

Perancangan Rescue Boat Berbahan Komposit untuk Penyelamatan Bencana Banjir

Rahayu Nur 'Aisyah^{1*}, Priyambodo Nur Ardi Nugroho², dan Gaguk Suhardjito³

Program Studi Teknik perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perakpalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi Teknik perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perakpalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program Studi Teknik perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perakpalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: rahayuaisyah@student.ppns.ac.id^{1*}; priyambodo@ppns.ac.id^{2*}; gaguksh@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - According to BNPB, floods are the most common natural disaster in Indonesia in 2022. Therefore, sandwich composite flood rescue boat is needed. The main dimensions of this rescue boat is obtained from trial and error method resulting in L:6m, B:2 m, H:1 m, T:0.25m and Vs:13 knots. After designing two hull models with the same main size, resistance analysis is carried out using Maxsurf Resistance software. Based on this analysis, the pram hull model was chosen because the resistance of the pram hull model is smaller at 3 knots and just need 85 HP engine. Meanwhile the boxy hull model has a resistance at 5.1 knots and need 150 HP engine. The construction thickness that meets the thickness requirements of the sandwich composite, the DWT is 0.630 tons and the LWT is 0.562 tons. The results of the stability calculation with reference to the IMO A.749(18) regulation, on the full loadcase and empty loadcase have met the requirements. Based on the calculations, the estimated cost of building a rescue boat is IDR 136,016,142.00. The design of the 3D rescue boat model was made using Sketch-Up software and made a miniature rescue boat.

Keywords : rescue boat, flood, sandwich composite.

1. PENDAHULUAN

Bencana adalah suatu peristiwa yang dapat mengganggu kehidupan masyarakat yang dapat menyebabkan korban jiwa, kerugian harta benda, kerusakan lingkungan dan dampak psikologis. Menurut BNPB bencana banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia pada tahun 2022 [1]. Saat banjir sudah naik hingga ketinggian lebih dari satu meter, akan sangat berbahaya jika harus berjalan kaki untuk pergi menuju tempat yang aman. Hal ini dapat menambah resiko terpelesok jika ada lubang atau drainase (selokan) yang tidak terlihat karena tergenang air. Terdapat beberapa tindakan pencegahan yang bisa diambil untuk menghindari bencana, tetapi sering kali dilupakan bahwa pertolongan pertama sama pentingnya dengan tindakan pencegahan pengurangan kerusakan.

Berdasarkan hal tersebut diperlukan rancangan *rescue boat* disesuaikan dengan fungsi dari pengoperasian kapal tersebut yakni untuk menolong warga terdampak banjir. Maka dari itu dibuatlah perancangan *rescue boat* dengan bahan komposit *sandwich* untuk penanggulangan banjir. Dipilih bahan komposit *sandwich* yakni *plywood* dan *fiber* akan mempermudah orang yang awam tentang kapal dapat membuat *rescue boat* untuk kebutuhan penyelamatan jika terjadi banjir. Selain itu perancangan kapal ini juga dapat digunakan sebagai upaya mitigasi bencana banjir. Diharapkan *rescue boat* berbahan komposit ini dapat mengurangi korban akibat bencana banjir.

Perancangan *rescue boat* juga dapat digunakan sebagai *Project Based Learning* atau PBL di perguruan tinggi guna menunjang pembelajaran di kampus. Selain itu untuk mengetahui berapa ukuran utama *rescue boat* serta kebutuhan perlengkapannya termasuk peempatan dan analisis yang diperlukan dalam pembuatan *rescue boat* ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bencana Banjir dan Kondisi Banjir di Indonesia.

Bencana merupakan sebuah peristiwa dimana disebabkan dari faktor manusia, faktor alam maupun faktor non alam yang dapat mengancam serta mengganggu kehidupan masyarakat luas. Bencana dapat berakibat menimbulkan kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, adanya korban jiwa hingga dampak psikologis.[2]. Salah satu bencana alam di Indonesia adalah bencana banjir. Banjir ialah kondisi aliran air sungai dimana tingginya dapat melebihi muka air normal yang meluap dari sungai, sehingga menyebabkan terjadinya genangan disuatu lahan dari sisi sungai itu sendiri yang lebih rendah. Menurut BNPB sepanjang tahun 2022 bencana alam di Indonesia mencapai lebih dari 3500 kejadian dan 1500 diantaranya adalah banjir. Bencana banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia pada tahun 2022

2.2 Pengertian dan Misi Kapal

Misi kapal adalah tujuan dibuatnya kapal serta peran dan fungsinya saat kapal telah selesai dibuat. Kapal penyelamat banjir diperlukan guna meminimalisir kerusakan dan korban jiwa akibat banjir. Kapal ini akan dilengkapi dengan berbagai peralatan yang diperlukan termasuk pertolongan pertama bagi korban banjir. Tujuan utama dari perahu ini adalah untuk menolong orang yang terjebak di sekitar rumah atau lokasi mereka. Harapannya dengan adanya perahu ini dapat meminimalisir korban jiwa dan kerugian material.

2.3 Rencana Garis dan Rencana Umum

Gambar rencana garis atau *linesplan* adalah gambar yang menunjukkan bentuk melengkung lambung kapal secara vertikal memanjang *sheer plan*, horizontal memanjang atau *half breadth plan* dan melintang badan kapal atau *body plan*. Gambar ini terdiri dari proyeksi siku-siku dari perpotongan antara permukaan lambung dan 3 set bidang yang saling tegak lurus.

Gambar rencana umum adalah gambaran yang menjelaskan tata letak dan kebutuhan kapal, yang merupakan aspek terpenting saat mendesain kapal. Ada tiga aspek penting yang perlu diperhatikan pada gambar rencana umum, yakni rencana tata letak ruangan, area perlengkapan kapal dan denah tiap *deck*, tampak samping, tampak depan dan tampak belakang kapal.

2.5 Keselamatan Kapal

Keselamatan kapal adalah kondisi kapal yang memenuhi persyaratan mulai dari material, konstruksi, stabilitas, perlengkapan kapal, termasuk perlengkapan tambahan. Kapal dilengkapi dengan peralatan keselamatan sesuai dengan kebutuhan.

2.6 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak dengan kecepatan tertentu di media perairan mengalami hambatan. Besarnya tahanan atau hambatan suatu kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal, berat air yang diakibatkan gerakan lambung kapal yang tercelup dan bentuk lambung kapal. Untuk alasan fisik, hambatan kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama, yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan tangensial (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang dan tegangan viskositas. Tegangan geser disebabkan oleh viskositas air atau fluida. Komponen hambatan kemudian disederhanakan menjadi dua kelompok yaitu, ketahanan viskositas (*viscous resistance*) dan ketahanan gelombang (*wave resistance*). Hambatan kapal akan mempengaruhi besar kecilnya pemakaian mesin induk dan konsumsi bahan bakar, serta menentukan kapasitas muat kapal [3]

2.7 Material Kapal

Untuk mendapatkan perahu yang ringan tetapi kaku dan kuat harus diaplikasikan bahan yang ringan kaku dan kuat yaitu komposit *sandwich*. Konsep struktur panel yang terdiri dari dua laminat paralel tipis mengapit *core* merupakan struktur komposit *sandwich* yang umum diterapkan. Laminat paralel tipis dengan modulus elastisitas tinggi sebagai kulit digabung dengan *core* yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat dan ringan [4].

Material yang digunakan dalam pemilihan bahan komposit *sandwich* yakni *plywood* dan fiber. Pemilihan material ini dikarenakan proses pembuatannya yang mudah dan melalui pertimbangan nilai ekonomis maka bahan jenis *Plywood* yang diperkuat serat gelas merupakan kandidat bahan yang paling sesuai untuk digunakan sebagai bahan pembuatan kapal [5].

2.8 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Perhitungan *deadweight tonnage* (DWT) dan *lightweight tonnage* (LWT) merupakan hal yang penting dalam perancangan kapal. Hal tersebut dikarenakan hasil perhitungannya akan berhubungan dengan sarat kapal, *freeboard* kapal, dan *displacement* kapal. Nilai DWT dan LWT kapal diperlukan saat memperhitungkan berat dan titik berat kapal, kemudian dilanjutkan untuk menganalisis stabilitas dari kapal itu sendiri. DWT atau obot mati adalah berat kapal keseluruhan saat keadaan muatan penuh dikurangi berat kapal kosong atau bisa disebut berat dari muatan, *crew* kapal dan *consumable*. Sedangkan LWT adalah berat kapal kosong termasuk mesin, permesinan, perpipaan, berat konstruksi kapal, berat *outfitting* dan akomodasi [6].

2.9 Freeboard

Freeboard atau lambung timbul merupakan jarak vertikal dari garis geladak lambung timbul kebawah hingga sisi atas garis muat yang diukur pada tengah kapal. Kapal dengan sarat yang relatif rendah atau memiliki *freeboard* minim memiliki resiko besar untuk terbalik dibandingkan kapal dengan *freeboard* yang tinggi [7]. Standar yang digunakan adalah Kriteria Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia atau NCVS (*Non Convention Vessel Standart*) oleh Kementerian Perhubungan pada tahun 2009. Dalam regulasi tersebut dijelaskan persyaratan *freeboard* kapal berbendera Indonesia yakni kapal yang berukuran kurang dari sama dengan 15 meter, *freeboard*-nya tidak boleh kurang dari 0,25 m.

2.10 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan benda yang mengapung kembali ke keadaan semula setelah miring. Faktor yang dapat menyebabkan kapal miring adalah karena faktor internal, yaitu letak

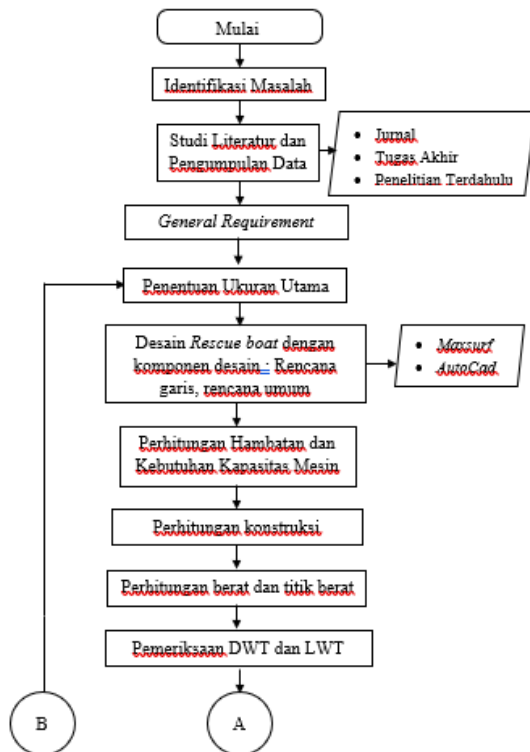
dan jumlah muatan, dan bentuk ukuran utama kapal. Selain itu juga terdapat faktor eksternal yaitu angin, arus, gelombang dan badai. Selain faktor eksternal yang tidak dapat diprediksi, faktor bentuk dan ukuran wadah berpengaruh signifikan terhadap letak pusat gravitasi. Nilai-nilai ini adalah salah satu ukuran terpenting untuk menentukan keseriusan kapal. Poin-poin tersebut adalah titik berat, titik apung, titik metasenter, dan titik keel. Terdapat tiga kondisi stabilitas melintang kapal, yakni stabilitas positif, stabilitas netral, dan stabilitas negatif.

2.11 Rencana Anggaran Biaya

Perkiraan biaya atau rencana anggaran biaya (RAB) merupakan langkah terakhir dalam konsep desain spiral. Hal ini dikarenakan proses berulang yang menghasilkan perubahan konstruksi dan kebutuhan biaya pembuatan kapal juga berubah. Biaya produksi adalah semua biaya yang berkaitan dengan proses produksi atau proses pengolahan dari bahan mentah sampai menjadi produk jadi [8].

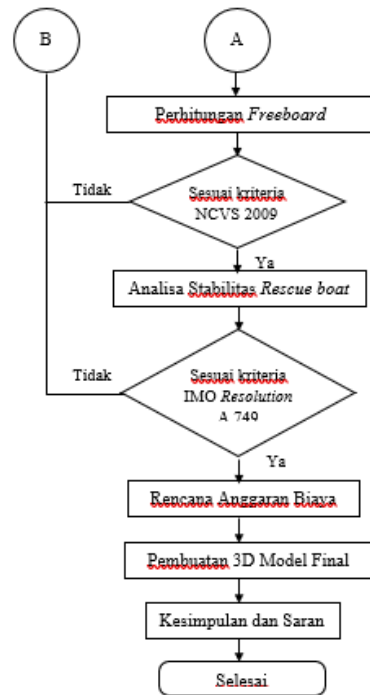
3. METODOLOGI PENELITIAN.

Adapun tahapan untuk merancang rescue boat berbahan komposit untuk penyelamatan bencana banjir sesuai dengan flow chart pada gambar 1. berikut :



Gambar 1. Flowchart 1

Selanjutnya flow chart pada gambar 1. Dilanjutkan dengan flow chart pada gambar 2. yakni sebagai berikut :



Gambar 2. Flowchart 2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 General Requirements

Berdasarkan proses desain yang telah dijelaskan, ada aspek-aspek yang harus dipenuhi dalam perancangan desain *Rescue boat*. Adapun kebutuhan kapasitas *rescue boat* yakni penumpang sejumlah 7 orang termasuk *crew* dan peralatan *rescue*. Panjang kapal yang direncanakan adalah kurang dari atau sama dengan 6 meter dengan kecepatan estimasi yakni pada kecepatan 10 hingga 20 *knot*. Penulis membatasi kriteria banjir yang dijadikan acuan adalah banjir lokal dengan ketinggian minimal 1 meter. Jadi *rescue boat* ini direncanakan dapat digunakan di seluruh Indonesia, dengan syarat ketinggian banjir pada suatu daerah minimal 1 meter dan dengan jenis banjir yakni banjir lokal.

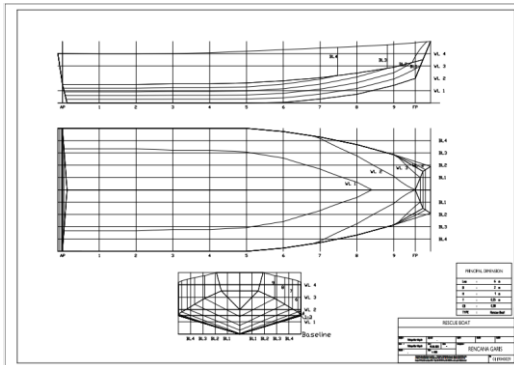
4.2 Penentuan Ukuran Utama

Poin utama dari kapal ini dirancang untuk dapat membawa 7 orang orang di dalamnya termasuk dengan *crew* yang mengoperasikan kapal tersebut. Adapun metode untuk menentukan ukuran utama kapal yang akan digunakan adalah metode iterasi atau metode *trial and error*. Adapun ukuran utama *rescue boat* yang paling sesuai dengan *requirements* yang diperlukan yakni ukurannya yaitu L : 6m, B : 2 m, H : 1 m, T : 0,25 m, Passenger : 7 *person*, Service Speed : 13 *knot*

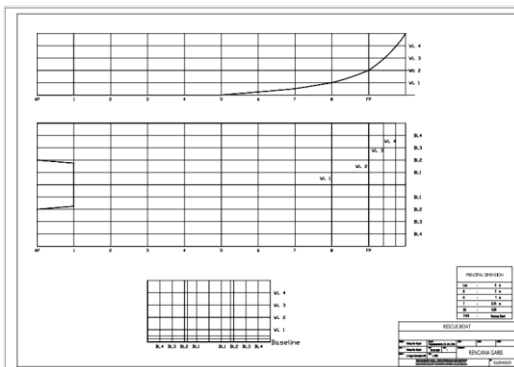
4.1 Desain Rencana Garis

Gambar *Lines Plan* atau Rencana Garis didapat dari pembuatan model kapal

menggunakan software *Maxsurf modeler Advanced*. Pembuatan model kapal didasarkan pada *General Requirements* yang telah ada sebelumnya. Hasil pemodelan kapal di software *Maxsurf modeler* merupakan gambar 3D. Model 3D tersebut di-export menjadi gambar 2D dalam bentuk .dxf yang nantinya disempurnakan garis-garisnya agar lebih *streamline* di software *AutoCAD*. Berikut merupakan hasil *Lines Plan* *Rescue boat* dengan bentuk lambung *pram*



Gambar 3. Linesplan Bentuk Lambung Pram



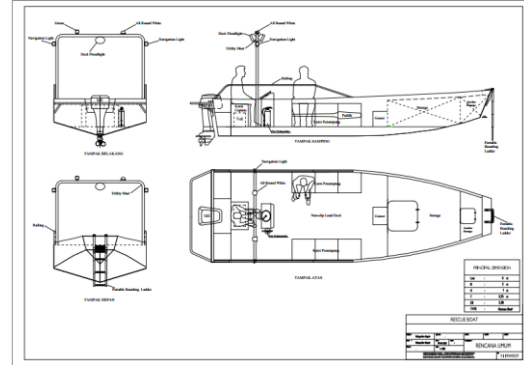
Gambar 4. Linesplan Bentuk Lambung Boxy

4.1 Perhitungan Daya Motor

Untuk mengetahui daya motor yang diperlukan oleh *rescue boat*, dilakukan Analisis hambatan menggunakan *Maxsurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam analisis ini lambung kapal bentuk *pram* dan bentuk *boxy* adalah metode Holtrop. Adapun efisiensi yang digunakan pada analisisnya yaitu sebesar 55%. Pada kecepatan maksimal 20 *knot*, didapatkan nilai hambatan *rescue boat* lambung *pram* memiliki hambatan sebesar 3 *knot* dan kebutuhan daya sebesar 75 Hp. Sedangkan *rescue boat* lambung *boxy* memiliki hambatan yang lebih besar, hambatannya sebesar 5,1 *knot* dan daya yang dibutuhkan 127 Hp. Setelah itu dihitung nilai BHP, kemudian nilai tersebut digunakan untuk pemilihan mesin kapal. Pada *rescue boat* lambung *pram* dengan nilai BHP sebesar 84,705 HP maka dipilihlah mesin *outboard* YAMAHA 85AETL. Sedangkan pada *rescue boat* lambung *boxy* dengan nilai BHP sebesar 149,411 HP maka dipilihlah mesin *outboard* YAMAHA 150AET

4.1 Desain Rencana Umum

Desain Rencana Umum Kapal atau *General Arrangement* dilakukan setelah Gambar Rencana Garis selesai dan setelah menentukan komponen-komponen pendukungnya. Gambar ini didesain untuk menentukan perletakan dari ruangan maupun perlengkapan yang dibutuhkan kapal tersebut.



Gambar 5. Rencana Umum

Dari desain rencana umum *rescue boat* dapat dilihat bahwa kapal ini memiliki tangga untuk akses naik kapal, terdapat tempat duduk untuk 6 orang, 1 tempat duduk dan beberapa equipment lain yang mendukung operasional kapal

4.1 Perencanaan dan Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi ini digunakan untuk mengetahui ukuran material kapal yang akan dibangun. Pada sub bab ini menjelaskan tentang rangkuman perhitungan konstruksi dan berikut pada tabel 1. merupakan rekapitulasi perhitungan ketebalan konstruksi *rescue boat*.

Tabel 1. Rekapitulasi Ketebalan Konstruksi

No	Item	Minimum Size		Thickness
		Value	Unit	
1	Bottom Shell	7,1	mm	8,1
2	Side Shell	6,71	mm	8,1
3	Deck	7,1	mm	8,1
4	Collision Bulkhead	5,01	mm	5,02
5	Watertight Bulkhead	4,01	mm	4,3
6	Transverse Frame	2,5	mm	2,9
7	Side Longitudinal	2,5	mm	2,9
8	Centre Girder	7,5	mm	7,90

Sumber; Penulis, 2023

Dari Rekapitulasi Perhitungan konstruksi ini dapat dilihat bahwa kebutuhan ketebalan konstruksi dari setiap bagian kapal telah terpenuhi. Artinya ketebalan laminasi komposit *sandwich* yang direncanakan sudah lebih dari minimum ketebalannya.

4.1 Perhitungan Berat dan Titik Berat

Estimasi pemodelan berat kapal kosong yang dipilih yaitu menggunakan teknik berat per area. Pengukuran luas area setempat yang diambil

dari data *area surface* pada *software Modeler*, dan dikalikan dengan berat susunan laminasi pada setiap bagian konstruksi. Teknik pendekatan berat kapal kosong dengan praktik pengujian berat laminasi yang digunakan bisa dipertanggungjawabkan. Teknik ini mendekati dengan volume kubik pada setiap bagian kapal nantinya.

Hasil perhitungan konstruksi memberikan informasi mengenai ketebalan yang harus dipenuhi dan jenis serat material yang digunakan untuk mencapai ketebalan tersebut sudah sesuai. Dari hasil perhitungan tersebut dilakukan perencanaan susunan laminasi tiap bagian kapal sebagai acuan utama perhitungan berat kapal kosong.

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan LWT. Dari tabel 4.8 dihasilkan total berat kapal kosong atau LWT seberat 0,562Ton. Setelah didapatkan berat lightweight atau berat kapal kosong, maka untuk mencari berat total akhir dari kapal dan titik beratnya harus dikombinasikan dengan berat muatan atau deadweight kapal dengan hasil yang didapatkan DWT total kapal pada hasil akhir perhitungan seberat 0,63 ton.

4.1 Pemeriksaan DWT dan LWT

Pemeriksaan ini dilakukan untuk melihat apakah jumlah DWT dan LWT mendekati *displacement* atau tidak. Dasar teori pengertian *displacement* adalah dari hukum *Archimedes*, yang mengatakan bahwa benda padat yang dimasukkan kedalam zat cair akan mendapat gaya tekan keatas sebesar berat zat cair yang dipindahkan. Kapal yang terapung di air akan mendapat gaya tekan air keatas yang besarnya sama dengan volume badan kapal yang tercelup dikalikan dengan berat jenis air, hal ini umumnya disebut *displacement* kapal. *Displacement* ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \text{Volume} \times \rho$$

Volume badan kapal yang tercelup air :

$$V = L \times B \times T \times C_b \times 1$$

$$V = 6 \times 2 \times 0,25 \times 0,373 \times 1$$

$$V = 1,119 \text{ ton}$$

Tabel 2. Pemeriksaan DWT dan LWT

No	Komponen Berat Kapal	Nilai	Satuan
1	<i>Displacement</i>	1.119	ton
2	DWT	0.630	ton
3	LWT	0.563	ton
4	DWT + LWT	1.193	ton
	Selisih	0.074	ton

Sumber: Penulis, 2023

Dari total LWT ditambah DWT seperti pada Tabel 2. dengan *displacement* kapal yang didesain sebesar 0.074 ton, atau sebesar (6,61%). Dengan batas margin *displacement* sebesar 0-10 %, desain

rescue boat masih memenuhi dalam persyaratan margin *displacement*.

4.1 Perhitungan Freeboard

Perhitungan *freeboard* atau lambung timbul pada proses desain ini mengacu pada peraturan NCVS (Non Convention Vessel Standard) 2009, dimana dalam regulasi tersebut telah diatur persyaratan untuk lambung timbul untuk kapal – kapal yang beroperasi di Indonesia. Regulasi untuk kapal dengan panjang kurang dari sama dengan 15 m, lambung timbul tidak boleh kurang dari 250 dari garis geladak. *Rescue boat* yang dirancang mempunyai H = 1 m dan T = 0,25 m, sehingga *freeboard*-nya adalah 0,75 m. Dengan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa *rescue boat* telah memenuhi persyaratan dari regulasi tersebut.

4.1 Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas ini dengan *software stability* yang berdasarkan pada regulasi IMO *code on intact stability A.749 (18), Chapter 3 – design criteria applicable to all ships*. Regulasi ini sebagai dasar karena tercantum ketentuan-ketentuan untuk menghitung stabilitas pada semua jenis kapal. Adapun perhitungan stabilitas yang dilakukan pada dua kondisi, yaitu:

1. Kondisi muatan penuh.

Pada kondisi ini penumpang 100% dengan jumlah 7 orang dan tangki BBM 100%. Data pembebanan dan grafik pada Analisis stabilitas muatan penuh.

2. Kondisi muatan kosong.

Pada kondisi ini penumpang 0% dan tangki BBM 0%. Data pembebanan dan grafik pada Analisis stabilitas muatan kosong.

Tabel 4. 1 Keberterimaan Stabilitas

No	KONDISI PEMBEBANAN	STATUS
1	Kondisi muatan penuh	Memenuhi
2	Kondisi muatan kosong	Memenuhi

Sumber: Penulis, 2023

Pada tabel 4.15 tersebut dapat diketahui bahwa pada pada kondisi muatan penuh, *rescue boat* memenuhi kriteria IMO. Pada kondisi muatan kosong *rescue boat* juga memenuhi kriteria IMO.

4.1 Rencana Anggaran Biaya

Setelah dilakukan perencanaan dan perhitungan material yang dibutuhkan, perlu adanya rancangan anggaran biaya berupa *bill of quantity* yang bisa menjadi dasar harga acuan pembangunan secara material yang telah di kalkulasi dengan harga per satuan untuk realisasi Pembangunan. Setelah dilakukan perhitungan diketahui bahwa estimasi harga yang dibutuhkan untuk membangun kapal *rescue boat* berbahan komposit adalah Rp136,016,142.00. Pemodelan

anggaran produksi berfungsi sebagai acuan teknis anggaran pengadaan dan produksi kapal dan juga referensi pembangunan *rescue boat* berbahan komposit untuk bencana banjir

4.1 Pembuatan Desain 3D Rescue Boat

Proses pembuatan 3D desain menggunakan beberapa *software* yang berbeda. Pembentukan lambung menggunakan *software* modeler dari bentuk lambung tersebut lalu dilanjutkan dengan export ke *software* lain untuk merubah file agar bisa digunakan di *software Sketch-Up* untuk membuat desain 3D dan interior kapal. Tahap terakhir hasil 3D kapal di *render* menggunakan *software rendering* untuk menghasilkan gambar yang *realistic*. Selain itu pada pembuatan 3D model kapal dilakukan pembuatan maket. Maket ini dibuat dengan ukuran skala 1:20 yaitu 30 cm.

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengerjaan dan analisis didapatkan hasil kesimpulan tugas akhir sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil ukuran utama *Rescue boat* Berbahan Komposit Untuk Bencana Banjir yakni $L : 6 \text{ m}$, $B = 2 \text{ m}$, $H = 1 \text{ m}$, $T = 0.25 \text{ m}$, $Passanger = 7 \text{ Person}$, $Cb = 0,38$
2. Besar daya motor yang diperlukan kapal *rescue boat* lambung *pram* dengan nilai BHP sebesar 84,705 HP. Sedangkan pada *rescue boat* lambung *boxy* dengan nilai BHP sebesar 149,411 HP.
3. Ukuran ketebalan konstruksi pada desain kapal *rescue boat* pada bottom shell, side shell, dan deck adalah 8,1 mm, pada sekat tubrukan 5,02 mm, pada sekat lain 4,3 mm, pada transferse frame dan side longitudinal 2,9 mm, dan pada center girder 7,9 mm.
4. Hasil analisis stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki stabilitas yang baik, hal tersebut dibuktikan dengan pemenuhan kriteria stabilitas berdasarkan IMO *code on intact stability A.749* pada pembebanan kondisi muatan penuh dan kondisi muatan kosong sudah memenuhi kriteria.
5. Estimasi biaya anggaran pembangunan kapal memiliki estimasi dana sebesar Rp136,016,142.00.
6. Pembuatan 3D model final dari *rescue boat* adalah dengan menggunakan *software Sketch-Up* dan *Enscape*. Selain itu juga membuat maket kapal dengan ukuran 30 cm pada skala 1:20

5. PUSTAKA

- [1] BNPB, "Geoportal Data Bencana Indonesia," 2023. <https://gis.bnpb.go.id/> (accessed Jan. 27, 2023).
- [2] "Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007," 2007.
- [3] M. L. Hakim, "Redesign Patrol Boat Menjadi Ambulance Boat di Pt. Tri Ratna Diesel Indonesia," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 2021.
- [4] A. D. Catur and Salman, "Pembuatan Perahu Nelayan Berbahan Komposit Sandwich Dengan Teknik Hand Lay Up," Mataram, Aug. 2020.
- [5] Azwar, A. S. Ismy, and Saifuddin, "Penguatan Kayu Dan Plywood Melalui Proses Sandwich dengan Komposit Polyester Serat Gelas untuk Bahan Pembuatan Perahu," 2016.
- [6] F. Wardoyo, "Desain Kapal Tugboat dengan Kapasitas Tarik 8.000 Ton DWT," Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, 2020.
- [7] T. Kuroda, A. Matsuda, H. Hashimoto, and R. Shigehiro, "Relation Between Freeboard and Capsizing Risk for Fishing Vessels," *8th Int. Conf. Stab. Ships Ocean Veh.*, pp. 665–676, 2003.