



Desain Kapal Pariwisata Dengan Penambahan Layar di Danau Toba Dengan Bentuk Lambung *Monohull*

Samuel Mangapul Simamora¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, S. Samuel^{1)*}

¹⁾Laboratorium Perencanaan Dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
^{*)}e-mail : samuelsimamora03@gmail.com

Abstrak

Peningkatan sektor pariwisata di Kawasan Danau Toba berkontribusi signifikan terhadap percepatan infrastruktur transportasi air. Di Danau Toba, masih terdapat sedikit jenis kapal yang digunakan untuk sarana transportasi. Untuk memperkaya keanekaragaman wisata, pembangunan kapal monohull dengan penambahan layar menjadi salah satu magnet bagi wisatawan. Layar adalah salah satu dari banuaknya sistem propulsi yang diaplikasikan untuk menggerakkan kapal. Kekuatan gaya dorong yang dihasilkan oleh layar sangat dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin. Tujuan penelitian ini adalah merancang kapal pariwisata monohull dengan menambah layar, dan menjadikan² layar sebagai daya tarik di sektor pariwisata di perairan Danau Toba. Metode yang digunakan dalam menentukan ukuran utama kapal dengan menggunakan metode regresi linear, perhitungan stabilitas menggunakan standar dari IMO, perhitungan hambatan menggunakan metode Holtrop dan Van Oortmeersen, olah gerak menggunakan standar dari Nordfork 1987, dan perhitungan luasan layar menggunakan turunan rumus dari teori aerodinamika. Hasil dari penelitian ini mendapatkan bahwa kapal pariwisata monohull yang dirancang memiliki ukuran utama LOA 20 m, LPP 19,1 m, tinggi 3,1 m, lebar 7,5 m, sarat 1,9 m, dan Vs 7 knot. Luasan layar yang didapatkan untuk kapal pariwisata monohull di perairan Danau Toba sebesar 260,49 m².

Kata Kunci : Layar, Monohull, Perancangan Kapal Pariwisata

1. PENDAHULUAN

Keindahan Indonesia membuat wisatawan lokal dan mancanegara berbondong-bondong untuk melihat bagaimana mempesonanya Indonesia, terutama salah satu danau di Sumatera Utara yaitu Danau Toba. Danau ini memiliki ± 1.130 km² dengan kedalaman ± 529 m dengan jenis danau vulkanik. Letak Danau Toba secara geografis di pegunungan Bukit Barisan Provinsi Sumatera Utara pada titik koordinat diantara 2021'32' – 2056'28 LU dan 980 26' 35" – 990 15' 40" BT [1].

Sektor pariwisata menjadi salah satu pilar utama dalam ekonomi global, karena mampu memberikan kontribusi signifikan bagi negara, seperti peningkatan devisa, penciptaan lapangan kerja, serta promosi budaya nasional. Berbagai daerah di Indonesia memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai destinasi wisata yang dapat dilihat dari keindahan alam yang dimiliki serta budaya yang memiliki daerah tersebut, seperti

Danau Toba. Untuk meningkatkan sektor pariwisata di Danau Toba diperlukan tambahan fasilitas transportasi berupa kapal pariwisata yang dapat melayani berbagai kebutuhan wisatawan maupun penduduk lokal.

Layar yang menjadi alat propulsi tambahan maupun utama pada penelitian ini, merujuk pada penelitian sebelumnya antara lain dimana kapal tradisional tipe kapal kranji menggunakan layar *Foresail*, *Mainsail*, *Mizzen* dan *Mast* dengan menggunakan metode pendekatan teori aerodinamika maka diperoleh luasan layar 62,8 m². Hasil analisa menunjukkan bahwa kecepatan maksimum sebesar 6,83 knot [2].

Berdasarkan penelitian tentang studi perancangan kapal layar sebagai kapal pariwisata, ukuran utama kapal yang dioptimalkan melalui metode regresi linier, analisis stabilitas, dan hambatan kapal diharapkan menjadi sarana wisata yang modern dan efisien. Dari hasil analisis pada

penelitian sebelumnya didapat kecepatan maksimal sampai 11,51 knot pada arah angin 100° dari haluan kapal dan kecepatan angin 20 knot. Serta sudut keolengan kapal terbesar terjadi pada arah angin 35° dan kecepatan anign 20 knot dengan sudut oleng sebesar 3.86° [3].

Analisis dilakukan pada kapal tipe purse seine, untuk menentukan ukuran dan bentuk layar serta pengaruhnya terhadap besarnya gaya dorong yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan juga perhitungan besarnya kontribusi gaya dorong layar terhadap kecepatan KM. Maju. Menggunakan layar trapesium, persegi panjang, segitiga dengan luasan masing-masing $21,21 \text{ m}^2$ kontribusi terbesar layar terhadap kecepatan KM. Maju sebesar 3,377 knot dan 4,3 knot dari hasil pengujian lapangan [4].

Berdasarkan penelitian tentang studi penentuan jumlah dan jenis layar yang optimal dengan kombinasi layar dan motor, penggunaan layar dengan luasan yang seminimal mungkin dapat membantu efisiensi dari penggunaan layar pada kapal dengan menggunakan bentuk layar segitiga dengan luas $46,17 \text{ m}^2$ dapat menghasilkan kecepatan kapal sampai 6,9 knot membantu untuk mengoperasikan kapal dengan efisien [5].

Pengaruh angin terhadap objek sering kali dianggap mudah untuk diprediksi dan diperkirakan. Secara ilmiah, prinsip kerja layar dalam menghasilkan gaya tidak berbeda signifikan dengan prinsip gaya angkat yang terjadi pada sayap pesawat atau gaya dorong yang dihasilkan oleh baling-baling. Dinamika fluida yang terjadi pada penampang yang disebut foil, pada layar kapal, foil ini merupakan bagian dari penampang layar yang dipotong secara horizontal [6].

Dari penelitian-penelitian terdahulu dengan melihat permasalahan yang ada, maka penulis melakukan penelitian tentang desain kapal pariwisata dengan menambahkan layar di perairan Danau Toba. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membuat perancangan kapal pariwisata, seperti ukuran panjang keseluruhan kapal (LOA), lebar kapal (B), tinggi kapal (H), dan juga sarat kapal (T). Melalui perancangan kapal pariwisata *monohull* dengan penambahan layar ini, bertujuan untuk mendapatkan desain kapal serta luasan layar yang efisien untuk kapal yang dirancang melalui analisa kinerja layar terhadap kapal yang akan dirancang.

2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini untuk merancang kapal dengan metode regresi linear, menganalisis stabilitas dengan standar *IMO (International Maritime Organization) Code A.749(18) Ch3-design criteria applicable to all ships*, menganalisis hambatan

dengan menggunakan metode *Holtrop* dan *Van Oortmeersen*, menganalisis olah gerak menggunakan metode *strip theory*, dan menghitung luasan layar dengan menggunakan turunan rumus dari teori aerodinamika.

2.1. Objek Penelitian

Penelitian ini terdapat dua data yang dikumpulkan dengan cara studi literatur, pencarian melalui internet, dan mengambil data dari dinas terkait. Data yang dipakai untuk penelitian berupa data primer yang terdiri dari ukuran kapal pemandang dan profil perairan Danau Toba. Sedangkan data sekunder terdiri dari data pendukung seperti rencana umum permesinan, Rules BKI, dan IMO.

2.2. Parameter Penelitian

Parameter penelitian ini berupa koefisien baru untuk membuat kapal serta dimensi kapal pariwisata baru yang tercipta. Metode yang digunakan dalam menentukan ukuran utama kapal baru yaitu dengan metode regresi linier. Dalam konteks ini, data yang terkumpul mengenai dimensi utama kapal, yang menunjukkan pola grafik linear. Pendekatan ini memanfaatkan model matematika berupa garis regresi untuk melakukan regresi. Prinsipnya memberikan proyeksi nilai Y berdasarkan nilai X yang diberikan. Analisis regresi yang bertujuan untuk memperkirakan variabel Y berdasarkan variabel bebas X. Dimensi kapal pariwisata baru yang tercipta tersebut, terdiri dari beberapa variabel seperti (LOA – *Length Overall*), lebar kapal (B – *Breadth*), tinggi kapal (H – *Height*), dan sarat kapal (T – *Draft*).

2.3. Analisis Hambatan

Hambatan kapal merupakan faktor terpenting yang menentukan daya kapal yang dibutuhkan. Kapal dengan hambatan kecil adalah menjadi salah satu tujuan dari perencanaan kapal, karena hambatan akan berpengaruh pada tenaga yang digunakan sehingga berpengaruh juga pada penggunaan bahan bakar. Hambatan kapal dipengaruhi oleh hambatan total yang terdiri dari hambatan lambung utama, hambatan bagian kapal yang menonjol dari badan kapal serta hambatan udara pada lambung kapal yang berada di atas permukaan air. Besarnya gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, mencakup tahanan gesek, tahanan gelombang, dan tahanan appendages. [7]. Lingkungan juga berpengaruh pada tahanan, bila kapal bergerak di air yang terbatas, dinding pembatas air tersebut akan cukup dekat untuk dapat mempengaruhi tahanan kapal. Kedangkalan air juga mempunyai pengaruh pada tahanan kapal. Metode yang digunakan untuk memperkirakan

hambatan pada beberapa kondisi kecepatan desain kapal adalah metode Holtrop dan Van Oortmerssen.

2.4. Analisis Gaya Aerodinamika Layar

Resultan total gaya aerodinamis F_T yang dihasilkan oleh layar dapat diuraikan menjadi 2 bagian, yaitu gaya gerak (*Driving Force*) F_R yang mengatur sistem propulsi kapal sehingga kapal dapat bergerak dan gaya oleng (*Heeling Force*) F_H yang bekerja tegak lurus dengan arah gaya dorong. Nilai F_R dan F_H tergantung dari besar kecilnya arah kapal berlayar terhadap arah angin (*apparent wind angle*, β); gaya samping/ *lift* (*cross wind force*, L); dan hambatan aerodinamis (*drag*, D) [8].

Tahap yang diperlukan dalam menentukan besarnya luas layar adalah mengidentifikasi gaya-gaya yang ada pada layar. Gaya-gaya tersebut meliputi *Driving Force* dan *Heeling Force*. Persamaan kedua gaya yang ada dapat dirumuskan menjadi [9]:

$$F_R = 0,00119 \times (V_A)^2 \times S_A \times C_R \quad (1)$$

$$F_H = 0,00119 \times (V_A)^2 \times S_A \times C_H \quad (2)$$

Dimana,

F_R = *Driving Force*

F_H = *Heeling Force*

V_A = *Apparent Wind Speed*

S_A = Luas Layar

C_R = Koefisien Aerodinamik untuk *Driving Force*

C_H = Koefisien Aerodinamik untuk *Heeling Force*

Menentukan koefisien *Driving* dan *Heeling* dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$C_R = C_L \times \sin \beta - C_D \times \cos \beta \quad (3)$$

$$C_H = C_L \times \cos \beta + C_D \times \sin \beta \quad (4)$$

Dimana,

C_R = Koefisien *Driving Force*

C_H = Koefisien *Heeling Force*

C_L = Koefisien *Lift*

C_D = Koefisien *Drag*

β = *Apparent Wind Angle*

Penentuan nilai luasan layar dapat digunakan formula teori aerodinamik, yaitu dengan persamaan diatas menjadi :

$$S_A = F_R / (0,00119 \times (V_A)^2 \times C_R) \quad (5)$$

$$C_R = C_L \times \sin \beta - C_D \times \cos \beta \quad (6)$$

2.5. Stabilitas Kapal

Stabilitas merujuk pada kemampuan kapal untuk kembali ke posisi setimbangnya saat terjadi gangguan seperti gelombang, angin, atau faktor lainnya di perairan yang tenang [10]. Stabilitas

harus mempertimbangkan tiga titik kunci: titik G yang merupakan titik berat kapal, titik B yang merupakan titik tekanan ke atas dari volume air, dan titik M yang merupakan titik perpotongan antara gaya angkat vertikal pada kondisi stabil dan gaya angkat pada sudut oleng. Analisa data kapal yang diperoleh menggunakan *ship design software* untuk membuat model kapal, analisa hambatan, analisa stabilitas, analisa olah gerak kapal, dan pembuatan model layar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pertimbangan data persiapan yang telah diperoleh, maka langkah berikutnya melakukan penelitian dan mengolah data dari hasil penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan persembahan pada penelitian ini.

3.1. Ukuran Utama Kapal Baru

Ukuran utama kapal pariwisata *monohull* dengan penambahan layar ditentukan dengan menggunakan metode regresi linier dari kapal pembanding. Untuk data kapal pembanding yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kapal Pembanding

No	Nama Kapal	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	Boquerao	20	18,9	7	3,6	2,3
2	Burrunan Dolphin	21	19,3	7,4	3,2	2,1
3	Grettir Sterki	19,3	19	7,3	2,5	1,4
4	KIEV	20,5	19,8	7,8	3,7	2,3
5	MBP-129	20	18,4	7,3	3,1	1,9
6	Odysseus C-204	19,4	18,9	7,2	2,5	1,4
7	KOC Musaned 3	20,4	18,8	8,5	3,4	2,1
8	Walrus II	19,9	19,5	7,8	2,8	1,4
9	Herdis	19,6	19,3	7,3	3,3	2
10	Seifur	22	20,5	9	4,4	3
11	Zargana	21,3	19,5	7,8	3,1	2,1

Data kapal pembanding yang ada pada tabel 1 digunakan untuk mencari ukuran utama kapal baru dengan menggunakan regresi linear sederhana, Loa dijadikan variabel terikat X dan B , H , dan T sebagai variabel bebas Y maka didapatkan ukuran kapal utama baru disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Utama Kapal Baru

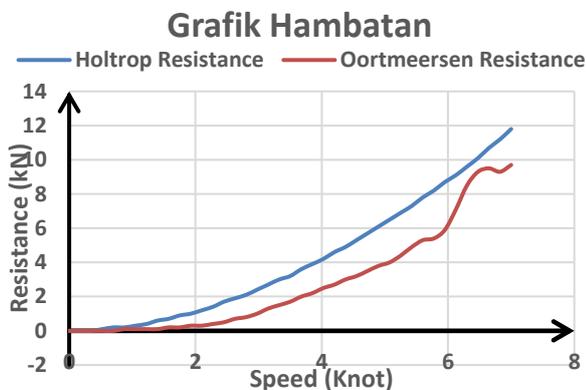
No	Nama Kapal	Dimensi
1	<i>Length Over All (LOA)</i>	20 m
2	<i>Length Between Perpendicular (LPP)</i>	19,1 m
3	<i>Depth (H)</i>	3,1 m
4	<i>Breadth (B)</i>	7,5 m
5	<i>Draft (T)</i>	1,9 m
6	V_s	7 knot

3.2. Rencana Garis

Rencana garis atau *lines plan* kapal ini didapatkan dari permodelan dengan menggunakan aplikasi perancangan. Dengan memasukkan jumlah *station* sebanyak 20, 5 *buttock line* dan 10 *waterline* tinggi sarat kapal. Setelah itu dilakukan *export* desain *lines plan* dalam bentuk CAD sehingga gambar *lines plan* yang sesuai permodelan 2D dengan ukuran sesuai dengan perhitungan regresi ukuran utama kapal baru.

3.3. Hasil Perhitungan Hambatan

Analisis hambatan memanfaatkan perangkat lunak khusus, metode yang dipilih untuk menghitung nilai dari hambatan adalah metode *Holtrop* dan *Van Oortmerssen*. Perhitungan hambatan dilakukan pada beberapa variasi kecepatan.



Gambar 1. Grafik hambatan

Pada gambar 1 menunjukkan grafik hambatan yang ada pada kapal pariwisata *monohull*. Hambatan dengan metode *Holtrop* dan *Van Oortmerssen* pada gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin besar pula hambatan yang ada pada kapal tersebut dengan nilai hambatan menggunakan metode *Holtrop* sebesar 11,8 kN dan metode *Van Oortmerssen* sebesar 9,7 kN.

Dari nilai hambatan yang sudah ada, dapat dihitung nilai BHP@MCR sebesar 91,854 kW. Berdasarkan nilai BHP@MCR digunakan mesin *Wichhai WP6C140-23* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Analisa Stabilitas

No	Spesification	Value
1	Rate Power	103 kw
2	rpm	2300
3	Number of Cylinder	6
4	Bore X Stroke	105 x 130 mm
5	Mass	700 kg
6	Full Consumption	195 g/kW.h

3.4. Analisis Stabilitas Kapal

Perhitungan stabilitas kapal memerlukan berupa displacement kapal yang terdiri dari *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*. Proses analisis stabilitas kapal menggunakan metode *curve of statical stability* dengan variasi kondisi pembebanan. Kriteria yang digunakan pada kapal ini yaitu aturan *Code on intact stability for all types ships covered by IMO instruments: 2002 edition: resolution A. 749(18) as amende by resolution MSC. 75(69)* [11].

Tabel 4. Variasi Muatan Kapal

	Penumpang	FOT & FWT	Ballast
Kondisi 1	100%	100%	50%
Kondisi 2	100%	50%	50%
Kondisi 3	100%	10%	90%

Dimana pada tabel 4 merupakan variasi yang digunakan untuk menentukan hasil perhitungan stabilitas pada saat kapal beroperasi yang ditetapkan sebagai berikut.

- Kondisi 1 : Kondisi muatan kapal dan bahan bakar penuh dalam keadaan penuh dan baru berangkat dari pelabuhan. (Kondisi muatan tangki ballast 50%)
- Kondisi 2 : Kondisi dalam 50% perjalanan dengan muatan kapal dalam keadaan penuh dan bahan bakar serta *fresh water* dalam keadaan 50%. (Kondisi muatan tangki ballast 50%)
- Kondisi 3 : Kondisi dalam 10% perjalanan saat kembali ke dermaga atau pelabuhan dengan muatan kapal dalam keadaan penuh dan bahan bakar serta *fresh water* dalam keadaan 10%. (Kondisi muatan tangki ballast penuh)

Berikut adalah hasil dari analisis stabilitas yang dilakukan dengan menggunakan metode *curve of statical stability* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Stabilitas

Kriteria	Value	Kondisi			Status
		1	2	3	
Area 0 – 30	3,15	10,42	10,11	10,28	Pass
Area 0 – 40	5,15	16,04	15,49	15,78	Pass
Area 30 – 40	1,71	5,62	5,37	5,49	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	0,58	0,56	0,57	Pass
Angle of maximum GZ	25	30,9	30,9	30,9	Pass
Initial GM	0,15	1,43	1,39	1,42	Pass

3.5. Analisis Olah Gerak

Analisis olah gerak kapal dilakukan menggunakan metode *strip theory*. Analisis ini mengeksplorasi pengaruh kenyamanan penumpang terhadap variasi tinggi gelombang. Analisis ini menggunakan spektrum gelombang JONSWAP dengan tiga sudut heading. Spektrum gelombang yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada kapal yang beroperasi di perairan Danau Toba dengan tinggi gelombang rata-rata 0,5 m. Jenis spektrum yang digunakan adalah JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*).

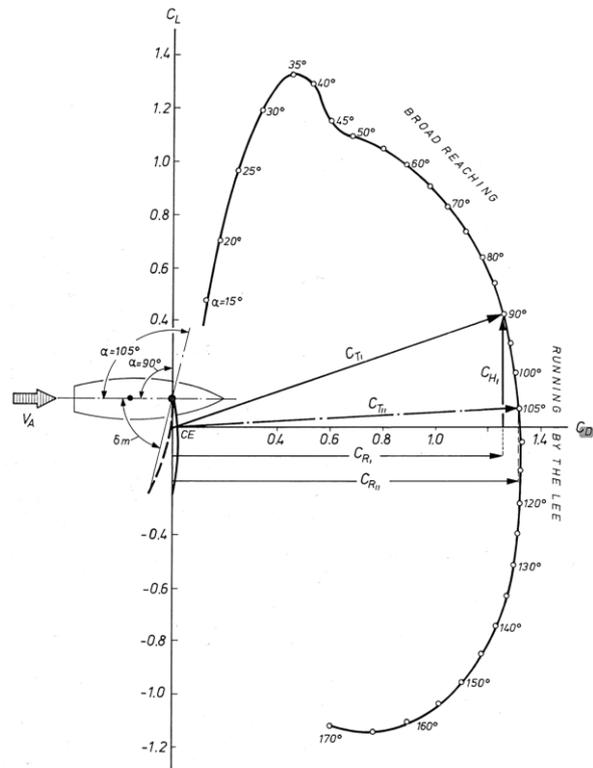
Tabel 6. Hasil Analisa Olah Gerak Kapal

Item	Wave Heading	RMS	Unit	Nilai Max
Heaving	90	1,22	m	
	135	0,13	m	
	180	0,13	m	
Rolling	90	1,54	deg	6°
	135	0,93	deg	
	180	0	deg	
Pitching	90	0,28	deg	4°
	135	0,43	deg	
	180	0,6	deg	

Berdasarkan hasil analisis olah gerak kapal pada tabel 6, menunjukkan bahwa nilai RMS telah memenuhi kriteria olah gerak yang ditetapkan oleh NORDFORSK 1987.

3.6. Penentuan Luas Layar

Tahap yang diperlukan dalam menentukan besarnya luas layar adalah mengidentifikasi gaya-gaya yang ada pada layar. Gaya-gaya tersebut meliputi *Driving Force* dan *Heeling Force*.



Gambar 2. Polar diagram CL dan CD

Dengan melihat polar diagram pada gambar 1, dapat ditentukan nilai besarnya CL dan CD yang akan digunakan untuk menentukan nilai luasan layar. Nilai CL dan CD dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai CL dan CD

Angel of Incidence [Deg]	Koefisien Lift (CL)	Koefisien Drag (Cd)
20	0,7	0,17
30	1,19	0,34
40	1,24	0,56
50	1,14	0,69
60	0,99	0,89
75	0,74	1,16
80	0,62	1,18
90	0,42	1,25
100	0,2	1,3
110	-0,1	1,33
120	-0,3	1,3
130	-0,51	1,29
140	-0,76	1,25
150	-0,89	1,19
160	-1,13	0,95
170	-1,13	0,61

Koefisien *Lift* dan *Drag* yang ada pada tabel 7 digunakan untuk mencari nilai CR (Koefisien *Driving Force*). Untuk menentukan nilai dari Koefisien *Driving Force* digunakan formula 3. Nilai dari CR dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai CR

Angel of Incidence [Deg]	Koef. Lift (CL)	Koef. Drag (CD)	Koef. Force (CR)
20	0,7	0,17	0,080
30	1,19	0,34	0,301
40	1,24	0,56	0,368
50	1,14	0,69	0,430
60	0,99	0,89	0,412
75	0,74	1,16	0,415
80	0,62	1,18	0,406
90	0,42	1,25	0,420
100	0,2	1,3	0,423
110	-0,1	1,33	0,361
120	-0,3	1,3	0,390
130	-0,51	1,29	0,439
140	-0,76	1,25	0,469
150	-0,89	1,19	0,586
160	-1,13	0,95	0,506
170	-1,13	0,61	0,405

Dengan menggunakan nilai koefisien dan persamaan yang telah ditentukan, luas layar dapat dihitung dengan persamaan 5 baik melalui metode hambatan *Holtrop* dan metode hambatan *Oortmeersen*.

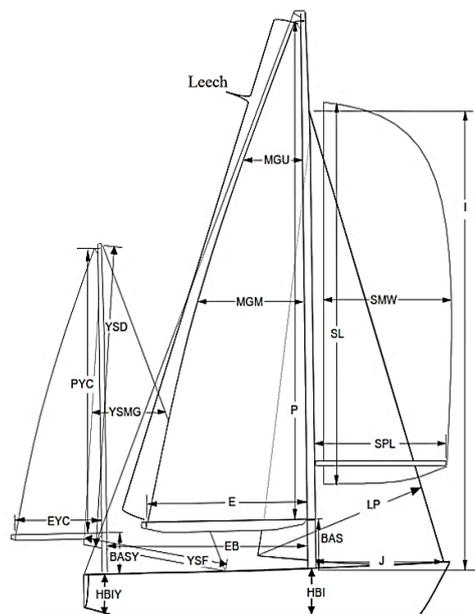
Tabel 9. Hasil luasan layar

Apparent Wind Angle (β)	Luas Layar Metode Holtrop (m ²)	Luas Layar Metode Oortmeersen (m ²)
20	2250,91	1853,68
30	596,64	491,35
40	487,192	401,22
50	417,25	343,62
60	434,86	358,12
75	432,56	356,23
80	442,03	364,02
90	426,96	351,61
100	424,22	349,36
110	496,85	409,17
120	459,57	378,47
130	408,93	336,76
140	382,32	314,85
150	306,23	252,19
160	354,23	291,72
170	443,31	365,07

Berdasarkan analisis dalam perhitungan hambatan dengan metode *Holtrop* dan *Oortmeersen*, sehingga diperoleh luas layar maksimum 1853,68 m² – 2250,91 m². Dan luas layar minimum 252,19 m² – 306,23 m². Hasil ini menunjukkan dalam mendesain layar, interval luas layar yang digunakan berkisar antara 252,19 m² – 306,23 m².

Pembuatan desain layar dilakukan menggunakan pendekatan sistem uji coba dan penyesuaian. Ukuran layar didesain pada

pemahaman nilai parameter desain layar. Parameter yang telah dimasukkan dalam perhitungan layar, terdapat 3 layar yaitu *foresail*, *mainsail*, dan *mizzen*. Metode pembuatan desain layar yang digunakan adalah sistem *Trial and error*. Dengan menggunakan sistem uji coba dan penyesuaian, diharapkan dapat ditemukan desain layar yang paling optimal untuk mencapai tujuan yang diinginkan.



Gambar 3. Rig dan Mizzen data parameter

Pada penelitian ini, luas layar yang digunakan pada *foresail* sebesar 57,26 m²; *mainsail* sebesar 127,38 m²; dan *mizzen* sebesar 75,85 m². Sehingga total luas layar yang digunakan pada penelitian ini sebesar 260,49 m². Nilai luas yang didapat sudah sesuai dengan parameter yang ada.

3.7. Pengkajian Kinerja Layar

Pengkajian performas layar ini dilakukan dengan melakukan variasi beberapa parameter yaitu:

- Kecepatan angin Riil (*True Wind Speed*) : 6, 8, 10, 12, 14, 16, dan 20 knot
- Kondisi *Upwind* dan *Downwind Sailing*
- Sudut angin Riil (*True Wind Angel*)
- *Apparent Wind Angle*
- *Apparent Wind Speed*

Melalui kondisi variabel-variabel di atas, kemudian desain layar dianalisis dengan menggunakan *Software* khusus layar. Hasil analisis meliputi:

1. Kecepatan Kapal (*Hull Speed*)
2. Sudut Oleng (*Heeling Angle*)
3. Momen Oleng Kapal yaitu :

- Momen Olenk Udara (*Aero Heeling Moment*)
 - Momen Olenk Air (*Hydro Heeling Moment*)
4. Momen Pengembali Kapal yaitu:
- Momen Pengembali Lambung (*Hull Righting Moment*)
 - Momen Pengembali Awak Kapal (*Crew Righting Moment*)

Setelah memahami karakteristik variabel-variabel tersebut, kita dapat mengevaluasi performa dari kapal saat beroperasi menggunakan tenaga penggerak layar.

1) Kecepatan Kapal

Efisiensi layar dievaluasi dengan melalui kecepatan kapal. Kecepatan kapal yang dihasilkan oleh gaya dorong layar dapat dianalisis berdasarkan berbagai kondisi kecepatan angin aktual dan parameter-parameter yang telah disebutkan sebelumnya. Hasil analisa menunjukkan bahwa kecepatan maksimum terletak pada kecepatan angin riil (*True Wind Speed*) 20 knot dengan sudut angin riil (*true wind angle*) 175°, sebesar 14,71 knot.

2) Sudut Olenk Kapal (*Heeling Moment*)

Kemiringan yang berlebihan dapat menyebabkan *wetness deck* (air masuk ke geladak utama) bahkan hilangnya stabilitas kapal. Hal ini dikarenakan gaya eksternal yang bekerja pada layar membuat *ship incline* atau miring. Hasil analisis menunjukkan nilai olenk maksimum terletak pada *true wind speed* 20 knot, sebesar 17,4°. Dimana tidak mengakibatkan *deck wetness* (>35°)

3) Momen Olenk Kapal

Momen Olenk (*moment heeling*) kapal adalah momen yang dihasilkan oleh layar yang mengakibatkan kemiringan kapal. Dua kategori heeling ini adalah *Aero* dan *Hydro*, keduanya disebabkan oleh pergerakan air. Berdasarkan analisis, didapatkan nilai kondisi maksimum terletak pada *true wind speed* 20 knot yaitu: *aero heeling moment* sebesar 49,73 kg.m dan *hydro heeling moment* sebesar 3,09 kg.m.

4) Momen Pengembali Kapal

Momen yang diciptakan oleh berat kapal dan gaya apung yang mendorong ke atas dikenal sebagai momen pemulihan lambung kapal. Di sisi lain, bobot awak kapal di kapal berkontribusi pada momen awal kapal, yang bertindak sebagai reaksi saat kapal mulai miring. Berdasarkan hasil analisis di dapatkan nilai maksimum momen pengembali lambung sebesar 48,18 kg.m dan momen awak kapal sebesar 4,84 kg.m.

3.8. Permodelan 3D

Model 3D dibuat berdasarkan permodelan linesplan yang telah disusun. Pada tahap ini, semua komponen pendukung kapal termasuk layar juga diperhatikan sehingga visualisasi model tampak lebih realistis. Pembuatan model 3D pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan aplikasi perancangan dan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Permodelan 3D kapal

4. KESIMPULAN

Menurut analisis dan perhitungan yang telah dilakukan terhadap perancangan kapal pariwisata *monohull* dengan penambahan layar di Danau Toba diperoleh rancangan kapal dengan ukuran utama LOA 20 m, LPP 19,1 m, lebar 7,5 m, sarat 1,9 m, tinggi 3,1 m, dan kecepatan maksimal 7 knot.

Hasil analisis stabilitas menunjukkan bahwa kapal pariwisata *monohull* dengan penambahan layar yang dirancang memiliki nilai stabilitas yang baik. Hal itu dapat dilihat dengan nilai stabilitas yang sudah sesuai dengan kriteria *IMO: resolution A. 749(18) as amende by resolution MSC. 75(69)*.

Hasil analisis olah gerak kapal menunjukkan bahwa olah gerak kapal sudah sesuai dengan kriteria Nordfork 1987.

Pada analisa hambatan kapal diperoleh nilai hambatan dengan metode Holtrop sebesar 11,8 KN dan metode Van Oortmeersen sebesar 9,7 KN. Dengan menggunakan nilai hambatan menggunakan metode Holtrop dan Van Oortmeersen didapat perhitungan luasan layar yang digunakan sebesar 260,49 m² dengan sudah sesuai dengan kriteria yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh civitas akademika S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro atas dukungannya terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BMKG Provisi Sumatera Utara, Letak Geografis Danau Toba, Samosir, 2010.
- [2] R.Sembiring, A.W.B.Santosa, dan Samuel, Analisa Teknis dan Ekonomis Pemakaian Layar pada Kapal Ikan KM Sri Wulan III, *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no.1, Feb 2015.
- [3] R.A. Saputro, P.Manik, dan E.S.Hadi, Studi Perancangan Kapal Layar Katamaran Sebagai Kapal Pariwisata di Kepulauan Seribu, *Jurnal Penelitian Universitas Diponegoro*, Semarang, Indonesia, 2014.
- [4] Y.Rianto dan A.Nasirudin, Analisis Ukuran dan Bentuk Layar Kapal Ikan Jenis Purse Seine; Studi Kasus: KM Maju, *Institut Teknologi Sepuluh November*, 2017.
- [5] I.Kurniawan, Studi Penentuan Jumlah dan Jenis Layar yang Optimal pada Sistem Propulsi Kombinasi Layar dan Motor pada Kapal Kayu Penangkap Ikan “Cahaya Bone”, *Institut Teknologi Sepuluh November*, Jul 2006.
- [6] D. Pike, *Motor Sailing*. London: Adlard Coules Nautical, 1993.
- [7] A.F.Molland, S.R.Turnock, and D.A.Hudson, *Ship resistance and propulsion*. Cambridge university press, 2017.
- [8] C.A.Marhaj. *Sailing theory and Practice 2nd Edition* New York : Granada Publishing. 1982.
- [9] C.Marchaj, *Aero-Hydrodynamics Of Sailing*. New York, 1979.
- [10] B.Barrass and C.D.R.Derrett, *Ship stability for masters and mates*, Elsevier, 2011.
- [11] IMO, *Code On Intact Stability For All Types Of Ships*, vol. 749, November, 2002.