496	3187.68	31876.8	0.63	20082.384	5.26	105633.3398
4	Bagian Sekat ruang muat	1.58	0.0474	274.92	2749.2	0.61	1677.012	2.61	4377.00132
5	Bagian Sekat ruang jaring	1.58	0.0474	274.92	2749.2	0.61	1677.012	7.06	11839.70472
6	Bagian sisi bangunan atas	4.00	0.08	464	4640	1.68	7795.2	4.16	32428.032
7	Bagian tutup bangunan atas	3.20	0.064	371.2	3712	1.89	7015.68	4.16	29185.2288
8	TOTAL			19982.16	199821.6		96740.52		491137.71

Jadi, Total berat = 199821.6 N
 KG = Momen_{Alas}/Gaya = 0.484 m diatas dasar
 LCG = Momen_{Ap}/Gaya = 5.45 m dari AP

Lampiran-7
Detail Input Pada Maxsurf-Hydromax

Kapal-1: Bahan Bakar 10%- Muatan at +0,12

No	Item Name	Quantity	Unit Mass (Tone)	Total Mass (Tone)	Long Arm (m)	Trans Arm (m)	Vert Arm (m)
1	Lightship		2.18	2.18	5.57	1.08	0.50
2	Main engine		0.50	0.50	3.46	1.10	0.57
3	Equipment		0.06	0.06	2.64	1.10	0.58
4	Bahan Bakar		0.003	0.003	3.54	0.25	0.28
5	ABK		0.14	0.14	3.62	0.25	0.41
6	Makanan dan Minuman		0.01	0.01	2.85	0.20	0.40
7	Berat Es dan Muatan		0.54	0.54	1.10	0.80	0.30
8	Total Displ			3.43			
9	Vcg						0.61

Kapal-2: Bahan Bakar 10%- Muatan at +0,12

No	Item Name	Quantity	Unit Mass (Tone)	Total Mass (Tone)	Long Arm (m)	Trans Arm (m)	Vert Arm (m)
1	Lightship		2.63	2.63	5.07	0.96	0.42
2	Main engine		0.50	0.50	3.21	1.04	0.52
3	Equipment		0.06	0.06	2.41	1.04	0.57
4	Bahan Bakar		0.003	0.003	3.17	0.32	0.31
5	ABK		0.14	0.14	3.53	0.32	0.45
6	Makanan dan Minuman		0.01	0.01	2.76	0.18	0.37
7	Berat Es dan Muatan		0.62	0.62	0.96	0.73	0.31
8	Total Displ			3.96			
9	Vcg						0.59

Kapal-3: Bahan Bakar 10%- Muatan at +0,12

No	Item Name	Quantity	Unit Mass (Tone)	Total Mass (Tone)	Long Arm (m)	Trans Arm (m)	Vert Arm (m)
1	Lightship		2.24	2.24	5.76	1.12	0.33
2	Main engine		0.50	0.50	3.61	1.04	0.46
3	Equipment		0.06	0.06	2.84	1.21	0.48
4	Bahan Bakar		0.003	0.003	3.72	0.47	0.31
5	ABK		0.14	0.14	3.73	0.47	0.45
6	Makanan dan Minuman		0.01	0.01	3.07	0.25	0.38
7	Berat Es dan Muatan		0.52	0.62	1.14	0.85	0.35
8	Total Displ			3.57			
9	Vcg						0.55

Kapal-4: Bahan Bakar 10%- Muatan at +0,12

No	Item Name	Quantity	Unit Mass (Tone)	Total Mass (Tone)	Long Arm (m)	Trans Arm (m)	Vert Arm (m)
1	Lightship		2.26	2.26	5.45	1.12	0.48
2	Main engine		0.50	0.50	3.61	1.04	0.46
3	Equipment		0.06	0.06	2.84	1.21	0.48
4	Bahan Bakar		0.003	0.003	3.72	0.47	0.31
5	ABK		0.14	0.14	3.73	0.47	0.45
6	Makanan dan Minuman		0.01	0.01	3.07	0.25	0.38
7	Berat Es dan Muatan		0.62	0.62	1.14	0.85	0.35
8	Total Displ			3.59			
9	Vcg						0.58

Lampiran.8
Loadcase setelah penambahan untuk kapal-1

Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)
LWT:		LWT:		LWT:		LWT:	
Berat kulit lambung	0.896	Berat kulit lambung	0.896	Berat kulit lambung	0.896	Berat kulit lambung	0.896
Berat gading/konstruksi	0.018	Berat gading/konstruksi	0.018	Berat gading/konstruksi	0.018	Berat gading/konstruksi	0.018
Berat panel/Bangunan atas	0.420	Berat panel/Bangunan atas	0.420	Berat panel/Bangunan atas	0.420	Berat panel/Bangunan atas	0.420
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500
Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800
Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040
Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020
Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140
Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006
Sub Total	2.882	Sub Total	2.882	Sub Total	2.882	Sub Total	2.882
DWT:		DWT:		DWT:		DWT:	
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003
Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001
Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020
Jumlah Tangkapan (+0,895)	1.295	Jumlah Tangkapan (+0,447)	0.847	Jumlah Tangkapan (+0,2235)	0.624	Jumlah Tangkapan (+0,12)	0.520
Sub Total	1.325	Sub Total	0.877	Sub Total	0.653	Sub Total	0.550
TOTAL	4.206	TOTAL	3.758	TOTAL	3.535	TOTAL	3.431

Lampiran.9
Loadcase setelah penambahan untuk kapal-2

Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)
LWT:		LWT:		LWT:		LWT:	
Berat kulit lambung	1.240	Berat kulit lambung	1.240	Berat kulit lambung	1.240	Berat kulit lambung	1.240
Berat gading/konstruksi	0.204	Berat gading/konstruksi	0.204	Berat gading/konstruksi	0.204	Berat gading/konstruksi	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.319	Berat panel/Bangunan atas	0.319	Berat panel/Bangunan atas	0.319	Berat panel/Bangunan atas	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500
Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800
Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040
Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020
Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140
Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006
Sub Total	3.311	Sub Total	3.311	Sub Total	3.311	Sub Total	3.311
DWT:		DWT:		DWT:		DWT:	
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003
Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001
Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020
Jumlah Tangkapan (+0,866)	1.366	Jumlah Tangkapan (+0,5)	1.002	Jumlah Tangkapan (+0,25)	0.751	Jumlah Tangkapan (+0,12)	0.626
Sub Total	1.396	Sub Total	1.032	Sub Total	0.781	Sub Total	0.656
TOTAL	4.707	TOTAL	4.343	TOTAL	4.092	TOTAL	3.967

Lampiran.10
Loadcase setelah penambahan untuk kapal-3

Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)
LWT:		LWT:		LWT:		LWT:	
Berat kulit lambung	1.011	Berat kulit lambung	1.011	Berat kulit lambung	1.011	Berat kulit lambung	1.011
Berat gading/konstruksi	0.021	Berat gading/konstruksi	0.021	Berat gading/konstruksi	0.021	Berat gading/konstruksi	0.021
Berat panel/Bangunan atas	0.438	Berat panel/Bangunan atas	0.438	Berat panel/Bangunan atas	0.438	Berat panel/Bangunan atas	0.438
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500
Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800
Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040
Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020
Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140
Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006
Sub Total	3.018	Sub Total	3.018	Sub Total	3.018	Sub Total	3.018
DWT:		DWT:		DWT:		DWT:	
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003
Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001
Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020
Jumlah Tangkapan (+0,97)	1.370	Jumlah Tangkapan (+0,45)	0.858	Jumlah Tangkapan (+0,23)	0.629	Jumlah Tangkapan (+0,12)	0.520
Sub Total	1.400	Sub Total	0.888	Sub Total	0.659	Sub Total	0.550
TOTAL	4.418	TOTAL	3.906	TOTAL	3.677	TOTAL	3.568

Lampiran.11
Loadcase setelah penambahan untuk kapal-4

Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)	Item Berat Kapal	FRP (Ton)
LWT:		LWT:		LWT:		LWT:	
Berat kulit lambung	1.023	Berat kulit lambung	1.023	Berat kulit lambung	1.023	Berat kulit lambung	1.023
Berat gading/konstruksi	0.020	Berat gading/konstruksi	0.020	Berat gading/konstruksi	0.020	Berat gading/konstruksi	0.020
Berat panel/Bangunan atas	0.445	Berat panel/Bangunan atas	0.445	Berat panel/Bangunan atas	0.445	Berat panel/Bangunan atas	0.445
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	Main Engine, Propeller&Shaft	0.500
Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035	Kemudi	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800	Jaring dan pelampung	0.800
Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040	Box ikan	0.040
Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020	Jangkar	0.020
Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005	Tali Jangkar	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002	Kayu untuk bendera	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	Anak Buah Kapal (ABK)	0.140
Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006	Perlengkapan masak	0.006
Sub Total	3.036	Sub Total	3.036	Sub Total	3.036	Sub Total	3.036
DWT:		DWT:		DWT:		DWT:	
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	Bahan bakar (Solar) -10%	0.003
Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001	Makanan - 10%	0.001
Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006	Minuman -10%	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020	Berat Es 'Full'	0.020
Jumlah Tangkapan (+0,98)	1.382	Jumlah Tangkapan (+0,49)	0.891	Jumlah Tangkapan (+0,25)	0.646	Jumlah Tangkapan (+0,12)	0.520
Sub Total	1.412	Sub Total	0.921	Sub Total	0.675	Sub Total	0.550
TOTAL	4.448	TOTAL	3.957	TOTAL	3.711	TOTAL	3.586

Lampiran.12
Loadcase sebelum penambahan payload kapal-1

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.280	0.896
Berat gading/konstruksi	0.049	0.018
Berat panel/Bangunan atas	0.899	0.420
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.777	2.882
DWT:		
Bahan bakar (Solar) 'Full'	0.030	0.030
Makanan 'Full'	0.005	0.005
Minuman 'Full'	0.060	0.060
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.000	0.000
Sub Total	0.115	0.115
TOTAL	3.892	2.997

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.280	0.896
Berat gading/konstruksi	0.049	0.018
Berat panel/Bangunan atas	0.899	0.420
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.777	2.882
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -50%	0.015	0.015
Makanan - 50%	0.003	0.003
Minuman -50%	0.030	0.030
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan '50%'	0.200	0.200
Sub Total	0.268	0.268
TOTAL	4.044	3.150

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.280	0.896
Berat gading/konstruksi	0.049	0.018
Berat panel/Bangunan atas	0.899	0.420
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.777	2.882
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	0.003
Makanan - 10%	0.001	0.001
Minuman -10%	0.006	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan '100%'	0.400	0.400
Sub Total	0.430	0.430
TOTAL	4.206	3.311

Lampiran.13
Loadcase sebelum penambahan payload kapal-2

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) 'Full'	0.030	0.030
Makanan 'Full'	0.005	0.005
Minuman 'Full'	0.060	0.060
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.000	0.000
Sub Total	0.115	0.115
TOTAL	4.292	3.426

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -50%	0.015	0.015
Makanan - 50%	0.003	0.003
Minuman -50%	0.030	0.030
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan '50%'	0.200	0.200
Sub Total	0.268	0.268
TOTAL	4.445	3.579

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	0.003
Makanan - 10%	0.001	0.001
Minuman -10%	0.006	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.500	0.500
Sub Total	0.530	0.530
TOTAL	4.707	3.841

Lampiran.14
Loadcase sebelum penambahan payload kapal-3

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.445	1.011
Berat gading/konstruksi	0.058	0.021
Berat panel/Bangunan atas	0.938	0.438
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.988	3.018
DWT:		
Bahan bakar (Solar) 'Full'	0.030	0.030
Makanan 'Full'	0.005	0.005
Minuman 'Full'	0.060	0.060
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.000	0.000
Sub Total	0.115	0.115
TOTAL	4.104	3.134

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.445	1.011
Berat gading/konstruksi	0.058	0.021
Berat panel/Bangunan atas	0.938	0.438
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.988	3.018
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -50%	0.015	0.015
Makanan - 50%	0.003	0.003
Minuman -50%	0.030	0.030
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan '50%'	0.200	0.200
Sub Total	0.268	0.268
TOTAL	4.256	3.286

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.445	1.011
Berat gading/konstruksi	0.058	0.021
Berat panel/Bangunan atas	0.938	0.438
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	3.988	3.018
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	0.003
Makanan - 10%	0.001	0.001
Minuman -10%	0.006	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.400	0.400
Sub Total	0.430	0.430
TOTAL	4.418	3.448

Analisis Penggunaan FRP Sebagai Pengganti Kayu Untuk Kapal Ikan 3GT, Studi Kasus di Pulau Bengkalis Provinsi Riau

Nurhasanah ⁽¹⁾, IKAP Utama ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK-ITS

⁽²⁾ Dosen Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS

Abstrak

Kebakaran hutan di wilayah Riau yang menjadi bencana nasional beberapa waktu yang lalu menyebabkan kelangkaan bahan baku untuk berbagai keperluan masyarakat dimana salah satunya adalah keperluan untuk membangun kapal ikan dengan bahan kayu. Pada saat ini, di daerah pesisir pulau Bengkalis Riau yang letaknya berhadapan langsung dengan Selat Malaka tercatat hampir 160 unit kapal ikan berkapasitas 3GT dengan bahan kayu. Kapal ikan 3GT dipilih dengan alasan karena harga pembuatan lebih terjangkau, biaya operasional terjangkau, hasil tangkapan yang hampir cukup memenuhi kebutuhan hidup serta biaya perawatan lebih terjangkau. Nelayan merasa lebih bisa mandiri karena bisa melakukan perbaikan sendiri serta mampu memenuhi biaya operasional.

Perancangan kapal ikan dengan bahan FRP ini menggunakan unsur desain kapal yang lama. Metode yang digunakan adalah dengan mengukur langsung dimensi utama dan mengukur bentuk body kapal ikan kayu 3GT. Selanjutnya hasil pengukuran tersebut digambarkan kembali pada program *maxsurf* untuk kemudian dilakukan evaluasi terhadap displacement kapal, hambatan, dan *power main engine*. Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh kesimpulan bahwa dengan standar berat kayu 20 kg/m^2 dan berat FRP 14 kg/m^2 terlihat kapal ikan dengan bahan kayu memiliki displacement yang lebih besar daripada bahan FRP. Dengan ukuran dan bentuk kapal yang sama, kapal ikan 3GT dengan bahan FRP harus dianalisis sehingga mampu memenuhi kriteria dari sisi hambatan serta stabilitas kapal.

Keywords: Kapal 3GT, Monohull, FRP, Stabilitas

1. Latar Belakang

Jumlah kapal ikan 3GT dengan bahan dasar kayu di pulau Bengkalis tercatat sebanyak 160 unit (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Bengkalis, 2013). Jumlah tersebut hanya untuk jumlah kapal ikan yang ada di pulau Bengkalis saja, yaitu

Kecamatan Bengkalis dan Bantan. Jumlah tersebut kemungkinan dalam jangka waktu beberapa tahun kedepan akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh 2 faktor kemungkinan yaitu sulitnya untuk mendapatkan bahan dasar kayu atau tidak ada lagi pembangunan kapal ikan 3GT karena nelayan tidak sanggup membangun kapal ikan dengan bahan baku yang lain karena dikhawatirkan memiliki harga yang lebih mahal.

Bahan baku yang diperkirakan memiliki kemungkinan terbesar untuk bisa diterapkan sebagai pengganti kayu yaitu *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*. Sifat *fiberglass* yang lebih ringan dibandingkan dengan kayu bisa menjadi alasan kuat mengapa bahan ini dipilih menjadi alternative (Scott,1996). Perbandingan berat antara kayu dan *fiberglass* yaitu untuk kulit lambung kapal kayu memiliki berat 20 Kg/m², sedangkan FRP memiliki berat 14 Kg/m² (Fyson, 1985). Dengan perbandingan berat tersebut, maka dilihat dari sisi displacement kapal akan lebih menguntungkan sehingga akan berpengaruh juga terhadap hambatan kapal yang kemungkinan bisa lebih kecil dan akan menguntungkan dalam pemilihan daya *main engine* kapal. Untuk melihat lebih jelas mengenai pengaruh tersebut, perlu dilakukan evaluasi pada kapal kayu 3GT yang ada pada saat ini terlebih dahulu supaya bisa diperoleh perbandingan antara karakteristik kapal ikan dengan bahan dasar kayu dengan kapal ikan berbahan FRP. Karakteristik meliputi displacement, hambatan, serta stabilitas kapal. Sebagai langkah awal perlu adanya data hasil survey dilapangan mengenai kapal kayu 3GT seperti data dimensi utama kapal, data *main engine*, data ukuran ruangan-ruangan yang terdapat pada kapal, data mengenai bentuk lambung kapal, dan lain-lain. Kapal ikan 3GT dipilih menjadi studi kasus karena type ini merupakan type yang paling banyak digunakan oleh nelayan.

Informasi yang diperoleh dari nelayan yang menggunakan kapal ikan 3GT dengan bahan dasar kayu tersebut,

- a. Harga pembuatan kapal kayu 3GT lebih terjangkau
- b. Biaya operasional bisa lebih terjangkau
- c. Apabila diperlukan perbaikan, maka nelayan tersebut bisa melakukannya sendiri

Dengan adanya evaluasi karakteristik dari kapal ikan 3GT dengan bahan dasar kayu ini nantinya diharapkan akan mempermudah dalam tahap perancangan kapal ikan dengan bahan dasar *fiberglass*. Kapal ikan *fiberglass* ini diharapkan nantinya memiliki

kelebihan meskipun dari segi pembuatan lebih mahal dari bahan dasar kayu. Apabila tidak ditemukan kelebihan dari segi harga, akan tetapi diharapkan memiliki kelebihan berupa umur kapal lebih tahan lama, mudah dalam perbaikan, daya *main engine* yang lebih kecil sehingga biaya operasional seperti pembelian bahan bakar bisa lebih ekonomis.

2. Bahan dan Metode

Untuk menganalisa apakah kapal ikan FRP 3GT memiliki kemampuan stabilitas yang baik atau tidak, maka sebagai data pembanding diambil dari desain kapal ikan kayu 3GT yang ada saat ini sehingga perlu dilakukan pengukuran langsung ke lapangan. Pengukuran dilakukan terhadap panjang, lebar, tinggi kapal serta palkah-palkah yang terdapat dikapal.

a. Survey ke Lapangan

Data yang dikumpulkan adalah data yang diperoleh langsung berdasarkan wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. Pengamatan akan dilakukan pada lokasi-lokasi tempat perkumpulan nelayan yang ada di pulau Bengkalis. Selain pengamatan, juga akan dilakukan wawancara langsung kepada nelayan mengenai kondisi kapal ikan yang selama ini digunakan untuk melaut. Selain dari data mengenai dimensi kapal, berikut merupakan data-data lain yang digunakan untuk menentukan kondisi beban (loadcase) kapal di antaranya berat *main engine*, jangkar, jaring, box ikan, dan lain-lain (Lewis, 1988).

b. Pengolahan Data Hasil Survey

Data-data hasil survey dilapangan dan wawancara dengan nelayan akan dijadikan pertimbangan dalam proses evaluasi dan analisis. Evaluasi dan analisis mencakup dimensi utama kapal, hambatan kapal, serta stabilitas kapal.

c. Penggambaran dan Evaluasi

Penggambaran yang dimaksud disini merupakan gambar kapal ikan 3GT hasil survey dilapangan. Sehingga diperlukan data berupa panjang, lebar, tinggi, ukuran lebar per-station, data *main engine*, dan lain-lain. Setelah proses

penggambaran, maka selanjutnya dilakukan proses evaluasi terhadap karakteristik kapal ikan 3GT yang dengan bahan dasar kayu.

d. Analisis Antara Karakteristik Kapal Kayu dan *Fiberglass*

Analisis dilakukan berdasarkan hasil evaluasi terhadap kapal kayu 3GT yang dilakukan sebelumnya. Sehingga diharapkan akan diperoleh perbedaan hasil antara karakteristik antara kapal kayu dan kapal *fiberglass*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Evaluasi Kapal Yang Akan di Analisis

Survey dilakukan di beberapa desa yang berada dipesisir pulau Bengkalis yang berhadapan langsung dengan Selat Malaka dan yang banyak perkampungan nelayannya. Data kapal yang digunakan diperoleh dari hasil survey di desa Muntai Kecamatan Bantan dan desa Meskom Kecamatan Bengkalis. Dalam satu desa rata-rata bentuk dan ukuran kapal adalah sama sehingga hanya diambil satu data kapal tiap untuk tiap desa. Data-data kapal kayu yang diperoleh adalah seperti dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel.1: Data-data kapal hasil survey

No	Data Kapal	Kapal.1 (Muntai)	Kapal.2 (Meskom)
1	Panjang (m)	10,20	10,23
2	Lebar (m)	2,20	2,00
3	Tinggi (m)	1,76	1,33

Sebagai langkah awal dalam memilih kapal mana yang akan dijadikan acuan sebagai kapal pembanding, diambil secara random salah satu dari kapal untuk dilakukan penggambaran dan evaluasi. Karena ukuran dari masing-masing kapal tidak memiliki perbedaan yang signifikan, maka data kapal yang akan dianalisis pertama kalinya diambil secara acak dan diambil kapal-1 dari desa Muntai.



Gambar.1; Kapal-1 Desa Muntai

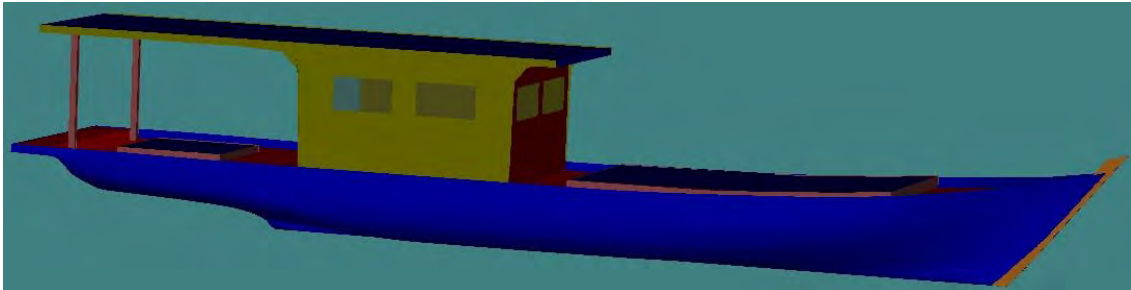
Setelah digambar dan dianalisis stabilitas dari kapal-1 ini, ternyata hasilnya tidak memenuhi kriteria dari International Maritime Organization (IMO) sehingga kapal ini tidak bisa di jadikan perbandingan.

Karena kapal-1 tidak bisa dijadikan pembanding, maka data kapal diganti dan diambil dari data kapal-2 dari desa Meskom. Berikut merupakan data kapal yang akan dijadikan objek analisa untuk penentuan perbandingan displacement, hambatan dan stabilitas kapal.

Panjang : 10,23 m
Lebar : 2,00 m
Tinggi : 1,33 m
Main Engine : Engine Diesel 16 HP; Merk Dongfeng S1100
Dimension 814x412x620 mm



Gambar.2; Kapal-2 Desa Meskom



Gambar.3; Bentuk Kapal-2 Yang Memenuhi Kriteria

3.2 Perhitungan Awal

Evaluasi pertama yang dilakukan pada kapal.1 Muntai, maka diperoleh hasil evaluasi stabilitas yang tidak memenuhi kriteria stabilitas dari International Maritim Organization (IMO) dan kapal ini dianggap tidak layak untuk dijadikan kapal pemandang. Sehingga perlu dilakukan proses penggambaran ulang dengan dimensi kapal yang berbeda yang diambil dari data kapal-2 Meskom.

a. Perhitungan Luasan Kapal

Luasan kapal berkaitan erat dengan perhitungan berat lambung kapal, konstruksi kapal serta berat panel. Untuk menghitung luasan lambung kapal, maka perlu digambarkan bukaan kulit (Sahrin,1998). Untuk kapal dengan dimensi Panjang $L= 10.2\text{m}$, Lebar $B= 2.0\text{m}$, dan Tinggi $H= 0.7\text{m}$ maka diperoleh luasan sebagai berikut:

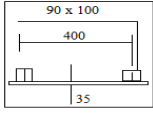
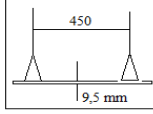
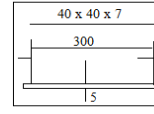
Tabel.2: Perhitungan Luasan Kapal

No	Item	Area (m ²)
1.	Skin	58,53
2.	Frame	2,21
3.	Panel	20,4

b. Perhitungan Berat Kapal

Untuk menghitung berat setiap luasan kapal, ditentukan berdasarkan tabel berikut ini (Fyson, 1985).

Tabel.3: Berat kayu dan FRP per m² (Fyson, 1985)

	Wood	Steel	FRP	Fero-Cement
				
Specific Gravity	0,75	7,8	1,5	2,6
Weight of Skin per m ²	20 Kg	39 Kg	14 Kg	70 Kg
Weight of Frame per m ²	19 Kg	17 Kg	7 Kg	6 Kg
Weight of Panel per m ²	45 Kg	56 Kg	21 Kg	76 Kg

Berikut merupakan rekapitulasi item berat kapal yang berpengaruh terhadap LWT atau DWT.

Tabel.4: Loadcase 100% b.bakar,0% muatan

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) 'Full'	0.030	0.030
Makanan 'Full'	0.005	0.005
Minuman 'Full'	0.060	0.060
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.000	0.000
Sub Total	0.115	0.115
TOTAL	4.292	3.427

Tabel.5: Loadcase 50% b.bakar,50%muatan

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -50%	0.015	0.015
Makanan - 50%	0.003	0.003
Minuman -50%	0.030	0.030
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan '50%'	0.200	0.200
Sub Total	0.268	0.268
TOTAL	4.445	3.579

Tabel.5: Loadcase 10% bahan bakar, 100% muatan

Item Berat Kapal	Kayu (Ton)	FRP (Ton)
LWT:		
Berat kulit lambung	1.771	1.240
Berat gading/konstruksi	0.554	0.204
Berat panel/Bangunan atas	0.304	0.319
Main Engine, Propeller&Shaft	0.500	0.500
Kemudi	0.035	0.035
Jaring dan pelampung	0.800	0.800
Box ikan	0.040	0.040
Jangkar	0.020	0.020
Tali Jangkar	0.005	0.005
Kayu untuk bendera	0.002	0.002
Anak Buah Kapal (ABK)	0.140	0.140
Perlengkapan masak	0.006	0.006
Sub Total	4.177	3.311
DWT:		
Bahan bakar (Solar) -10%	0.003	0.003
Makanan - 10%	0.001	0.001
Minuman -10%	0.006	0.006
Berat Es 'Full'	0.020	0.020
Jumlah Tangkapan	0.500	0.500
Sub Total	0.530	0.530
TOTAL	4.706	3.841

Berdasarkan data dari tabel 4 s/d 6, maka terlihat perbedaan LWT antara kapal kayu dengan LWT kapal FRP dengan nilai 4,177 Ton untuk LWT kapal kayu dan 3,311 Ton LWT untuk kapal FRP. Perbedaan LWT tersebut disebabkan karena adanya perbedaan berat bahan kayu dan FRP untuk tiap meter persegi.

c. Penentuan Posisi Sarat Kapal Terhadap Beban Tertentu

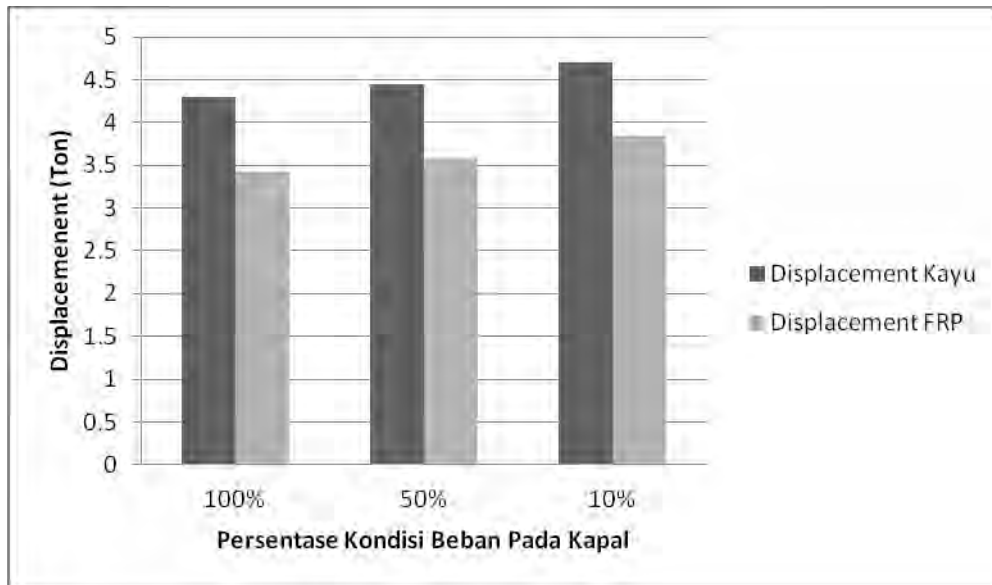
Penentuan posisi sarat (T) sangat penting dilakukan untuk menghitung hambatan kapal. Karena kapal kayu ini tidak diketahui persis letak ketinggian sarat (T) nya, maka berikut merupakan penentuan sarat sesuai dengan displacement kapal. Adapun data ini diperoleh berdasarkan kurva hidrostatik.

Tabel.6: Loadcase, Displacement, dan Hambatan untuk kapal kayu

No	Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Van Oortmersen		Holtrop	
				RT (kN)	Power (HP)	RT (kN)	Power (HP)
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4.292	0.440	1.000	6.128	2.110	12.914
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4.445	0.448	1.100	6.719	2.170	13.276
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4.706	0.462	1.270	7.791	2.270	13.906

Tabel.7: Loadcase, Displacement, dan Hambatan untuk kapal FRP

No	Loadcase	Displ (Ton)	Sarat (m)	Van Oortmersen		Holtrop	
				RT (kN)	Power (HP)	RT (kN)	Power (HP)
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	3.427	0.381	0.430	1.970	1.540	9.468
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	3.579	0.392	0.520	2.360	1.620	9.910
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	3.841	0.410	0.670	3.090	1.730	10.621



Gambar.4; Kurva Perubahan Displacement Setiap Loadcase

Berdasarkan gambar.4 terlihat selisih antara displacement kapal kayu dengan kapal FRP. Kurva tersebut menjelaskan displacement kapal setiap perubahan loadcase yaitu pada saat loadcase 100% bahan bakar dan 0% muatan, 50% bahan bakar dan 50% muatan, serta 10% bahan bakar dan 100% muatan sehingga terlihat jelas bahwa displacement untuk kapal FRP berada di bawah displacement kapal kayu.

3.3 Evaluasi Karakteristik Kapal Kayu dan FRP

a. Evaluasi Displacement Kapal

Untuk mengetahui total dari Gross Tone (GT) kapal yang dianalisa, maka perlu dihitung terlebih dahulu volume ruang-ruang tertutup pada kapal. Untuk perhitungan GT menggunakan persamaan $0,25 \times \text{Volume ruang tertutup khusus untuk kapal dengan panjang kurang atau sama dengan 24 meter}$ (TMS, 1969).

Tabel.8: Perhitungan volume ruang tertutup

No	Item	Volume (m ³)
1	Ruang muat	1.90176
2	Kamar mesin dan free space	4.0236
3	Palkah jaring	6.00208
	Σ =	11.92744

Jadi, total Gross Tone (GT) adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{GT} &= 0,25 \times \text{Volume} \\
 &= 0,25 \times 11,92744 \\
 &= 2,98 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

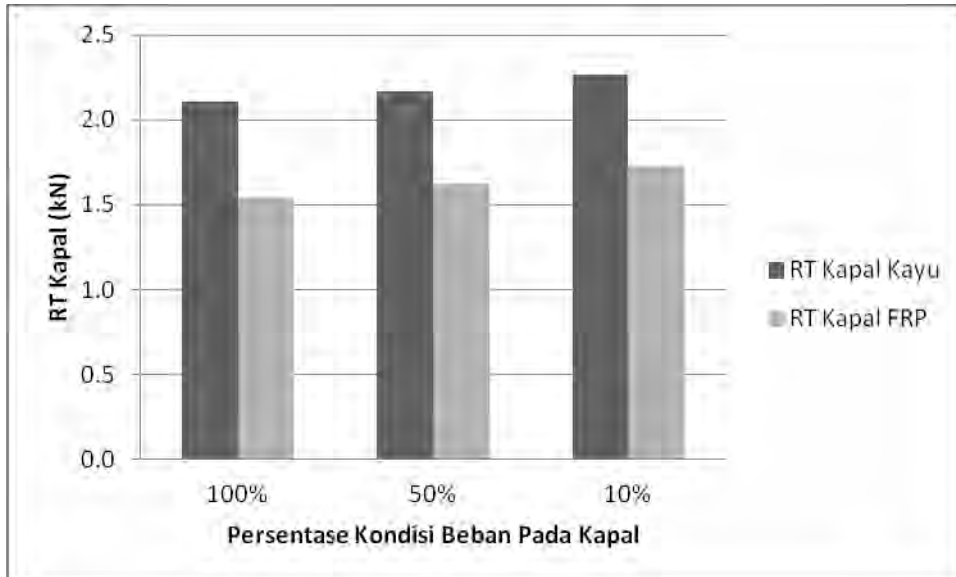
Jika dilihat dari perhitungan sebelumnya mengenai maksimum displacement kapal kayu sebesar 4,706 Ton pada sarat (T) 0,462 m dan displacement kapal FRP 3,841 pada sarat (T) 0,41 m, maka dengan kapal yang sama untuk kapal FRP masih bisa menambah muatan sebesar 0,866 Ton dengan posisi sarat (T) berada pada 0,462 m.

b. Evaluasi Hambatan Kapal

Hambatan kapal sangat berpengaruh terhadap daya *main engine*, semakin besar nilai hambatan total kapal maka akan semakin besar pula daya *main engine* yang dibutuhkan sehingga berpengaruh sekali terhadap harga *main engine* itu sendiri (Harvald, 1992). Untuk mengevaluasi hambatan kapal ikan ini, dilakukan dengan cara membandingkan langsung dengan daya *main engine* kapal sesungguhnya yang digunakan dengan hasil analisis. Daya *main engine* kapal untuk kapal dari desa Meskom ini berdasarkan spesifikasi mesin sebesar 16 HP. Untuk melihat selisih daya kapal dilakukan perhitungan sederhana berikut ini:

- Kapal kayu
 - Displacement : 4,706 Ton
 - Daya main engine : 13,906 HP
 - Selisih : 16 HP – 13,906 = 2,094 HP

- Kapal FRP
 - Displacement : 3,841 Ton
 - Daya main engine : 10,621 HP
 - Selisih : 16 HP – 10,621 = 5,379 HP



Gambar.5; Selisih Hambatan Kapal Untuk Tiap Loadcase

c. Evaluasi Stabilitas Kapal

Untuk mengetahui apakah sebuah kapal sudah mampu berlayar dengan kondisi aman atau tidak, perlu dilakukan analisa stabilitas kapal. Sebagai pedoman dalam menganalisa, maka perlu mengikuti kriteria yang telah ditentukan suatu badan organisasi dunia mengenai stabilitas kapal yaitu Internationa Maritime Organization (IMO,2002). IMO menetapkan beberapa krtiteria stabilitas yang harus dipenuhi sebuah kapal, yaitu:

1. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1:
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.

2. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2:
Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut $30^{\circ} - 180^{\circ}$ (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
3. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3:
Sudut pada nilai GZ maksimum tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg).
4. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4:
Nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

Berdasarkan hasil analisa, maka diperoleh kesimpulan seperti dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel.9: Kriteria bawah GZ dengan sudut oleng $0^{\circ} - 30^{\circ}$

No	Kondisi	Kapal Kayu			Kapal FRP		
		Disp (Ton)	IMO Req	Actual	Disp (Ton)	IMO Req	Actual
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4,292	3,151	6,146	3,427	3,151	6,739
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4,445	3,151	6,127	3,579	3,151	6,788
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4,706	3,151	5,995	3,841	3,151	6,718

Tabel.10: Kriteria bawah GZ dengan sudut oleng $0^{\circ} - 40^{\circ}$

No	Kondisi	Kapal Kayu			Kapal FRP		
		Disp (Ton)	IMO Req	Actual	Disp (Ton)	IMO Req	Actual
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4,292	5,157	9,568	3,427	5,157	10,584
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4,445	5,157	9,534	3,579	5,157	10,632
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4,706	5,157	9,333	3,841	5,157	10,486

Tabel.11: Kriteria bawah GZ dengan sudut oleng $30^{\circ} - 40^{\circ}$

No	Kondisi	Kapal Kayu			Kapal FRP		
		Disp (Ton)	IMO Req	Actual	Disp (Ton)	IMO Req	Actual
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4,292	1,719	3,421	3,427	1,719	3,845
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4,445	1,719	3,409	3,579	1,719	3,844
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4,706	1,719	3,338	3,841	1,719	3,767

Tabel.12: Kriteria nilai GZ

No	Kondisi	Kapal Kayu			Kapal FRP		
		Disp (Ton)	IMO Req	Actual	Disp (Ton)	IMO Req	Actual
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4,292	0,200	0,349	3,427	0,200	0,39
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4,445	0,200	0,36	3,579	0,200	0,39
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4,706	0,200	0,382	3,841	0,200	0,391

Tabel.13: Kriteria sudut pada nilai GZ maksimum

No	Kondisi	Kapal Kayu			Kapal FRP		
		Disp (Ton)	IMO Req	Actual	Disp (Ton)	IMO Req	Actual
1	Bahan bakar 100%, Muatan 0%	4,292	25 deg	43,6 deg	3,427	25 deg	40,0 deg
2	Bahan bakar 50%, Muatan 50%	4,445	25 deg	74,5 deg	3,579	25 deg	40,9 deg
3	Bahan bakar 10%, Muatan 100%	4,706	25 deg	73,6 deg	3,841	25 deg	75,5 deg

Hasil analisis stabilitas kapal berdasarkan tabel.9 s/d tabel.13 menunjukkan bahwa kapal dengan dimensi panjang 10,2 meter, lebar 2,0 meter dan tinggi 0,7 meter memenuhi kriteria IMO. Hal ini terlihat pada setiap displacement, semua kondisi actual memenuhi standar dari IMO *requirement* baik itu untuk kapal kayu maupun kapal FRP. Khusus untuk kapal FRP masih bisa menambah payload sekitar 0,866 Ton, sehingga perlu di evaluasi kembali stabilitas untuk kondisi setelah penambahan payload tersebut. Payload maksimum sebelumnya adalah sebesar 0,5 Ton (Tabel.5) ditambah menjadi 1,366 Ton. Untuk melihat setelah payload bertambah, apakah stabilitas kapal masih memenuhi kriteria IMO atau tidak terlihat pada tabel berikut:

Tabel.14: Kriteria IMO Kapal FRP Setelah Penambahan Payload (Payload= 1,366 Ton)

No	Kondisi	Disp (Ton)	Area 0 - 30 ⁰		Area 0 - 40 ⁰		Area 30 - 40 ⁰		GZ at 30 or Greater		Sudut pada GZ Maksimum	
			IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual
1	B.Bakar 100%, Muatan 0%	3.426	3,151	6.739	5.157	10.584	1.719	3.845	0.200	0.390	25 deg	40.0 deg
2	B.Bakar 50%, Muatan 50%	4.052	3,151	6.310	5.157	9.850	1.719	3.539	0.200	0.354	25 deg	42.6 deg
3	B.Bakar 10%, Muatan 100%	4.707	3,151	4.250	5.157	5.112	1.719	1.453	0.200	0.222	25 deg	30.8 deg

Payload pada kapal ini merupakan berat total muatan yang bisa diangkut oleh kapal, sehingga berat muatan bertumpu pada palkah ikan saja. Hal ini tentunya sangat berpengaruh terhadap kondisi stabilitas kapal seperti terlihat pada tabel.14.

Pada saat kapasitas muatan bertambah dari 0,5 Ton menjadi 1,36 Ton, kondisi stabilitas hampir tidak memenuhi kriteria IMO. Dengan demikian, harus di analisis kembali bahwa sampai pada kondisi payload berapakah kapal ini mampu mempertahankan stabilitasnya. Untuk itu dilakukan kembali percobaan dengan mengurangi payload dari 1,366 Ton menjadi 1,00 Ton.

Tabel.15: Kriteria IMO Kapal FRP Pada Payload= 1,00 Ton

No	Kondisi	Disp (Ton)	Area 0 - 30 ⁰		Area 0 - 40 ⁰		Area 30 - 40 ⁰		GZ at 30 or Greater		Sudut pada GZ Maksimum	
			IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual	IMO Req	Actual
1	B.Bakar 100%, Muatan 0%	3.426	3,151	6.739	5.157	10.584	1.719	3.845	0.200	0.390	25 deg	40.0 deg
2	B.Bakar 50%, Muatan 50%	3.869	3,151	6.682	5.157	10.429	1.719	3.746	0.200	0.388	25 deg	43.4 deg
3	B.Bakar 10%, Muatan 100%	4.341	3,151	6.338	5.157	9.662	1.719	3.454	0.200	0.319	25 deg	45.6 deg

Pada kondisi payload dikurangi dari 1,366 Ton menjadi 1,00 Ton, maka kondisi stabilitas kapal memenuhi kriteria IMO. Sehingga untuk kapal FRP 3GT ini mampu berlayar dengan kondisi muatan penuh pada maksimum muatan 1,00 Ton.

4. Kesimpulan

- Dilihat dari sisi stabilitas kapal, kapal FRP 3GT layak digunakan sebagai pengganti kapal kayu 3GT untuk wilayah perairan pulau Bengkalis Provinsi Riau.
- Kapal yang memenuhi kriteria untuk dijadikan pembanding pada pembangunan kapal FRP 3GT adalah kapal dengan ukuran Panjang 10,2 meter, Lebar 2,0 meter dan Tinggi 0,7 meter.
- Kapal FRP 3GT mampu membawa muatan maksimum 1,00 Ton dan ini sangat menguntungkan daripada kapal kayu 3GT yang hanya mampu membawa muatan maksimum 0,5 Ton.
- Hambatan kapal kayu 3GT pada kondisi muatan penuh membutuhkan daya *main engine* sebesar 13,9 HP, sedangkan kapal FRP pada kondisi yang sama hanya membutuhkan daya *main engine* sebesar 10,62 HP.