

# ANALISA STABILITAS KAPAL *RESCUE CRAFT* YANG TELAH DIMODIFIKASI MENJADI KAPAL *RIGID HULLED INFLATABLE BOAT*. (STUDI KASUS KAPAL VELOCEAN DI PT. AVENIR)

Ahmad Nur Hasim Alfiyan<sup>1</sup>, Arif Winarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>)Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Hang Tuah Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

Email: [ahmadnurhasimalfiyan@gmail.com](mailto:ahmadnurhasimalfiyan@gmail.com)

## Abstrak

Kapal *rigid hulled inflatable boat* (RHIB) merupakan transportasi laut yang digunakan untuk melakukan kegiatan pariwisata maupun sarana penyelamat. Di PT. Avenir melakukan modifikasi kapal *rescue craft* yang dijadikan kapal RHIB dengan penambahan *rubber* pada lambung kapal. Suatu kapal yang melakukan perubahan atau memodifikasi lambung mempengaruhi stabilitas kapal tersebut. Stabilitas merupakan persyaratan kapal untuk tetap melaut (*a sea – going property of ship*), dimana kapal menjamin keselamatan dan kenyamanan penumpang beserta muatannya. Kelayakan kapal diatur berdasarkan *code* dan regulasi sesuai dengan kriteria kapal antara lain IMO. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas kapal *rescue craft* yang dimodifikasi jadi kapal RHIB pada kapal bermuatan kosong maupun berpenumpang, agar memungkinkan kapal tetap dapat beroperasi sesuai dengan kapasitasnya. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan stabilitas dan simulasi menggunakan *software maxsurf*. Analisa perhitungan stabilitas kapal dengan kondisi *lightship*, dan bermuatan 1,3,6 penumpang. Hasil perhitungan akhir untuk kondisi *fullload* yang menampung 6 penumpang dan 6 barang diperoleh nilai lengan penagak *GZ max* sebesar 0,581 meter pada kemiringan 43,6 derajat (kualifikasi IMO tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg). Sedangkan untuk periode oleng tertinggi pada kondisi muatan *fullload* dengan respon waktu 1.48 *second*, memenuhi kriteria IMO Code A.749 (18) Ch 3 - *design criteria applicable to all ship*.

**Kata Kunci:** Stabilitas, *Rescue boat*, RHIB (*Rigid-Hulled Inflatable Boat*), IMO, *Maxsurf*

## Abstract

Rigid hulled inflatable boat (RHIB) is a marine transportation used to carry out tourism activities as well as a means of rescue. At PT. Avenir modified the rescue craft ship to become an RHIB ship by adding rubber to the hull. A ship that changes or modifies the hull affects the stability of the ship. Stability is a requirement for ships to remain at sea (*a sea – going property of ship*), where the ship ensures the safety and comfort of passengers and their cargo. Shipworthiness is regulated based on codes and regulations in accordance with ship criteria, including IMO. This study aims to determine the stability of rescue craft ships that have been modified into RHIB ships on ships with empty or passenger loads, in order to allow the ship to continue to operate according to its capacity. This research uses stability calculation method and simulation using *maxsurf* software. Analysis of the calculation of the stability of the ship with *lightship* conditions, and a load of 1,3,6 passengers. The results of the final calculation for *fullload* conditions that accommodate 6 passengers and 6 goods obtained the value of the *GZ max* enforcement arm of 0.581 meters at a slope of 43.6 degrees (IMO qualification must not be less or equal to 25 (deg). Meanwhile, for the highest swaying period in load conditions *fullload* with a response time of 1.48 seconds, meets the criteria of IMO Code A.749 (18) Ch 3 - *design criteria applicable to all ships*.

**Keyword:** Stability, Rescue boat, RHIB (*Rigid-Hulled Inflatable Boat*), IMO, *Maxsurf*

## 1. PENDAHULUAN

Kapal *rigid hulled inflatable boat* adalah kapal yang mempunyai airbag berbahan pvc [1] Oleh karena itu kapal *rigid hulled inflatable boat* memiliki keuntungan di bagian bobot kapal, sehingga kapal ini cocok untuk laju dengan kecepatan yang tinggi [2].

PT. Avenir Surabaya merupakan galangan pembuatan kapal *fiber*. Di galangan tersebut juga melakukan modifikasi pada kapal *rescue craft* dengan menambahkan *rubber* pada sisi lambung dan peyangga *rubber*

menggunakan bahan plat dan *fiber*, selanjutnya merubah bagian *transom* kapal untuk memberikan ruang yang lebih lebar dikarenakan pada geladak kapal akan dipasang meja oksigen yang digunakan para wisatawan untuk melakukan *diving*. Suatu kapal yang melakukan perubahan atau memodifikasi lambung mempengaruhi stabilitas dari kapal tersebut.

Stabilitas merupakan persyaratan wajib bagi suatu kapal untuk bisa tetap berlayar (*a sea – going property of ship*) [3], dimana kapal mutlak menjamin keselamatan dan

kenyamanan bagi para penumpang beserta muatannya itu sendiri. Kelayakan kapal diatur berdasarkan *code* dan regulasi sesuai dengan kriteria kapal yaitu antara lain IMO (*a749-code intact stability fol all types of ship convered by IMO instrument*).

Penulis melakukan analisa teknis tentang stabilitas kapal *rescue craft* setelah dimodifikasi menjadi *rigid hulled inflatable boat* dengan tambahan *rubber* pada sisi lambung kapal agar memungkinkan kapal tetap dapat beroperasi sesuai dengan kapasitasnya. Analisa tentang stabilitas tersebut mengacu pada *Internasional Maritime Organization (IMO)* [4], Dalam penelitian ini, bentuk modifikasi perubahan bentuk *transom* dan penambahan bantalan *rubber* yang diharapkan dapat lebih baik dalam meningkatkan gaya apung dan juga stabilitas pada kapal. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan referensi dan bahan pertimbangan yang dapat dilakukan oleh pemilik kapal dalam mempertahankan dan memperbaiki konstruksi kapal yang telah dilakukan sebelumnya [5]. Adapun dari latar belakang yang telah dideskripsikan di atas penelitian ini berisi tentang analisa stabilitas kapal *rescue craft* yang telah dimodifikasi menjadi kapal *rigid hulled inflatable boat* Objek kapal dalam penelitian ini adalah kapal *Velocean* di PT. Avenir. Hasil penelitian dan saran yang nantinya diberikan oleh penulis dalam penelitian ini dapat dijadikan acuan atau sumber referensi bagi pemilik untuk mengembangkan kapal *Velocean* di masa yang akan datang.



**Gambar 1.** Kapal *Velocean* Sebelum Dimodifikasi

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode perhitungan stabilitas kapal, perhitungan dilakukan dengan memanfaatkan *software maxsurf stability*. Diawali dengan pemodelan kapal *rigid hulled inflatable boat* berdasarkan *general arrangement*. Kemudian dilanjutkan Analisa stabilitas kapal dengan memasukkan *lightship rigid hulled inflatable boat*, berat yang digunakan dan jumlah penumpang *rigid hulled inflatable boat* pada kolom *loadcase* pada *software maxsurf stability*. Untuk penentuan penumpang dilakukan variasi jumlah penumpang dari 1 orang, 3 orang, 4 orang sampai 6 orang, sehingga akan diketahui stabilitas kapal dengan variasi jumlah penumpang dari 1 orang, 3 orang, 4 orang sampai berjumlah 6 orang. Kriteria yang digunakan untuk melakukan analisa yang dilakukan adalah sesuai dengan kriteria stabilitas yang terdapat pada peraturan dari *Intemational Maritime Organization (IMO)*, dimana Code A.749 (18) Ch 3 - *design criteria applicable to all ship*.

### 2.1 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Pada tahap identifikasi dan perumusan masalah dilakukan pengamatan terhadap modifikasi kapal *rescue craft* menjadi kapal *rigid hulled inflatable boat* dengan penambahan *rubber* pada sisi lambung kapal, peyangga *rubber* menggunakan bahan plat dan *fiber*, selanjutnya merubah bagian *transom* kapal untuk memberikan ruang yang lebih lebar dikarenakan pada geladak kapal akan dipasang meja oksigen.



**Gambar 2.** Kapal Velocean Setelah Dimodifikasi

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan untuk pengerjaan tugas akhir ini. Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari data kapal *rigid hulled inflatable boat* yang ada di PT Avenir Surabaya dan telah ditentukan *owner*. Data utama ini berasal dari *General Arrangement* kapal Velocean.

**Tabel 1.** Data Kapal Velocean

Data Utama Kapal Velocean

Keterangan	Sebelum dimodifikasi	Sesudah dimodifikasi
Tipe Kapal	<i>Rescue craft</i>	<i>Rigih Hulled Inflatable Boat</i>
Lpp	5 M	6 M
Lwl (Lpp+2-5% Lpp)	5,1 M	6,1 M
Bmld	1,3 M	2,3 M
Dmld	0,8 M	0,8 M
T	0,25 M	0,25 M
Vs	29 Knots = 14,919 m/s	29 Knots = 14,919 m/s

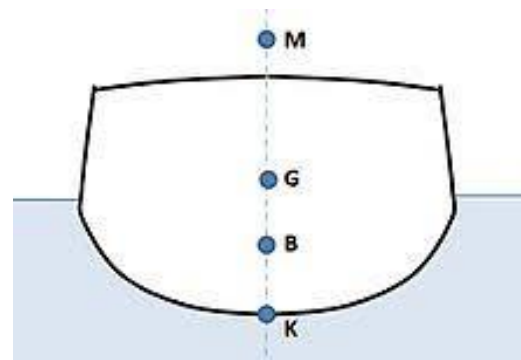
## 2.2 Teori Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan kemampuan bagian lambung kapal yang tercelup sebagian atau keseluruhan untuk mengampung tegak lurus kemampuan dari suatu benda yang melayang, yang miring untuk kembali berkedudukan tegak lagi atau kembali pada posisi semula. Sebagai persyaratan yang wajib, tentunya

stabilitas kapal harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh biro klasifikasi setempat atau *marine authority* seperti *International Maritime Organization* (IMO). Titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik berat (G), titik apung (B) dan titik M [6].

### 1. Titik Berat (*Centre of Gravity*)

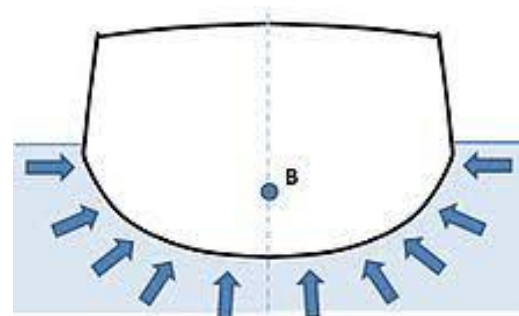
Titik berat (*center of gravity*) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal.



**Gambar 3.** Titik Berat Pada Kapal

### 2. Titik Apung (*Centre of Buoyance*)

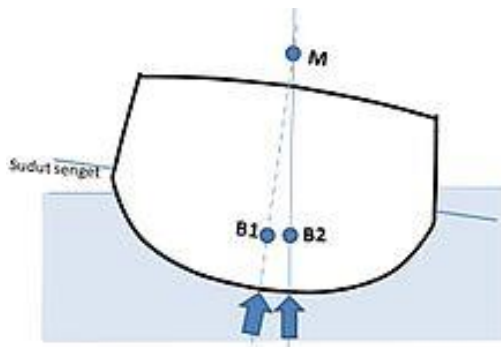
Titik apung (*center of buoyance*) diikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air.



**Gambar 4.** Titik Apung Pada Kapal

### 3. Titik Metasentris

Titik metasentris atau dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil).



Gambar 5. Titik Metasentris Pada Kapal

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu stabilitas positif (*stable equilibrium*), stabilitas netral (*neutral equilibrium*) dan stabilitas negatif (*unstable equilibrium*) [7].

### 2.2.1 Dimensi Pokok Dalam Stabilitas Kapal

- a. *KM (Keel to Metacentre)*  
KM adalah Tinggi titik metasentrik di atas lunas kapal dimana jarak vertical dari dasar kapal (lunas) hingga titik M.

$$KM = KB + BM \quad (1)$$

- b. *KB (Keel to Bouyancy)*  
KB merupakan jarak dari titik K ke titik B. Dikarenakan letak titik B yang selalu berpindah-pindah karena adanya perubahan sarat [8]. Oleh karena itu nilai KB pun akan berubah-ubah sesuai tinggi sarat

Nilai KB dapat dicari:

- Untuk kapal tipe plat *bottom*,  $KB = 0,50d$   
 $KB = 0.50 \times \text{Draft} \quad (2)$
- Untuk kapal tipe *V bottom*,  $KB = 0,67d$   
 $KB = 0.67 \times \text{Draft} \quad (3)$
- Untuk kapal tipe *U bottom*,  $KB = 0,53d$   
 $KB = 2/3 \times \text{Draft} \quad (4)$

- c. *BM (Bouyancy to Metacentre)*

BM merupakan jari-jari metasentris yang mana pada saat kapal mengalami oleng. Maka lintasan pergerakan titik B akan membentuk busur lingkaran yang mana titik M menjadi titik pusatnya

$$BM = \frac{I}{V}$$

$$I = \frac{lb^2}{12} \quad (5)$$

$$BM = \frac{Ib^2}{12V}$$

- d. *KG (Keel to Gravity)*  
merupakan jarak dari titik K terhadap titik G. Nilai KG dapat diperoleh dengan menggunakan dalil momen. Dalil momen digunakan saat kapal melakukan pemuatan atau pembongkaran suatu bobot dengan mengalihkan titik berat *vertical* (VCG) bobot tersebut dengan berat bobot tersebut

$$\text{Final KG} = \frac{\text{Final moment}}{\text{Final displacement}}$$

$$\text{Final KG} = \frac{\sum M}{\sum W} \quad (6)$$

$$\text{Final KG} = \frac{\sum (W \times KG)}{\sum W}$$

- e. *GM (Gravity to Metacentre)*  
GM merupakan jarak dari titik G terhadap titik M. GM dapat disebut juga tinggi metasentris. Nilai GM inilah yang akan menunjukkan keadaan stabilitas awal kapal atau pada saat kapal selama berlayar nanti.

$$\begin{aligned} KM &= KG + GM \\ GM &= KM - KG \end{aligned} \quad (7)$$

- f. *Momen Penegak*  
Momen penegak atau dapat disebut juga *righting moment* merupakan momen yang mampu mengembalikan

kapal ke posisi tegak setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi. GZ merupakan lengan penegak bagi kapal agar Kembali ke posisi semula yang digambarkan dengan perpindahan titik G saat keseimbangan berubah ke titik G' setelah mengalami oleng.

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{GZ}{GM} \\ GZ &= GM \times \sin \theta \\ &= (GM + \frac{1}{2} + BM \tan 2\theta) \times \sin \theta \end{aligned} \tag{8}$$

Momen penegak = W x GZ

g. Periode Oleng

Periode oleng dapat kita gunakan untuk menilai ukuran stabilitas. Selain itu merupakan acuan yang dapat digunakan untuk menilai ukuran stabilitas. Periode oleng berkaitan dengan tinggi metasentrik. Satu periode oleng lengkap adalah jangka waktu yang dibutuhkan mulai dari saat kapal tegak, miring kekiri, tegak, miring kekanan sampai kembali tegak kembali menggambarkan hubungan antara tinggi metasentris (GM).

$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG} \tag{9}$$

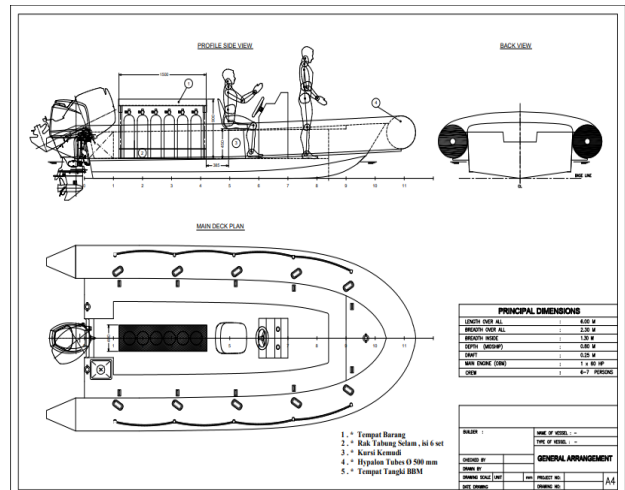
h. Lengan Penegak (*Righting Arms*)

Pada saat kapal miring, maka titik B akan pindah ke B', sehingga garis gaya berat bekerja kebawah melalui titik G dan gaya keatas melalui B'. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut. Bila dari titik G ditarik garis tegak lurus ke B'M maka berhimpit dengan sebuah titik Z yang biasa disebut dengan garis GZ. Nilai GZ dapat berubah karena nilai momen penegak sebanding dengan besar kecilnya nilai GZ, sehingga Nilai GZ dapat dipergunakan untuk menandai besar kecilnya stabilitas kapal.

$$\begin{aligned} \sin \theta &= GZ/GM \\ GZ &= GM \times \sin \theta \end{aligned} \tag{10}$$

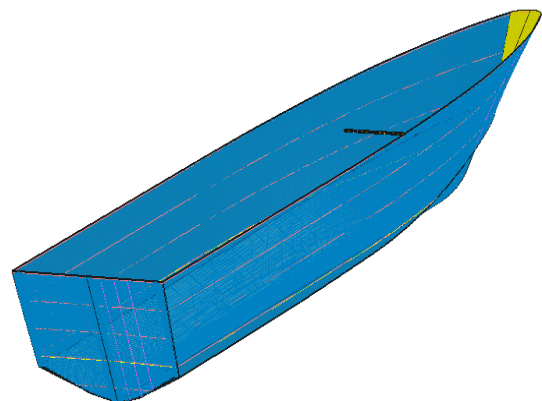
2.3 Pemodelan Kapal

Pada proses pemodelan kapal ini terdiri dari model 2 dimensi dan 3 dimensi untuk model 2 dimensi pada penelitian ini menggunakan *software autocad*, untuk model 3 dimensi, proses pemodelan desain dalam program *maxsurf modeler advanced*. Berikut gambar sebelum dan setelah dilakukan modifikasi pada bentuk lambung kapal.



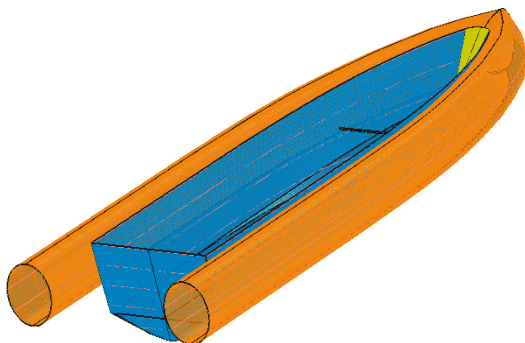
Gambar 6. General Arrangement Kapal Velocean

2.3.1 Pemodelan 3D Sebelum Dimodifikasi



Gambar 7. 3D Kapal Velocean Sebelum Dimodifikasi

2.3.2 Pemodelan 3D Setelah Dimodifikasi



Gambar 8. 3D Kapal Velocean Setelah Dimodifikasi

2.4 Kriteria Stabilitas

Analisa yang dilakukan adalah sesuai dengan kriteria stabilitas yang terdapat pada peraturan IMO dimana *Code A.749 (18) Ch 3 - design criteria applicable to all ship* yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. *Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1:*
  - a. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° –30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.
  - b. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
  - c. 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°– 180° (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 [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Titik Apung kapal

$$KB = 0.67 \times Draft$$

$$= 0,67 \times 0,25$$

$$= 0,167 \text{ m}$$

2. Perhitungan Titik Metasentris Kapal (BM)

$$BM = \frac{K \times L \times (B)^3}{V}$$

$$= \frac{0,058 \times 6 \times (2,3)^3}{0,25 \times 6 \times 2,3}$$

$$= 1,22$$

$$KM = KB + BM$$

$$= 0,167 + 1,22$$

$$= 1,387$$

3. Periode Oleng

$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 0,367}$$

$$= 1,89 \text{ second}$$

4. Lengan Penegak Maksimum Gz 30°

$$Gz = Gm \times \sin \theta$$

$$= 0,7 \times \sin 30^\circ$$

$$= 0,7 \times 0,5$$

$$= 0,35$$

Tabel 2. Lengan Penegak Perhitungan Manual

Kondisi Kapal	Lengan Penegak Max Gz 30°
Kondisi Muatan 1 Penumpang Dan 1 Barang	0,399
Kondisi Muatan 3 Penumpang Dan 3 Barang	0,556
Kondisi Muatan 4 Penumpang Dan 4 Barang	0,568

Kondisi Muatan <i>Fullload</i>	0,578
-----------------------------------	-------

### 3.1 Hasil Simulasi

Pada penentuan stabilitas pertama kali ialah *lightship* dari kapal *rigid hulled inflatable boat*. *Lightship* adalah berat kapal kosong, peralatan kapal. Berikut beban distribusi berat kosong kapal. Selain penentuan LWT, ditentukan pula letak VCG (*Vertical Centre of Gravity*), LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) dan TCG (*Transverse Center of Gravity*)

#### 3.1.1 Hasil Simulasi Stabilitas Kapal Pada Kondisi Berat Kosong (LWT)

Pada penentuan stabilitas pertama kali ialah *lightship* dari kapal *rigid hulled inflatable boat*. *Lightship* adalah berat kapal kosong, peralatan kapal. Berikut beban distribusi berat kosong kapal. Selain penentuan LWT, ditentukan pula letak VCG (*Vertical Centre of Gravity*), LCG (*Longitudinal Center of Gravity*) dan TCG (*Transverse Center of Gravity*). Nilai LWT 700 kg, LCG 2,2 m, VCG 0,3 m, TCG = 0 m.

Kolom *loadcase* pada tabel 3 berat kosong kapal dan setelah proses *running*. didapatkan hasil dari total *loadcase* dengan total massa sebesar 700 Kg, *long arm* sebesar 2,700 m, dan *vertical arm* sebesar 0,600 m. Sedangkan hasil yang didapat dari VCG *fluid* pada *vertical Arm* sebesar 0,600 m.

#### 3.1.2 Hasil Simulasi Stabilitas Kapal Pada Kondisi Berat Muatan 1 Penumpang Dan 1 Barang

Pada kondisi berat muatan 1 penumpang, kapal *rigid hulled inflatable boat* dengan adanya penambahan dari penumpang 1 orang dan barang 1 orang dengan masa berat dari penumpang 65 kg diasumsikan dan barang yang berupa tabung oksigen dengan massa berat 5 kg. selanjutnya dapat dimasukkan kedalam variasi kolom *loadcase* kondisi 1 penumpang.

kolom *loadcase* pada table 4 variasi muatan 1 penumpang dan 1 barang, dan setelah proses *running* pada tabel 4.5. didapatkan hasil dari total *loadcase* dengan total massa sebesar 770,0 Kg, *long arm* sebesar 1,944 m, dan *vertical arm* sebesar 0,515 m. Sedangkan hasil yang didapat dari VCG *Fluid* pada *vertical arm* sebesar 0,515 m.

#### 3.1.3 Hasil Simulasi Stabilitas Kapal Pada Kondisi Berat Muatan 3 Penumpang Dan 3 Barang

Pada kondisi berat muatan 3 penumpang dan 3 barang kapal *rigid hulled inflatable boat* dengan adanya penambahan dari penumpang 3 orang dan barang 1 orang dengan masa berat dari penumpang 65 kg diasumsikan dan barang yang berupa tabung dengan massa berat 5 kg. selanjutnya dapat dimasukkan kedalam variasi kolom *loadcase* 3 penumpang dan 3 barang muatan.

Kolom *loadcase* pada table 5 variasi muatan 3 penumpang dan 3 barang dan setelah proses *running*. didapatkan hasil dari total *loadcase* dengan total massa sebesar 910,0 Kg, *long arm* sebesar 1,892 m, dan *vertical arm* sebesar 0,2533 m. Sedangkan hasil yang didapat dari VCG *fluid* pada *vertical Arm* sebesar 0,2533 m.

#### 3.1.4 Hasil Simulasi Stabilitas Kapal Pada Kondisi Berat Muatan 4 Penumpang Dan 4 Barang

Pada kondisi berat muatan 4 penumpang dan 4 barang kapal *rigid hulled inflatable boat* dengan adanya penambahan dari penumpang 4 orang dan barang 4 orang dengan masa berat dari penumpang 65 kg diasumsikan dan barang yang berupa tabung dengan massa berat 5 kg. selanjutnya dapat dimasukkan kedalam variasi kolom *loadcase* 4 penumpang dan 4 barang.

kolom *loadcase* pada tabel 6. variasi muatan 4 penumpang dan 4 barang dan setelah proses *running*. didapatkan hasil dari total *loadcase* dengan total massa sebesar 980,0 Kg, *long arm* sebesar 1,757 m, dan *vertical arm* sebesar 0,242 m. Sedangkan hasil yang didapat

dari VCG fluid pada vertical arm sebesar 0,242 m

**3.1.5 Hasil Simulasi Stabilitas Kapal Pada Kondisi Fullload**

Pada kondisi berat muatan fullload kapal rigid hulled inflatable boat dengan adanya penambahan dari penumpang 6 orang dan 6 barang dengan masa berat dari penumpang 65 kg diasumsikan dan barang yang berupa tabung dengan massa berat 5 kg.

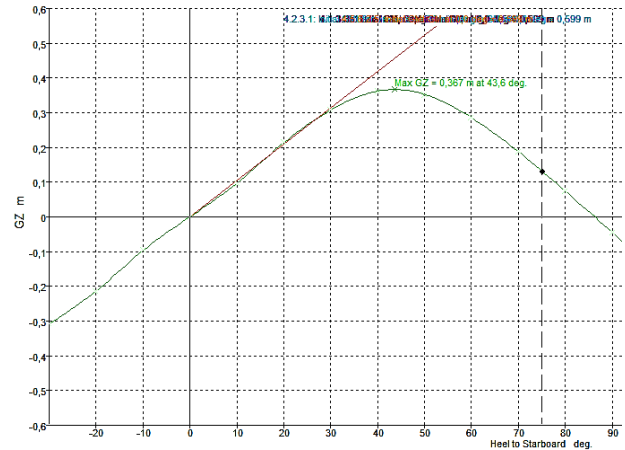
loadcase pada tabel 7. variasi muatan 6 penumpang dan 6 barang dan setelah proses running. didapatkan hasil dari total loadcase dengan total massa sebesar 1120,0 Kg, long arm sebesar 1,695 m, dan vertical arm sebesar 0,217 m. Sedangkan hasil yang didapat dari VCG fluid pada vertical arm sebesar 0,217 m.

**3.2 Analisa Stabilitas**

Dari perhitungan stabilitas yang telah dilakukan dengan variasi jumlah penumpang, menunjukkan bahwa stabilitas kapal rescue craft yang dimodifikasi menjadi rigid hulled inflatable boat masih memenuhi persyaratan dari kualifikasi International Maritime Organization (IMO).

**3.2.1. Analisa Stabilitas Pada Kondisi Kapal Kosong (LWT)**

Pada kondisi LWT yaitu berat kapal kosong merupakan kondisi kapal dimana tidak ada muatan dengan hanya berat dari kapal tersebut sebelum diberi beban apapun baik motor maupun penumpang, berdasarkan hasil simulasi dan output grafik pada gambar 9



Gambar 9. Grafik GZ Kondisi Lightship

Selanjutnya dilakukan perhitungan periode oleng pada kondisi LWT. Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus:

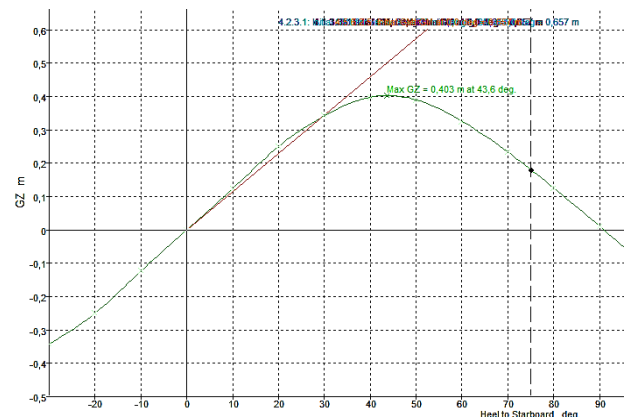
$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 0,599}$$

$$= 1,07 \text{ second}$$

**3.2.1 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Muatan 1 Penumpang Dan 1 Barang**

Pada kondisi kapal hanya membawa penumpang 1 orang dan barang berupa alat diving dengan berat masing-masing penumpang 65 Kg dan barang 5 Kg berdasarkan hasil simulasi dan output grafik pada gambar 10



Gambar 10. Grafik GZ Kondisi Muatan 1 Penumpang Dan 1 Barang



Selanjutnya dilakukan perhitungan periode oleng (Barrass Bryan dan Derret D.R, 2006) pada kondisi muatan 1 penumpang dan 1 barang. Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus

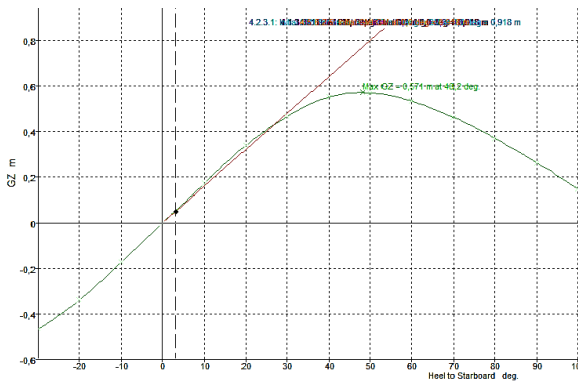
$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 0,657}$$

$$= 1,12 \text{ second}$$

### 3.2.2 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Muatan 3 Penumpang Dan 3 Barang

Pada kondisi kapal diasumsikan hanya membawa setengah dari maksimal kapasitasnya, yaitu penumpang 3 orang dan 3 barang berupa alat diving dengan berat masing-masing penumpang 65 Kg dan barang 5 Kg berdasarkan hasil simulasi dan output grafik pada gambar 11



Gambar 11. Grafik GZ Kondisi Muatan 3 Penumpang Dan 3 Barang

Selanjutnya dilakukan perhitungan periode oleng (Barrass Bryan dan Derretc D.R, 2006) pada kondisi 3 penumpang dan 3 barang Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus:

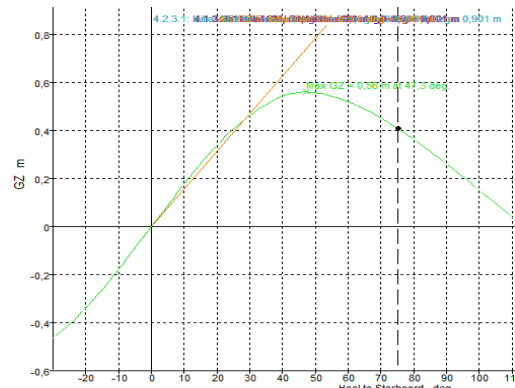
$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 0,918}$$

$$= 1,32 \text{ second}$$

### 3.2.3 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Muatan 4 Penumpang Dan 4 Barang

Pada kondisi diasumsikan hanya membawa 4 penumpang 4 barang berupa alat diving dengan berat masing-masing penumpang 65 Kg dan barang 5 Kg berdasarkan hasil simulasi dan output grafik pada gambar 12



Gambar 12. Grafik GZ Kondisi Muatan 4 Penumpang Dan 4 Barang

Selanjutnya dilakukan perhitungan periode oleng [10], pada kondisi 4 penumpang dan 4 barang Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus:

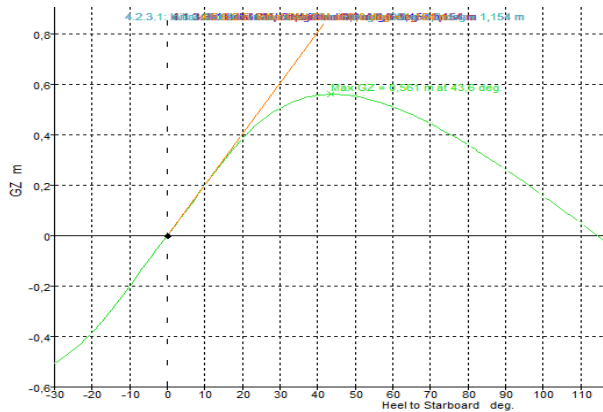
$$Tr = \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 0,922}$$

$$= 1,33 \text{ second}$$

### 3.2.4 Analisa Stabilitas Pada Kondisi Muatan Fullload

Pada kondisi kapal diasumsikan hanya membawa muatan maksimal kapasitasnya, yaitu penumpang 6 orang dan 3 barang berupa alat diving dengan berat masing-masing penumpang 65 Kg dan barang 5 Kg berdasarkan hasil simulasi dan output grafik pada gambar 13



Gambar 13. Grafik GZ Kondisi Fullload

Selanjutnya dilakukan perhitungan periode olong pada kondisi fullload. Perhitungan dilakukan sesuai dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 Tr &= \frac{2\pi \times c \times B}{\sqrt{g} \times MG} \\
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 0,45 \times 0,8}{\sqrt{9,81} \times 1,154} \\
 &= 1.48 \text{ second}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Loadcase Kondisi Lightship

Item name	Quantity	Unit massa (Kg)	Total massa (Kg)	Long arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)
LightShip	1	700,0	700,0	2,300	0,000	0,600
Total Loadcase			700,0	2,300	0,000	0,600
FS correction						0,000
VCG Fluid						0,600

Tabel 4. Loadcase Kondisi Muatan 1 Penumpang Dan 1 Barang

Item name	Quantity	Unit massa (Kg)	Total massa (Kg)	Long arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)
LightShip	1	700,0	700,0	2,300	0,000	0,600
Penumpang	1	65,0	65,0	-0,400	0,000	0,000
Barang	1	5,0	5,0	0,000	0,000	0,000
Total Loadcase			770,0	1,944	0,000	0,515
FS correction						0,000
VCG Fluid						0,515

Tabel 5. Loadcase Kondisi Muatan 3 Penumpang Dan 3 Barang

Item name	Quantity	Unit massa (Kg)	Total massa (Kg)	Long arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)
LightShip	1	700,0	700,0	2,300	0,000	0,300
Penumpang 1	1	65,0	65,0	-0,400	0,000	0,100
Penumpang 2	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Penumpang 3	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Barang 1	1	5,0	5,0	0,090	0,000	0,050
Barang 2	1	5,0	5,0	0,800	0,000	0,050
Barang 3	1	5,0	5,0	0,700	0,000	0,050
Total Loadcase			910,0	1,892	0,000	0,253
FS correction						0,000
VCG Fluid						0,253

Tabel 6. Loadcase Kondisi Muatan 4 Penumpang Dan 4 Barang

Item name	Quantity	Unit massa (Kg)	Total massa (Kg)	Long arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)
LightShip	1	700,0	700,0	2,300	0,000	0,300

Penumpang 1	1	65,0	65,0	-0,400	0,000	0,100
Penumpang 2	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Penumpang 3	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Penumpang 4	1	65,0	65,0	0,090	0,000	0,100
Barang 1	1	5,0	5,0	0,080	0,000	0,050
Barang 2	1	5,0	5,0	0,080	0,000	0,050
Barang 3	1	5,0	5,0	0,080	0,000	0,050
Barang 4	1	5,0	5,0	0,080	0,000	0,050
Total Loadcase			980,0	1,757	0,000	0,242
FS correction						0,000
VCG Fluid						0,242

**Tabel 7.** Loadcase Kondisi Fullload

Item name	Quantity	Unit massa (Kg)	Total massa (Kg)	Long arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)
LightShip	1	700,0	700,0	2,300	0,000	0,300
Penumpang 1	1	65,0	65,0	-0,400	0,000	0,100
Penumpang 2	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Penumpang 3	1	65,0	65,0	1,000	0,000	0,100
Penumpang 4	1	65,0	65,0	0,900	0,000	0,100
Penumpang 5	1	65,0	65,0	0,800	0,000	0,050
Penumpang 6	1	65,0	65,0	0,800	0,000	0,050
Barang 1	1	5,0	5,0	0,800	0,000	0,050
Barang 2	1	5,0	5,0	0,800	0,000	0,030
Barang 3	1	5,0	5,0	0,700	0,000	0,030
Barang 4	1	5,0	5,0	0,700	0,000	0,030
Barang 5	1	5,0	5,0	0,700	0,000	0,030
Barang 6	1	5,0	5,0	0,700	0,000	0,020
Total Loadcase			1120,0	1,695	0,000	0,217
FS correction						0,000
VCG Fluid						0,217

### 3.3 Pembahasan

Dari perhitungan stabilitas yang telah dilakukan dengan variasi jumlah penumpang, menunjukkan bahwa stabilitas kapal *rescue craft* yang dimodifikasi menjadi *rigid hulled inflatable boat* masih memenuhi persyaratan dari kualifikasi *International Maritime Organization (IMO)*.

**Tabel 8.** Kode Stabiitas IMO

Kriteria	Kriteria nilai	light ship	1 Penumpang	3 Penumpang	4 Penumpang	fullload
Area 0 to 30	3,1513	4,6544	5,4831	7,485	7,5376	8,4738
Area 0 to 40	5,1566	8,048	9,2254	12,62	12,61	13,8424
Area 30 to 40	1,7189	3,3937	3,7423	5,133	5,0728	5,3686
Max GZ at 30 or greater	0,2	0,367	0,403	0,56	0,571	0,581
Angle of maximum GZ	25	43,6	43,6	48,2	47,3	43,6

#### 4 KESIMPULAN

Untuk stabilitas kapal pada kondisi kosong (*lightship*) yaitu lengan penegak GZ sebesar 0,367 meter pada kemiringan 43,6 derajat. Pada kondisi jumlah 1 penumpang dan 1 barang nilai lengan penegak GZ sebesar 0,403 meter pada kemiringan 43,6 derajat. Pada kondisi 3 penumpang lengan penegak GZ sebesar 0,560 meter pada kemiringan 48,2 derajat. Pada kondisi 4 penumpang lenngan penegak GZ sebesar 0,571 meter pada kemiringan 47,3 derajat. Hasil perhitungan akhir untuk kondisi *fullload* menampung 6 penumpang dan 6 barang diperoleh nilai lengan penegak sebesar 0,581 meter pada kemiringan 43,6 derajat (kualifikassi IMO tidak boleh kurang atau sama dengan 25° (deg). Sedangkan untuk periode oleng tertinggi pada kondisi muatan *fullload* dengan respon waktu 1.48 second, telah memenuhi kriteria IMO *Code A.749 (18) Ch 3 - design criteria applicable to all ship*.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih banyak diucapkan kepada peran yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan jurnal ini terutama orang tua dan para dosen pendidik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. C. Townsend, P. A. Wilson, And S. Austen, "What Influences Rigid Inflatable Boat Motions?," Vol. 222, Pp. 207–217, 2016, Doi: 10.1243/14750902jeme115.
- [2] C. Fragassa And G. Minak, "Measuring Deformations In A Rigid-Hulled Inflatable Boat," *Key Eng. Mater.*, Vol. 754 Kem, Pp. 295–298, 2017, Doi: 10.4028/Www.Scientific.Net/Kem.754.295.
- [3] M. G. Parsons, "Parametric Design". *Ship Design And Construction, Chapter 11, Vol. 2., Sname Publ.*, Vol. 2, No. Jersey City, Nj, Usa, 2003.
- [4] Imo, "Code On Intact Stability For All Types Of Ships Covered By Imo Instruments. Resolution A.749," 2008, Pp. 14–28.
- [5] Dewangga Hazandy Suta, "Analisa Pengaruh Perubahan Bentuk Kontruksi Kapal Sekoci Menjadi Rigid-Hulled Inflatable Boat (Rhib) Terhadap Tahanan Kapal Untuk Menentukan Kebutuhan Daya Mesin Kapal (Studi Kasus Kapal Velocean Di Pt. Avenir)," Universitas Hang Tuah Surabaya, 2021.
- [6] Wakidjo.P, "Menghitung Stabilitas Kapal Kompetensi: Bangunan Dan Stabilitas Kapal," *Kapal, Menghitung Stabilitas Proyek, Bagian Kurikulum, Pengemb. Pendidikan, Direktorat Kejuruan, Menengah Jenderal, Direktorat Dasar, Pendidik. Menengah, D A N Nasional, Dep. Pendidik.*, 2003.
- [7] Kiryanto, "Analisa Teknis Stabilitas Dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat 'Grass Crap' Di Perairan Rawa Pening Jawa Tengah," 2021, Vol. 3.
- [8] R. H. R. R. A. Azhar, *Stabilitas Kapal Pengangkut Ikan Hidup*. 2020.
- [9] H. Saputra, N. Yuniarsih, And D. Rianto, "Analisa Pengaruh Beban Terhadap Stabilitas Statis Kapal Patroli 28 Meter Untuk Pengawasan Perairan Di Kepulauan Riau," *J. Integr.*, Vol. 9, No. 2, P. 149, 2017, Doi: 10.30871/Ji.V9i2.519.
- [10] Barrass Bryan Dan Derret D.R, "Ship Stability For Masters And Mates," In *Elsevier*, "Chennai, India, 2006.