

# DESAIN KONSTRUKSI DAN STABILITAS *AMBULANCE BOAT* LAMBUNG CATAMARAN UNTUK PERAIRAN KEPULAUAN MADURA

Heni Siswanti <sup>1)</sup>, Muhammad Musta'in <sup>1)</sup>, Iezatul A. Kariem <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Prodi D3 Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknologi Kemaritiman, Politeknik Negeri Madura  
Jl. Raya Camplong KM-4, Taddan, Camplong, Sampang, Jawa Timur, Indonesia 69281

Email: [henisiswanti31@gmail.com](mailto:henisiswanti31@gmail.com); [heni@poltera.ac.id](mailto:heni@poltera.ac.id)

## Abstrak

Wilayah Indonesia yang memiliki pulau-pulau kecil seperti di Madura rata-rata memiliki populasi yang cukup padat, tapi belum dilengkapi dengan fasilitas Kesehatan yang memadai. Untuk keperluan membawa pasien ke rumah sakit besar diperlukan sarana transportasi yang memenuhi syarat berupa ambulance boat. Bentuk boat dengan tipe lambung catamaran model *twin hull streamline* cocok digunakan untuk daerah perairan yang memiliki gelombang cukup tinggi, karena memiliki performa stabilitas yang lebih baik. Pada studi ini dibuat desain ambulance boat untuk wilayah perairan Madura dengan bentuk lambung catamaran. Desain difokuskan pada bentuk konstruksi lambung dan analisis stabilitasnya. Desain konstruksi mengacu kepada aturan dari BKI untuk kapal FRP, sedangkan analisis stabilitas mengacu kepada kriteria IMO untuk special ships.

**Kata Kunci:** ambulance boat, catamaran, konstruksi, stabilitas

## Abstract

Indonesian regions with small islands such as Madura have quite dense populations but still need to be equipped with adequate health facilities. An ambulance boat is required to take patients to hospitals. The twin-hull streamlined catamaran boat is suitable for use in water areas with relatively high waves because it has better stability and performance. This study designed an ambulance boat for the Madura waters with a catamaran hull shape. The design focused on hull construction design and stability analysis. Construction design refers to BKI regulations for FRP ships, while stability analysis refers to IMO criteria for special ships.

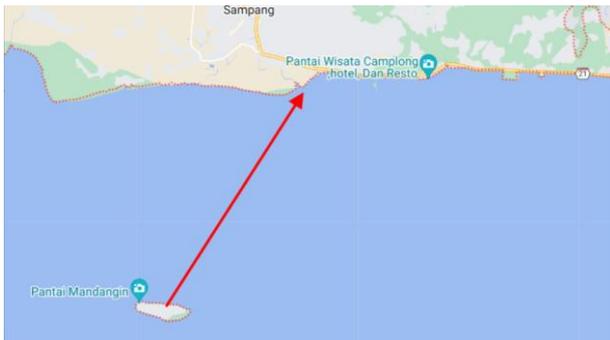
**Keywords:** ambulance boat, catamaran, construction, stability

## 1. PENDAHULUAN

Pulau Madura berada di timur Pulau Jawa yang merupakan bagian dari Provinsi Jawa Timur, terbagi menjadi empat kabupaten yaitu bangkalan, Sampang, Pamekasan dan Sumenep. Dua kabupaten diantaranya yaitu memiliki pulau-pulau kecil yang terpisah dari pulau Madura. Pulau-pulau kecil ini memiliki populasi yang cukup padat, dengan fasilitas kesehatan berupa puskesmas dan puskesmas pembantu. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan letak pulau-pulau kecil di wilayah Kabupaten Sumenep dan Sampang.



**Gambar 1.** Kepulauan di Kabupaten Sumenep  
(sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar\\_pulau\\_di\\_Kabupaten\\_Sumenep](https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pulau_di_Kabupaten_Sumenep))



**Gambar 2.** Pulau Mandangin di Kabupaten Sampang (sumber: <https://www.google.com/maps/place/P.+Mandangan>)

Pasien yang membutuhkan penanganan yang lebih intensif harus dirujuk ke rumah sakit yang ada di kota Kabupaten. Sarana angkut yang digunakan adalah kapal penumpang tradisional yang biasa digunakan masyarakat di daerah tersebut. Alat transportasi ini tentunya tidak layak untuk pengangkutan pasien karena tidak dilengkapi dengan peralatan medis penunjang yang dibutuhkan. Selain itu pengangkutan pasien bersamaan dengan jadwal muatan lain, seperti penumpang, barang, kendaraan serta ikan dan hewan ternak yang akan dijual ke kota. Kondisi perairan dengan ombak yang cukup tinggi mencapai 2 meter juga sangat mempengaruhi stabilitas kapal, dan dapat mengganggu kenyamanan pasien. Sehingga dibutuhkan kapal khusus berupa ambulance boat yang dilengkapi dengan peralatan medis penunjang sesuai dengan petunjuk teknis kendaraan ambulance yang ditetapkan oleh kementerian kesehatan RI.

Beberapa penelitian terdahulu tentang desain ambulance boat untuk beberapa wilayah perairan Indonesia telah dilakukan, diantaranya adalah desain ambulance boat untuk perairan Kalimantan [1], dan perairan kepulauan Indonesia pada umumnya [2]. Pada kedua study ini desain ambulance mengambil type lambung single hull. Selain itu ada juga desain *Amphibious High Speed Ambulance Craft (HSAC)* dengan tipe *hover craft* [3]. Pemilihan bentuk lambung tersebut disesuaikan dengan karakteristik perairan yang dilayani, seperti di Kalimantan yang ditujukan untuk angkutan sungai dengan gelombang

yang tidak terlalu tinggi. Sedangkan untuk perairan Madura tinggi gelombang bisa mencapai lebih dari 2 meter, sehingga dibutuhkan bentuk lambung yang memberikan stabilitas kapal yang lebih baik pada gelombang tinggi. Sehingga pada studi *ambulance boat* yang dirancang mengambil bentuk lambung catamaran, dengan pertimbangan bahwa stabilitas dan kenyamanan catamaran lebih baik daripada *boat* dengan lambung *monohull* [4, 5]. Selain tahanan kapal dengan bentuk lambung catamaran juga lebih kecil daripada bentuk lambung *monohull* dengan ukuran yang sama [6].

Preliminary desain sebuah kapal biasanya berupa rencana bentuk kapal yang tertuang dalam *Lines Plan*. Kemudian dilengkapi dengan perencanaan kompartemen, sistem penggerak dan peralatan lain yang tertuang dalam *General Arrangement Plan*. Selanjutnya perancangan sistem penunjang seperti sistem permesinan dan kelistrikan. Dalam desain kapal, perencanaan konstruksi lambung kapal yang tepat sangat penting untuk dibuat. Desain konstruksi ini biasanya mengacu kepada aturan kelas (*rules*) tertentu untuk menjamin kekuatan konstruksi memenuhi standar teknis dan keselamatan. Aturan yang diadopsi mulai dari pemilihan material, penentuan letak, konfigurasi dan ukuran dari komponen konstruksi.

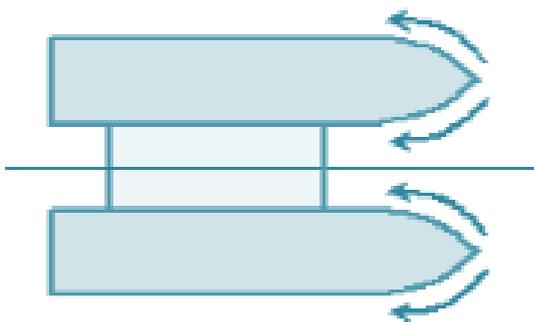
Kapal-kapal tradisional di perairan kepulauan Madura umumnya menggunakan material kayu. Kayu jati dan kayu nyamplung menjadi material yang populer di kalangan pembuat kapal tradisional Madura. Akan tetapi seiring berjalannya waktu ketersediaan kayu yang memenuhi standar kekuatan untuk material kapal semakin berkurang, yang menyebabkan material ini tidak ekonomis lagi. Oleh karena itu pada studi ini *ambulance boat* direncanakan menggunakan material plastik berpenguat serat gelas (*fiberglass reinforced plastic/FRP*). Selain pertimbangan ekonomis dan ketersediaan yang memadai, kemudahan dan kecepatan dalam proses pembangunan

menjadi pertimbangan dalam pemilihan material ini. Studi terdahulu tentang penggunaan material ini pada kapal-kapal kecil menyatakan bahwa material FRP lebih ekonomis daripada material kayu [7]. Selain itu material FRP juga lebih tahan terhadap serangan *fouling* dan tiram laut yang dapat merusak lambung kapal, serta lebih ringan sehingga tahanan kapal yang dihasilkan lebih kecil daripada kapal kayu.

Pada studi ini dirancang kapal khusus pengangkut pasien yaitu jenis *ambulance boat*. *Ambulance boat* yang dirancang mengambil bentuk lambung catamaran dan terbuat dari material FRP. Fokus desain adalah pada konstruksi kapal dan analisis stabilitas. Desain kapal *ambulance boat* dalam studi ini diharapkan menjadi jawaban untuk membantu mengatasi masalah sarana angkut pasien di daerah kepulauan tersebut.

## 2. METODE

Proses desain kapal dimulai dengan perencanaan bentuk lambung yang dituangkan dalam gambar Lines Plan, dan dilengkapi dengan data karakteristik hidrostatisnya. Bentuk catamaran model *twin hull streamline* seperti pada Gambar 3, diadopsi untuk kapal *ambulance* ini.



Gambar 3. Catamaran model *twin hull streamline*

Selanjutnya boat dibagi menjadi kompartemen-kompartemen dan dilengkapi dengan sistem dan peralatan yang dibutuhkan. Desain ini tertuang dalam gambar general

arrangement plan. Setelah itu baru dilakukan desain konstruksi secara detail.

### 2.1 Desain Konstruksi *Ambulance Boat*

Desain konstruksi *ambulance boat* mengacu pada aturan Biro Klasifikasi Indonesia untuk kapal *Fiberglass reinforced plastic (FRP)* tahun 2021 [8]. Komponen yang direncanakan adalah:

#### 1) Keel

$$t_k = 9 + (0.4 \times L) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$A = L \times b \quad (\text{Eq. 2})$$

#### 2) Side sheel amidship

$$t_s = 15 \times 0.5 \times \sqrt{T + (0.026 * L)} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$A = 2 \times H \times (Loa + 0.5B) \quad (\text{Eq.4})$$

#### 3) Side sheel aft

$$t_{sa} = t_s + \frac{85\% \times t_s}{100} \quad (\text{Eq.5})$$

#### 4) Bottom Shell amidship

$$t_b = 15.8 \times a \times \sqrt{B + (0.026 * L)} \quad (\text{Eq.6})$$

$$A = ((4d + B) L_{pp} \times C_b) \quad (\text{Eq.7})$$

#### 5) Bottom Shell aft

$$t_{ba} = t_b + \frac{85 \times t_b}{100} \quad (\text{Eq.8})$$

#### 6) Upper deck pada amidship

$$t_d = 5.8 \times a \times \sqrt{p} \quad (\text{Eq.9})$$

#### 7) Upper deck selain midship

$$t_{da} = 4.2 \times a \times \sqrt{p_a} \quad (\text{Eq.10})$$

#### 8) Center girder

$$t_{CG} = 0,4 \times L + 5 \quad (\text{Eq. 11})$$

$$A_f = (0,4 \times L) + 5) \times (4 \times L) + 30 \quad (\text{Eq. 12})$$

#### 9) Side Girder

$$t_{SG} = 0,3 \times L + 3,5 \quad (\text{Eq. 13})$$

#### 10) Inner Bottom Laminate

$$t_i = 11.5 \times a \times \sqrt{p} \quad (\text{Eq.14})$$

#### 11) Wrang (floor)

$$t_f = 0.4 \times L \quad (\text{Eq.15})$$

#### 12) Modulus Bottom Longitudinal

$$W = 55.6 \times a \times h \times l^2 \quad (\text{Eq.16})$$

#### 13) Modulus Transverse frame aft

$$W = 32 \times a \times h \times l^2 \quad (\text{Eq.17})$$

#### 14) Modulus Side longitudinal

$$W = 49 \times a \times h \times l^2 \quad (\text{Eq.18})$$

## 2.2 Stabilitas Ambulance Boat

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami kemiringan akibat gaya yang berasal dari luar kapal. Titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik metasenter (M), titik *center of gravity* (G) dan titik *center of bouyancy* (B). Beberapa dimensi yang harus diketahui sebagai dasar menghitung stabilitas kapal diantara adalah KM. KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, yang besarnya adalah sebagai berikut:

$$KM = KB + BM \quad (\text{Eq.20})$$

dimana:

KM : *Keel of Metacentra* (m)

KB : *Keel of Bouyancy* (m)

BM : *Bouyancy of Metacenter* (m)

Besarnya momen stabilitas yang kembali menegakkan kapal ketika oleng adalah sebagai berikut:

$$S = W \times GM \sin \theta \quad (\text{Eq.21})$$

Dimana:

$\theta$  : sudut senget/oleng ( $^{\circ}$ )

GM : Tinggi metasenter (m)

W : Displacement (ton)

Periode oleng berkaitan dengan tinggi metasentra. Hubungan yang ada antara besarnya nilai tinggi metasenter suatu kapal dengan olengnya adalah sesuai bentuk persamaan berikut [5]:

$$T = (2 \times c \times B) / (\sqrt{GM}) \quad (\text{Eq.22})$$

Dimana:

c :  $0.373 + 0.023(B/d) - 0.043(LWL/100)$

T : periode oleng kapal (s)

B : Lebar kapal (m)

GM : Tinggi metasenter (m)

d : sarat kapal (m)

Kriteria stabilitas yang harus dipenuhi untuk *special purpose ship* diatur oleh IMO *regulation*, khususnya yang menjelaskan mengenai *intact stability*. Berikut merupakan

kriteria stabilitas untuk *special purpose ship* [9]:

1. Luas kurva hingga  $30^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.055 meter radian.
2. Luas kurva hingga  $40^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.09 meter radian.
3. Luas kurva antara  $30^{\circ}$  hingga  $40^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.03 meterradian.
4. Pada sudut  $\geq 30^{\circ}$ , lengan lurus GZ harus sekurang-kurangnya 0.20 meter.
5. GZ maksimum terjadi pada sudut kemiringan tidak kurang dari  $25^{\circ}$ .
6. Tinggi metasenter awal,  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter.
7. Sudut miring yang disebabkan penumpang-penumpang berkumpul ke salah satu sisi kapal tidak boleh lebih dari  $10^{\circ}$ .
8. Sudut miring yang disesabkan oleh kapal berputar tidak boleh melebihi  $10^{\circ}$ , dengan menggunakan rumus berikut:[7]

$$M_R = 0,02 \frac{V_o^2}{L} (KG - \frac{d}{2}) \quad (\text{Eq.23})$$

Dimana:

$M_R$  : *heeling moment* (m.t)

$V_o$  : *service speed* (m/s)

L : *length of ship at waterline* (m)

$\Delta$  : *displacement* (t)

d : *draught* (m)

KG : *height of centre of gravity above keel* (m)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Desain Ambulance Boat

*Ambulance boat* ini didesain sebagai upaya pemenuhan kebutuhan fasilitas transportasi untuk rujukan pasien dari wilayah kepulauan Madura menuju rumah sakit daerah yang ada di Kota Kabupaten Sampang, Pamekasan dan Sumenep. Rute pelayaran yang ditempuh sekitar 9-15 mil laut, dengan jarak waktu tempuh 1-2 jam pelayaran dengan kapal penumpang tradisional. Perairan daerah ini

memiliki tinggi gelombang antara 0.75 – 2.5 meter, dengan kecepatan angin 8-25 knots. Berdasarkan data tersebut maka dibutuhkan kapal yang memiliki stabilitas yang baik sesuai dengan kriteria stabilitas menurut IMO (*International Maritime Organization*) 2008 Part A [9]. Dalam studi ini dipilih bentuk lambung catamaran, dengan ukuran utama seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Ukuran utama ambulance boat

| Data        | Value   |
|-------------|---------|
| Loa         | 13,0 m  |
| B           | 7,0 m   |
| B each hull | 1,2 m   |
| Bridge (s)  | 4,6 m   |
| T           | 1,2 m   |
| H           | 2 m     |
| Vs          | 16 knot |

Dari data ukuran utama kapal tersebut kemudian dibuat desain bentuk kapal yang tertuang dalam rencana garis (*Lines Plan*). Lambung kapal ini menggunakan *rise of floor* dan berbentuk lambung U, dengan jumlah lambung dua buah, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

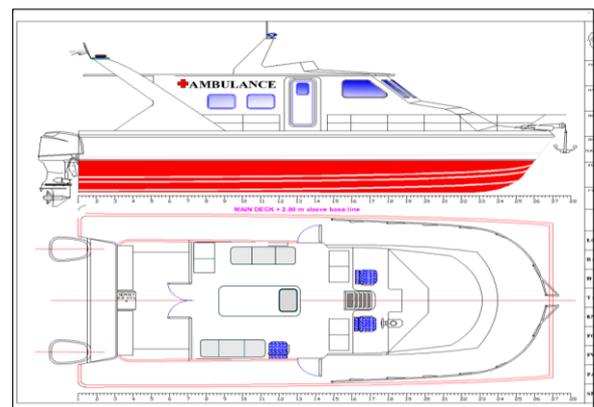


**Gambar 4.** Lines Plan

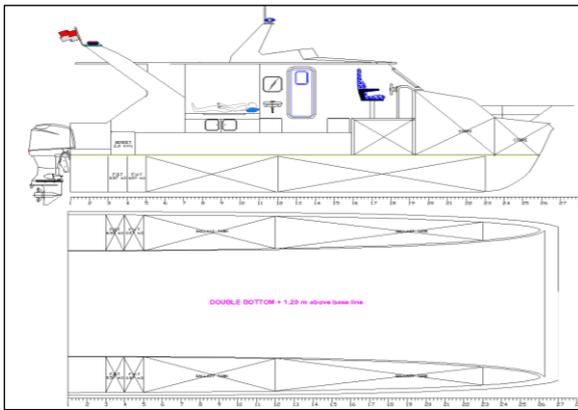
Gambar desain selanjutnya adalah gambar rencana umum (*general arrangement plan*), yang berisi pembagian kompartemen dan ruangan-ruangan di kapal. *General arrangement ambulance boat* ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Sementara karakteristik lambung kapal ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakteristik lambung ambulance boat

| No | Measurement         | Value  | Units          |
|----|---------------------|--------|----------------|
| 1  | Volume Displacement | 21.256 | m <sup>3</sup> |
| 2  | Displacement Ext    | 21.787 | ton            |
| 3  | WL Length           | 12.530 | m              |
| 4  | WSA                 | 67.330 | m <sup>2</sup> |
| 5  | MSA                 | 1.900  | m <sup>2</sup> |
| 6  | WPA                 | 23.963 | m <sup>2</sup> |
| 7  | Cp                  | 0.397  |                |
| 8  | Cb                  | 0.286  |                |
| 9  | Cm                  | 0.768  |                |
| 10 | Cwp                 | 0.387  |                |
| 11 | LCB                 | -1.320 | (from Φ) m     |
| 12 | LCF length          | -1.136 | (from Φ) m     |
| 13 | KB                  | 0.723  | m              |
| 14 | TBM                 | 9.611  | m              |
| 15 | LBM                 | 12.473 | m              |
| 16 | TKM                 | 10.334 | m              |
| 17 | LKM                 | 13.196 | m              |
| 18 | TPC                 | 0.246  | ton/cm         |
| 19 | MTC                 | 0.230  | ton.m          |



**Gambar 5.** General Arrangement (1)



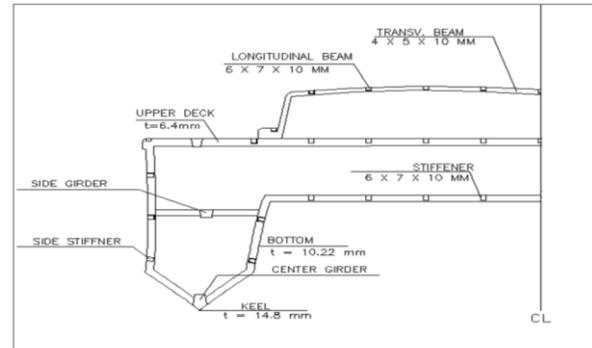
Gambar 6. General Arrangement (2)

Ambulance boat ini direncanakan memiliki kapasitas untuk membawa 1 orang pasien, 2 orang pendamping, 1 orang tenaga Kesehatan dan 1 orang pengemudi. Ranjang pasien diposisikan di deck pada centerline, dan pendamping serta nakes di sisi kanan/kiri ranjang pasien. Ambulance boat juga dilengkapi peralatan Kesehatan standard untuk ambulance, sesuai dengan peraturan Kementerian Kesehatan RI tahun 2019 tentang Pedoman Teknis Ambulans [10]. Boat juga dilengkapi dengan peralatan keselamatan pelayaran sesuai dengan Peraturan Kementerian Perhubungan RI, berupa life jacket, lifebuoy, peralatan pemadam kebakaran, dan lain-lain [11]. Ruang kemudi atau *wheelhouse* dengan luas  $\pm 6.5 \text{ m}^2$ , dilengkapi dengan 2 pilot chair, serta peralatan kemudi dan navigasi yang diperlukan. Pada kedua lambung catamaran digunakan sebagai tangki ballast yang akan diisi dengan air laut jika diperlukan.

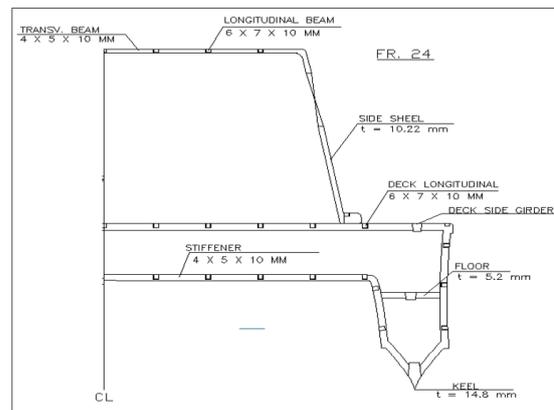
**b. Konstruksi Ambulance Boat**

Komponen konstruksi ambulance boat berdasarkan aturan BKI FRP adalah komponen laminasi keel, side sheel, bottom, deck, girder dan stiffener. Jarak antar stiffener pada ambulance boat ini dirancang sejauh 500 mm [8]. Stiffener ini dipasang kearah melintang dan memanjang kapal. Sementara itu tebal laminasi kulit pada bagian keel, sidesheel, bottom dan deck dihitung berdasarkan aturan

BKI. Penampang melintang desain konstruksi ambulance boat ini ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Penampang melintang midship (1)



Gambar 8. Penampang melintang midship (2)

Gambar 7 dan 8 menunjukkan posisi penguat-penguat kapal FRP yaitu konstruksi penguat lambung berupa *frame* dan *side longitudinal*, konstruksi penguat alas berupa *floor* dan *girder* serta penguat pada *deck* berupa *deck longitudinal*. Pada bagian depan kapal dipasang *collision bulkhead* dengan jarak  $0.05L - 0.13L$  (m) dari  $F_p$ . Pada kapal ini diambil jarak 1500 mm dari  $F_p$ . Sedangkan pada bagian buritan kapal harus dipasang *after peak bulkhead*, dimana pada kapal ini dipasang pada jarak 1000 mm dari  $A_p$ .

Kapal ini menggunakan material *fiberglass reinforced plastic* (FRP), yang tersusun dari lapisan-lapisan serat gelas yang diikat dengan matriks resin. Jenis serat gelas yang digunakan adalah jenis *chopped strand mat* (CSM)  $450 \text{ gr/m}^2$  dan *wire mesh* (WR)

1000 gr/m<sup>2</sup>. Untuk mencapai tebal seperti yang disyaratkan oleh aturan kelas BKI, bagian konstruksi kapal ini akan terdiri dari beberapa lapis laminasi serat gelas. Tebal masing-masing laminasi CSM 450 gr/m<sup>2</sup> adalah 1.06 mm, sedangkan tebal laminasi WR 1000 gr/m<sup>2</sup> adalah 2.35 mm. Tebal laminasi pada masing-masing komponen konstruksi menurut BKI adalah sebagai berikut [8]:

1) *Keel*

tebal minimum keel dihitung dengan persamaan Eq.1

$$t_k = 9 + (0.4 \times 13.00) = 14.2 \text{ mm}$$

lebar keel adalah 720 mm, sehingga luasnya

$$A = L \times b \\ = 13 \times 0.72 = 9.36 \text{ m}^2$$

2) *Side sheel amidship*

tebal minimum side sheel dihitung dengan persamaan Eq. 3

$$t_s = 15 \times 0.5 \times \sqrt{1.2 + (0.026 \times 13)}$$

$$t_s = 9.3 \text{ mm}$$

Luas *side sheel*

$$A = 2 \times H \times (Loa + 0.5B) \\ = 56.8 \text{ m}^2$$

3) *Side sheel aft*

$$t_{sa} = 9.3 + \frac{85\% \times 9.3}{100} \\ = 17,2 \text{ mm}$$

4) *Bottom Shell amidship*

Tebal pada *bottom shell* dihitung dengan persamaan Eq. 6

$$t_b = 15.8 \times a \times \sqrt{B + (0.026 \times L)}$$

$$t_b = 9.8 \text{ mm}$$

Luas *bottom sheel*

$$A = ((4d + B) L_{pp} \times C_b) \\ = 25.80 \text{ m}^2$$

5) *Bottom Shell aft*

$$t_{ba} = 9.8 + \frac{85 \times 9.8}{100} \\ = 18,13 \text{ mm}$$

6) *Upper deck pada amidship*

*Upper deck pada midship* dapat dirumuskan pada persamaan Eq.9

$$t_d = 5.8 \times 0.5 \times \sqrt{8.11}$$

$$t_d = 8.26 \text{ mm}$$

7) *Upper deck selain midship*

*Upper deck* selain *midship* dapat dirumuskan pada persamaan Eq.10.

$$t_{da} = 4.2 \times 0.5 \times \sqrt{11.1}$$

$$t_{da} = 7 \text{ mm}$$

8) *Center girder*

*Tebal Centre girder* dihitung dengan persamaan Eq. 11.

$$t_{CG} = 0,4 \times L + 5 \\ = 10.2 \text{ mm}$$

Luas penampang center girder adalah

$$A_f = (0,4 \times L) \times (4 \times L) + 30 \\ = 83.04 \text{ mm}^2$$

9) *Side Girder*

*Tebal side girder* dihitung dengan persamaan Eq. 13.

$$t_{SG} = 0,3 \times L + 3,5 \\ = 7,4 \text{ mm}$$

10) *Tebal Inner Bottom Laminate*

Tebal pada *inner bottom* dapat dihitung pada persamaan Eq.14.

$$t_i = 11.5 \times 0.5 \times \sqrt{1,3} \\ = 6,55 \text{ mm}$$

11) *Wrang (floor)*

Tebal *floor* dihitung dengan persamaan Eq.15.

$$t_f = 0.4 \times 13 \\ = 5.2 \text{ mm}$$

12) *Modulus Bottom Longitudinal*

$$W = 55.6 \times 0.5 \times 1 \times 0.5^2 \\ = 6.95 \text{ cm}^3$$

13) *Modulus Transverse frame aft*

$$W = 32 \times 0.5 \times 1 \times 0.5^2 \\ = 4 \text{ cm}^3$$

14) *Modulus Side longitudinal*

$$W = 49 \times 0.5 \times 1 \times 0.5^2 \\ = 6.125 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan modulus dan tebal komponen konstruksi tersebut, maka direncanakan jumlah lapisan laminasi pada masing-masing bagian adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Jumlah laminasi konstruksi

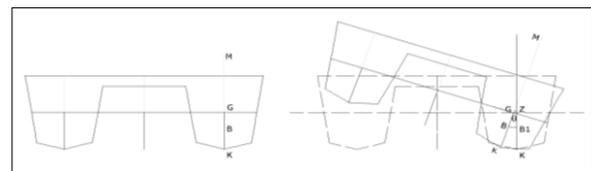
| No | Nama Bagian         | Tebal | Jumlah Laminasi |    |
|----|---------------------|-------|-----------------|----|
|    |                     | (mm)  | CSM             | WR |
| 1  | Keel                | 14,2  | 5               | 4  |
| 2  | Side sheel amidship | 9,3   | 3               | 3  |
| 3  | Side sheel aft      | 17,2  | 6               | 5  |
| 4  | Bottom sheel        | 9,8   | 3               | 3  |
| 5  | Bottom sheel aft    | 18,13 | 7               | 5  |
| 6  | upper deck amidship | 8,26  | 4               | 2  |
| 7  | upper deck          | 7     | 3               | 2  |
| 8  | center girder       | 10,2  | 3               | 3  |
| 9  | side girder         | 7,4   | 3               | 2  |
| 10 | inner bottom        | 6,55  | 2               | 1  |
| 11 | floor               | 5,2   | 3               | 1  |

Dengan jumlah laminasi tersebut maka berat total konstruksi adalah 10,82 ton. Dtambah dengan berat peralatan lain maka berat kapal kososng (*light weight tonnage/LWT*) kapal ini adalah 14,16 ton. Sedangkan berat penumpang, peralatan portable dan *consumable* yang menyusun bobot mati kapal (*dead weight tonnage/DWT*) maksimal 3 ton. Untuk mencapai displasemen maksimum masih tersedia berat cadangan sebesar ±4,6 ton, dimana jika dibutuhkan maka berat cadangan ini akan dipenuhi dengan mengisikan air ballast pada tangki, akan tetapi jika tidak diperlukan maka pengisian air ballat tidak perlu dilakukan.

**c. Stabilitas Ambulance Boat**

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah oleng/senget akibat terkena gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan stabilitas (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya *bouyancy* dengan gaya berat. Komponen stabilitas ini terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan statis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan kriteria stabilitas IMO [12].

Stabilitas *ambulance boat* ini dianalisis dalam kondisi kapal utuh (*intact*). Stabilitas utuh adalah kemampuan stabilitas suatu kapal dalam keadaan utuh atau tidak mengalami kebocoran. Perhitungan stabilitas kapal utuh pada kapal *speed boat ambulance* ini dilakukan dengan metode Barnhart dan Thewlis [13]. Stabilitas pada lambung catamaran dapat ditunjukkan pada gambar 9.



**Gambar 9.** Stabilitas kapal catamaran

Dalam perhitungan stabilitas dengan metode ini ukuran kapal diinputkan dalam sistem satuan British, yaitu feet. Setelah itu hasilnya baru dikonversikan Kembali menjadi satuan internasional (SI). Tabel 4 berikut adalah data *ambulance boat* dalam satuan *feet* yang digunakan untuk perhitungan stabilitas kapal utuh.

**Tabel 4.** Input data perhitungan stabilitas.

| INPUT DATA       |                |      |      |      |    |
|------------------|----------------|------|------|------|----|
| 1 feet = 0.305 m |                |      |      |      |    |
| L                | B              | Bw   | T    | DM   | SF |
| 41.11            | 22.97          | 7.87 | 3.94 | 6.65 | 0  |
| SA               | Δ <sub>o</sub> | CB   | CW   | CX   |    |
| 0                | 21.79          | 0.29 | 0.39 | 0.77 |    |

Nilai input data diatas merupakan ukuran utama *ambulance boat*. Hasil perhitungan awal untuk analisis stabilitas ambulance boat ini ditampilkan pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil perhitungan awal stabilitas.

| A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> | A <sub>2</sub>  | A <sub>M</sub> | S              |
|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 125.26         | 126.5          | 264.3           | 23.87          | 0              |
| F              | D              | C <sub>PV</sub> | D              | L <sub>d</sub> |
| 2.62           | 6.56           | 0.74            | 22.05          | 27.56          |

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan nilai GZ

| Heel Angle (φ) | GG' sin φ (feet) | b <sub>1</sub> sin 2φ | b <sub>2</sub> sin 4φ | b <sub>3</sub> sin 6φ | GZ (feet) |
|----------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| 0°             | 0.000            | 0.000                 | 0.000                 | 0.000                 | 0.000     |
| 5°             | 0.001            | 0.64                  | 0.21                  | -0.81                 | 0.08      |
| 10°            | 0.002            | 1.27                  | 0.61                  | -1.55                 | 0.33      |
| 15°            | 0.003            | 1.85                  | 0.82                  | -1.79                 | 0.89      |
| 20°            | 0.005            | 2.38                  | 0.93                  | 0.00                  | 1.77      |
| 25°            | 0.006            | 2.84                  | 0.93                  | -0.89                 | 2.89      |
| 30°            | 0.007            | 3.21                  | 0.82                  | 0.00                  | 4.04      |
| 35°            | 0.008            | 3.49                  | 0.61                  | 0.89                  | 5.00      |
| 40°            | 0.009            | 3.65                  | 0.32                  | 1.55                  | 5.53      |
| 45°            | 0.011            | 3.71                  | 0.00                  | 1.79                  | 5.51      |
| 50°            | 0.011            | 3.65                  | -0.32                 | 1.55                  | 4.89      |
| 55°            | 0.012            | 3.49                  | -0.61                 | 0.89                  | 3.78      |
| 60°            | 0.013            | 3.21                  | -0.82                 | 0.00                  | 2.40      |
| 65°            | 0.014            | 2.84                  | -0.93                 | -0.89                 | 1.03      |
| 70°            | 0.014            | 2.38                  | -0.93                 | -1.55                 | -0.08     |
| 75°            | 0.015            | 1.85                  | -0.82                 | -1.79                 | -0.74     |
| 80°            | 0.015            | 1.27                  | -0.61                 | -1.55                 | -0.87     |
| 85°            | 0.015            | 0.64                  | -0.32                 | -0.89                 | -0.96     |
| 90°            | 0.015            | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | -0.97     |

Hasil perhitungan pada Tabel 5 selanjutnya yang akan dijadikan acuan untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga GG' sin φ, b<sub>1</sub>.sin 2φ, b<sub>2</sub>.sin 4φ, b<sub>3</sub>.sin 6φ ditunjukkan pada tabel 6. Hasil perhitungan lengan statis (GZ) dalam satuan *feet* yang kemudian dikonversi menjadi satuan meter. Nilai lengan statis (GZ) dalam satuan meter ditunjukkan pada Tabel 7.

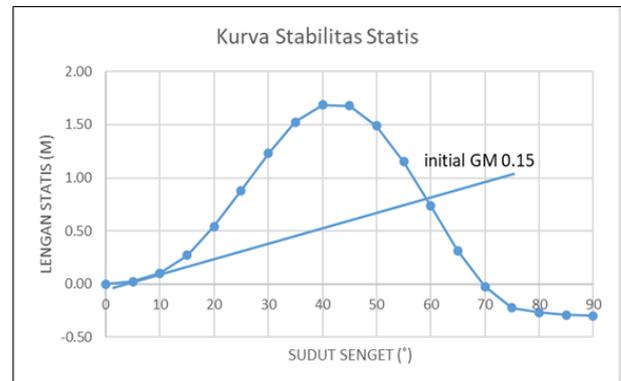
**Tabel 6.** Nilai GZ dalam satuan meter (SI)

| Φ  | 0     | 5     | 10    | 15   | 20    |
|----|-------|-------|-------|------|-------|
| GZ | 0,00  | 0.02  | 0.1   | 0.27 | 0.54  |
| Φ  | 25    | 30    | 35    | 40   | 45    |
| GZ | 0.88  | 1.23  | 1.52  | 1.69 | 1.68  |
| Φ  | 50    | 55    | 60    | 65   | 70    |
| GZ | 1.49  | 1.15  | 0.73  | 0.31 | -0.03 |
| Φ  | 75    | 80    | 85    | 90   |       |
| GZ | -0.23 | -0.27 | -0.29 | -0.3 |       |

Setelah lengan statis diperoleh, selanjutnya adalah menghitung periode oleng pada kapal tersebut. Berikut adalah hasil perhitungan periode oleng berdasarkan IMO [9].

$$T = \frac{2 \times c \times B}{\sqrt{GM}} = \frac{2 \times 0.453 \times 7}{\sqrt{0.15}} = 16.37 \text{ detik}$$

Kurva lengan stabilitas pada kondisi intact dari *ambulance boat* ini ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Kurva stabilitas ambulance boat

Informasi yang bisa didapatkan dari kurva pada gambar 10 adalah range stabilitas (*range of stability*), sudut kemiringan dimana GZ kembali ke nol dan GZ berubah menjadi negative, nilai maksimum GZ, tinggi metasenter, kemampuan kapal menyerap energi yang diberikan oleh angin, gelombang, dan gaya eksternal lainnya, serta kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula atau stabil.

Bagian awal dari kurva stabilitas statis (pertama 7-10 derajat) harus konsisten dengan ukuran stabilitas awal, yaitu tinggi metasenter (GM) yakni 0.15 meter.

Oleh karena itu tinggi metasenter (GM) adalah ukuran kemiringan kurva stabilitas statis di titik asal dan harus selalu digunakan sebagai bantuan untuk merencanakan kurva, dengan menjalankan kurva yang bersinggungan dengan garis lurus pada 1 radian (sama dengan 180/π, atau 57.3°). garis lurus yang melewati nilai GZ = GM. Nilai

GMmax pada kurva tersebut adalah 0.75 meter.

Puncak kurva stabilitas statis menunjukkan dua parameter penting dalam evaluasi stabilitas kapal. Parameter tersebut adalah GZ maksimum ( $GZ_{max}$ ) dan sudut stabilitas maksimum.  $GZ_{max}$  pada kurva stabilitas statis *speed boat catamaran* ini adalah 1.69 meter. Semetara sudut kemiringan maksimum adalah 42,3°. setelah mencapai sudut maksimum kurva akan menurun hingga mencapai GZ 0 (nol). Pada titik ini kapal tidak lagi memiliki momen penegak, artinya kapal tidak bisa kembali ke posisi tegak kembali. Pada titik ini kapal dikatakan telah kehilangan stabilitasnya. Jika sudut senget tetap bertambah maka yang timbul adalah momen penggulin (capsizing moment).

Berdasarkan kurva pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa nilai GZ maksimum adalah 1.69 m, tinggi  $GM_0$  adalah 0.75 m, *range of stability* pada sudut kemiringan 0°-70°. Setelah diketahui nilai GZ maksimum dan periode oleng, selanjutnya adalah menghitung sudut maksimum dari nilai GZ tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai sudut maksimum adalah 42.3° yang ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Nilai maksimum parameter stabilitas ambulance boat

| e [ m . rad ]  |       |                 | GZ   |
|----------------|-------|-----------------|------|
| 30°            | 40°   | 30° - 40°       | 30°  |
| 0.15           | 0.26  | 0.11            | 1.23 |
| $\theta_{max}$ | MR    | GM <sub>0</sub> |      |
| [X°]           | [m.t] | [feet]          | [m]  |
| 42.3           | -0.18 | 0.5             | 0.15 |

Setelah didapatkan perhitungan lengan stabilitas, maka pengecekan perhitungan stabilitas beberapa kondisi pemuatan menggunakan "Intact Stability Code, IMO" Regulasi A.749 (18) yang ditunjukkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil pengecekan stabilitas dengan kriteria IMO

| Kriteria IMO Regulation A. 749 (18) |                            |                             |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| $e_{0,30^\circ} \geq 0.055$         | $e_{0,40^\circ} \geq 0.09$ | $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ | $h_{30^\circ} \geq 0.2$    |
| Accepted                            | Accepted                   | Accepted                    | Accepted                   |
| $f_{max} \geq 25^\circ$             | $GM_0 \geq 0.15$           | $MR \leq 10^\circ$          | $\Phi_{max} \leq 10^\circ$ |
| Accepted                            | Accepted                   | Accepted                    | Accepted                   |

Tabel 8 menunjukkan bahwa stabilitas ambulance boat ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh IMO.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Komponen konstruksi ambulance boat berdasarkan aturan BKI FRP adalah komponen laminasi keel, side sheel, bottom, deck, girder dan stiffener berupa transverse dan longitudinal.

Masing-masing laminasi menggunakan serat gelas jenis CSM 450 gr/ m<sup>2</sup> dan WR 1000 gr/m<sup>2</sup>. Tebal masing-masing laminasi CSM 450 gr/m<sup>2</sup> adalah 1.06 mm, sedangkan tebal laminasi WR 1000 gr/m<sup>2</sup> adalah 2.35 mm. Berdasarkan modulus dan tebal komponen konstruksi tersebut, maka direncanakan jumlah lapisan laminasi pada masing-masing komponen konstruksi tersebut.

Perhitungan dan analisis stabilitas ambulance boat ini menunjukkan nilai GZ maksimum adalah 1.69 m, tinggi  $GM_0$  adalah 0.75 m, *range of stability* pada sudut kemiringan 0°-70°. Berdasarkan hasil pengecekan terhadap kriteria stabilitas maka diketahui bahwa stabilitas kapal *speed boat ambulance type catamaran* ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh IMO

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulis juga

menucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya yang telah membatu dari awal hingga akhir.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, W. Setiawan, T. Hidayat dan A. Alfianto, "Design of Water Ambulance for Inland Waterways of Regency East Kalimantan.," dalam *Proceedings of the 1st International Conference on Industrial Technology (ICONIT 2019)*, Balikpapan, Indonesia, 2020.
- [2] A. Pusaka, Y. A. Dewanto dan F. Octaviany, "Study of ambulance ship design for island services in Indonesia," *IOP Conf. Series: Journal of Physics*, vol. 1469, pp. 1-7, 2020.
- [3] F. Kalbuadi dan H. A. Kurniawati, "Desain Amphibious High Speed Ambulance Craft (HSAC) sebagai Penunjang Fasilitas Kesehatan di Kepulauan Raja Ampat," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 9, no. 2, pp. G157-G163, 2020.
- [4] Alamsyah dan W. E. D. Setiawan, "Analisis Stabilitas Kapal Ikan Katamaran Daerah Perairan Kalimantan Timur," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 74-82, 2020.
- [5] B. A. Adietya dan E. D. Gustiarini, "Studi Perbandingan Performa Kapal Trimaran, Katamaran, dan Monohull Sebagai Kapal Penyeberangan di Kepulauan Karimunjawa," *Jurnal Kapal*, vol. 15, no. 1, pp. 18-23, 2018.
- [6] H. Siswanti, M. Mustain dan A. R. Farisa, "Comparative Study of Ship Resulance on Monohull and Catamaran Model of 15 GT Fishing Boat," dalam *Conference Proceeding of 7th International Conference on Ship and Offshore Technology*, Surabaya, 2021.
- [7] A. Baskoro dan T. W. Pribadi, "Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Ukuran 10GT 20GT Konstruksi Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) sesuai Standar Biro Klasifikasi Indonesia," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 7, no. 1, pp. G25-G30, 2018.
- [8] Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules For Classification And Construction for Fiberglass Reinforced Plastic Ships*, Jakarta: BKI, 2021.
- [9] International Maritime Organization, *International Code on Intact Stability 2008-Part A*, IMO, 2008.
- [10] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Pedoman Teknis Ambulans*, Jakarta: Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan, Kementerian Kesehatan Ri, 2019.
- [11] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 12 Tahun 2022 Tentang Kelaiklautan Kapal Kecepatan Tinggi Berbendera Indonesia*, Jakarta, 2022.
- [12] International Maritime Organization, *Code On Stability For All Types Of Ships. International Maritime Organization*, London: IMO, 2002.
- [13] W. R. Kirmandi, E. Pranatal dan P. I. Santosa, "Analisa Teknis Penambahan Panjang Kapal Untuk Menambah Kapasitas Muatan Studi Kasus Kmp. Roditha Milik Pt. Asdp Indonesia Ferry (Persero)," dalam *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN II)*, Surabaya, 2020.