



JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS SETELAH PENAMBAHAN LAYAR PADA KAPAL KAYU PENANGKAP RAJUNGAN DI PERAIRAN REMBANG

Benyamin Natanael Wiyonoputro¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Desain Kapal dibantu Komputer

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedarto, SH,
Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail : benyaminatanaelwiyo@students.undip.ac.id

Abstrak

Para nelayan rajungan khususnya di wilayah perairan Rembang mengalami kesulitan dikarenakan kenaikan harga BBM jenis solar. Karena permasalahan tersebut, membuat peneliti ingin mencari alternatif lain sebagai penggerak kapal dengan memanfaatkan daya dorong angin untuk menekan biaya. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan pada kapal penangkap rajungan KM. Surya Jati Luhur di wilayah Rembang dengan memasang layar sebagai penggerak alternatif. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan luasan atau dimensi layar yang minimum dan tidak mengganggu aktifitas awak kapal diatas kapal tetapi memiliki daya dorong atau kecepatan kapal yang maksimum, serta mengurangi biaya pengeluaran BBM. Penelitian ini menggunakan bantuan *software Maxsurf Velocity Prediction Program (VPP)*. Berdasarkan hasil analisa di dapatkan ada 3 variasi bentuk yaitu layar A *trapezium*, layar B bermuda, layar C *junk* dengan luas total 33,255 m² terdiri *mainsail* 18,438 m² dan *foresail* 14,817 m². Dengan penambahan layar ini, dapat menekan biaya BBM jenis solar yang sebelumnya menghabiskan solar sebesar 170 liter dengan total penggunaan 1 tahun 24 trip Rp 27.744.000 menjadi Rp5.478.624 dalam 1 tahun 24 trip. Dari sini kita lihat dengan penambahan layar pada KM. Surya Jati Luhur ini dapat menghemat 80% penggunaan BBM dan biaya yang dikeluarkan.

Kata Kunci : Kapal layar, Stabilitas, Mainsail, Foresail, Kapal Tradisional

1. PENDAHULUAN

Nelayan menjadi pekerjaan utama di wilayah perairan Rembang. Akan tetapi pada tahun 2024, harga BBM khususnya jenis solar sebagai bahan bakar kapal tradisional mengalami kenaikan karena melonjaknya harga minyak dunia, turunnya produksi minyak mentah di dalam negeri, dan melemahnya nilai tukar rupiah terhadap dollar AS.

Nelayan akhirnya tidak bisa melaut mengingat solar adalah kebutuhan pokok nelayan sehingga berdampak langsung pada perekonomian nelayan dan keluarganya. Kelangkaan solar ini akibat pengurangan kuota solar dimana tahun 2023 sekitar 15,8 juta kilo liter sedangkan tahun ini 15,1 juta liter [1].

Maka dibutuhkan terobosan guna mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan penambahan layar sebagai tenaga penggerak alternatif. Dengan kondisi harga BBM khususnya solar yang semakin meroket, hal ini menjadi permasalahan. Maka dari itu, penggunaan layar pada kapal tradisional

sebagai tenaga penggerak alternatif atau pendukung untuk menuju *fishing ground*, dan saat kembali lagi ke darat setelah mendapatkan hasil tangkapan[2].

Layar kapal sebagai alat penggerak tambahan maupun utama kapal, dalam hal ini layar kapal terdapat beberapa meliputi *Soft Sail (Square sail, Fore/aft sail)*, *rigid sail (Arc foil sail, aerofoil sail, Flapped Sail)*, *Mechanical Sail (Rotor, Turbo Sail)* [3].

Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya antara lain kapal tradisional tipe kapal kranji yang menggunakan layar *Foresail, Mainsail, Mizzen* dan *Mast* dengan luasan total 62.8 m² dapat menghemat BBM 74% dalam satu tahun[4]. Kapal kayu tipe *purse seine* yang menggunakan layar berbentuk trapesium, persegi panjang, dan segitiga dengan luasan masing-masing 21,21 m² dapat menghemat BBM 20% dalam satu tahun[5]. Kapal tradisional penangkap ikan yang menggunakan

bentuk layar segitiga dengan luasan 46,17 m² dapat menghemat BBM 58% dalam setahun[6].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat bentuk dan luasan layar yang seminimal mungkin tetapi menghasilkan kecepatan kapal maksimum serta mengetahui pengaruh bentuk dan ukuran dalam pengoperasian layar terhadap stabilitas kapal dan daya dorong layar di padukan mesin agar dapat mengurangi biaya BBM dalam operasi penangkapan rajungan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- **Data Primer**
Observasi dengan terjun langsung ke lapangan untuk mengukur kapal Surya Jati Luhur pada saat *docking* dan melakukan *re-drawing* dari pengukuran kapal untuk mendapatkan data primer berupa ukuran utama kapal dan *linesplan*.
- **Data Sekunder**
Data sekunder diperoleh dari wawancara secara langsung pada beberapa awak kapal guna mengetahui bagaimana kapal beroperasi dan yang terpenting adalah pada kondisi apa dan bagaimana mereka mengoperasikan kapal.

Selain itu juga mengumpulkan data mengenai kondisi perairan dan radius pelayaran KM. Surya Jati Luhur yang meliputi kecepatan angin, arah datangnya angin, dan tinggi gelombang.

2.2. Pengukuran Kapal

Pengukuran dilakukan pada saat kapal *docking* yang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (BSN) sehingga didapatkan data bentuk lambung kapal yang telah di ukur. [7].

Tabel 1. Titik Koordinat dari Pengukuran Kapal

X\Z	0,325	0,65	0,975	1,3
0			0,82	0,31
0,7		1,12	0,42	0,22
1,4	1,48	0,63	0,28	0,15
2,1	1,05	0,47	0,19	0,08
2,8	0,86	0,35	0,12	0,03
3,8	0,74	0,29	0,08	0
4,8	0,73	0,3	0,09	0
5,8	0,84	0,43	0,19	0,06
6,8	1,05	0,64	0,37	0,18
7,5	1,25	0,88	0,61	0,41
8,2	1,44	1,21	0,98	0,77
8,9	1,58	1,44	1,27	1,08
9,6	3,5	1,65	1,54	1,39
10,3	3,5	3,5	3,5	1,67

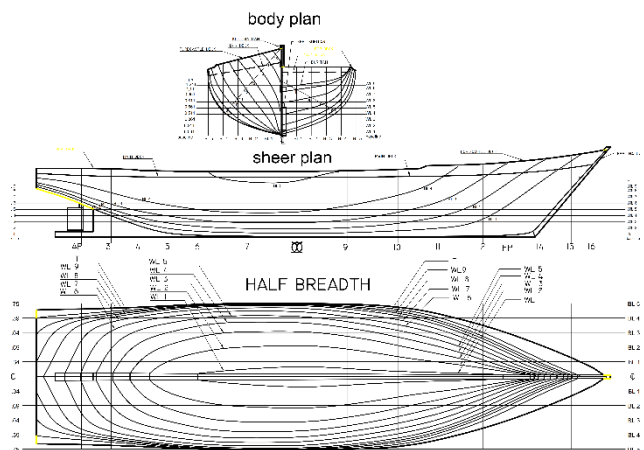
2.3 Pembuatan Model Kapal

Model kapal dibuat dengan bantuan *software Autocad, Maxsurf* dan *Rhinoceros*. Pembuatan model dilakukan dengan prosedur antara lain :

- Memasukan titik-titik koordinat yang telah di dapat dari pengukuran langsung dalam *software maxsurf modeler*. Dengan memasukan sumbu Z sebagai tinggi, sumbu X sebagai ukur Panjang,dan sumbu Y sebagai lebar.
- Menyambungkan antar titik koordingat dengan bantuan *command generate surface*
- *Export linesplan* dan *iges* untuk membuat gambar *linesplan* di *autocad* serta membuat 3d model di *rhinoceros*

Tabel 2. Ukuran Utama

No	Ukuran Utama	Dimensi
1	LOA	13.5 m
2	LWL	12.8 m
3	LPP	9.5 m
4	B	3.5 m
5	T	1.3 m
6	H	2.16
7	GT	15 GT
8	Vs	6 knot
9	CB	0.458



Gambar 1. Linesplan KM Surya Jati Luhur

2.4 Hambatan Kapal

Besar gaya yang dibutuhkan kapal untuk berlayar pada kecepatan tertentu dikenal sebagai hambatan kapal. Perhitungan hambatan kapal di bantu oleh *software maxsurf resistance* dengan memasukan model. Kemudian untuk mendapatkan tenaga / *power* ini biasanya di sebut *effective power* yang di nyatakan dalam persamaan [8]

$$P_E = R_T V$$

Ket:

P_E (*effextive power*) kW

R_T (*hambatan Total*) kN

V (*kecepatan Kapal*) m/s

Perhitungan hambatan kapal pada penelitian ini menggunakan metode *Holtrop* dan *Fung*. Ini dipilih karena metode *Holtrop* ini dianggap sebagai salah satu yang paling akurat dan metode yang efisien untuk estimasi tahanan dan persyaratan daya penggerak dari kapal *monohull* konvensional di tahap awal desain serta dengan bentuk buritan kapal tradisional rajungan Surya Jati Luhur ini sesuai dengan metode *Fung* untuk memprediksi tahanan *displacement* kapal dengan buritan berbentuk *transom*.

Metode *Holtrop* ditujukan untuk memprediksi hambatan dari kapal tanker, kapal kargo umum, kapal penangkap ikan, tongkang, kapal kontainer.[9] Untuk metode *Fung* untuk memprediksi tahanan *displacement* kapal dengan buritan berbentuk *Transom*.

2.5 Stabilitas Kapal

Perhitungan stabilitas kapal dibantu *software maxsurf stability* dengan metode Standar IMO (*International Maritime Organization*) Code. Kriteria desain A.749(18) Ch3 berlaku untuk setiap kapal yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan pada Tabel 1.[10]:

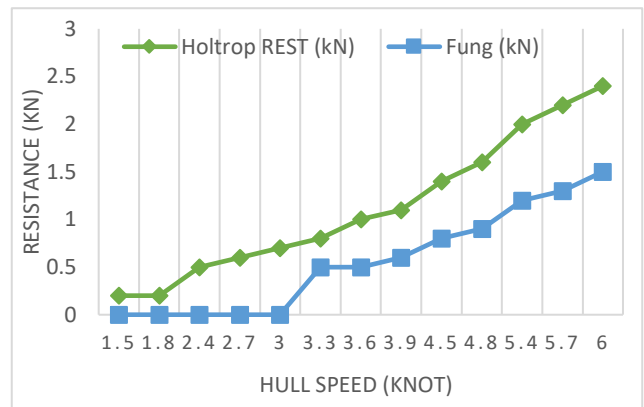
Tabel 3. Kriteria *intact stability IMO A.749(18)*

Ketentuan	Keterangan
Area 0°-30°	luasan di bawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 3,15 m.radian
Area 0°-40°	luasan di bawah kurva stabilitas statis (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 5,16 m.radian
Area 30°-40°	luasan di bawah kurva GZ harus tidak boleh kurang dari 1,719 m.rad
Kurva GZ	Harus sedikitnya 0.2 m pada sudut $\geq 30^\circ$
Tinggi Metasentra GM	Awal tidak boleh kurang dari 0.35

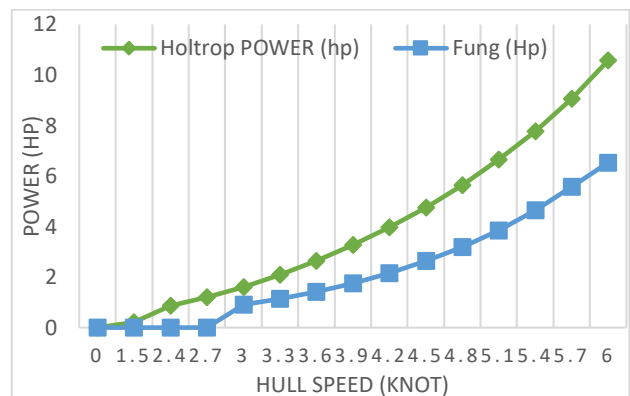
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Hambatan Kapal

Analisa hambatan kapal Surya Jati Luhur ini didapatkan dengan menggunakan bantuan *software Maxsurf Resistance/Hull Speed*. Berdasarkan definisi hambatan, kita harus menentukan gaya kapal tradisional penangkap rajungan ini agar kapal dapat beroperasi dengan kecepatan lebih tinggi daripada 6 knot. Berdasarkan analisa, nilai yang diperoleh dari metode *holtrop* adalah 2,6 kN dan metode *Fung* 1,6 kN (Gambar 2.). Sedangkan untuk *power* pada metode *Holtrop* 10,572 Hp dan metode *Fung* 6,53 hp (Gambar 3.).



Gambar 2. Grafik Hambatan KM Surya Jati Luhur



Gambar 3. Grafik Power KM Surya Jati Luhur

3.2. Analisa Perhitungan Hydrostatic dan Stabilitas Awal

Setelah mengetahui besar hambatan kapal, penting untuk karakteristik hidrostatik yang menunjukkan karakteristik kurva pada saat kapal kondisi sarat datar. Analisa perhitungan hidrostatik ini dilakukan dengan bantuan *Software Maxsurf Stability* berdasarkan analisa yang telah dilakukan. Didapatkan hasil Tabel *hydrostatic* (Tabel 4.).

Tabel 4. Hidrostatik KM Surya Jati Luhur

Ukuran	Nilai
<i>Displacement</i>	27,42 ton
LWL	12,873 m
<i>Wetted Surface Area</i>	53,284 m ²
LCB	4,889
<i>Prismatic coeff. (Cp)</i>	0,625
<i>Block coeff. (Cb)</i>	0,458
<i>Max Sect. area coeff. (Cm)</i>	0,736

Setelah data hidrostatik diperoleh, salah satu kriteria yang harus dipenuhi selama proses desain kapal adalah stabilitas yang menunjukkan keseimbangan kapal dalam kondisi tertentu saat muat atau *loadcase*.

Dengan metode standar yang telah ditentukan, perhitungan stabilitas kapal tradisional penangkap rajungan KM. Surya Jati Luhur ini dibagi menjadi dua kondisi yaitu :

1. Pada saat kapal *go fishing ground*, yaitu stabilitas kapal pada saat muatan kapal yang akan menuju ke daerah penangkapan rajungan dengan *loadcase* (Tabel 5.),
2. Pada saat kapal *go fishing base*, yaitu stabilitas kapal ketika kapal sudah memuat hasil tangkapan rajungan dari area tangkapan menuju ke daratan dengan *loadcase* (Tabel 6.)

Tabel 5. *Loadcase Go Fishing Groud*

Nama Barang	Jumlah	Satuan Massa Ton	Total Massa Ton
Lampu Kapal	1	12,000	12,000
Mesin Utama	1	0,300	0,300
Mesin Penarik Bubu	1	0,100	0,100
Awak Kapal 1	1	0,070	0,070
Awak Kapal 2	1	0,070	0,070
Awak Kapal 3	1	0,070	0,070
Bubu Rajungan	500	0,001	0,250
Tali Bubu	1	0,150	0,150
Cool Box 1	1	0,001	0,001
Cool Box 2	1	0,001	0,001
Cool Box 3	1	0,001	0,001
Cool Box 4	1	0,001	0,001
BBM	100%	0,118	0,118
Total <i>Loadcase</i>			13,130

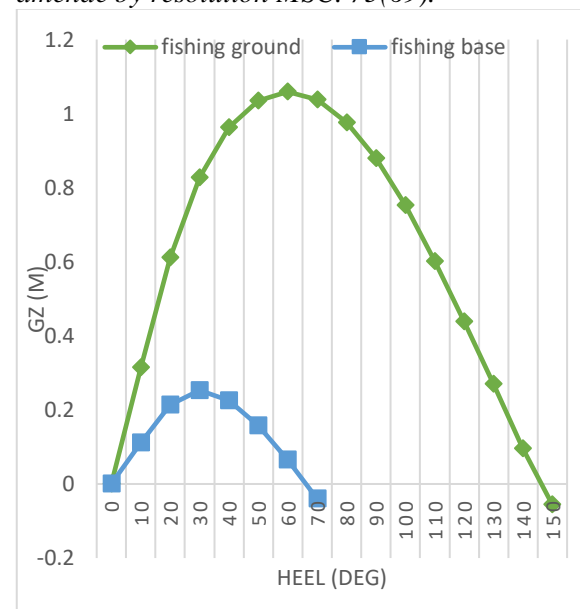
Tabel 6. *Loadcase Go Fishing Base*

Nama Barang	Jumlah	Satuan Massa Ton	Total Massa Ton
Lampu Kapal	1	12,000	12,000
Mesin Utama	1	0,300	0,300
Mesin Penarik Bubu	1	0,100	0,100
Awak Kapal 1	1	0,070	0,070
Awak Kapal 2	1	0,070	0,070
Awak Kapal 3	1	0,070	0,070
Bubu Rajungan	500	0,001	0,300
Tali Bubu	1	0,100	0,100
Cool Box 1	1	0,090	0,090
Cool Box 3	1	0,080	0,080
Cool Box 2	1	0,080	0,080
Cool Box 4	1	0,090	0,090
BBM	20%	0,202	0,040
Total <i>Loadcase</i>			13,390

Tabel 7. Analisa Stabilitas Kapal

Criteria	IMO	Units	Fishing Ground	Fishing Base
Area 0° to 30°	3,1513	m.deg	4,6	13,5
Area 0° to 40°	5,1566	m.deg	7,0	22,5
Area 30° to 40°	1,7189	m.deg	2,4	9,0
Max GZ at 30° or greater	0,200	m	0,253	1,059
Angle of maximum GZ	25,0	deg	30,9	60,0
Initial GMt	0,150	m	0,58	1,77
STATUS			Pass	Pass

Berdasarkan perhitungan analisa stabilitas (Tabel 7.) dengan dua kondisi saat kapal akan menuju *fishing ground* dan menuju *fishing base*, semua kondisi menunjukkan lengan stabilitas bernilai positif dan memenuhi kriteria *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)*.



Gambar 4. Grafik GZ (Sudut Olang)

Dari grafik diatas, stabilitas maksimal *loadcase go fishing ground* dicapai pada kondisi olang 60°, dengan momen sebesar 1,059 m, sedangkan stabilitas *maksimal loadcase go fishing base* dicapai pada kondisi olang 30°, dengan momen sebesar 0,253 m (Gambar 7.).

Nilai KG kapal pada kondisi menuju *fishing ground* lebih rendah di bandingkan dengan nilai KG pada kondisi menuju *fishing base*, hal tersebut dipengaruhi dimana kondisi tangki atau *compartament* terisi penuh oleh muatan hasil tangkapan.

3.3. Perhitungan Luas Layar

Untuk menentukan luasan layar yang akan di pasang pada kapal kayu tradisional ini dapat dilakukan dengan menjabarkan gaya-gaya yang bekerja pada layar.

Adapun gaya yang bekerja pada layer yaitu *Driving Force* dan *Heeling Force*. Persamaan kedua gaya tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

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

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

Keterangan,

F_R = *Driving Force* (lbf)

F_H = *Heeling Force* (lbf)

V_A = *Apparent Wind Speed* (ft/sec)

S_A = Luas Layar (ft²)

C_R = Koefisien Aerodinamik untuk *Driving Force*

C_H = Koefisien Aerodinamik untuk *Heeling Force*

Penentuan jenis layar ini dapat dimulai dengan mempertimbangkan nilai tinggi koefisien aerodinamik. Ini beralasan karena terdapat keterkaitan proporsional antara gaya aerodinamik dan koefisien aerodinamik atau dengan kata lain, jika kondisi variabel lainnya tetap, gaya aerodinamik yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan peningkatan nilai koefisien aerodinamik, karena gaya aerodinamis sebanding dengan koefisien aerodinamik.

Berdasarkan prinsip ini, nilai-nilai koefisien aerodinamik untuk setiap sudut serangan dapat dihubungkan dengan koefisien *Driving* dan *Heeling* melalui persamaan berikut:

$$C_R = C_L \cdot \sin B - C_D \cdot \cos B \quad (3)$$

$$C_H = C_L \cdot \cos B + C_D \cdot \sin B \quad (4)$$

Keterangan,

C_R = Koefisien *Driving Force*

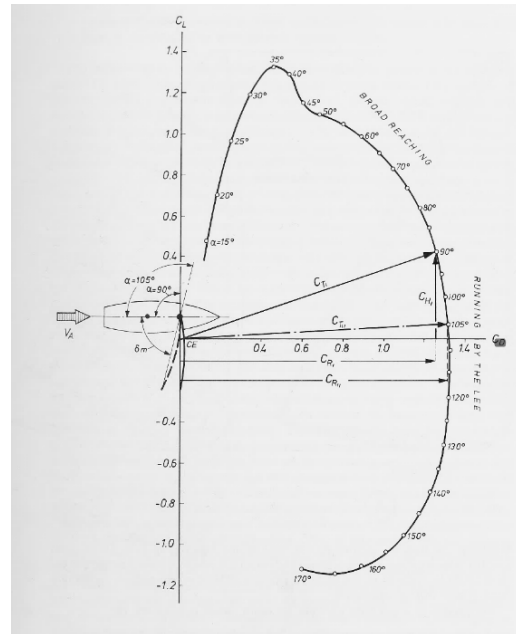
C_H = Koefisien *Heeling Force*

C_L = Koefisien *Lift*

C_D = Koefisien *Drag*

β = *Apparent Wind Angle* (Deg)

Untuk penentuan luasan layar ini dapat menggunakan rumus formula dari teori aerodinamika, yang dinyatakan dalam persamaan (1) dan (3) menjadi rumus (5) dan (6). Berikut penentuan besar nilai C_L dan C_D



Gambar 5. Diagram polar mencari nilai C_L dan C_D

Tabel 8. Nilai Koefisien *Lift* dan *Drag*

No	Angel of Incidence [Deg]	Koefisien Lift (C_L)	Koefisien Drag (C_D)
1	35	1,30	0,46
2	39	1,30	0,52
3	42	1,24	0,56
4	45	1,15	0,61
5	50	1,14	0,69
6	60	0,99	0,89
7	75	0,74	1,16
8	80	0,62	1,18
9	90	0,42	1,25
10	100	0,20	1,30
11	110	-0,10	1,33
12	120	-0,30	1,30
13	130	-0,51	1,29
14	140	-0,78	1,23
15	150	-0,98	1,10
16	165	-1,15	0,75

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

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

Berdasarkan rumus formula (6) maka didapatkan nilai C_R dari perhitungan Tabel 8. sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Koefisien *Driving Force* (C_R)

No	Angel of Incidence [Deg]	Koefisien Lift (C_L)	Koefisien Drag (C_D)	Koefisien <i>Driving Force</i> (C_R)
1	35	1,30	0,46	0,3008
2	39	1,30	0,52	0,2704
3	42	1,24	0,56	0,2399
4	45	1,15	0,61	0,5291
5	50	1,14	0,69	0,7437
6	60	0,99	0,89	0,5781
7	75	0,74	1,16	0,7177
8	80	0,62	1,18	0,5934
9	90	0,42	1,25	0,4200
10	100	0,20	1,30	0,4158

11	110	-0,10	1,33	-0,2445
12	120	-0,30	1,30	-0,4210
13	130	-0,51	1,29	-0,1298
14	140	-0,78	1,23	-0,0779
15	150	-0,98	1,10	-0,2990
16	165	-1,15	0,75	-0,5432

Dari nilai Koefisien *Driving Force* (C_R) dapat di formulasikan dengan rumus formula untuk mencari nilai S_A (5) atau luasan layar. hasil perhitungan (Tabel 10):

Tabel 10. Luas layar dengan metode *Holtrop* dan *Fung*

Apparent Wind Angle (β)	Metode <i>Fung</i> Luas Layar (m^2)	Metode <i>Holtrop</i> Luas Layar (m^2)
35	80,78	130,78
39	89,86	145,48
42	101,28	163,98
45	45,92	74,35
50	32,67	52,90
60	42,03	68,05
75	33,85	54,81
80	40,95	66,29
90	57,85	93,66
100	58,44	94,61
110	-99,38	-160,89
120	-57,71	-93,44
130	-187,19	-303,07
140	-311,91	-504,99
150	-81,26	-131,57
165	-44,73	-72,42

Luas layar maksimum adalah 163,98 m^2 hingga 101,28 m^2 , dan luas layar minimum adalah 32,67 m^2 hingga 52,90 m^2 , menurut perhitungan yang digunakan dengan metode *Holtrop* dan *Fung*.

Hasil ini menunjukkan bahwa kisaran luasan layar yang akan digunakan dalam desain layar ini adalah antara 32,67 m^2 hingga 52,90 m^2 . Luas layar utama (*mainsail*) dalam penelitian ini adalah 33,5 m^2 . Berkenaan dengan hal ini, perlu dipertimbangkan bahwa ukuran layar yang lebih besar dapat menghambat efisiensi penangkapan ikan, dan sekaligus menimbulkan kebutuhan investasi yang lebih besar.

3.4. Perhitungan Desain Geometri Layar

Prinsip dasar perancangan layar pada kapal adalah memastikan bahwa layar dapat bekerja secara efisien untuk mencapai nilai maksimal dari gaya dorong (F_R) dan sekaligus mengurangi besar gaya oleng (F_H). Gaya dorong (F_R) terkait dengan kemampuan layar untuk mencapai kecepatan yang diinginkan, sementara gaya oleng (F_H) adalah gaya yang menyebabkan kemiringan kapal. Maka dari itu, desain layar yang optimal akan memastikan kapal dapat bergerak cepat dengan stabilitas yang baik agar pengaruh dari gaya oleng seminimal mungkin. Sudut oleng yang dihasilkan oleh layar

terhadap lambung kapal memiliki keterkaitan yang erat dengan keselamatan kapal saat berlayar.

Dalam penelitian ini, pembuatan desain layar kapal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *VPP Span ver 11.12*. Ada beberapa parameter yang diperlukan untuk proses perancangan layar ini. Parameter yang di-input ke dalam perangkat lunak *Span ver 11.12* antara lain :

- Kecepatan angin

Berdasarkan data dari BMKG Jawa tengah, kecepatan angin maksimal di daerah pelayaran tersebut berkisar antara 6 - 20 knots. Informasi ini menjadi acuan dalam menentukan luas layar yang diperlukan agar kapal dapat mencapai kecepatan yang diinginkan, sambil memastikan stabilitas kapal tetap terpenuhi.

- Dimensi tiang layar

Penelitian ini mengambil dengan ukuran tiang layar dianggap memadai untuk menahan gaya yang bekerja pada layar. Pengukuran ukuran tiang layar dilakukan dengan pendekatan menggunakan ukuran tiang pada kapal layar yang telah ada.

- Luas layar

Pembuatan desain layar dilakukan dengan menggunakan pendekatan sistem uji coba dan penyesuaian. Ukuran layar didesain dengan menambahkan nilai pada parameter desain layar.

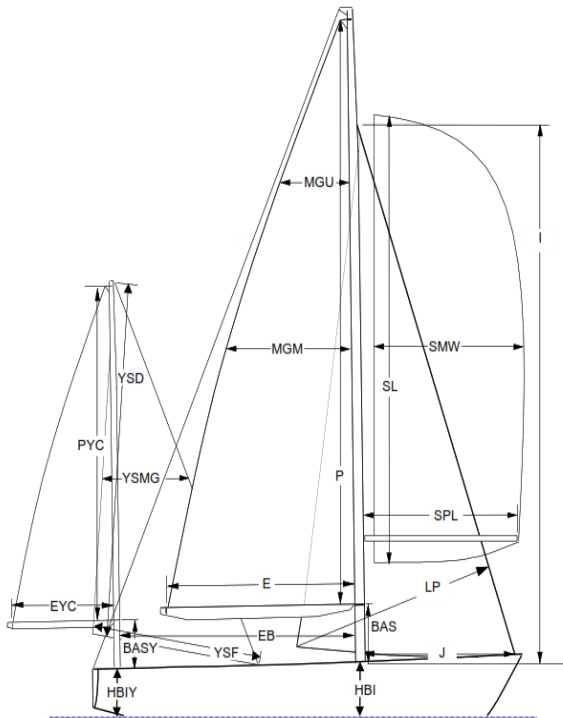
Pendekatan ini didasarkan pada pemahaman bahwa sifat-sifat aliran yang mengenai *foil* (bentuk layar) dengan kecepatan tinggi dan kelengkungan yang besar akan menyebabkan perpisahan aliran yang cepat dan mengakibatkan lapisan batas semakin lebar.

Hal ini akan mengurangi daya dorong kapal. Dengan melakukan uji coba dan penyesuaian, desain layar yang optimal dapat diperoleh untuk mencapai efisiensi maksimal dalam menghadapi gaya-gaya alami yang bekerja pada kapal.

Parameter yang telah di input dalam perhitungan layar, terdapat 2 layar yaitu *foresail* dan *mainsail*. Dalam penelitian ini, parameter *foresail* digunakan untuk menginput data ukuran layar depan, sementara *mast* digunakan untuk mendefinisikan ukuran tiang layar, dan *mainsail* digunakan untuk ukuran layar utama. Metode pembuatan desain layar yang digunakan adalah sistem *Trial and error*, yang memungkinkan analisis dilakukan dengan menggunakan tiga variasi bentuk dari *mainsail* dengan luasan yang berbeda, tetapi *foresail* dengan luasan yang sama.

Untuk analisa desain layar berbagai bentuk *mainsail* yang dilakukan meliputi tiga variasi, yaitu A, B, dan C. Setiap variasi ini diteliti dan diuji untuk melihat bagaimana perubahan bentuk tersebut mempengaruhi performa dan efisiensi layar.

Dengan menggunakan sistem uji coba dan penyesuaian ini, diharapkan dapat ditemukan desain layar yang paling optimal untuk mencapai tujuan yang diinginkan.



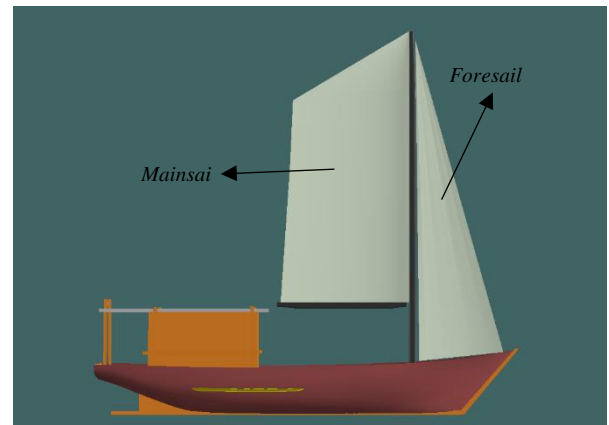
Gambar 6. Rig Data Parameter

Tabel 11. Rig Data foresail dan mast

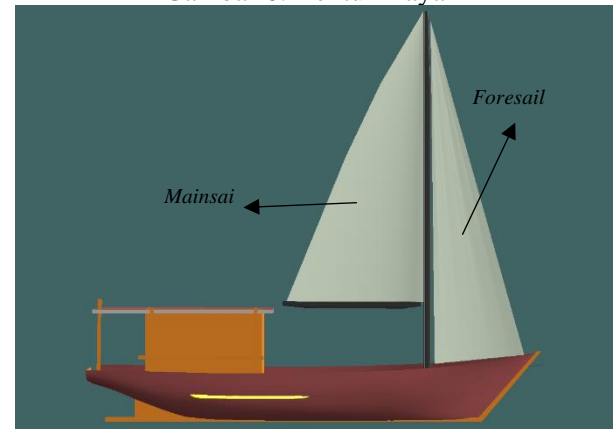
FORESAIL		MAST	
I	10,605 m	MDT1	0,116 m
J	2,83 m	MDL1	0,213 m
LP	2,7 m	MDT2	0,116 m
		MDL2	0,152 m
		HBI	0,226 m
		TL	2,262 m

Tabel 12. Mainsail Data

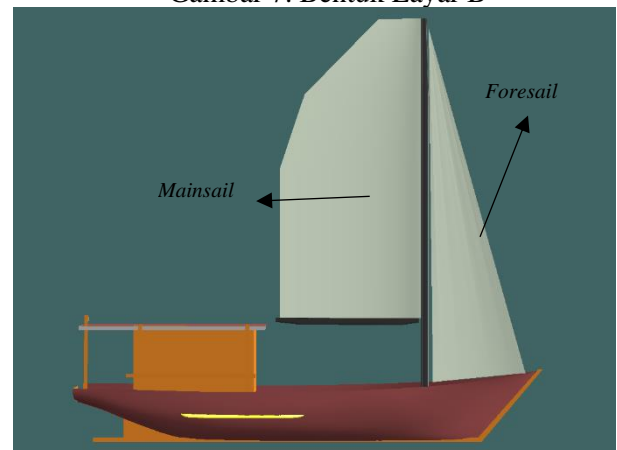
	MAINSAIL		
	A	B	C
P	8,78 m	8,78 m	8,78 m
E	4,20 m	4,20 m	4,20 m
MGU	3,8 m	1,32 m	3,46 m
MGM	3,9 m	2,28 m	4,21 m
BAS	2,10 m	2,10 m	2,10 m



Gambar 6. Bentuk Layar A



Gambar 7. Bentuk Layar B



Gambar 8. Bentuk Layar C

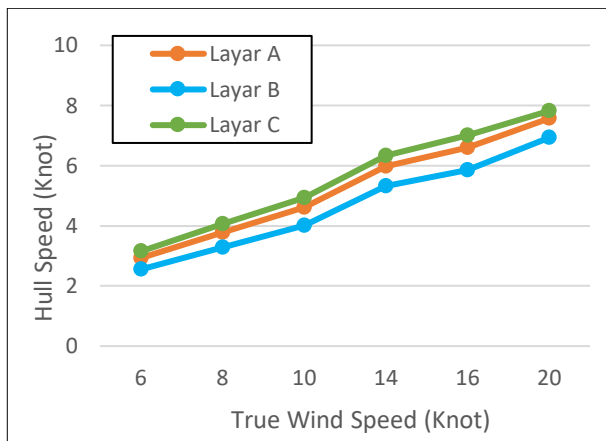
Dengan memasukan rig data (table 11.) sesuai dengan rig data parameter (Gambar 6.) kedalam software *Span/VPP* didapatkan luasan layar A, B, C dengan luas total 33,255 m² terdiri mainsail sebesar 18,438 m², foresail sebesar 14,817 m² dan jarak tiang dari *midship* sebesar 4,155 m.

3.5 Analisa Kinerja Layar Terhadap Kapal

Dari hasil desain yang telah diperoleh, kita lakukan analisis kinerja layar melalui data kebutuhan daya dorong kapal dibantu dengan *software span* atau *VPP*. Adapun hasil perhitungan sebagai berikut:

- Kecepatan Kapal

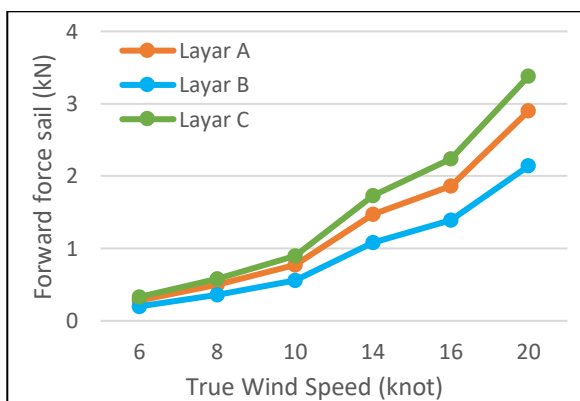
Hasil analisis menunjukkan bahwa kecepatan kapal yang dihasilkan oleh gaya dorong layar ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk variasi kondisi kecepatan angin *real* (*True Wind Speed*) dan Sudut angin real (*True Wind Angel*). Hasil analisa menunjukan bahwa grafik (Gambar 11.) menunjukan kecepatan maksimal terletak pada kecepatan angin riil 20 knot, pada layar A sebesar 7,82 knot dengan sudut angin semu (*apparent wind angle*) 55,5°, layar B sebesar 6,93 knot sudut angin semu (*apparent wind angle*) 56,82° dan layar C sebesar 7,57 knot sudut angin semu (*apparent wind angle*) 55,02°.



Gambar 9. Grafik kecepatan kapal

- Daya Dorong Layar (*Forward Force Sail*)

Penelitian ini untuk menganalisa hasil daya dorong layar akibat terkena angin dengan sudut variasi kecepatan angin riil (*true wind speed*)

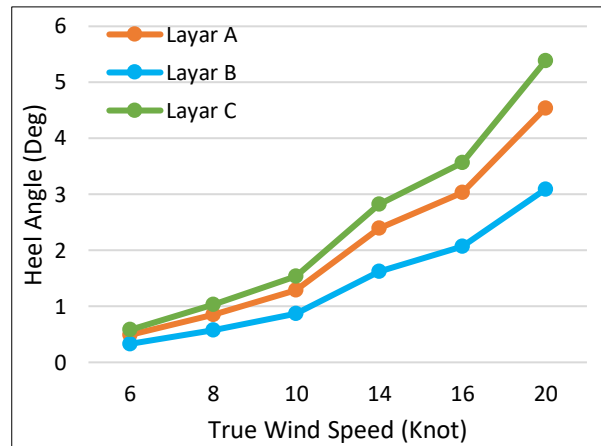


Gambar 10. Grafik Daya Dorong Layar

Berdasarkan grafik (Gambar 10.) menghasilkan daya dorong maksimum pada kecepatan 20 knot setiap layar sebesar layar A 2.9 kN, layar B sebesar 2.14 dan layar C sebesar 3.38.

- Sudut Olang Kapal Layar (*Heeling Moment*)

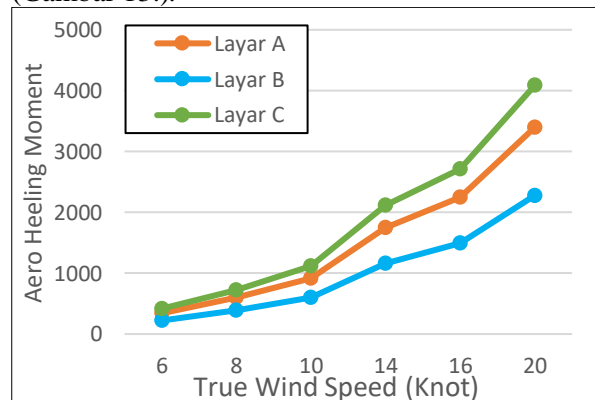
Kemiringan yang berlebihan dapat menyebabkan *wetness deck* (air masuk ke geladak utama) bahkan hilangnya stabilitas kapal. Hal ini dikarenakan gaya eksternal yang bekerja pada layar membuat *ship incline* atau miring. berdasarkan hasil analisis (Gambar 11.) nilai olang maksimum terletak pada *true wind speed* 20 knot, layar A sebesar 4,54°, Layar B sebesar 3,09° dan layar C sebesar 5,38°. dimana tidak mengakibatkan *deck wetness* (>35°) [2].



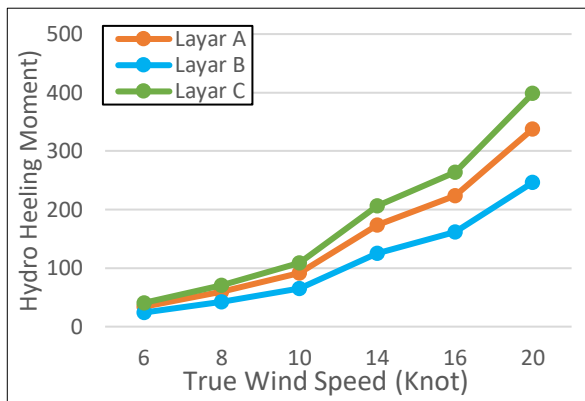
Gambar 11. Grafik Heeling Angle

- Momen Olang Kapal

Momen Olang (*moment heeling*) kapal adalah momen yang dihasilkan oleh layar yang menyebabkan kapal miring. Dua kategori *moment heeling* ini adalah *aero* dan *hydro*, keduanya disebabkan oleh pergerakan air. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa persentase *aero heeling moment* (Gambar 12.) lebih besar dibandingkan momen *hydro heeling moment* (Gambar 13.).



Gambar 12. Grafik Aero Heeling Moment



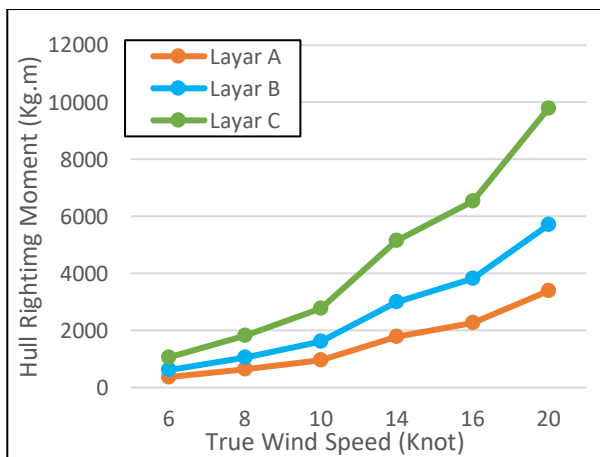
Gambar 13. Grafik *Hydro Heeling Moment*

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai kondisi maksimum terletak pada *true wind speed* 20 knot, dimana Layar A *aero heeling moment* sebesar 3395,94 kg.m (Gambar 12.) dan *hydro heeling moment* sebesar 337,82 kg.m (Gambar 13.), pada layar B *aero heeling moment* sebesar 2276,69 kg.m (Gambar 12.) dan *hydro heeling moment* sebesar 246,34 kg.m (Gambar 13.), pada layar C *aero heeling moment* sebesar 4085,28 kg.m (Gambar 12.) dan *hydro heeling moment* sebesar 398,36 kg.m (Gambar 13.).

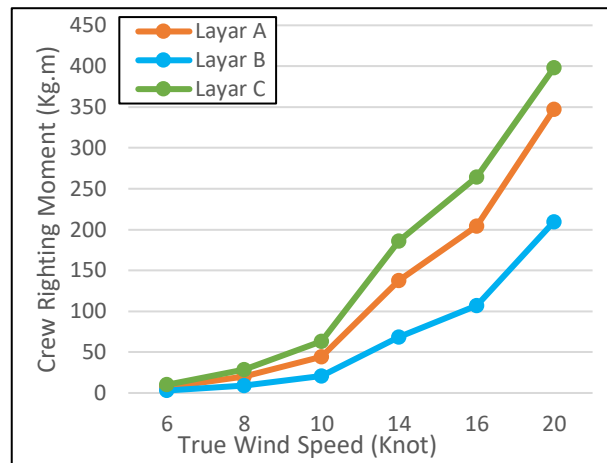
- Momen Pengembali Kapal (*Righting Moment*)

Momen miring memungkinkan kapal untuk pulih ke posisi semula. Besarnya momen pemulihan dan besarnya momen heeling adalah ekuivalen dalam kondisi stabil. Momen pemulihan lambung dan momen awak kapal adalah dua kategori berbeda dari momen pemulihan.

Momen yang diciptakan oleh berat kapal dan gaya apung yang mendorong ke atas dikenal sebagai momen pemulihan lambung kapal (Gambar 14.). Di sisi lain, bobot awak kapal di kapal berkontribusi pada momen awak kapal kapal, yang bertindak sebagai reaksi saat kapal mulai miring. Jika dibandingkan dengan Momen awak kapal (Gambar 15.), Momen Pemulihan Lambung Kapal memiliki nilai yang lebih tinggi.



Gambar 14. Grafik *Hull Righting Moment*



Gambar 15. Grafik *Crew Righting Moment*

Berdasarkan dari grafik di dapatkan nilai maksimum momen pengembali lambung layar A sebesar 3386,69 kg.m (Gambar 14.) dan moment awak kapal sebesar 347,07 kg.m (Gambar 15.), untuk layar B nilai maksimum moment pengembali kapal sebesar 2313,55 kg.m (Gambar 14.) dan moment awak kapal sebesar 209,48 kg.m (Gambar 15.), pada layar C nilai maksimum momen pengembali kapal sebesar 4085,78 kg.m (Gambar 14.) dan nilai moment awak kapal 397,85 kg.m (Gambar 15.).

3.6 Penggunaan Layar Terhadap Konsumsi BBM

Dalam pembuatan desain layar penelitian ini bertujuan untuk mendukung nelayan menjalankan operasi menangkap rajungan dengan mengurangi konsumsi Bahan Bakar Minyak dikarenakan harga BBM semakin mahal. Desain layar ini dapat digunakan pada saat nelayan menuju *fishing ground* atau menuju *fishing base*, pada saat proses operasi penangkapan rajungan layar tidak di pergunakan, nelayan tetap menggunakan mesin ketika menebar perangkat rajungan.

Berdasarkan wawancara terhadap nelayan didapatkan data-data sebagai berikut:

Tabel 13. Karakteristik Penangkapan

Keterangan	Data
Jarak fishing ground Pulang Pergi	61,03 km 122,06km/65,907 mil laut
Frekuensi Penangkapan	14 hari/bulan
Kecepatan kapal	6 knot atau 11,112 km/h
Harga BBM jenis solar	Rp. 6800 tahun 2024

Untuk satu kali trip nelayan membawa 200 liter solar dan sisa solar saat di fishing base sekitar 15% atau 30 Liter. Asumsi saat penebaran bubu 30 km. Berdasarkan (Tabel 13.) maka hasil menunjukkan:

- Jarak 1x trip
 $65,907 + 16,1987 = 82,105$ mil laut
- Durasi operasi mesin
 $82,105 \div 6 = 14$ jam
- Konsumsi BBM
 $200 - 15\% = 170$ liter/trip
- Konsumsi BBM/jam
 $170 \div 14 = 12,142$ liter/jam
- Konsumsi BBM/mil laut
 $170 \div 82,105 = 2,07$ liter/mil laut

Tabel 14. Hasil perhitungan konsumsi BBM

Item	BBM	Harga BBM	frekuensi penangkapan	1 bulan	1 tahun
BBM total trip	170 L	Rp. 6800	2 trip/bulan (7 hari/trip)	Rp 2.312.000	Rp 27.744.000
BBM untuk PP Fishing base to fishing ground	136,43L	Rp. 6800	2 trip/bulan (7 hari/trip)	Rp 1.855.448	Rp 22.265.376

Dari (Tabel 14.) persentase penghematan dari biaya 27.744.000 menjadi 5.478.624 adalah 80 %. Berdasarkan hasil perhitungan, nelayan dapat menghemat BBM dengan jumlah yang cukup signifikan dalam mengurangi biaya penggunaan BBM

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis, maka dapat disimpulkan :

1. Karakteristik layar A, B dan C dengan luas total 33,255 m² terdiri mainsail 18,438 m² dan foresail 14,817 m²,
 - Layar A dengan bentuk mainsail trapesium menghasilkan kecepatan maksimum 7,57 knot.
 - Layar B dengan bentuk mainsail bermuda menghasilkan kecepatan maksimum 6,93 knot.
 - Layar C dengan bentuk mainsail junk menghasilkan kecepatan maksimum 7,82 knot.
2. Pengaruh Sudut Olenk kapal akibat penambahan layar kapal dengan variasi luasan yang berbeda berkisar layar A sebesar 4,54° ,

Layar B sebesar 3,09° dan layar C sebesar 5,38°.

3. Pengaruh penggunaan layar sebagai penggerak alternatif saat kapal akan menuju *fishing ground* ataupun sebaliknya (PP), nelayan sebelumnya menggunakan solar sebesar 170 liter dengan total penggunaan 1 tahun 24 trip Rp Rp 27.744.000, setelah penggunaan layar dapat menghemat 80% dalam 1 tahun 24 trip dengan nominal mencapai Rp5.478.624.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oky lukmansyah, “Solar Langka, Nelayan Ngeluh Susah Melaut,” CNN Indonesia. Diakses: 8 April 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20220408130655-85-782149/solar-langka-nelayan-ngeluh-susah-melaut>
- [2] E.S. Zakki, Ahmad Fauzan and Hadi, “Studi Perancangan Desain Layar Pada Perahu Motor Temper Untuk Mengurangi Konsumsi BBM Dalam Operasi Penangkapan Ikan,” *Jurnal Fakultas Teknik Undip*. 2006.
- [3] Y. Yoshimura, “A Prospect of Sail-Assisted Fishing Boats,” *Fisheries Science*, vol. 68, Mar 2002, doi: 10.2331/fishsci.68.sup2_1815.
- [4] R. Sembiring dan A. Wibawa Budi Sentosa, “ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PEMAKAIAN LAYAR PADA KAPAL IKAN KM SRI WULAN III,” 2015.
- [5] Y. Rianto dan A. Nasirudin, “Analisis Ukuran dan Bentuk Layar Kapal Ikan Jenis Purse Seine; Studi Kasus: KM Maju,” *Institut Teknologi Sepuluh November*, 2017.
- [6] Kurniawan iwan, “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*, no. PENENTUAN JUMLAH DAN JENIS LAYAR, Jul 2006.

- [7] Goenaryo. Hamdan Nurul Huda. Deddy Chrismianto, “Kapal perikanan – Metode pengukuran kapal perikanan – Kapal kayu,” 2021.
- [8] J. D. Mannen, “Resistance,” 2 ed., vol. vol 2, J. D. Mannen, Ed., USA: Principles of Naval Architecture 2 , 1988.
- [9] Holtrop, “A Statistical Power Prediction Method,” Netherlands: NSMB, 1978.
- [10] IMO, “Code On Intact Stability For All Types Of Ships,” vol. 749, no. November, 2002.