
ANALISA TEKNIS MODIFIKASI KAPAL RIB BL S 32 DENGAN PENDEKATAN CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Ahmad Fauzi, Zaed Yuliadi, Dedy Wahyudi
Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia
Email : uziezone@gmail.com

ABSTRAK

Kapal RIB BL S32 awalnya didesain untuk kepentingan militer sehingga ada beberapa fungsi kapal yang kurang maksimal apabila digunakan untuk penunjang kegiatan SAR yaitu tidak adanya kabin atau bangunan atas yang berfungsi untuk melindungi crew dan penumpang kapal dari cuaca dan jatuh ke laut, dalam skripsi ini akan dilakukan modifikasi kapal dengan menambah bangunan atas atau kabin dan sebelumnya dilakukan analisa teknis dari segi stabilitas, daya mesin dan kecepatan kapal. Metode yang digunakan dengan pendekatan CFD menggunakan software Maxsurf dan Solidwork. Hasil analisa menunjukkan bahwa kapal setelah dimodifikasi memenuhi kriteria IMO, kapal sebelum dimodifikasi memiliki stabilitas lebih baik dari pada kapal setelah dimodifikasi karena memiliki panjang dan sudut GZ yang lebih besar, sebelum dimodifikasi panjang GZ (0.38 m) dan sudut GZ (42.7 deg), setelah dimodifikasi panjang GZ (0.333 m) dan sudut GZ (40.9 deg), dengan kecepatan yang sama yaitu 30 Knot kapal setelah dimodifikasi membutuhkan daya mesin yang lebih besar yaitu 404.6 HP dibandingkan kapal sebelum dimodifikasi yang hanya membutuhkan daya mesin 398.5 HP sedangkan daya mesin terpasang sebesar 2 x 200 HP.

Kata Kunci : *modifikasi kapal, stabilitas dan daya mesin*

I. PENDAHULUAN

Kapal RIB BL S 32 merupakan salah satu jenis kapal yang dimiliki oleh Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak Surabaya yang berfungsi sebagai penunjang kegiatan SAR, yang mana sebagai UPT Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak Surabaya bertanggung jawab terhadap keamanan dan keselamatan kegiatan transportasi laut seperti yang diamankan oleh Undang-undang No.17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran maka dari itu kebutuhan akan alat transportasi yang handal dan aman menjadi factor utama dalam mengupayakan pelayanan yang prima terhadap masyarakat, kebutuhan tersebut terjawab dengan adanya kapal RIB BL S32 yang didesain sesuai standar militer dengan spesifikasi memiliki kemampuan bermanufer dalam kecepatan tinggi dengan tabung terbuat dari karet yang diisi polyester komposit sehingga anti peluru, kapal tersebut juga cocok untuk digunakan dalam operasi Sar laut karena memiliki tabung yang rendah dari permukaan air akan memudahkan dalam evakuasi korban musibah dilaut ditunjang dengan *body* kapal yang cukup lebar dan panjang serta kecepatan yang baik maka akan banyak korban yang dapat ditolong dengan menggunakan kapal tersebut.

Kapal tersebut tidak dilengkapi dengan kabin yang berfungsi untuk melindungi crew dan penumpang kapal, maka dari itu penulis berpendapat bagaimana jika kapal tersebut direesain dengan menambah bangunan atas atau kabin tentunya dengan terlebih dahulu memperhitungkan factor-faktor yang menjadi syarat kelaik lautan kapal dengan menggunakan standart IMO.

Perhitungan stabilitas dan tahanan kapal sebagai syarat kelaik lautan kapal dilakukan dengan membuat model kapal dan disimulasikan menggunakan program computer sehingga didapatkan data-data yang lengkap dan akurat untuk proses pembangunan dan operasional kapal. Modifikasi dengan menambahkan bangunana atas maka akan mengurangi jumlah penumpang yang berada di haluan kapal yaitu dengan mengurangi jumlah kursi sehingga kabin kapal dapat dimaksimalkan, akan tetapi dalam meredesain kapal tersebut penulis mengurangi beberapa bagian kapal yang fungsinya telah tergantikan dengan adanya bangunan atas kapal dan menambah beberapa peralatan yang berfungsi untuk meningkatkan keamanan operasional kapal, pengurangan dan penambahan peralatan tersebut juga bertujuan untuk mempertahankan tinggi draft kapal sebagai syarat kelaiklautan kapal.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis akan menganalisa tahanan dan stabilitas kapal yang ditimbulkan akibat penambahan bangunan atas kapal dengan judul “ Analisa Teknis Modifikasi Kapal RIB BL S32 dengan Pendekatan *CFD* (*Computational Fluid Dynamics*)”

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. RIB Black Liger S 32

RIB BL S32 merupakan sejenis kapal kecil dengan tabung di kedua sisi lambung yang berfungsi sebagai pengapung. Kelebihan kapal ini dibandingkan dengan kapal sejenis yaitu tabungnya yang anti peluru, biasanya pada kapal RIB lainnya, tabung dikedua sisi lambung terbuat dari bahan yang didalamnya diisi angin sehingga rentan bocor jika tertusuk benda keras, sedangkan pada kapal tersebut tabungnya terbuat dari polyester komposit dan didalamnya diisi gabus, tabung tersebut mampu menahan sayatan batu karang dan benda tajam lainnya serta anti peluru sampai level 3, level 3 + AK 47, dan MSC.

BL S32 mampu menampung 22 orang dan berat maksimum 2.400 kg. Produk ini memiliki ukuran panjang luar 1.020 cm dan lebar luar 298 cm. Sementara itu, panjang dalamnya adalah 880 cm dan lebar dalam 176 cm. Diameter tabung anti-pelurunya sendiri adalah 61 cm dan kapasitas bahan bakarnya bisa mencapai 600 liter. Dalam beroperasi, kapal ini mampu melaju dengan kecepatan hingga 30 knot dan atau sekitar. Daya mesinnya adalah 2 x 200 HP dengan total berat kapal mencapai 1.970 kg.TG

2. Stabilitas Kapal.

Stabilitas merupakan komponen dasar sebagai syarat kelayakan kapal sehingga dapat beroperasi dengan aman di laut. Kelayakan kapal diatur berdasarkan code dan regulasi sesuai dengan kriteria kapal, yaitu antara lain *IMO* (*a749-Code Intact Stability For All Types of Ship Covered by IMO Instrument*), *DNV OS-H101_2011-10* (*marine operation, general*),

2.1. Persyaratan Stabilitas Kapal Menurut IMO.

Persyaratan wajib tentunya stabilitas kapal harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi setempat atau *Marine Authority* seperti *International Maritime*

Organisation (IMO). Jadi proses analisa stabilitas yang dilakukan harus berdasarkan dengan standar IMO (*International Maritime Organization*) Code A.749 (18) Ch 3 – Kriteria perencanaan kapal mempunyai ketentuan - ketentuan sebagai berikut : (IMO, 1993) *Section A.749* (18), *Chapter 3.1.2.1* :

1. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,055 m.deg,
2. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,09 m.deg,
3. Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30° – 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,03 m.deg. *Section A.749* (18), *Chapter 3.1.2.2* : Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30°– 180° tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m. *Section A.749* (18), *Chapter 3.1.2.4* : Nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m. *Section A.749* (18), *Chapter 4.2.3.1* : Nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,35 m.

3. Penentuan Tahanan Air terhadap Kapal Cepat yang Berukuran Kecil

Pada kapal cepat yang berukuran kecil pada saat dioperasikan akan mengalami kondisi sebagai berikut :

1. Pada kondisi kapal diam atau pada saat kapal bergerak dengan kecepatan rendah.
2. Kecepatan yang meningkat akan berdampak pada koefisien yang merupakan fungsi dari lebar rata-rata kapal, kecepatan dan gravitasi. Pada saat kapal berada pada nilai koefisien kecepatan mencapai nilai 0,5, akan terjadi penurunan resultant gaya hidrodinamik.
3. Pada koefisien kecepatan antara 0,5 hingga 1,5 pengaruh dinamik menghasilkan nilai tambah yang positif terhadap gaya angkat (*lift*).
4. Pada koefisien kecepatan yang lebih besar dari 1,5, suatu kapal cepat akan memiliki gaya angkat.

Koefisien Kecepatan oleh savetsky dinyatakan dengan:

$$C_v = \frac{v}{\sqrt{g \cdot b}}$$

Dimana :

C_v = koefisien kecepatan

- V = kecepatan kapal (m/s)
- g= percepatan gravitasi (m/s)
- b = maximum beam over chain (m)

Salah satu karakteristik kapal cepat adalah adanya bilangan *Froude* (*Froude number*). Tidak seperti kebanyakan pada kapal displasemen, bilangan *Froude* pada kapal cepat merupakan fungsi dari kecepatan dan volume displasemen. Penentuan nilai bilangan *Froude* pada kapal cepat berdasarkan hasil yang diperoleh dari gravik tersebut dinyatakan dengan:

$$Fn\nabla = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \nabla^{2/3}}}$$

Dimana :

- $Fn\nabla$ = bilangan froude volume
- V = kecepatan kapal
- g = percepatan gravitasi
- ∇ = displasemen volume (m³)

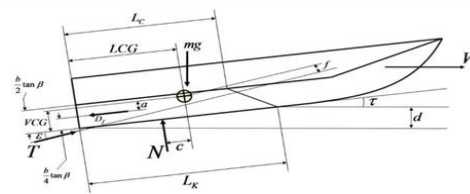
Pada suatu batasan kecepatan tertentu, dimana kapal dalam kondisi planning, yang mana aliran yang terjadi telah terpisah dari *chain* dan *transform*, serta panjang lunas yang basah lebih kecil dari pada LWL, haluan akan mengalami pengangkatan. selain itu pada kapal cepat bila dilihat dari bentuk kontruksi desainnya memiliki sudut *deadrise* (*angel of deadrise*). Lebih jauh apabila daya angkat menurun secara linier, maka akan meningkatkan sudut *deadrise*, sehingga dapat diketahui bahwa sudut *deadrise* memiliki hubungan langsung dengan gaya angkat (*lift*). Pada gambar menunjukkan letak dari sudut *deadrise* (β) suatu kapal cepat. Ketika terjadi kondisi sudut *deadrise* yang terbentuk sama dengan nol, ($\beta = 0$), maka koefisien angkat dinyatakan dengan :

$$C_{l0} = \frac{\Delta / \rho}{\frac{\rho}{2} \cdot V^2 \cdot Bpx^2}$$

Dimana :

- C_{l0} = koefisien angkat (lift coefficient)
- ρ = massa jenis air (Slug/Cu.Ft)
- V = kecepatan kapal (Ft/s)
- Bpx = *maximum chain beam* (ft)
- Δ = displacement (lb)

Gambaran mengenai gaya dan momen yang bekerja pada kapal digambarkan pada rumus sebagai berikut.



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada kapal planing tanpa transverse step.

- Untuk kesetimbangan gaya vertikal :
 $\uparrow: N \cos\tau + T \sin(\tau + \epsilon) - mg - Df \sin\tau = 0$
- Untuk kesetimbangan gaya horizontal :
 $\rightarrow: T \cos(\tau + \epsilon) - N \sin\tau - Df \cos\tau = 0$
- Untuk kesetimbangan pitching moment :
 $M = N \cdot c + Df \cdot a - T \cdot f = 0$

Lebih lanjut savitsky melakukan pendekatan untuk mengetahui nilai bilangan Reynold dengan:

$$Rnb = \frac{V1 \cdot \lambda \cdot b}{u}$$

Dimana :

- Rnb = bilangan reynold
- λ = nilai rata-rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal.
- b = *maximum chain beam* (m)
- V1 = kecepatan kapal (m/s)
- u = viskositas air laut (m²/s)

penentuan tahanan gesek Savitsky menggunakan metode Schoenheerr, dengan memperkirakan bahwa koefisien tahanan gesek dinyatakan dengan :

$$Cf = \frac{1}{(3.5 \log Re - 5.96)^2}$$

Dimana :

- Cf = koefisien tahanan gesek
- Sehingga tahana total dinyatakan dengan :

$$RT = \Delta \tan\tau + \frac{1/2 \rho V^2 \lambda b^2 C_{F0}}{\cos\tau \cos\beta}$$

Dimana :

- RT = tahanan total (KN)

3.1. Perhitungan Tahanan Udara

Hambatan Angin Dan Udara (R_{aa}) pada kapal yaitu tahanan yang dialami oleh bagian dari badan utama kapal yang berada diatas permukaan air dan bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal yang juga menyusuri udara dan adanya hembusan angin. Kapal yang bergerak pada lautan yang tenang, akan mengalami tahanan udara akibat gerakan bagian badan atas air kapal melalui udara.

Hembusan angin akan menimbulkan tahanan angin yang besarnya bergantung pada kecepatan hembusan angin dan arah datangnya. Rumus tahanan udara dan angin pada kapal yang bergerak di air tenang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$RAA = \text{koefisien } \frac{1}{2} \rho AT V^2$$

Dimana :

AT = luas proyeksi transversal bagian atas air kapal

V = kecepatan kapal

P = massa jenis udara (0,00238)

Besar koefisien bergantung pada bentuk bagian atas air kapal. Seorang ilmuwan bernama Taylor memberikan formula luas transversal untuk tahanan udara dan angin pada kapal yang bergerak berlawanan dengan arah angin sebagai:

$$AT = B B/2 = B^2 / 2$$

Berdasarkan hasil percobaan, Taylor mendapatkan besar koefisien tahanan udara dan angin sebesar 1,28. Maka :

$$\begin{aligned} RAA &= 1,28 \frac{1}{2} \rho AT (VR)^2 \\ &= 1,28 \times \frac{1}{2} \times 0,00238 \times B^2 / 2 \times (VR)^2 \\ &= 0,00152 \times \frac{1}{2} \times B^2 / 2 \times (VR)^2 \text{ (lbs)} \end{aligned}$$

Dimana :

VR = kecepatan hembusan angin relatif terhadap kapal (fps)

B = lebar kapal (ft)

Apabila kapal bergerak di air yang tenang, maka VR = V = kecepatan kapal Apabila VR dalam satuan knots, maka :

$$RAA = 0,00435 \times \frac{1}{2} \times B^2 / 2 \times (VR)^2 ; (1 \text{ fps} = 1,689 \text{ knots})$$

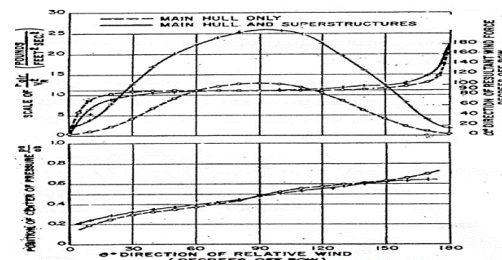
atau :

$$RAA = 0,00435 \times AT \times (VR)^2$$

Taylor membulatkan besar koefisien menjadi 0,004. Maka rumus menjadi :

$$RAA = 0,004 \times AT \times (VR)^2$$

percobaan dengan menggunakan model dimana bagian atas air kapal yang diletakkan pada air dalam posisi terbalik dan di tarik dengan kecepatan dan sudut yang berbeda untuk simulasi kecepatan relatif dan arah angin yang berbeda. Setelah kecepatan relatif angin dan arahnya ditentukan seperti di atas, gaya yang bekerja pada model diukur lihat gambar 6



Gambar 2. Resultan gaya angin dan titik tangkap gaya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Identifikasi Masalah.

Dalam mengidentifikasi masalah yang timbul dari perubahan desain kapal penulis berusaha untuk menemukan metode pendekatan atau formula yang cocok untuk menganalisis permasalahan tersebut. Dalam penelitian dampak perubahan desain kapal maka permasalahan yang diangkat yaitu analisa stabilitas kapal setelah adanya tambahan berat dari bangunan atas kapal, analisa tahanan air laut dan udara untuk menentukan kebutuhan daya mesin kapal.

2. Studi Literatur.

Permasalahan yang dihadapi untuk mencari solusi terbaik maka diperlukan untuk mengambil referensi secara komprehensif dari berbagai macam sumber seperti buku, jurnal, artikel maupun dari webside, tentang metode yang dapat digunakan untuk menghitung stabilitas dan tahanan kapal.

3. Pengumpulan Data.

Setelah mengidentifikasi setiap permasalahan maka langkah selanjutnya yaitu mengumpulkan data, baik data tentang ukuran utama kapal, kondisi perairan yang akan dilayari. Metode pengumpulan data yaitu dengan cara :

- a. Metode tinjauan langsung (*survey*).
- b. Metode wawancara.

4. Membuat Sketsa Gambar.

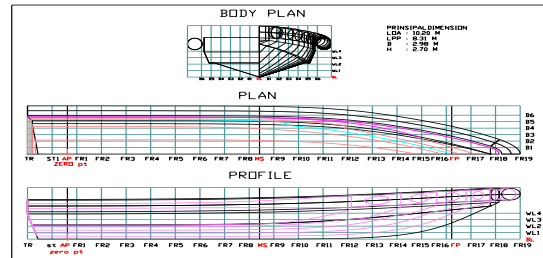
Setelah data utama kapal dan data daerah operasional kapal diketahui maka dilanjutkan dengan membuat model gambar 2D untuk menentukan model cabin yang sesuai dengan karakteristik dan fungsi kapal, setelah itu membuat *lines plan* dan bentuk lambung kapal dengan menggunakan software Maxsurf, untuk

menguji tahanan kapal terhadap udara menggunakan software SolidWorks.

5. Perhitungan dan Simulasi Model.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan displacemen kapal. Simulasi model menggunakan *Software Maxsurf* untuk mendapatkan data tentang *Lines Plan* dan stabilitas kapal serta tahanan kapal pada bagian yang terendam air, sedangkan untuk simulasi tahanan kapal terhadap udara menggunakan *Software SolidWorks*.

software Maxsurf dengan memasukkan data-data dari survey lokasi maka di dapatkan model 2D rencana garis sebagai berikut :



Gambar 3. *Linesplan* kapal RIB BL S32.

6. Analisa Data dan Pembahasan.

Proses perhitungan matematis dan simulasi model dilakukan maka proses selanjutnya yaitu analisa data dan pembahasan, data yang diperoleh dari hasil perhitungan matematis dan simulasi model tersebut mengikuti standart IMO yang mencakup stabilitas dan tahanan kapal. Besar tahanan kapal sebelum dan sesudah dilakukan perubahan desain kapal maka langkah selanjutnya yaitu menghitung besar daya yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan yang optimal yaitu 30 Knot berdasarkan hasil survey lapangan yang dilakukan.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Ukuran Utama Kapal.

Ukuran utama kapal yang diperoleh berdasarkan survey lapangan yang dilakukan di pangkalan RIB BL S 32 dermaga Kantor Kesyahbandaran Utama Tanjung Perak Surabaya.

- LoA 1020 Cm - Kecepatan 30 Knot
- L Inside 880 Cm - Person 22 Person
- B Overall 298 Cm
- B Inside 176 Cm
- Daya Mesin 2x 200 HP

2. Membuat Sketsa Gambar.

Dari data ukuran utama kapal dibuatlah sketsa kapal sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi menggunakan software autocad 2D.

3. Perhitungan Rencana Garis.

Rencana garis pada dasarnya adalah penentuan bentuk yang menjadi bentuk dasar sebuah rancangan kapal, baik tidaknya peforma sebuah kapal tergantung dari bentuk lambung kapal. Pembuatan model lambung kapal dengan

4. Perhitungan Rencana Umum

Tabel 1. Data utama komponen berat kapal kosong sebelum dan sesudah dimodifikasi

No	Komponen	Sebelum Dimodifikasi		Sesudah Dimodifikasi	
		Jumlah	Berat (ton)	Jumlah	Berat (ton)
	Struktur / konstruksi				
1	Kapal	1	4.2438	1	4.2438
	Permesinan				
2	Mesin tempel	2	0.476	2	0.476
	Outfitting				
3	Kursi	10	0.07	8	0.068
4	Tiang lampu	1	0.088	-----	-----
5	Lampu rotary	1	0.02	1	0.02
6	Lampu navigasi	3	0.0015	3	0.0015
7	Lampo sorot	1	0.0007	1	0.0007
8	Panel kemudi	1	0.03	-----	-----
9	Tali tros	2	0.03	2	0.03
10	Dapra	3	0.009	3	0.009
11	Cabin / bangunan atas	-----	-----	1	0.167
12	Ralling	-----	-----	2	0.02
13	Pegangan	-----	-----	2	0.01675
	Alat keselamatan				
14	Ring buoy	1	0.0025	3	0.0075
15	Life jacket	10	0.01	10	0.01
16	Apar 1.5 kg	1	0.003	2	0.006
	Alat komunikasi dan navigasi				
17	Radio vhf	1	0.001	1	0.001

18	Pengeras suara / amplifier	1	0.001	1	0.001
19	Perangkat GPS	----- ----	----- ----	1	0.0015
Jumlah			4.986 5		5.0797 5

5. Perhitungan Stabilitas RIB BL S 32.

5.1. Penentuan Kontrol Berat Kapal.

Perhitungan penentuan kontrol berat kapal maupun berat muatan kapal dihitung dengan cara menghitung tiap komponen struktur, menghitung masing-masing berat komponen dengan menampilkan berapa titik berat dan jarak secara memanjang X yaitu jarak titik berat benda ke AP , untuk titik berat secara melintang Z yaitu jarak titik berat benda ke center line, dan untuk titik berat secara vertical Y yaitu jarak titik berat benda ke *base line*. Yang nantinya akan dijumlahkan untuk menentukan titik berat kapal tersebut dengan menggunakan metode KG = MOMENT / BERAT.

Tabel 2. Penentuan kontrol berat kapal kosong sesudah di modifikasi

N o	Komponen	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total (ton)	LCG	TCG	VCG
1	Berat Kapal	1	4.2438	4.2438	4.157	0	0.6
2	Kursi	8	0.007	0.068	3.8452	0	1.1517
3	Lampu rotary	1	0.02	0.02	3.716	0	2.8082
4	Lampu navigasi	2	0.0005	0.001	4.375	0	2.6411
5	Lampu buritan	1	0.0005	0.0005	2.9788	0	3.73
6	Tali tros haluan	1	0.015	0.015	8.0243	0	1.07
7	Tali tros buritan	1	0.015	0.015	1.3078	0.4422	0.9
8	Dapra haluan	1	0.003	0.003	6.2237	0.636	1.1423
9	Dapra buritan	2	0.003	0.006	0.4871	0	1.1423
10	Lampu sorot	1	0.0007	0.0007	5.2	0.4412	2.78
11	Cabin	1	0.167	0.167	4.2628	0	2.7
12	Ring buoy haluan	1	0.0025	0.0025	6.2237	0	1.1839
13	Ring buoy buritan	2	0.0025	0.005	0.4871	0	1.4727
14	Life jacket	10	0.001	0.01	3.4177	0	0.9526
15	Mesin tempel	2	0.238	0.476	0	0	0.6899

16	Radio vhf	1	0.001	0.001	5.4157	-0.3109	1.6657
17	Pengeras suara / amplifier	1	0.001	0.001	5.4157	-0.2308	1.6657
18	Apar 1.5 kg	2	0.003	0.006	2.5126	0	1.5842
19	Monitor GPS	1	0.001	0.001	5.4157	0	1.665
20	Anten GPS	1	0.0005	0.0005	3.2293	0	3.4425
21	Realing	2	0.01	0.02	0.3476	0	1.4727
22	Hand grip	2	0.008375	0.01675	4.0907	0	2.5442
Total Berat				5.07975	3.7444	0.00164	0.7115

Tabel 3. Hydrostatic Muatan Kapal Kosong setelah dimodifikasi

N O	MEASUREMENT	VALU E	UNIT
1	Displacement	5.078	T
2	Volume (displaced)	4.954	m^3
3	Draft Amidships	0.585	M
4	Immersed depth	0.585	M
5	WL Length	8.875	M
6	Beam max extents on WL	2.174	M
7	Wetted Area	19.795	m^2
8	Max sect. area	0.729	m^2
9	Waterpl. Area	15.708	m^2
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.766	
11	Block coeff. (Cb)	0.439	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.574	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.814	
14	LCB length	2.800	from zero pt. (+ve fwd) m
15	LCF length	2.939	from zero pt. (+ve fwd) m
16	LCB %	31.554	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
17	LCF %	33.114	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
18	KB	0.390	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMt	1.075	m
21	BML	15.723	m
22	GMt corrected	1.464	m
23	GML	16.113	m
24	KMt	1.464	m
25	KML	16.113	m
26	Immersion (TPc)	0.161	tonne/cm
27	MTc	0.103	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Disp.s in(1)	0.130	tonne.m
29	Length:Beam ratio	4.081	

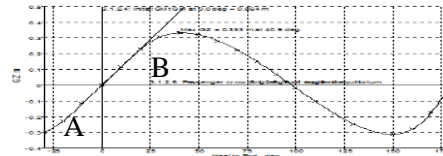
30	Beam:Draft ratio	3.715	
31	Length:Vol ^{0.333} ratio	5.206	
32	Precision	Medium	73 stations

Tabel 4. Hydrostatic Muatan Kapal penuh setelah dimodifikasi

NO	MEASUREMENT	VALUE	UNIT
1	Displacement	7.483	T
2	Volume (displaced)	7.301	m ³
3	Draft Amidships	0.728	M
4	Immersed depth	0.728	M
5	WL Length	9.138	M
6	Beam max extents on WL	2.259	M
7	Wetted Area	23.190	m ²
8	Max sect. area	1.044	m ²
9	Waterpl. Area	17.105	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.765	
11	Block coeff. (Cb)	0.486	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.636	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.829	
14	LCB length	2.867	from zero pt. (+ve fwd) m
15	LCF length	3.070	from zero pt. (+ve fwd) m
16	LCB %	31.378	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
17	LCF %	33.594	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
18	KB	0.476	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMt	0.864	m
21	BML	12.579	m
22	GMt corrected	1.340	m
23	GML	13.055	m
24	KMt	1.340	m
25	KML	13.055	m
26	Immersion (TPc)	0.175	tonne/cm
27	MTc	0.123	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Dis p.sin(1)	0.175	tonne.m
29	Length:Beam ratio	4.045	
30	Beam:Draft ratio	3.103	
31	Length:Vol ^{0.333} ratio	4.710	
32	Precision	Medium	73 stations

Hasil analisa stabilitas kapal menggunakan software Maxsurf dapat kita lihat pada kurva di bawah yang menunjukkan bahwa luasan Area B lebih besar daripada luasan area A, dari hasil

analisa tersebut diperoleh hasil nilai luasan Area A sebesar 5 m.deg dan area B sebesar 5.0772 m.deg. Hal ini menunjukkan bahwa sesudah di modifikasi memiliki stabilitas cukup baik dengan status pass.



Gambar 4 sesudah dimodifikasi.

Tabel 5. Tabel Hasil Pengujian pada muatan penuh sesudah dimodifikasi

No	Criteria	Value	Unit	Actual	Status
1	3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	5.0772	Pass
2	3.1.2.1: Area 0 to 40	5.1566	m.deg	8.3163	Pass
3	3.1.2.1: Area 30 to 40	1.7189	m.deg	3.2391	Pass
4	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	0.333	Pass
5	3.1.2.3: Angle of Maximum GZ	25.0	deg	40.9	Pass
6	3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	0.664	Pass
7	3.1.2.5: Passenger crowding: Angle of Equilibrium	10.0	deg	-0.1	Pass
8	3.1.2.6: Turn: Angle of Equilibrium	10.0	deg	-0.1	Pass

Pada table diatas menunjukkan hasil analisa perhitungan software Maxsurf, diperoleh nilai luas area lengan pengembali sudut 0° - 30° sebesar 5.0772 m.deg, sudut 0° - 40° sebesar 8.3163 m.deg dan area lengan pengembali sudut 30° - 40° sebesar 3.2391 m.deg dengan nilai GZ maximum 0.333 m dan sudut maximum GZ sebesar 40.9 deg Hal ini menunjukkan bahwa kapal RIB BL S 32 sesudah di modifikasi memiliki stabilitas cukup baik karena nilai hasil analisa software Maxsurf lebih besar nilai standar IMO dan semua kriteria mendapat status (pass).

6. Perhitungan Tahanan Kapal

6.1. Perhitungan Tahanan Air dan Daya Kapal RIB BL S 32

Permodelan dilakukan pada software Maxsurf Modeler. Model ini merupakan pengganti dari model nyata kapal atau model kapal dengan skala tertentu. Data ukuran utama kapal kita gunakan untuk membuat model

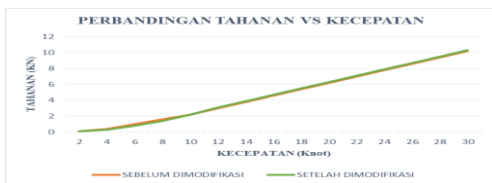
seperti yang kita inginkan sampai semua komponen ukuran utama dan koefisien kapal memenuhi bentuk kapal RIB.

Tabel 6. Tahanan Air Laut dan Daya Kapal beban muatan penuh sebelum dimodifikasi

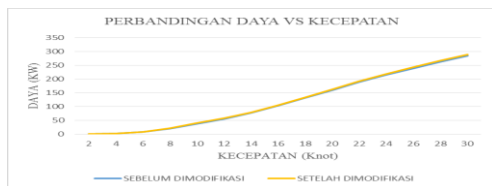
KECEPATAN (Knot)	DRAFT (M)	TAHANAN (KN)	DAYA (KW)
30	0.72	10.6	296.566

Tabel 7. Tahanan Air Laut dan Daya Kapal RIB BL S 32 beban muatan penuh setelah dimodifikasi

KECEPATAN (Knot)	DRAFT (M)	TAHANAN (KN)	DAYA (KW)
30	0.73	10.7	301.005



Gambar 5. Gravitik hambatan vs kecepatan beban muatan penuh



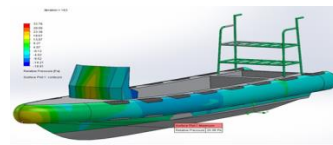
Gambar 6. Gravitik daya vs kecepatan beban muatan penuh

Tabel dan kurva diatas menunjukkan tahanan kapal dengan beban muatan penuh dengan target kecepatan yang diinginkan sesuai spesifikasi awal sebesar 30 Knot, tahanan kapal pada kondisi beban muatan yang sama memiliki selisih yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 0.1 KN, sedangkan kebutuhan daya mesin untuk mencapai kecepatan 30 Knot pada kapal sebelum dimodifikasi sebesar 296.566 KW dan untuk kapal setelah dimodifikasi sebesar 301.005 KW. Lihat (gb.6.1), (gb. 6.2).

6.2. Perhitungan Tahanan Udara dan Daya Total RIB BL S 32.

Pemodelan lambung kapal yang akan digunakan sebagai input pada perangkat lunak Solidwork dengan menggunakan bantuan software *Maxsurf*. Membuat model lambung kapal yang terdiri dari beberapa surface dengan fitur 3D *NURB (Non-Uniform Rational B-*

Spline). Data base yang akan digunakan pada tahap ini adalah *linesplan* kapal dan disesuaikan dengan data kapal seperti ukuran utama dan displacement. Setelah mengimport data iges lambung kapal dari software *Maxsurf Modeller* maka langkah selanjutnya adalah menambahkan gambar bangunan atas atau kabin dengan menggunakan *Solidwork 3D* sesuai dengan bentuk kedua model kapal sebelum dan sesudah dimodifikasi,



Gambar 7. Model kapal sebelum dimodifikasi.

Dari hasil simulasi software *SolidWork FEA* dapat diketahui bahwa pada saat kapal sebelum dimodifikasi berada pada kecepatan optimal yaitu 30 knot dan angin yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal memiliki kecepatan sebesar 20 knot maka tahanan relative yang menimpa kapal adalah sebesar 20.78 Pa.



Gambar 8. Model kapal setelah dimodifikasi.

Dari hasil simulasi software *SolidWork* dapat diketahui bahwa pada saat kapal yang sudah dimodifikasi berada pada kecepatan optimal yaitu 30 knot dan angin yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal memiliki kecepatan sebesar 20 knot maka tahanan relative yang menimpa kapal adalah sebesar 23.18 Pa.

Tabel 8 Data Tahanan Udara hasil simulasi software *Solidwork*

DRAFT (m)		KECEPATAN ANGIN (Knot)		KECEPATAN KAPAL (Knot)		TAHANAN UDARA (Pa)	
Sebelum modif	Setelah modif	Sebelum modif	Setelah modif	Sebelum modif	Setelah modif	Sebelum modif	Setelah modif
0.58	0.585	20	20	30	30	20.78	23.18

7. Perhitungan Kebutuhan Daya Mesin RIB BL S 32.

Setelah diketahui besar tahanan total kapal maka langkah selanjutnya yaitu menghitung kebutuhan daya untuk mencapai kecepatan optimal setelah dilakukan modifikasi terhadap kapal tersebut. Untuk perhitungan daya berdasarkan tahanan total kapal penulis menggunakan perkalian perbandingan karena semua variabelnya sama dan hanya tinggal mengkonfersi satuan tahanan udara dari Pa ke KN.

1. Kebutuhan daya total kapal sebelum dimodifikasi dengan beban muatan 100 %

$$R \text{ air laut} = 10.6 \text{ KN}$$

$$R \text{ udara} = 20.78 \text{ Pa} = 0.02078 \text{ KN}$$

$$R \text{ total} = 10.62078 \text{ KN}$$

Daya mesin hasil simulasi adalah sebesar 296.566 KW

Maka

$$R \text{ air laut} = \text{Daya Mesin}$$

$$R \text{ Total} = \text{Daya Mesin Total}$$

$$10.6 \text{ KN} = 296.566 \text{ KW}$$

$$10.62078 = \text{Daya Mesin Total}$$

$$\text{Daya Mesin Total} = (10.62078 \times 296.566) / 10.6 = 297.15 \text{ KW}$$

Karena 1 HP = 745.699 watt

Maka $297.15 \times 1000 = 297150 \text{ Watt}$

$$297150 / 745.699 = 398.5 \text{ HP}$$

Jadi Daya Mesin yang dibutuhkan untuk kapal RIB BL S 32 sebelum dimodifikasi untuk beban muatan penuh adalah sebesar 398.5 HP

2. Kebutuhan daya total kapal sesudah dimodifikasi dengan beban muatan sebesar 100%

$$R \text{ air laut} = 10.7 \text{ KN}$$

$$R \text{ udara} = 23.18 \text{ Pa} = 0.02318 \text{ KN}$$

$$R \text{ total} = 10.72318 \text{ KN}$$

Daya mesin hasil simulasi adalah sebesar 301.005 KW

Maka

$$R \text{ air laut} = \text{Daya Mesin}$$

$$R \text{ Total} = \text{Daya Mesin Total}$$

$$10.7 = 301.005$$

$$10.72318 = \text{Daya Mesin Total}$$

$$\text{Daya Mesin Total} = (10.72318 \times 301.005) / 10.7 = 301.7 \text{ KW}$$

Karena 1 HP = 745.699 watt

Maka $301.7 \times 1000 = 301700 \text{ Watt}$

$$301700 / 745.699 = 404.6 \text{ HP}$$

Jadi Daya Mesin yang dibutuhkan untuk kapal RIB BL S 32 sebelum dimodifikasi dengan beban muatan 100% adalah sebesar 404.6 HP.

Table 9. Daya Mesin yang dibutuhkan untuk mengangkut beban muatan 100%

KECE PATA N (Knot)	DRAFT (M)		TAHANAN (KN)		DAYA (KW)	
	Sebelum dimodif	Setelah dimodif	Sebelum dimodif	Setelah dimodif	Sebelum dimodif	Setelah dimodif
30	0.722	0.728	10.6	10.7	297.15	301.7
DAYA MESIN DALAM HP					398.5	404.6

Tabel diatas menunjukkan bahwa untuk mencapai kecepatan sesuai spesifikasi awal sebesar 30 Knot dengan beban muatan penuh untuk kapal sebelum dimodifikasi sebesar 398.5 HP sedangkan untuk kapal setelah dimodifikasi sebesar 404.6 HP. Dari data tersebut diketahui bahwa untuk kapal sebelum dimodifikasi supaya mencapai kecepatan sesuai spesifikasi awal yaitu sebesar 30 Knot kapasitas mesin kapal masih mencukupi karena daya yang dibutuhkan dari hasil simulasi yaitu sebesar 297.15 KW atau 398.5 HP, sedangkan untuk kapal setelah dimodifikasi untuk mencapai kecepatan yang sama yaitu sebesar 30 Knot dibutuhkan penambahan daya mesin karena menurut hasil simulasi daya yang dibutuhkan sebesar 301.7 KW atau 404.6 HP. Karena daya mesin yang terpasang sebesar 298 KW atau 2 x 200 HP.

V. KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan pada BAB IV maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut, bahwa:

1. Kondisi stabilitas kapal setelah dimodifikasi untuk beban muatan sebesar 10 %, 25 %, 50 % dan 100 % telah memenuhi kriteria IMO (1993). *Resolution A. 749 (18) Code on Intact Stability for All Type of Ships* dalam hal panjang jarak titik GZ yang mana dalam ketentuan IMO Section A.749 (18) 3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater (0.2 m), sedangkan hasil analisa menunjukkan untuk 10 % (0.454 m), 25 % (0.429 m), 50 % (0.393 m), 100 % (0.333 m), dan ketentuan IMO Section A.749 (18) 3.1.2.3: *Angle of Maximum GZ (25 deg)* sedangkan hasil analisa sebesar 10 % (50 deg), 25 % (48.2 deg), 50 % (45.5 deg), 100 % (40.9 deg), akan tetapi kapal sebelum dimodifikasi memiliki stabilitas lebih baik dari pada kapal setelah dimodifikasi karena memiliki nilai jarak GZ dan sudut GZ lebih besar daripada kapal setelah dimodifikasi, Jarak GZ kapal sebelum dimodifikasi untuk beban muatan 100 % sebesar (0.358 m) dan

sudut GZ sebesar (42.7 deg), sedangkan untuk kapal setelah dimodifikasi besar jarak GZ sebesar (0.333 m) dan sudut GZ sebesar (40.9 deg).

2. Hubungan kecepatan dengan BHP kapal setelah dimodifikasi berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa kapal setelah dimodifikasi membutuhkan daya mesin yang lebih besar dari pada kapal sebelum dimodifikasi untuk mencapai kecepatan sesuai dengan spesifikasi awal sebesar 30 Knot, untuk kapal sebelum dimodifikasi dengan beban muatan 100 % dan daya mesin 398.5 HP kecepatan yang dicapai sebesar 30 Knot sedangkan untuk kapal setelah dimodifikasi dengan beban muatan yang sama dan target kecepatan yang sama daya mesin yang dibutuhkan sebesar 404.6 HP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IMO. (1993). Resolution A. 749 (18) Code on Intact Stability for All Type
- [2] of Ships Covered by IMO Instrumens.
- [3] Undang-undang No .17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran
- [4] Biro Klasifikasi Indonesia BKI, Rules for Non Metallic Materials Part 1, Edisi 2006
- [5] S. Alameda St. Compton, Fiberglass and Composite Material Design Guide, Januari, 2011.
- [6] West System, Inc., Bay City, Michigan, USA -Fiberglass Boad Repair and Maintenance, 14 th Edition-December,2006.
- [7] Barrast, C. B, (2012). Ship Stability for Master and Mate (7th edition)
- [8] Barrast, C.B.Dr. 2004. Ship Design and Performance For Master and Mates. Elsevier.UK.
- [9] Derret, D.R. 2001. Ship Stability for master and mates. Butterworth-Heinemann, Woburn
- [10] Wakidjo, P. 1972. Stabilitas Kapal Jilid II "Penuntun Dalam Menyelesaikan Masalah" Yogyakarta.
- [11] Savitsky Daniel, Ward Brown P. "Procedures for Hydrodynamis Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water", Marine Technology, Vol 13 No.4 (1976).
- [12] Clement E.P, Blount D, "Resistance Test of Systematic Series of Planning Hull Forms." Tans., SNAME Vol 71, (1963).
- [13] Gassemi, H., "A Hydrodynamic Methodology and CFD Analysis for Performance Prediction of Stepped Planing Hull," Polish Marit. Res., vol. 22, pp. 23–31, 2015.
- [14] Andriyanto RD, Manfaat D. "Penentuan Ukuran Utama Kapal dengan Metode Basis Ship Menggunakan Sistem Komputer" jurnal teknik POM ITS Vol. 2, No. 1, (2013)
- [15] Wulan AN. 2015. "Tutorial Membuat Kapal Menggunakan Aplikasi Maxsurf" Universitas Brawijaya Malang
- [16] <http://www.maritimeworld.web.id/2013/07/Pengertian-Istilah-Di-ambil-dari-Pengertian-Istilah-Apa-Yang-Di-Maksud-Dengan-GRT-NRT-TPC-FWA-DWA-LOA-LBP.html>
- [17] <https://indonesiaproud.wordpress.com/2010/11/19/black-liger-s32-kapal-patrolilaut-anti-peluru-buatan-pt-bay-industrial-indonesia/>
- [18] <http://gerrynaval.blogspot.co.id/2010/12/hambatan-kapal.html>
- [19] https://www.academia.edu/12216853/SHIP_RESISTANCE_HAMBATAN_KAPAL
- [20] https://www.solidworks.com/3D_CAD_Design_Software_SOLIDWORKS
- [21] <https://www.slideshare.net/cruzsarwan/buku-soliworks>