

STUDI PENGGUNAAN LAYAR SEBAGAI SUMBER UTAMA PENGGERAK KAPAL

Azis Anjas Nugroho¹, Andi Trimulyono¹, Good Rindo¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

E-mail: azisanjasnugroho@gmail.com

Abstrak

Dalam pengoperasian penangkapan ikan dibantu layar, perlu mendapatkan desain layar kapal yang baik. Layar merupakan salah satu dari berbagai macam alat penggerak yang digunakan untuk menggerakkan kapal. Besarnya gaya dorong yang dihasilkan oleh layar sangat dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin. Di samping itu, besarnya gaya dorong juga dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran layar. Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bentuk layar yang memberikan kontribusi kecepatan paling optimal pada kapal tersebut. Analisa ukuran layar dengan luas 60 m² dilakukan dengan variasi layar utama kapal, yaitu berbentuk segitiga, segiempat dan oval. Analisa gaya dorong dilakukan dengan menggunakan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Analisa gaya dorong dilakukan pada kecepatan angin 10 knot dengan variasi sudut datang angin 0, 15°, 45°, 75°, dan 90°. Dari hasil analisis CFD (*Computational Fluid Dynamic*) didapatkan bahwa kontribusi terbesar layar terhadap kecepatan adalah 0,81 knot pada layar segitiga dengan nilai hambatan 12,80 kN dan kontribusi layar pada pengujian langsung rata – rata sebesar 0,6 knot pada kecepatan angin 7,61 knot. Kemudian penganalisaan yang dilakukan menggunakan *software Maxsurf Hydromax 13,01* untuk menunjukkan stabilitas yang terbaik adalah nilai GZ maksimal sebesar 3,425 meter dan periode oleng sebesar 10,44 detik.

Kata kunci : Layar, Gaya Dorong, *Computational Fluid Dynamic*

1.PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai wilayah laut sangat luas, dan hampir 2/3 dari wilayah Indonesia merupakan perairan. Sehingga seluruh kegiatan penghasil kehidupan sebagian besar melalui mata pencaharian dilaut sebagai nelayan. Namun diperlukan alat penunjang dalam melakukan aktivitas dilaut, yaitu menggunakan kapal tradisional ikan. Layar sebagai tenaga penggerak kapal telah lama digunakan.

Seiring dengan perkembangan teknologi, hampir semua kapal komersil menggunakan motor bakar (solar/bensin) sebagai sumber utamanya. Setelah terjadi revolusi industri, ditemukanlah motor batubara, motor diesel dan motor bensin. Kemudian mulai terjadi juga revolusi penggerak kapal dari layar ke motor batubara dan diesel. Kelebihan kapal dengan penggerak motor dibanding layar adalah pertama, tidak tergantung angin, cuaca, dan musim. Kedua, awak kapal lebih sedikit. Ketiga, kapasitas muat lebih besar. Kekurangannya hanyalah mengkonsumsi bahan bakar minyak (BBM) dan dampak gas buang hasil pembakaran yang ditimbulkan,

mengakibatkan pemanasan global (*Global Warming*). Oleh karena itu penggunaan layar pada kapal tradisional perlu ditingkatkan, khususnya sebagai tenaga penggerak pendukung untuk menuju *fishing ground*, serta ketika kembali ke darat setelah mendapat hasil tangkapan.

Analisa pemasangan layar sebagai alat penggerak kapal bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan layar terhadap kecepatan kapal. Dari penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa pemasangan layar akan menghasilkan kontribusi kecepatan yang bervariasi sesuai dengan ukuran dan posisi penempatan layar. Analisa dari tiap bentuk layar akan disimulasikan dengan CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Penentuan kebutuhan kecepatan kapal untuk operasional penangkapan ikan.
2. Penentuan pemilihan tipe layar yang akan digunakan
3. Penentuan tahapan – tahapan desain layar.

4. Penentuan prosedur optimasi kinerja layar.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Objek yang akan dikaji adalah kapal perikanan tipe katamaran.
2. Pendekatan perhitungan hambatan kapal yang digunakan metode-metode yang telah dipakai secara umum.
3. Dilakukannya eksperimen pada sebuah *towin tank*.
4. Penentuan konstanta-konstanta pada prediksi gaya dorong layar (*Sail Driving Force*) diambil dari data-data tipe layar menurut hasil eksperimen dari Gottingen Institute, bukan dari hasil pengujian *wind tunnel*.
5. Analisa dan pengolahan data menggunakan *software Delfship, Maxsurf, Hullspeed, Rhinoceros dan Ansys CFX Workbench*.
6. Variasi yang dilakukan adalah bentuk segitiga, persegi panjang dan oval.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahannya maka maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan ukuran dan bentuk layar yang dapat bekerja secara optimal untuk menghasilkan gaya dorong terbesar.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Katamaran

Kapal katamaran merupakan termasuk tipe kapal *multihull* yang mempunyai dua lambung (*demihull*) yang mana lambung satu dengan lambung lainnya dihubungkan dengan struktur *bridging*. Struktur *bridging* ini bisa mengurangi terjadinya *deck wetness* karena struktur *bridging* merupakan sebuah keuntungan kapal katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*) tersebut. Selain itu struktur *bridging* yang kuat dan merentang diatasnya digunakan untuk menahan momen bending (*bending moment*) dan gaya geser (*shear force*)

yang besar dan bekerja terhadap garis tengah (*center line*) kapal.

2.2 Konsep Hambatan dan Gaya Dorong

Hambatan kapal merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat (tahanan) yang berkerja di kapal, meliputi tahanan gesek, tahanan gelombang, tahanan *appendages*. Secara sederhana tahanan total kapal dapat diperoleh dengan persamaan, sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} [C_f(1+k) + C_A] + R_w/W. W \quad (1)$$

Gaya Dorong (*Thrust*) kapal merupakan komponen yang sangat penting, yang mana digunakan untuk mengatasi Tahanan (*Resistance*) atau Gaya Hambat kapal. Pada kondisi yang sangat ideal, besarnya gaya dorong yan dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi di kapal. Namun kondisi tersebut sangat tidak realistis, karena pada faktanya dibadan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan *degradasi* terhadap nilai besaran gaya dorong kapal. Sehingga untuk gaya dorong kapal dapat ditulis seperti model persamaan, sebagai berikut :

$$T = \frac{R}{(1-t)} \quad (2)$$

dimana *t* adalah *thrust deduction factor*. Besarnya nilai *t* (*thrust deduction factor*) dipengaruhi oleh nilai koefisien prismatic (*Cp*), yang dirumuskan sebagai berikut :

$t = 0,5 \times C_p - 0,12$ (3); untuk baling – baling Tunggal

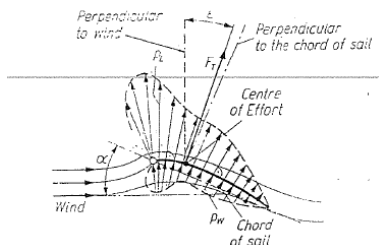
$t = 0,5 \times C_p - 0,19$ (4); untuk baling – baling Kembar

2.3 Layar

Layar adalah sebuah permukaan, biasanya terbuat dari kain dan didukung oleh tiang yang tujuannya adalah mendorong kapal saat berlayar. Terkadang banyak layar juga dapat ditemukan pada kendaraan di darat. Dengan merubah *rigging*, kemudi dan lunas atau *centreboard*, seorang pelaut mengatur kekuatan angin di layar agar kapal relatif bergerak mengelilingi area sekitarnya (biasanya air, tetapi juga tanah dan es) dan mengubah arah dan kecepatannya.

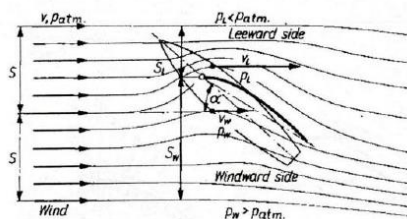
2.4 Gaya Aerodinamika Layar

Distribusi gaya-gaya yang bekerja pada penampang foil sebuah layar diilustrasikan pada gambar 2. Tampak bahwa pada sisi *leeward* akan terjadi *suction* yang besar dan pada sisi *windward* timbul tekanan, dimana resultan dari seluruh gaya – gaya yang bekerja tersenut terletak pada satu titik yaitu *Centre of Effort* sebesar F_T .



Gambar 1. Distribusi gaya yang bekerja pada penampang foil sebuah layar

τ . Sedangkan pada gambar 2.15 dapat dilihat bentuk aliran angin yang terjadi melewati sebuah layar, hal ini dapat menjelaskan mengapa kecepatan



Gambar 2. Aliran fluida di sekitar layar

Resultan total gaya aerodinamis F_T yang dihasilkan oleh layar dapat dijabarkan dalam dua komponen, yaitu gaya gerak (*Driving Force*) F_R yang bekerja searah dengan arah gerak kapal dan gaya oleng (*Heeling Force*) F_H yang bekerja tegak lurus dengan arah *driving force*.

Ketika kapal layar bergerak melawan dari arah angin, maka usaha yang dilakukan adalah untuk memperbesar nilai F_R (*Driving Force*), yaitu gaya yang searah dengan arah kapal berlayar dan mengurangi besarnya F_H (*Heeling Force*), yaitu gaya yang tegak lurus dengan arah kapal berlayar. Besarnya F_R dan F_H tergantung dari besarnya arah kapal berlayar terhadap arah angin (*apparent wind angle*, β); gaya samping/lift (*cross wind force*, L); dan hambatan aerodinamis (*drag*, D). Perlu diketahui bahwasannya gaya *lift* (L) dan gaya *drag* (D) sendiri diperoleh dari total gaya (F_T) seperti yang dilihat pada gambar 4. Untuk selanjutnya diharapkan gaya *lift* akan lebih besar dari gaya *drag*. Besarnya F_R dan F_H dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FR = L \sin \beta - D \cos \beta \quad (5)$$

$$FH = L \cos \beta + D \sin \beta \quad (6)$$

Persamaan diatas dapat dituliskan dalam bentuk koefisien sebagai berikut:

$$C_R = C_L \sin \beta - D \cos \beta \quad (7)$$

$$C_H = C_L \cos \beta + D \sin \beta \quad (8)$$

Sedangkan untuk perhitungan koefisien *Lift* dan *Drag*, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \quad (9) \quad \text{dan} \quad C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho V^2 S} \quad (10)$$

2.5 Stabilitas

Kapal dengan stabilitas baik adalah kapal yang telah memenuhi kriteria stabilitas yang telah ditentukan. Kriteria stabilitas utuh kapal ini dapat mengacu pada peraturan *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)*. Tujuan sebenarnya dari peraturan ini adalah untuk merekomendasikan kriteria stabilitas minimum dari sebuah kapal, sehingga dapat meminimalkan adanya resiko yang membahayakan bagi para awak kapal dan lingkungan sekitar. Dengan adanya penggunaan layar pada kapal, maka harus dihitung pula daya tahan terhadap angin dan *rolling* (kriteria cuaca) dengan kriteria tambahan sebagai berikut:

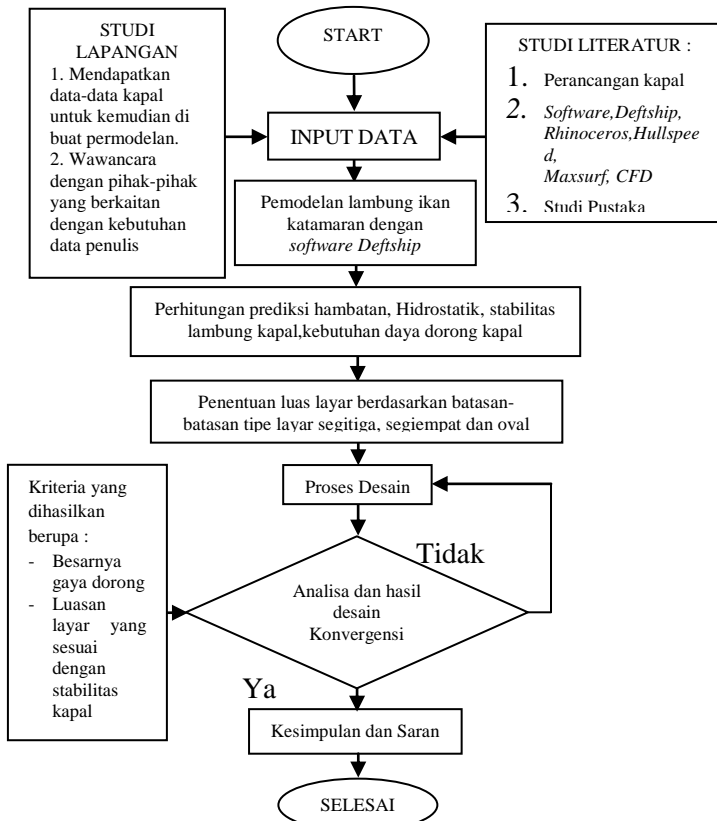
1. Sudut oleng pada kondisi *steady wind* tidak lebih besar dari 16°
2. Perbandingan sudut oleng pada kondisi *steady wind* dengan sudut geladak tenggelam tidak lebih besar dari 80%.
3. Luas area "b" harus lebih besar dari area "a" ($b \geq a$).

2.6 Computational Fluid Dynamic

Secara definisi, CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan – persamaan matematika (model matematika). Pada dasarnya, persamaan – persamaan pada fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan – persamaan diferensial parsial (PDE = *Partial differential Equation*) yang merepresentasikan hukum – hukum konservasi massa, momemtum dan energi.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai untuk penyelesaian tugas akhir ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah dengan tahapan – tahapan seperti berikut:

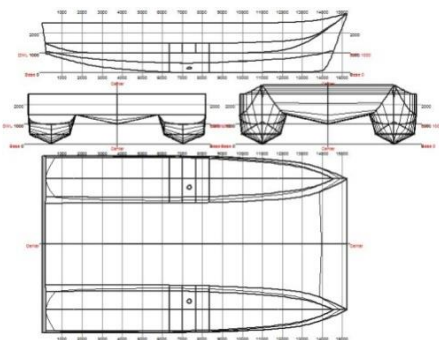


Gambar 3. Flow Chart metodologi penelitian

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

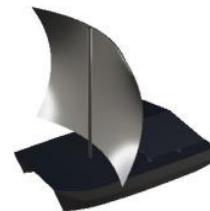
Pengumpulan data yang menyangkut objek dari tugas akhir ini berdasarkan penelitian sebelumnya. Data penelitian yang diambil meliputi data *lines plan*, rencana umum kapal layar katamaran, data dan hambatan. Dari data penelitian sebelumnya didapatkan data ukuran utama kapal sebagai berikut : $Loa = 15,242$ m, $BOA = 8,861$ m, $H = 2,5$, $T = 1$ m.



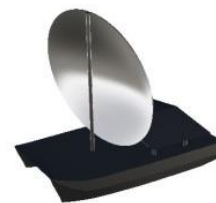
Gambar 4. Linesplan dengan Delfship



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Permodelan kapal menggunakan variasi layar *Rhinoceros* (a) segitiga, (b) segiempat, dan (c) oval

4.2 Hasil Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak (*software*), metode yang dipilih untuk menghitung hambatan adalah metode *Slender Body*. Perhitungan hambatan dilakukan pada beberapa variasi kecepatan.

Tabel 1. Hasil perhitungan hambatan

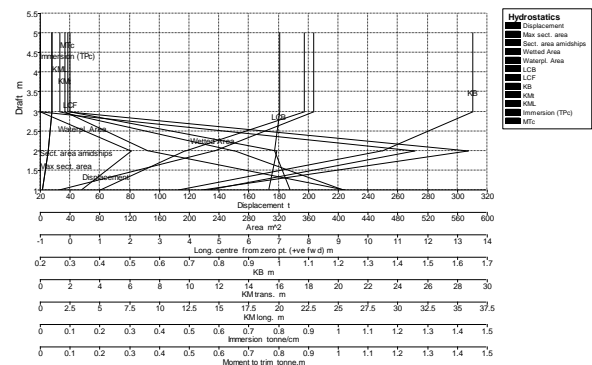
Speed (knot)	Slender Body Resist (KN)	Slender Body Power (Hp)
0	--	--
0,5	0	0,005
1	0,1	0,035
1,5	0,1	0,112
2	0,2	0,256
2,5	0,3	0,508
3	0,5	0,943
3,5	0,8	1,852
4	1	2,703
4,5	1,4	4,252
5	1,7	5,982
5,5	2,8	10,402
6	2,7	11,128
6,5	4	17,818
7	5,4	25,949
7,5	5,5	28,533
8	6,1	29,788
8,5	6,5	34,8
9	7,3	44,765
9,5	9	58,406
10	10,8	73,926
10,5	12,5	89,937
11	14	105,689
11,5	15,3	120,872
12	16,5	135,41
12,5	17,4	149,441
13	18,3	163,202
13,5	19,1	176,832
14	19,8	190,382
14,5	20,5	204,198
15	21,2	218,101
15,5	21,9	232,447
16	22,5	247,168
16,5	23,2	262,395
17	23,8	277,926
17,5	24,5	294,311
18	25,2	310,929
18,5	25,9	328,217
19	26,6	346,193
19,5	27,3	364,652
20	28	383,631

4.3 Hasil Perhitungan Hidrostatik dan Stabilitas Awal

Hidrostatik merupakan sebuah diagram kurva yang menunjukkan berbagai macam karakteristik lambung pada kapal pada sebuah air tenang dan sarat mendatar (*even keel*). Pada penelitian ini analisis hidrostatik dilakukan dengan bantuan Software Hydromax 13.0 dan dengan bantuan perangkat lunak ini kita dapat mengetahui karakteristik lambung pada kapal katamaran.

Tabel 2. Data Hidrostatik

Draft Amidships m	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000
Displacement t	203.6	203.6	203.6	136.4	32.06
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000
Draft at AP m	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000
Draft at LCF m	5.000	4.000	3.000	2.000	1.000
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WL Length m	0.000	0.000	0.000	14.884	14.517
Beam max extents on WL m	0.000	0.000	0.000	8.861	8.791
Wetted Area m ²	354.239	354.239	354.239	193.977	79.983
Waterpl. Area m ²	0.000	0.000	0.000	122.668	55.018
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.000	0.000	0.816	0.684
Block coeff. (Cb)	0.000	0.000	0.000	0.506	0.494
Max Sect. area coeff. (Cm)				0.625	0.733
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.000	0.000	0.930	0.863
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7.042	7.042	7.042	6.860	7.382
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0.000	0.000	0.000	6.946	6.673
KB m	1.651	1.651	1.651	1.347	0.660
KG m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
BMT m	0.000	0.000	0.000	5.911	19.836
BML m	0.000	0.000	0.000	14.952	24.804
GMT m	0.651	0.651	0.651	6.258	19.496
GML m	0.651	0.651	0.651	15.299	24.464
KMT m	1.651	1.651	1.651	7.258	20.496
KML m	1.651	1.651	1.651	16.299	25.464
Immersion (TPC) tonne/cm	0.000	0.000	0.000	1.257	0.564
MTC tonne.m	0.091	0.091	0.091	1.438	0.540
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2.315	2.315	2.315	14.898	10.908
Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



Gambar 6. Kurva Hidrostatik

Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software. Stabilitas dihitung berdasarkan batasan IMO A.749 for All types of Ships.

Ada 4 kondisi pemuatan kapal yang dihitung stabilitasnya.

1. Kapal pada kondisi berangkat ke *fishing ground* dengan muatan penuh yang terdistribusi rata/homogen, dan consumable penuh.
2. Kapal pada kondisi berangkat ke *fishing ground* dengan muatan penuh yang terdistribusi rata/homogen dan consumable 25%.
3. Kapal pada kondisi kedatangan dengan ballast penuh, muatan penuh, dan consumable 10% .
4. Kapal pada kondisi dipelabuhan dengan ballast penuh, muatan 20%, dan consumable 10%.

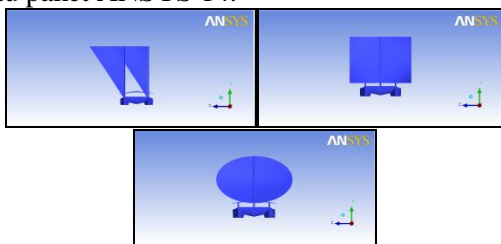
Hasil perhitungan stabilitas awal dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Data stabilitas awal

No	Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
				1	2	3	4	
1	Area 0 - 30	3.151	m.deg	83.5407	86.7312	87.5199	82.3423	Pass
2	Area 0 - 40	5.156	m.deg	115.347	117.722	119.208	109.36	Pass
3	Area 30 - 40	1.719	m.deg	31.8063	30.9907	31.6876	27.0181	Pass
4	Max GZ at 30 or greater	0.2	m	3.266	3.195	3.252	2.864	Pass
5	Angle of maximum GZ	25	deg	16.4	13.6	13.6	13.6	Fail
6	Initial GM	0.15	m	19.998	31.764	27.242	76.132	Pass

4.4 Hasil Simulasi CFD

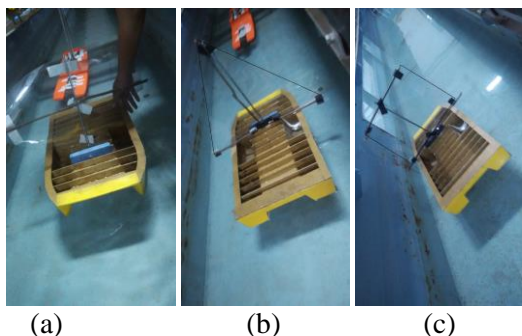
Sebelum memasuki analisis fluida menggunakan ANSYS CFX, terlebih dahulu kita memodelkan kapal berikut domain fluidanya. Kemudian dibagi menjadi bagian – bagian kecil (diskretisasi) yang disebut meshing. Pembuatan model dapat dilakukan menggunakan rhynoceros dan proses meshing dapat dilakukan di ICEM CFD yang ada dalam satu paket ANSYS 14.



Gambar 7. Permodelan kapal dan layar dengan CFD

4.4.1 Validasi

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, perhitungan gaya dorong layar pada CFD harus ada pembandingnya agar hasil perhitungan tersebut valid. Pada tugas akhir ini, validasi dilakukan dengan pengujian langsung dilapangan dengan menggunakan ketiga layar tersebut yang telah disesuaikan oleh model kapal yang telah di skala.

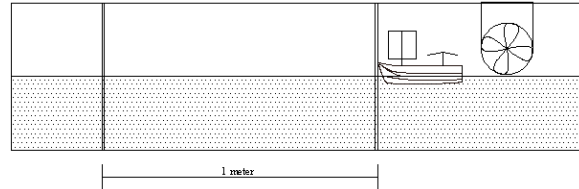


Gambar 8. *Prototype* kapal menggunakan variasi layar (a) oval, (b) segitiga, dan (c) segiempat

Kecepatan angin untuk menguji seberapa besar kontribusi layar terhadap kapal digunakan sebuah kipas angin dengan :

$$P \text{ (daya)} = 40 \text{ watt}$$

$$D \text{ (diameter)} = 25 \text{ cm}$$



Gambar 9. Ilustrasi pengujian langsung

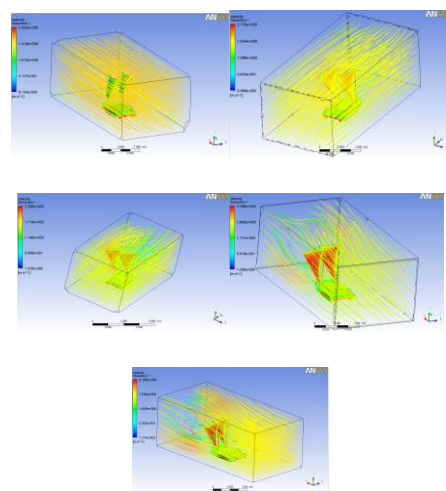
Pada pengujian ini, kapal layar didorong oleh kecepatan angin pada kipas angin pada jarak 1 meter, yang diketahui adalah berapa waktu yang didapat pada jarak tersebut. Karena besarnya kecepatan angin yang dihasilkan oleh kipas angin belum diketahui, maka digunakan rumus tertentu untuk menentukan besarnya kecepatan angin yang dihasilkan oleh kipas angin tersebut. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = 1/12 \times V^3 \times D^2$$

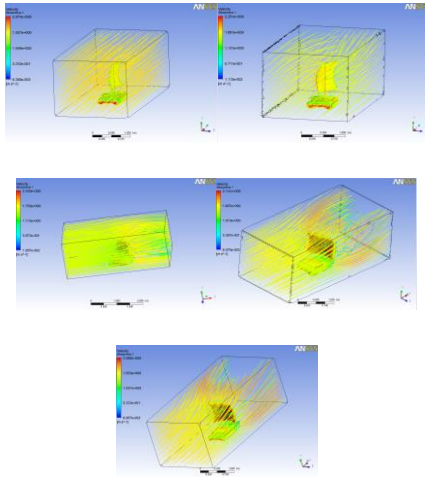
Dimana :

- P = Daya (watt)
- V = Kecepatan angin (m/s)
- D = Diameter baling – baling

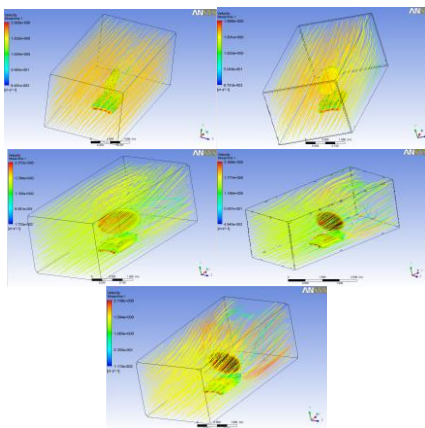
4.5 Analisa Data



Gambar 10. *Streamline Velocity* pada Model Kapal Layar Segitiga dengan sudut datang angin 0°,45°,90°,135°180°.



Gambar 11. *Streamline Velocity* pada Model Kapal Layar Segiempat dengan sudut datang angin 0°,45°,90°,135°180°.



(a) (b) (c)

Gambar 12. *Streamline Velocity* pada Model Kapal Layar Oval dengan sudut datang angin 0°,45°,90°,135°180°.

Setelah itu dilakukannya proses *meshing* dengan menentukan *grid independence*, dilanjutkan ke tahap *pre-processor* untuk memasukkan kondisi batas, kemudian masuk ke tahap *post-processor* untuk melihat hasil dari simulasi. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai L (*Lift*) dan D (*Drag*) dari simulasi CFD

Variasi Layar	Angle of attack	Gaya Lift (N)	Gaya Drag (N)
Segitiga	0	200	33
	15	287	742
	45	999	1013
	75	1302	250
	90	1321	66
Segi Empat	0	155	160
	15	324	765
	45	914	848
	75	1306	359
	90	1266	60
Oval	0	152	156
	15	266	669
	45	965	925
	75	1293	357
	90	1311	60

4.6 Pembahasan

4.6.1 Kontribusi Layar dengan CFD

Data output dari simulasi atau permodelan layar pada CFD adalah data – data gaya lift dan drag layar. Besarnya nilai gaya dorong (*driving force*) dan (*heeling force*) akibat gaya aerodinamis layar, dapat diketahui dengan memasukkan gaya – gaya lift dan drag kedalam persamaan (5).

Tabel 5. Nilai *driving force* dan *heeling force*

Variasi Layar	Angle of attack	Gaya Lift (N)	Gaya Drag (N)	Fr (kN)	Fh (kN)
Segitiga	0	200	33	0,20	0,03
	15	287	742	0,29	0,74
	45	999	1013	1,00	1,01
	75	1302	250	1,30	0,25
	90	1321	66	1,32	0,07
Segi Empat	0	155	160	0,16	0,16
	15	324	765	0,32	0,77
	45	914	848	0,91	0,85
	75	1306	359	1,31	0,36
	90	1266	60	1,27	0,06
Oval	0	152	156	0,15	0,16
	15	266	669	0,27	0,67
	45	965	925	0,97	0,93
	75	1293	357	1,29	0,36
	90	1311	60	1,31	0,06

Akibat adanya gaya dorong kapal (*driving force*), maka hal ini akan menguntungkan dari segi kontribusi kecepatan kapal. Kecepatan kapal akan bertambah sesuai dengan tingkat kontribusi (*driving force*) layar terhadap kecepatan. Langkah untuk menghitung kontribusi kecepatan adalah sebagai berikut :

1. Besarnya gaya dorong kapal dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2). Untuk mendapatkan nilai T berdasarkan persamaan (2), maka terlebih dahulu harus dicari nilai t (*thrust deduction factor*). Nilai t dicari dengan menggunakan persamaan (3) karena kapal ini menggunakan baling-baling kembar. Koefisien *prismatic* untuk kapal ini adalah 0,776, sehingga diperoleh nilai t untuk perhitungan *thrust* adalah $t = 0,5 \times 0,776 - 0,19 = 0,198$. Nilai T dicari untuk setiap besarnya nilai hambatan, mulai dari kecepatan 4 knot (2,06 m/s) hingga 12 knot (6,17 m/s).
2. Akibat adanya pemasangan layar, maka akan memberikan tambahan gaya dorong. Besarnya gaya dorong ditambahkan dengan nilai gaya dorong ditambahkan dengan nilai gaya dorong kapal (T+Fr)
3. Setelah itu, dapat dicari besarnya nilai hambatan yang baru berdasarkan persamaan (2). Nilai hambatan yang baru ($R_t \text{ baru}$) = (T+Fr) x (1-t)

4. Selain memberikan kontribusi gaya dorong (*driving force*), pemasangan layar juga memberikan tambahan nilai hambatan dari gaya *drag* (*heeling force*). Sehingga besarnya nilai hambatan baru harus ditambah nilai F_H (R_t baru + F_H).

Besarnya nilai hambatan setelah dipasang layar, dapat dilihat pada tabel 5. Nilai hambatan ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai hambatan kapal sebelum dipasang layar.

Tabel 6. Nilai hambatan total setelah dipasang layar (a) segitiga, (b) segiempat, dan (c) oval.

Rekapitulasi nilai hambatan setelah dipasang layar segitiga					
V (m/s)	Angle of attack				
	0°	15°	45°	75°	90°
2,06	1,28	2,06	2,94	2,43	2,27
2,57	2,03	2,82	3,69	3,19	3,02
3,09	3,10	3,89	4,76	4,26	4,09
3,60	6,00	6,78	7,66	7,16	6,99
4,12	6,76	7,54	8,42	7,92	7,75
4,63	8,06	8,84	9,72	9,21	9,04
5,14	11,81	12,60	13,48	12,97	12,80
5,66	15,26	16,04	16,92	16,42	16,25
6,17	17,95	18,74	19,61	19,11	18,94

(a)

Rekapitulasi nilai hambatan setelah dipasang layar segiempat					
V (m/s)	Angle of attack				
	0°	15°	45°	75°	90°
2,06	1,37	2,12	2,70	2,55	2,21
2,57	2,12	2,87	3,46	3,30	2,97
3,09	3,19	3,94	4,53	4,37	4,04
3,60	6,09	6,84	7,42	7,27	6,94
4,12	6,85	7,60	8,18	8,03	7,69
4,63	8,14	8,89	9,48	9,32	8,99
5,14	11,90	12,65	13,24	13,08	12,75
5,66	15,35	16,10	16,68	16,53	16,19
6,17	18,04	18,79	19,38	19,22	18,89

(b)

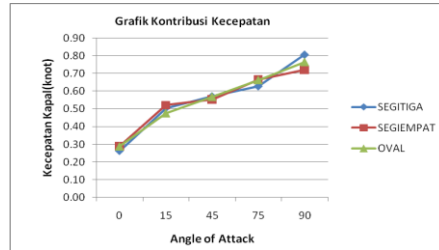
Rekapitulasi nilai hambatan setelah dipasang layar oval					
V (m/s)	Angle of attack				
	0°	15°	45°	75°	90°
2,06	1,36	1,97	2,82	2,53	2,25
2,57	2,11	2,72	3,58	3,29	3,01
3,09	3,18	3,79	4,65	4,36	4,08
3,60	6,08	6,69	7,54	7,26	6,97
4,12	6,84	7,45	8,30	8,02	7,73
4,63	8,14	8,75	9,60	9,31	9,03
5,14	11,90	12,51	13,36	13,07	12,79
5,66	15,34	15,95	16,80	16,51	16,23
6,17	18,03	18,64	19,50	19,21	18,93

(c)

Untuk mengetahui tingkat kontribusi layar terhadap kecepatan kapal dengan menggunakan CFD. Besarnya kontribusi kecepatan yang dihasilkan akibat pemasangan layar dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kontribusi kecepatan layar

NO.	Angle of Attack	Kecepatan Kapal (knot)		
		Segitiga	Segiempat	Oval
1	0	0,26	0,29	0,29
	15	0,51	0,52	0,48
2	45	0,57	0,55	0,57
	75	0,63	0,67	0,66
3	90	0,81	0,72	0,77



Gambar 13. Grafik kontribusi kecepatan layar dengan CFD

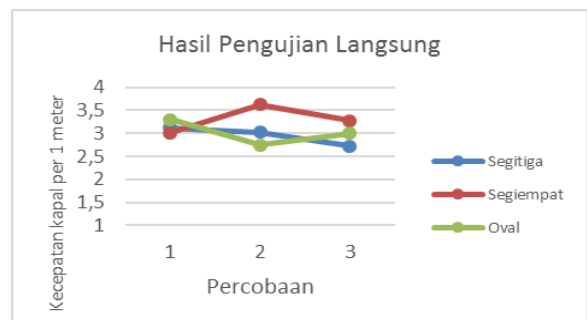
4.6.2 Kontribusi Layar dengan uji langsung

Selain dengan analisa menggunakan CFD, pada penelitian kali ini dilakukan pengujian langsung untuk menentukan besar kontribusi layar per 1 meter dengan menggunakan ketiga model layar yang telah diskala 1:25. Kecepatan angin yang digunakan adalah sebuah kipas angin dengan kecepatan 7,61 knot. Adapun hasil pengujian langsung adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Kontribusi kecepatan layar langsung

Hasil pengujian langsung			
Percobaan	Segitiga (s)	Segiempat (s)	Oval (s)
1	3,12	3,01	3,3
2	3,03	3,63	2,75
3	2,72	3,28	3
Rata-Rata	2,96	3,31	3,02
Nilai (m/s)	0,34	0,30	0,33
Hasil (knot)	0,66	0,59	0,64

Pada tabel ini didapatkan bahwa besarnya kontribusi kecepatan layar dengan kecepatan angin sebesar 7,61 knot adalah rata – rata 0,6 knot dengan kontribusi kecepatan pada layar segitiga terbesar yaitu 0,66 knot.



Gambar 14. Grafik kontribusi kecepatan layar dengan pengujian langsung

4.7 Simulasi Stabilitas dengan wind pressure

Akibat adanya pemasangan layar, perhitungan teknis terhadap stabilitas kapal perlu dilakukan kembali. Kriteria stabilitas utuh kapal ini dapat mengacu pada peraturan *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)*. Hasil perhitungan stabilitas kapal setelah dipasang layar dapat dilihat.

Tabel 9. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segitiga dengan wind pressure 242 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9367	51,0625	50,868	51,3251	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,1556	83,7995	83,4816	84,249	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,2189	32,737	32,6135	32,9239	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,262	3,404	3,391	3,422	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,956	22,215	19,583	24,184	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	2,1	2,5	2,1	3	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck Edge Immersion	80	%	5,44	12,29	12,77	14,36	Pass
Area 1/Area 2	100	%	248,72	239,18	251,67	226,33	Pass

Tabel 10. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segitiga wind pressure 262 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9367	51,0625	50,868	51,3251	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,1556	83,7995	83,4816	84,249	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,2189	32,737	32,6135	32,9239	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,262	3,404	3,391	3,422	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,956	22,215	19,583	24,184	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	2,3	2,7	2,2	3,2	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	5,89	13,31	13,83	15,54	Pass
Area 1/Area 2	100	%	243,47	233,2	246,49	219,57	Pass

Tabel 11. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segitiga wind pressure 376 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9367	51,0625	50,868	51,3251	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,1556	83,7995	83,4816	84,249	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,2189	32,737	32,6135	32,9239	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,262	3,404	3,391	3,422	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,956	22,215	19,583	24,184	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	3,3	3,9	3,2	4,6	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	8,45	19,1	19,84	22,31	Pass
Area 1/Area 2	100	%	215,12	201,24	218,5	183,81	Pass

Tabel 12. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segiempat wind pressure 234 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	2	2,4	2	2,9	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	5,25	11,9	12,36	13,9	Pass
Area 1/Area 2	100	%	250,84	241,6	253,77	229,08	Pass

Tabel 13. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segiempat wind pressure 207 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	1,8	2,1	1,8	2,5	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	4,65	10,53	10,93	12,3	Pass
Area 1/Area 2	100	%	258,11	249,92	260,94	238,54	Pass

Tabel 14. Kriteria stabilitas kapal dengan layar segiempat wind pressure 191 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	1,7	2	1,6	2,3	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	4,29	9,71	10,09	11,35	Pass
Area 1/Area 2	100	%	262,5	254,95	265,26	244,29	Pass

Tabel 15. Kriteria stabilitas kapal dengan layar oval wind pressure 221 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	1,9	2,3	1,9	2,7	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	4,96	11,24	11,67	13,13	Pass
Area 1/Area 2	100	%	254,32	245,58	257,2	233,6	Pass

Tabel 16. Kriteria stabilitas kapal dengan layar oval wind pressure 318 Pa

Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
			1	2	3	4	
Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
Angle of Steady Heel	16	deg	2,8	3,3	2,7	3,9	Pass
Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	7,14	16,17	16,79	18,89	Pass
Area 1/Area 2	100	%	229,21	217,06	232,42	201,41	Pass

Tabel 17. Kriteria stabilitas kapal dengan layar oval wind pressure 236 Pa

No	Kriteria	IMO	Unit	Kondisi				Status
				1	2	3	4	
1	Area 0 - 30	3,151	m.deg	48,9632	51,0997	50,8985	51,3693	Pass
2	Area 0 - 40	5,156	m.deg	80,2022	83,8644	83,5349	84,326	Pass
3	Area 30 - 40	1,719	m.deg	31,239	32,7647	32,6364	32,9568	Pass
4	Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,264	3,407	3,393	3,425	Pass
5	Angle of maximum GZ	25	deg	30	30	30	30	Pass
6	Initial GM	0,15	m	19,977	22,235	19,598	24,202	Pass
7	Angle of Steady Heel	16	deg	2,1	2,4	2	2,9	Pass
8	Angle of Steady Heel/ Deck	80	%	5,3	12	12,46	14,02	Pass
9	Area 1/Area 2	100	%	250,31	240,99	253,24	228,39	Pass

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis yaitu Studi Penggunaan Layar sebagai Sumber Utama Penggerak Kapal, maka dapat disimpulkan bahwa dengan adanya pemasangan layar sebagai alat penggerak kapal pada kapal ikan katamaran, maka didapatkan :

- a. Besarnya kontribusi kecepatan dari ketiga variasi layar terhadap kecepatan kapal tersebut terlihat kontribusi kecepatan maksimal dari layar segitiga sebesar 0,81 knot dengan nilai hambatan sebesar 12,80 kN.
- b. Besarnya kontribusi layar sebagai sumber utama penggerak kapal hanya dipakai ketika kapal melakukan proses penangkapan ikan saat berada di fishing ground.
- c. Nilai stabilitas terbaik yang didapat adalah nilai GZ maksimal sebesar 3,425 meter dan periode oleng sebesar 10,44 detik.
- d. Besarnya kontribusi layar dengan kecepatan angin sebesar 7,61 knot pada pengujian langsung adalah rata – rata 0,6 knot dengan kontribusi kecepatan pada layar segitiga terbesar yaitu 0,66 knot.
- e. Hasil dari CFD mengenai *wind pressure* yang akan digunakan sebagai perhitungan stabilitas setelah kapal di beri layar adalah maksimal pada layar segiempat sebesar 460 Pa dan minimal pada layar segitiga sebesar 24 Pa. Dari perhitungan setabilitas yang ada setelah kapal diberi layar, maka berdasarkan IMO tentang *severe wind and rolling intact stability calculation* bahwa stabilitas pada ketiga layar tersebut masih sesuai standar stabilitas yang ada.

6. DAFTAR PUSTAKA

- C.A. Marhaj.1982.”*Sailing theory and Practice*2nd Edition”New York : Granada Publishing.
- Cahaya Putra, Tutut.2014.Tugas Akhir.”*Analisa Pengaruh Bentuk Layar Terhadap Kontribusi Kecepatan yang dihasilkan oleh KM. Belitung dengan Simulasi CFD*.ITS.Surabaya.
- Code on Intact Stability for All Types of Ships covered by IMO Instruments, IMO Res. A.749(18), as amended by MSC. 75(69), London, IMO 2002.
- Dwito Armono, Haryo.Bahan Kuliah. “*Teori Model dan Analisa Dimensi*”.PS-FTK.
- H. Miyata, Y-W. Lee.1999.”*Application of CFD simulation to the design of sails*. Journal Marine Science and Technology, Vol. 4.
- Lewis, Edward, 1988,”*Principles of Naval Architecture Volume II: Resistance, Propulsion, and Vibration*”New Jersey : The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Rianto, Yogi.2012.Tugas Akhir. “*Analisa Ukuran dan Bentuk layar Kapal Ikan Jenis Purse Seine*”.ITS: Surabaya.
- Sachri, Sobandri. 1987. *Generator Angin*. Bandung: Bina Cipta
- Syaiful A, A.2010.Tugas Akhir.”*Analisa Teknis Pemasangan Layar Sebagai Alat Penggerak Bantu pada Kapal General Cargo KM. Belitung dengan Simulasi CFD*.ITS.Surabaya.
- Warner, E.P. 1925. “*The Aerodynamics of Yatch Sail*” USA: Transaction of the Society of N.A.M.E.