

Desain *Self-Righting Rescue Boat* untuk BASARNAS

Adi Budi Cahyana Putra dan Hasanudin
Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 60111
e-mail: hasanudin@na.its.ac.id

Abstrak— Kondisi cuaca dan gelombang tinggi berkontribusi signifikan terhadap kecelakaan kapal di Perairan Selatan Jawa Timur. Hal tersebut juga menjadi salah satu faktor penghambat operasi SAR (*Search And Rescue*) untuk melakukan pertolongan pada korban kecelakaan kapal di wilayah tersebut. Untuk menunjang proses operasi SAR, BASARNAS memerlukan sebuah desain *self-righting rescue boat* yang mampu berakselerasi tinggi dan dapat menembus berbagai kondisi laut yang ekstrem. Dengan konsep stabilitas *self-righting* ini, memungkinkan *rescue boat* tetap dapat beroperasi pada perairan yang memiliki ketinggian gelombang yang cukup besar karena kapal akan dapat kembali keposisi semula walaupun kapal mengalami oleng hingga sudut 180°. *Payload* yang digunakan adalah kapasitas *crew* dan penumpang dari *self-righting rescue boat*. Ukuran utama awal kapal ditentukan dengan menggunakan metode *Geosim Procedure*. Kemudian dilakukan perhitungan teknis yang meliputi koefisien bentuk lambung, hambatan, berat dan titik berat kapal, *freeboard*, *trim*, stabilitas *self-righting*, dan MSI (*Motion Sickness Incidence*). Ukuran utama yang memenuhi kriteria teknis dan regulasi adalah LoA: 14.32 m, Lpp: 13.6 m, B: 4.0 m, H: 2.3 m, dan T: 0.8 m. Untuk metode *self-righting* yang digunakan adalah *inherent self-righting*. Metode ini diperoleh dengan cara membesarkan volume bangunan atas *rescue boat* dengan variasi lebar bangunan atas. Dari analisis MSI dengan parameter ISO 2631, *rescue boat* dinilai nyaman untuk beroperasi pada ketinggian gelombang 2.5 m hingga 4 m (*sea state 5*) atas pertimbangan 2 jam pelayaran dan dinilai nyaman untuk beroperasi pada ketinggian gelombang 4 m hingga 6 m (*sea state 6*) atas pertimbangan 30 menit pelayaran. Estimasi biaya pembangunan *self-righting rescue boat* adalah sebesar Rp 2,619,236,881.22.

Kata Kunci— *Rescue Boat*, Stabilitas, *Self-Righting*, MSI, BASARNAS

I. PENDAHULUAN

KONDISI cuaca masih berkontribusi signifikan terhadap kecelakaan kapal, terutama di Perairan Selatan Jawa Timur. Hal tersebut juga menjadi salah satu faktor penghambat operasi SAR (*Search And Rescue*) untuk mengevakuasi korban kecelakaan kapal di wilayah tersebut. Sebagai pihak yang bertanggung jawab menyelenggarakan pencarian dan pertolongan pada kecelakaan kapal, BASARNAS memerlukan keterampilan dari *crew* maupun keandalan armada yang digunakan untuk operasi SAR. Operasi pencarian dan pertolongan khususnya pada kecelakaan kapal, dibutuhkan kecepatan dan kehandalan dari armada kapal *rescue* dalam menghadapi tantangan kondisi cuaca dan gelombang laut yang ekstrem. Maka dari itu, diperlukan sebuah desain *rescue boat* yang mampu berakselerasi tinggi dan dapat menembus berbagai kondisi laut yang ekstrem. Dengan desain ini, diharapkan

BASARNAS dapat melakukan operasi SAR untuk mengevakuasi korban kecelakaan kapal dengan cepat dan tidak terhambat kondisi gelombang yang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Rescue Boat* Versi BASARNAS

Badan SAR Nasional sebagai lembaga yang bertanggung jawab terhadap masalah pencarian dan pertolongan perlu melengkapi kebutuhan sarana laut yang memadai berupa kapal pencarian dan pertolongan yang berkemampuan dan beroperasi sesuai *Indonesia Search Rescue Region (Indonesia SRR)*. Sarana pencarian dan pertolongan laut tersebut meliputi:

Rescue Ship adalah kapal kelas I versi SAR (panjang >40 m) yang digunakan sebagai sarana pencarian dan pertolongan dilengkapi dengan peralatan SAR [1]. Kapal jenis ini digunakan untuk operasi pencarian dan pertolongan di wilayah perairan lepas pantai dan wilayah samudera, serta mampu menampung korban dalam jumlah banyak. Material yang digunakan untuk pembuatan kapal dipersyaratkan memiliki daya tahan yang kuat, pada umumnya berupa material logam aluminium dan baja.

1) *Rescue Boat*

Rescue Boat digolongkan berdasarkan ukuran menjadi 3 (tiga) jenis:

- Kelas II (panjang 30 s.d. 40 m)
Kapal ini memiliki kapasitas ± 24 (dua puluh empat) orang digunakan untuk operasi SAR di wilayah perairan yang cukup jauh dan mampu menampung korban dalam jumlah yang cukup banyak [2].
- Kelas III (panjang 20 s.d. < 30 m)
Kapal ini memiliki kapasitas ± 20 (dua puluh) orang digunakan untuk operasi pencarian dan pertolongan di wilayah perairan yang tidak terlalu jauh dan hanya mampu menampung korban dalam jumlah yang tidak terlalu banyak.
- Kelas IV (panjang 12 s.d. < 20 m).
Kapal ini memiliki kapasitas penumpang minimal 15 orang (termasuk ABK) digunakan untuk operasi pencarian dan pertolongan di wilayah perairan yang dekat dengan pantai dan hanya mampu untuk menampung korban dalam jumlah yang sedikit. Material yang digunakan untuk pembuatan kapal dari bahan fiberglass .

B. Metode *Self-Righting Rescue Boat*

Self-righting adalah sebuah konsep dimana kapal yang didesain sedemikian rupa sehingga mengakibatkan kapal dapat kembali tegak seperti semula setelah terbalik sekian

derajat hingga terbalik secara penuh (180⁰) tanpa bantuan gaya eksternal [3].

Terdapat tiga metode untuk memperoleh sifat *self-righting* [4], yaitu:

1) *Inherent Self-Righting*

Kapal yang menggunakan metode ini memiliki kemampuan *self-righting* dimana ia selalu tersedia dan akan kembali tegak dari segala sudut oleng tanpa memperhatikan tindakan tambahan kru kapal. Hal yang vital dari metode ini adalah lambung yang kedap air dan *superstructure* juga harus kedap air. Distribusi berat dan daya apung yang strategis adalah kunci untuk mencapai *self-righting* jenis ini. Proses uji stabilitas ini dapat dilakukan dengan cara menyimulasikan permodelan desain kapal pada *software* atau dengan menguji kapal yang telah dibangun dengan cara diolengkan hingga 180⁰ [5].

2) *Inflatable Bag*

Metode *inflatable bag* adalah cara memperoleh *self-righting* dengan penembakan balon secara manual saat kapal akan mengalami titik *vanishing* dan berlawanan dengan kemiringan sehingga kapal dapat kembali tegak. Mekanisme ini hanya berlaku untuk 1 kali penembakan dan masih secara manual sehingga kemungkinan ada bagian/kru yang bekerja tidak baik.

3) *Perpindahan Ballast*

Metode perpindahan ballast dilakukan dengan cara mengatur pengisian tangki air ballast ketika terjadi *rolling* hingga 180⁰.

C. *Motion Sickness Incidence (MSI)*

Mabuk laut (*motion sickness*) didefinisikan sebagai gejala sakit akibat gerakan kapal yang menimbulkan ketidaknyamanan fisik, seperti pernapasan tidak teratur, mual, vertigo, pucat dan muntah. Penyebab utama mabuk laut adalah kurangnya kesesuaian antara rangsangan sinyal mata dan labirin (telinga bagian dalam) yang diterima oleh otak manusia [6]. Gejala mabuk laut telah ditentukan dalam standar ISO 2631, dimana dalam standar ini memberikan kriteria persentase jumlah penumpang yang mengalami gejala mabuk laut (*motion sickness*) pada berbagai posisi di kapal [7]. Kriteria tersebut adalah:

- 10% MSI setelah 8 jam
- 10% MSI setelah 2 jam
- 10% MSI setelah 30 menit.

D. *The Geosim Procedure*

Penentuan ukuran utama pada desain *self-righting rescue boat* ini menggunakan metode *geosim procedure*. *Geosim procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris ukuran utama (K). Dan data yang dibutuhkan untuk metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), tinggi kapal(H) dengan Cd (*coefficient displacement*) dan Cb (*coefficient block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir sama. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan geosim dibawah ini [8].

$$K = L_2 / L_1 \tag{1}$$

$$(L_2/L_1)^3 = W_2 / W_1 \tag{2}$$

$$L_2 / L_1 = (W_2 / W_1)^{1/3} \tag{3}$$

Dimana :

L₂ : Panjang kapal yang dirancang

L₁ : Panjang kapal acuan

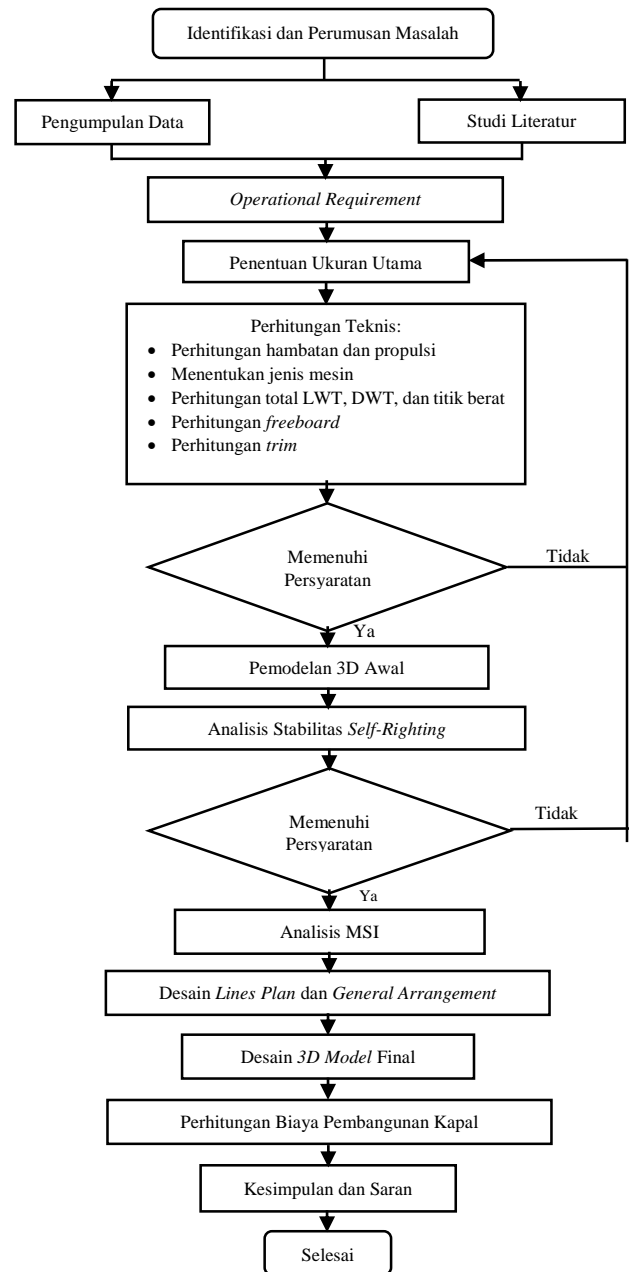
W₂ : DWT kapal yang dirancang

W₁ : DWT kapal acuan.

III. METODOLOGI

A. *Diagram Alir*

Secara umum, alur pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

B. *Analisis Stabilitas Self-Righting*

Analisis *Self-Righting* kapal dilakukan dengan cara simulasi menggunakan *software Maxsurf Stability*. Langkah awal analisis dilakukan dengan cara memasukkan data berat dan titik berat tiap komponen kapal. Kemudian membuat beberapa kondisi muatan (*loadcase*) bahan bakar kapal, untuk mengetahui kemampuan *self-righting* diberbagai kondisi tersebut. Selanjutnya melakukan *running software* untuk

mengetahui karakteristik kurva stabilitasnya. Ketika masih terdapat lengan GZ yang negatif ketika kapal oleng 0⁰ hingga 180⁰, maka dilakukan pembesaran bangunan atas untuk memberi gaya apung tambahan pada kapal dengan cara memvariasikan ukuran bangunan atas.

C. Analisis MSI

Analisis *Motion Sickness Incidence* (MSI) dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kenyamanan kapal di berbagai macam kondisi gelombang laut. Analisis menggunakan bantuan software *Maxsurf Motion*.

D. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal ini dimaksudkan untuk mengetahui estimasi biaya pembangunan kapal. Perhitungan estimasi biaya dilakukan dengan cara menghitung biaya material kapal, permesinan, komponen outfitting berdasarkan harga di pasaran, dan koreksi ekonomi.

IV. ANALISIS TEKNIS

A. Penentuan Operational Requirement

Operational Requirements merupakan tahapan dasar yang diperlukan untuk mendesain sebuah kapal. Hal ini berisi persyaratan yang meliputi aspek-aspek operasional kapal yang disesuaikan dengan kebutuhan dan standard BASARNAS.

1) Wilayah Operasi

Perencanaan penempatan *self-righting rescue boat* ini adalah pada wilayah kantor SAR maupun Pos SAR di wilayah koordinasi Kantor SAR Surabaya yang memiliki kerawanan kecelakaan laut tinggi dan memiliki tinggi gelombang yang cukup besar. Setelah dilakukan pemetaan, didapatkan Pos SAR Trenggalek memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi dengan total kecelakaan mencapai 5 kasus dan kondisi cuaca yang ekstrem dengan tinggi gelombang dapat mencapai 2.5 hingga 6 meter. Sehingga Pos SAR Trenggalek Menjadi perencanaan penempatan *self-righting rescue boat* ini. Untuk perencanaan jenis *rescue boat* yang dibutuhkan adalah *rescue boat* kelas IV karena persebaran kecelakaan di daerah sekitar pantai.

2) Payload

Payload yang digunakan adalah kapasitas orang yang dapat dimuat *rescue boat*. Kapasitas minimal dari *rescue boat* kelas IV adalah 15 orang (termasuk ABK) [1]. Untuk kapasitas *rescue boat* yang dirancang adalah 16 orang, yang meliputi 6 crew dan 10 penumpang.

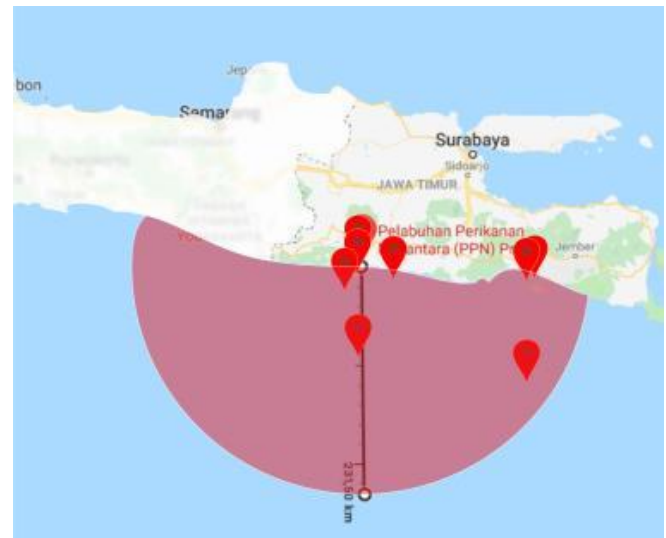
3) Jangkauan Operasi

Untuk perencanaan jarak operasi *rescue boat* ini adalah 250 nm atau sekitar 463 km untuk operasi SAR Pulang Pergi (PP). Sehingga dengan perencanaan ini, *rescue boat* dapat menjangkau seluruh wilayah operasi di Perairan rengggalek dan sekitarnya dan dapat memaksimalkan fungsi pencarian (*search*) terhadap korban kecelakaan di laut hingga radius operasi hingga 125 nm atau 231.5 km dari pelabuhan Prigi, Trenggalek. Perencanaan jangkauan operasi dapat dilihat pada Gambar 2.

4) Kemampuan Operasi

Rescue boat ini dibekali kemampuan *inherent self-righting*, dimana *rescue boat* ini tetap dapat kembali ke posisi semula meski terbalik hingga 180⁰ tanpa harus ada gaya eksternal. Sehingga proses pencarian dan pertolongan di laut dapat

dilakukan walaupun kondisi cuaca yang ekstrem.



Gambar 2. Perencanaan Radius Operasi *Rescue Boat*

B. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Penentuan ukuran utama *rescue boat* ini menggunakan metode *Geosim Procedure*. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan ukuran utama awal kapal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Awal Kapal

LoA (m)	Lwl (m)	B (m)	T (m)	H (m)	Vs (Knot)	Vmax (Knot)
14.32	13.6	4	0.8	2.3	30	40

C. Pemeriksaan Ukuran Utama

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal, dilakukan pemeriksaan ukuran utama kapal. Rasio ukuran kapal yang didapatkan untuk *self-righting rescue boat* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemeriksaan Ukuran Utama

Rasio	Nilai	Syarat	Keterangan
L/B	3.400	$2.52 \leq L/B \leq 18.26$	OK
B/T	5.000	$1.7 \leq B/T \leq 9.8$	OK
$L/\nabla^{1/3}$	8.602	$3.07 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 12.4$	OK
$A_p/\nabla^{2/3}$	7.149	$4.0 \leq A_p/\nabla^{2/3} \leq 8.5$	OK
L_p/B_{PX}	3.419	$2.0 \leq L_p/B_{PX} \leq 7.0$	OK
L_p/B_{PA}	4.012	$2.36 \leq L_p/B_{PA} \leq 8.56$	OK

D. Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal

Perhitungan hambatan total dilakukan dengan metode Savitsky. Didapatkan nilai hambatan total sebesar 27.676 kN. Setelah didapat nilai hambatan total dapat dihitung kebutuhan power kapal sebesar 1013.664 KW atau 1358.799 HP. Kapal yang didesain menggunakan 2 propeller (*twin screw*), sehingga power yang dibutuhkan tiap engine adalah 506.832 KW atau 679.399 HP. Sedangkan generator kapal yang dibutuhkan adalah 24.084 KW atau 32.284 HP.

E. Perhitungan Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dibagi menjadi 2 yaitu DWT dan LWT. Dimana DWT adalah berat muatan kapal dan consumable serta LWT adalah berat kapal kosong. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Rekapitulasi Berat Kapal

No	Komponen Berat Kapal	Nilai	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	4.504	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	10.900	ton
	Total	15.404	ton
	Displacement Kapal	16.01	ton
	Koreksi displasment	3.91	%

F. Trim

Batasan trim berdasarkan NCVS (*Non Convention Vessel Standard*) 2009 adalah tidak melebihi 0.3 meter untuk ketentuan kapal yang memiliki bentuk huluhan lancip dan buritan datar serta memiliki panjang L_{BP} kurang dari 45 meter. Perhitungan dilakukan dengan berbagai kondisi simulasi, yaitu:

1. *Loadcase 1*: Kapal kosong
2. *Loadcase 2*: Keberangkatan (*crew* 6 orang, *consumables* 100%)
3. *Loadcase 3*: Proses pertolongan (*Crew* 6 orang, penumpang 10 orang, *consumables* 50%)
4. *Loadcase 4*: Kedatangan (*crew* 6 orang, penumpang 10 orang, *consumables* 0%)

Rekapitulasi kondisi trim *rescue boat* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
Rekapitulasi Trim

No	Kondisi	Nilai trim (m)	Status
1	<i>Loadcase 1</i>	0.296	Pass
2	<i>Loadcase 2</i>	0.297	Pass
3	<i>Loadcase 3</i>	0.160	Pass
4	<i>Loadcase 4</i>	0.148	Pass

G. Freeboard

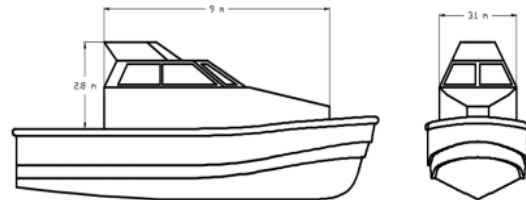
Perhitungan lambung timbul untuk kapal-kapal yang non konvensional diatur Pemerintah dalam NCVS (*Non Convention Vessel Standard*), dimana untuk kapal dengan panjang sampai dengan 15 m, penentuan lambung timbul ditetapkan langsung tidak boleh kurang dari 250 mm dari garis geladak. Sedangkan *rescue boat* memiliki $H = 2.3$ m dan $T = 0.8$ m, sehingga *freeboard*-nya adalah 1.5 m. Maka dapat dikatakan bahwa *freeboard* dari desain *rescue boat* memenuhi persyaratan.

H. Stabilitas Self-Righting

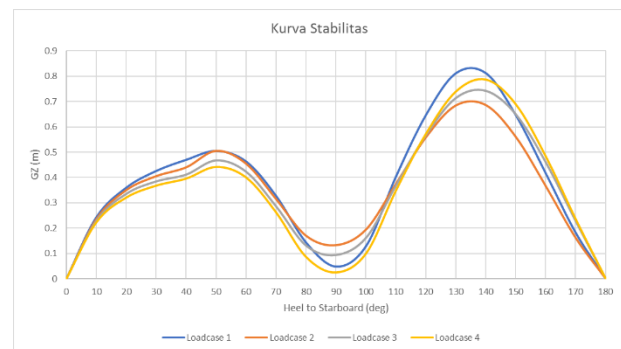
Metode stabilitas *self-righting* yang digunakan adalah *inherent self-righting*, dimana kemampuan *self-righting* selalu tersedia dari segala sudut oleng tanpa gaya tambahan. Analisis metode ini dilakukan dengan cara simulasi 3D model kapal menggunakan *software Maxsurf Stability*. Analisis dilakukan dengan cara memvariasikan lebar bangunan atas

guna memperoleh volume bangunan atas yang cukup untuk memberikan gaya apung cadangan selama kapal *rolling* 180° pada 4 kondisi *loadcase* seperti yang sudah dijelaskan di atas. Setelah dilakukan 3 kali simulasi, didapatkan kapal telah memiliki kemampuan *self-righting* dengan ukuran yang optimal seperti pada Gambar 3, dimana bangunan atas mengalami penambahan volume sebesar 19.23% dari ukuran awal.

Dari simulasi tersebut didapatkan kurva stabilitas pada setiap *loadcase*, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. 2D Model Simulasi Stabilitas Self-Righting



Gambar 4. Kurva Stabilitas Self-Righting

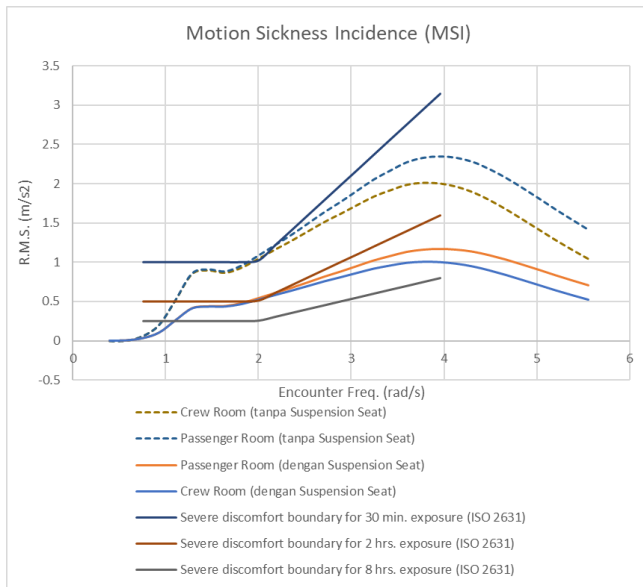
I. Analisis Stabilitas

Selain analisis stabilitas *self-righting*, *rescue boat* juga dianalisis stabilitasnya berdasarkan aturan HSC 2000 Code Annex 8, seperti yang disajikan pada Tabel 5. Motion Sickness Incidence (MSI). Kondisir perairan di Trenggalek berada dalam kondisi ekstrem pada ketinggian gelombang 2.5-6 m atau dengan kata lain berada pada *sea state 5/rough wave* (2.5-4 m) dan *sea state 6/very rough wave* (4-6 m). Sehingga analisis MSI ini, dilakukan pada kondisi rata-rata gelombang (*mean wave*) *sea state 5* (3.25 m) dan *sea state 6* (5 m) menggunakan metode *JONSWAP*. Analisis dilakukan pada kondisi muatan penuh.

Untuk meningkatkan kenyamanan, digunakanlah *suspension seat* di kapal. Dimana jenis kursi ini, dapat mereduksi percepatan vertikal akibat guncangan dan getaran pada *crew* maupun penumpang kapal hingga 50% [9]. Pengaruh penggunaan *suspension seat* pada MSI dapat dilihat pada Gambar 5.

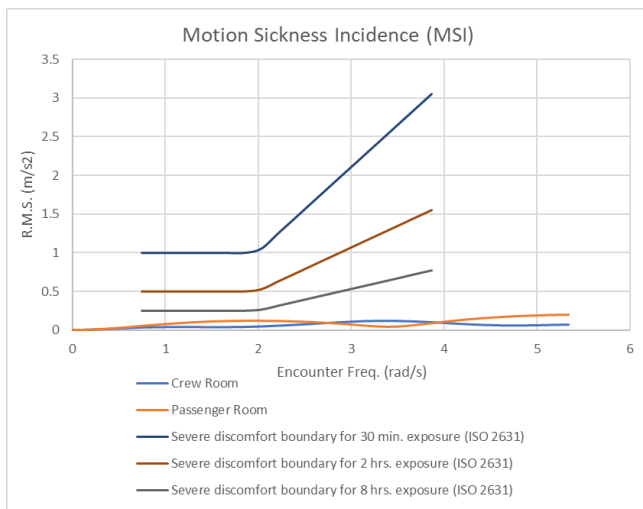
Tabel 5.
Rekapitulasi Stabilitas berdasarkan HSC 2000 Code

No.	Criteria	Value	Units	Actual Condition				Status
				Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Loadcase 4	
1	<i>Weather criterion from IMO A.749(18):</i>							
	• <i>Angle of steady heel</i> ≤	16	deg	1.7	1.3	1.4	1.6	Pass
	• <i>Marginline immersion angle</i> <	80	%	3.68	3.29	3.32	3.71	Pass
	• <i>Area1 / Area2 shall</i> ≥	100	%	102742.3	170827.4	141499.1	102856.9	Pass
2	<i>Area 0 to 30 or GZmax</i> ≥	0.055	m.rad	0.1456	0.1413	0.1358	0.1305	Pass
3	<i>Area 30 to 40</i> ≥	0.03	m.rad	0.0783	0.0735	0.0692	0.0665	Pass
4	<i>Max GZ at 30 or greater</i> ≥	0.2	m	0.836	0.704	0.748	0.789	Pass
5	<i>Angle of maximum GZ</i> ≥	15	deg	135.5	135.5	137.3	138.2	Pass
6	<i>Initial GMt</i> ≥	0.15	m	1.946	1.719	1.866	1.977	Pass



Gambar 5. *Suspension seat* mereduksi 50% percepatan vertikal

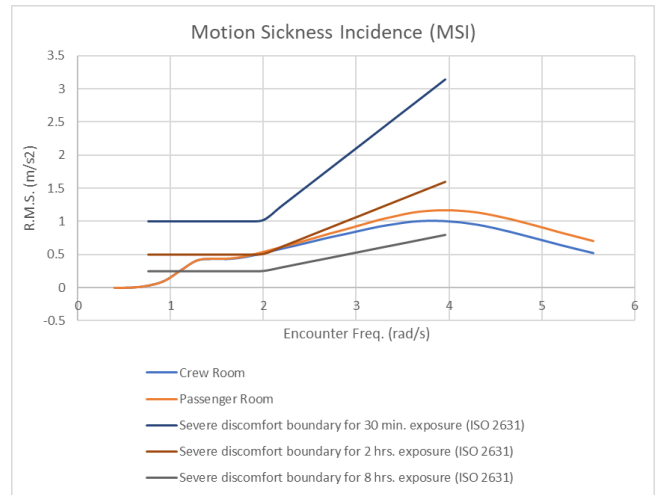
Dari analisis yang telah dilakukan, diperoleh grafik MSI pada kondisi *sea state* 5 dengan arah gelombang *following seas*, *beam seas*, dan *head seas* ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Sedangkan MSI pada kondisi *sea state* 6 dengan arah gelombang *following seas*, *beam seas*, dan *head seas* ditunjukkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 6. MSI *Rough Wave (Following Seas)*

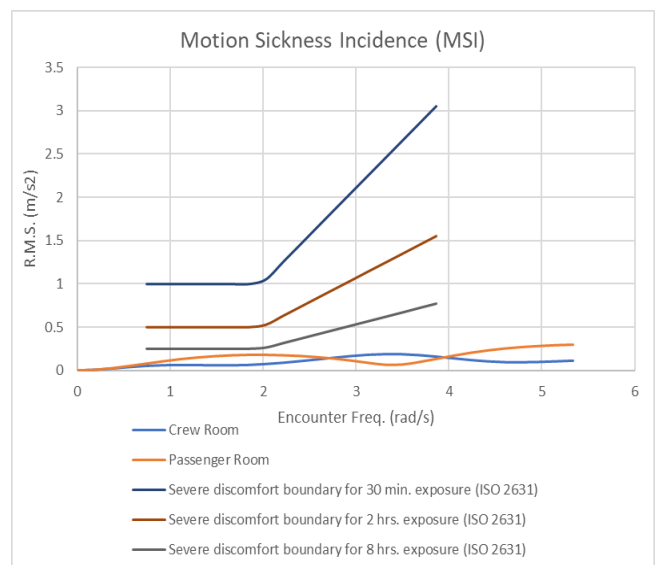


Gambar 7. MSI *Rough Wave (Beam Seas)*

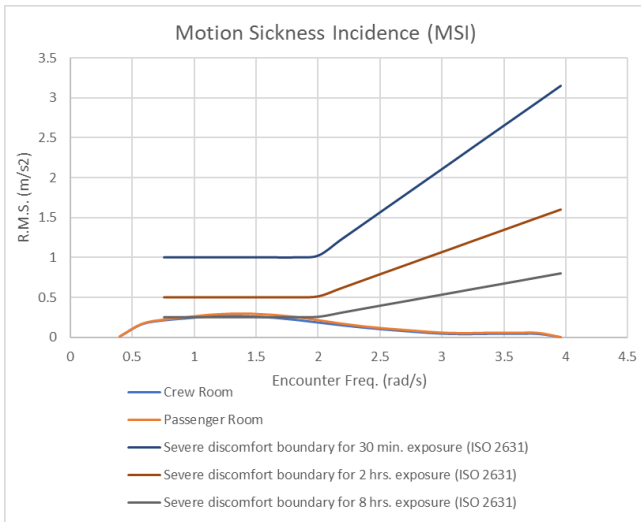


Gambar 8. MSI *Rough Wave (Head Seas)*

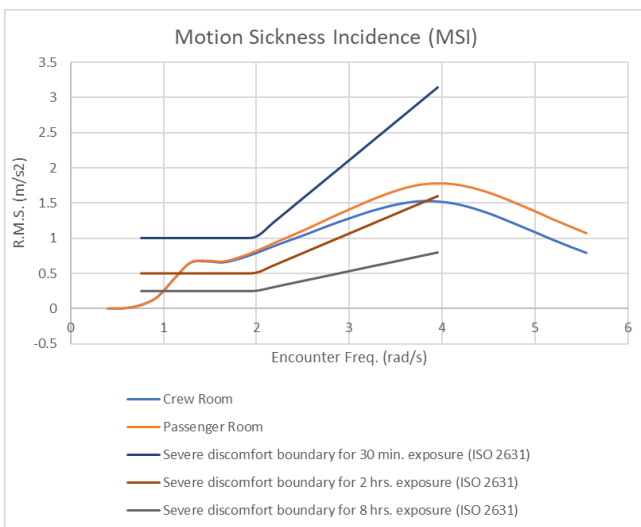
Dari grafik MSI *rough wave* dengan penggunaan *suspension seat* seperti yang ditunjukkan Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 di atas, dapat diketahui bahwa pada arah gelombang *following seas*, percepatan pergerakan vertikal tertinggi untuk *crew room* dan *passenger room* berada di bawah *severe discomfort boundary* pada 8 jam paparan. Hal ini berarti jumlah orang yang akan mabuk laut di bawah 10% atas pertimbangan 8 jam paparan. Sehingga pada kondisi ini, kapal dinilai cukup aman atas pertimbangan kapal berlayar hingga waktu tempuh 8 jam. Kemudian pada arah gelombang *beam seas*, percepatan pergerakan vertikal tertinggi untuk *crew room* dan *passenger room* berada di antara *severe discomfort boundary* pada 8 jam paparan dan *severe discomfort boundary* pada 2 jam paparan. Hal ini berarti jumlah orang yang akan mabuk laut di bawah 10% atas pertimbangan 2 jam paparan. Sehingga pada kondisi ini, kapal dinilai cukup aman atas pertimbangan kapal berlayar hingga waktu tempuh hingga 2 jam.



Gambar 9. MSI *Very Rough Wave (Following Seas)*



Gambar 10. MSI Very Rough Wave (Beam Seas)

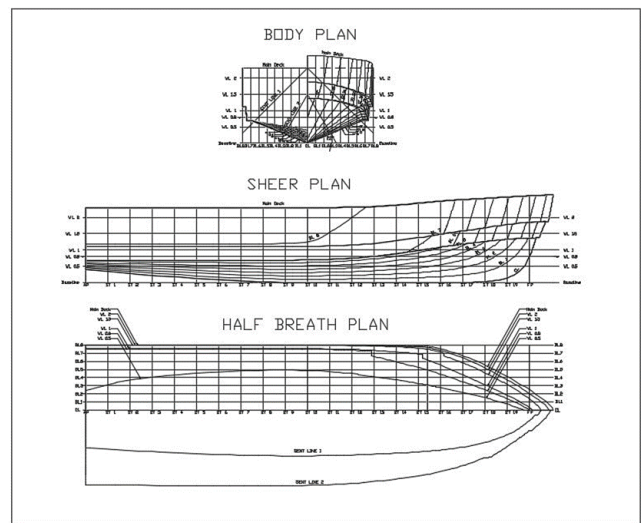


Gambar 11. MSI Very Rough Wave (Head Seas)

Dari grafik MSI *very rough wave* dengan penggunaan *suspension seat* seperti yang ditunjukkan Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 di atas, dapat diketahui bahwa pada arah gelombang *following seas*, percepatan pergerakan vertikal tertinggi untuk *crew room* dan *passenger room* berada di bawah *severe discomfort boundary* pada 8 jam paparan. Hal ini berarti jumlah orang yang akan mabuk laut di bawah 10% atas pertimbangan 8 jam paparan. Sehingga pada kondisi ini, kapal dinilai cukup aman atas pertimbangan kapal berlayar hingga waktu tempuh 8 jam. Kemudian pada arah gelombang *beam seas*, percepatan pergerakan vertikal tertinggi untuk *crew room* dan *passenger room* berada di atas *severe discomfort boundary* pada 8 jam paparan dan di bawah *severe discomfort boundary* pada 2 jam paparan. Hal ini berarti jumlah orang yang akan mabuk laut di bawah 10% atas pertimbangan 2 jam paparan. Sehingga pada kondisi ini, kapal dinilai cukup aman atas pertimbangan kapal berlayar hingga waktu tempuh 2 jam. Sedangkan pada arah gelombang *head seas*, percepatan pergerakan vertikal tertinggi untuk *crew room* dan *passenger room* berada di antara *severe discomfort boundary* pada 2 jam paparan dan *severe discomfort boundary* pada 30 menit paparan. Hal ini berarti jumlah orang yang akan mabuk laut di bawah 10% atas pertimbangan 30 menit paparan. Sehingga pada kondisi ini, kapal dinilai cukup aman atas pertimbangan kapal berlayar hingga waktu tempuh 30 menit.

J. Desain Lines Plan

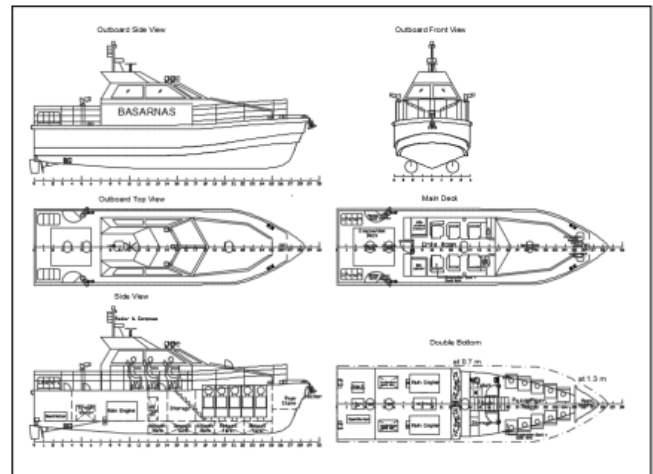
Lines plan atau rencana garis menyatakan bentuk potongan badan kapal yang memiliki tiga pandangan yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer plan* (secara memanjang), dan *half-breadth plan* (dilihat dari atas). Berikut merupakan *lines plan* dari *self-righting rescue boat* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Lines Plan dari Self-Righting Rescue Boat

K. Desain General Arrangement

General Arrangement atau rencana umum merupakan perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. *General Arrangement* dibuat berdasarkan *lines plan* yang telah dibuat sebelumnya *General arrangement* dari *self-righting rescue boat* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. General Arrangement dari Self-Righting Rescue Boat

L. Desain 3D Model

Desain *3D Model* ini dibuat berdasarkan rencana umum yang telah dibuat sebelumnya. *3D Model* dibuat untuk melihat gambaran kapal yang lebih realistis. Desain *3D model* dapat dilihat pada Gambar 14.

M. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Dalam penelitian ini biaya pembangunan kapal dihitung berdasarkan harga tiap-tiap item di pasaran. Rekapitulasi biaya pembagunan disajikan dalam Tabel 6.



Gambar 14. 3D Model dari Self-Righting Rescue Boat

Rescue Boat, Loa = 14.32 m; Lpp = 13.60 m; B = 4.00 m; H = 2.10 m; T = 0.80 m; Vs = 30 knot; Vmax = 40 knot; Crew = 6 orang; Penumpang = 10 orang

Self-Righting Rescue Boat yang didesain memiliki hambatan total (RT) sebesar 23.446 KN, dengan daya mesin utama yang dibutuhkan adalah sebesar 2 X 679.399 HP. Untuk berat total kapal (muatan penuh) didapatkan sebesar 15.404 ton dan freeboard sebesar 1.5 m. Sedangkan untuk trim didapatkan nilai dari kondisi loadcase 1 hingga loadcase 4 adalah sebesar 0.296 m, 0.297 m, 0.160 m, 0.148 m.

Rescue boat telah memenuhi kriteria stabilitas sesuai standard HSC 2000 Code dan memiliki kemampuan self-righting. Kemampuan self-righting diperoleh setelah dilakukan pembesaran volume bagunan atas kapal dengan cara memvariasikan lebar bangunan atas.

Mengacu standard ISO 2631, rescue boat dinilai nyaman untuk beroperasi pada kondisi rough wave (sea state 5) atas pertimbangan 2 jam pelayaran dan nyaman untuk beroperasi pada kondisi very rough wave (sea state 6) atas pertimbangan 30 menit pelayaran dengan mengacu

Didapatkan desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan Pemodelan 3D sesuai tipe operasi.

Didapatkan estimasi biaya pembangunan Self-Righting Rescue Boat sebesar Rp 2,619,236,881.22.

Tabel 6.

Rekapitulasi Biaya Pembangunan

No.	Item	Value	Units
1	Material dan konstruksi	25,800	USD
2	Equipment & Outfitting	83,395	USD
3	Tenaga Penggerak	32,055	USD
	Total Harga (USD)	141,249	USD
	Kurs Rp - USD	14,048	Rp/USD
	(per 27 Februari 2019)		
	Total Harga (Rupiah)	1,984,270,364.56	Rp

Langkah selanjutnya adalah perhitungan koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan rekapitulasi biaya total pembangunan kapal seperti yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7.

Rekapitulasi Total Biaya Pembangunan Kapal

No.	Item	Value	Units
1	Biaya Pembangunan Kapal	1,984,270,364.56	Rp
2	Koreksi Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah	634,966,517	Rp
	Total Biaya + Koreksi Keadaan Ekonomi	2,619,236,881.22	Rp

V. KESIMPULAN

Dengan menggunakan Metode Geosim Procedure, diperoleh ukuran utama akhir dan kapasitas Self-Righting

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BASARNAS, "Peraturan Kepala Badan SAR Nasional No. PK 14 Tahun 2012 Tentang Standarisasi Sarana SAR Di Lingkungan Badan SAR Nasional," 2012.
- [2] BASARNAS, "Berita Negara Republik Indonesia," 2015.
- [3] Zuhdi, Achmad, and Sunaryo, "Analisis Kemampuan Self-Righting Kapal Model tanpa Awak Dengan Pendekatan Stabilitas Menggunakan Hydromax Pro," 2014.
- [4] Akyildiz, Hakan, and C. Simsek, "Self-Righting Boat Design," 2016.
- [5] K. C. Thatcher CEng MRINA, "Self-Righting Craft," *J. Westlawn Inst. Mar. Technol.*, 2013.
- [6] T. Cepowski, "The prediction of the Motion Sickness Incidence index at the initial design stage," *Sci. J.*, vol. 31, no. 103, pp. 45-48, 2012.
- [7] D. P. Putra, D. Chrismianto, and M. Iqbal, "Analisa Seakeeping Dan Prediksi Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal Perintis 500 DWT Dalam tahap Desain Awal (Initial Design)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [8] B. Jiwa and H. A. Kurniawati, "Desain Self-Propelled Car Barge untuk Distribusi Mobil Baru Rute Cikarang Bekasi Laut (Cbl) - Tanjung Perak," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [9] K. Olausson, "On Evaluation and Modelling of Human Exposure to Vibration and Shock on Planing High-Speed Craft," KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2015.