



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Geometri Lunas Bilga Berbentuk Trapesium terhadap Performa Kapal pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan) menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Syaiful Arifin¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Berlian Arswendo A¹⁾

Laboratorium Perencanaan Kapal dibantu Komputer

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : syaiful.arifin5@gmail.com, parlin1974@yahoo.com

Abstrak

Terdapat banyak sekali jenis kapal ikan tradisional yang ada di Republik Indonesia, salah satunya yaitu kapal ikan tradisional di daerah Kragan di Kabupaten Rembang Provinsi Jawa Tengah. Memiliki ciri khas dengan lunas bilga yang terpasang pada kedua sisi lambung kapal, yang dipercaya oleh warga setempat untuk menjadikan kapal memiliki stabilitas yang baik sehingga penulis ingin mengetahui hambatan, nilai *wake* dan olah gerak kapal dengan melakukan variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium dengan patokan dari radius bilga kapal yang direkomendasikan penelitian sebelumnya. Adapun tahapan yang dilalui untuk mencapai tujuan tersebut menggunakan beberapa *software* perkapalan yang terintegrasi. Pada awalnya adalah pembuatan model dengan rencana garis yang sudah ada, kemudian dilakukan analisa hambatan, kecepatan aliran dan nilai *wake* serta olah gerak kapal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model bilga 6 adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total kapal sebesar 7,358% pada F_n 0,28 dan 9,176% pada F_n 0,36 dengan ukuran lunas bilga 16,5 m x 0,558 m x 0,1575 m, model variasi Model Bilga 1 memiliki nilai *wake* paling kecil yaitu sebesar 0,18286 dan 0,1550 dengan selisih nilai *wake* dengan kapal tanpa bilga berkurang 36,898% dan 17,929%, sedangkan untuk olah gerak kapal nilai *heaving* variasi model lunas bilga tidak terjadi perubahan dari model tanpa lunas bilga pada setiap F_n , sedangkan untuk nilai *rolling* paling rendah pada *wave heading* 90° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan yang sama yaitu 6,05% pada F_n 0,28 dan 8,88% pada F_n 0,36 dari model kapal tanpa bilga, dan untuk nilai *pitching wave heading* 180° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan sebesar 1,89% pada F_n 0,28 dari model kapal tanpa bilga. Dan semua kondisi hasil analisa olah gerak kapal pada penelitian ini sudah memenuhi standar *Tello 2009*.

Kata kunci :

Lunas bilga, Kapal Ikan, Hambatan, *Wake*, Olah Gerak Kapal, *CFD*

1. PENDAHULUAN

Industri maritim di Indonesia pada saat ini menunjukkan peningkatan permintaan pasar. Salah satunya adalah kapal ikan tradisional. Pada umumnya, kapal ikan terbuat dari bahan kayu dan biasanya dibangun digalangan atau pengrajin kapal kayu tradisional, dengan berbagai bentuk dan karakter yang berbeda – beda pada setiap

daerah. Seperti di daerah Kragan, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Di daerah Kragan, kapal tradisional memiliki beberapa ciri khas tersendiri dibandingkan kapal tradisional lain, dengan memiliki lunas bilga yang terpasang pada kedua sisi lambung kapal, yang di percaya oleh warga setempat untuk mendapatkan performa yang baik[1].

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian dalam hal bentuk, panjang, dan letak lunas bilga serta telah mendapatkan hasil bahwa posisi optimal lunas bilga yaitu sudut 20° dari pusat radius bilga dengan lunas bilga bentuk *foil* [2].

Dari penelitian sebelumnya akan dilanjutkan penelitian guna meningkatkan performa kapal, diantaranya hambatan kapal, nilai *wake*, dan olah gerak kapal dengan variasi lunas bilga berbentuk trapesium.

1.1 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana pengaruh hambatan pada badan kapal setelah dilakukan variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium?
2. Bagaimana pengaruh olah gerak kapal setelah dilakukan variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium?
3. Bagaimana pengaruh *wake* pada badan kapal setelah dilakukan variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium?

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Kapal yang dikaji adalah kapal Tipe Kragan dengan panjang LOA 33 m dengan kecepatan 9 knot dan panjang lunas bilga $\frac{1}{2}$ LOA kapal 16,5 m.
2. Perhitungan hambatan total adalah akibat dari fluida air dan tidak ada perhitungan hambatan udara dan angin.
3. Variasi yang digunakan :
Panjang : a. $\frac{1}{2}$ LOA Kapal (16,50 m)
Tebal : a. 5% *Draft* Kapal (15,75 cm)
 b. 15% *Draft* Kapal (47,25cm)
Lebar : a. 2% *Breadth* Kapal (18,6cm)
 b. 6% *Breadth* Kapal (55,8cm).
4. Tidak ada pengujian *towing tank*.
5. Analisa tugas akhir ini tidak meninjau aspek ekonomis.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai hambatan badan kapal yang paling kecil dari variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium.
2. Mengetahui olah gerak kapal yang paling optimal dari variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium.
3. Mengetahui nilai *wake* yang paling optimal dari variasi geometri lunas bilga berbentuk trapesium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lunas Bilga

Lunas bilga adalah sayap atau sirip yang tidak bergerak yang di pasang pada kelengkungan bilga di kedua sisi kapal. Lunas ini merupakan alat untuk menahan gerak oleng kapal dimana fungsinya sebagai alat penambah stabilitas kapal.

2.2 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas

Computational fluid dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- *Pre Processor*
- *Solver Manager*
- *Post Processor*

Computational fluid dynamic tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat berkurang. Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat dalam menggunakan CFD, yakni: *insight*, *foresight*, dan *efficiency*.

- *Insight* – pemahaman mendalam
- *Foresight* – prediksi menyeluruh
- *Efficiency* – efisiensi waktu dan biaya [3]

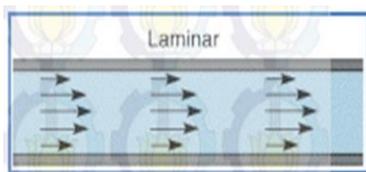
2.3 Aliran Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalir bisa berupa cairan atau gas. Secara umum aliran fluida dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Aliran Laminer ($Re < 2300$)

Aliran laminer adalah aliran fluida yang pergerakan partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis arusnya. Aliran laminar bersifat tetap atau *stead*, hal ini menunjukkan bahwa di seluruh aliran debit alirannya tetap atau kecepatan alirannya tidak berubah menurut satuan waktu.

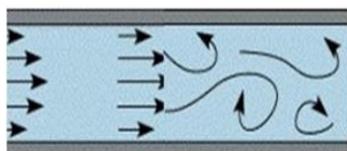
Sifat kekentalan zat cair berpengaruh dalam pembentukan aliran laminar.



Gambar 1. Aliran Laminer

2. Aliran Transisi ($2300 > Re > 4000$)

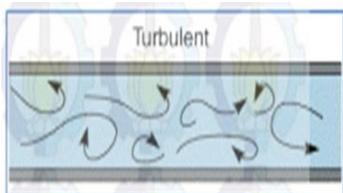
Aliran transisi adalah kondisi dimana partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menuju kondisi acak, pada kondisi nyata kondisi ini sangat sulit terjadi.



Gambar 2. Aliran Transisi

3. Aliran Turbulen ($Re > 4000$)

Aliran turbulen adalah kondisi dimana partikel fluida memiliki kecepatan aliran yang relatif besar dan akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks. Lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan ciri dari aliran turbulen yaitu tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah.



Gambar 3. Aliran Turbulen [2]

2.4 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Berdasarkan pada proses fisiknya bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian Hambatan disederhanakan lagi dengan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos

(*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*) [4].

2.5 Wake Effective Fraction

Pada prinsipnya *wake* / arus ikut berkaitan dengan tiga hal yakni sebuah kapal membutuhkan tenaga atau penggerak untuk berlayar, energi dari penggerak propulsor akan berubah menjadi aliran air, kapal yang bergerak akan menghasilkan *wake* / arus ikut. Dalam setiap aliran air pada badan kapal sampai ke buritan kapal, selalu terjadi *wake* / arus ikut (*w*) yang merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang melalui baling-baling. *Wake* pada kapal dapat juga terjadi karena pengaruh lambung kapal itu sendiri (dimana air akan mengalir menuju buritan dan membentuk arus).

Wake ini merupakan faktor penyebab munculnya 2 macam kecepatan kapal yakni V_s (kecepatan servis kapal) serta V_a (kecepatan *advance* / kecepatan relatif dari partikel air yang melewati piringan baling-baling). Dimana besarnya V_a akan selalu lebih kecil daripada V_s berdasarkan rumusan sehingga *wake fraction* (*w*) yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = 1 - (V_a/V_s) \quad (1)$$

Keterangan :

W = *wake fraction*

V_a = kecepatan *advance*

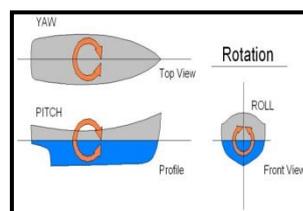
V_s = Kecepatan *service* kapal

Nilai V_a akan lebih kecil daripada nilai V_s tentunya, dari data akan diperoleh nilai $W < 1$. Semakin kecil nilai *wake* berarti semakin baik dan optimal daya dorong yang akan dihasilkan oleh kapal[5].

2.6 Olah Gerak Kapal

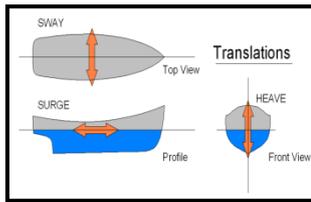
Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling*, *heaving*, *pitching*. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi: *rolling*, *pitching*, *yawing*



Gambar 4. Macam gerak kapal rotasi

- Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbu nya meliputi: *surging, swaying, heaving*



Gambar 5. Macam gerak kapal translasi

Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling, heaving, pitching*. Hasil perhitungan *seakeeping* dievaluasi dengan menyesuaikan standar kriteria *seakeeping* yang tergantung dari jenis kapal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Dala penelitian ini, penulis memiliki data primer berupa ukuran utama kapal tipe kragan:

LOA (<i>Length over all</i>)	: 33 m
B	: 9,30 m
H	: 3,90 m
T	: 3,15 m
Speed (v)	: 9 knot
Panjang Lunas Bilga	: 16,50 m
Lebar total lunas bilga	: 35 cm
Tebal Lunas Bilga	: 35 cm

Untuk data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal, buku, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

3.2 Parameter Penilitan

Penelitian ini difokuskan pada variasi geometri lunas bilga menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan model baru dengan performa kapal yang paling baik. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Parameter tetap

Penulis menggunakan data primer ukuran utama kapal tipe kragan untuk dijadikan sebagai parameter tetap dalam penelitian ini.

B. Parameter peubah

Model bentuk geometri lunas bilga

- Panjang Bilga ½ Loa Kapal
- Tebal Bilga 5% dan 15% *Draft* Kapal
- Lebar Bilga 2% dan 6% *Breadth* Kapal
- Lunas Bilga dengan bentuk trapesium

- Hanya menggunakan Sudut 20° dari pusat radius bilga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

A. Desain Model Badan Kapal

Permodelan untuk analisa hambatan *wake* dan olah gerak kapal tipe kragan dengan berdasarkan variasi geometri , panjang dan letak lunas bilga dilakukan pada radius bilga, sebelum itu harus dilakukan perhitungan radius bilga :

$$R^2 = \frac{B(2T - a) - 2BT}{Cm}$$

$$8[(0.5 \text{ tg } \theta) - \theta/360^\circ \pi] \quad (2)$$

dimana:

a = tinggi *rise of floor*

(tanpa *rise of floor*, a = 0)

B = lebar kapal

T = tinggi sarat penuh kapal

θ = sudut angkat -90°

Ketentuan yang digunakan:

a = 0

θ = 45°

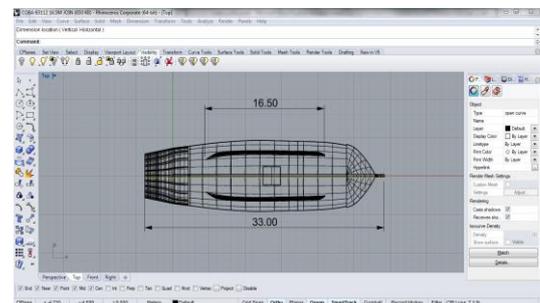
maka : $R^2 = 11,1321 / 4,86$ (m)

$$R^2 = 2,291$$
 (m)

$$R = 1,514$$
 (m)

Setelah mendapatkan radius bilga, maka proses pembuatan atau penggambaran dengan bantuan *Software Rhinoceros 5.0*.

Dari data pada metodologi dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan *Software Rhinoceros 5.0* :



Gambar 6. Pemodelan Kapal Original dengan *Software Rhinoceros 5.0*

Hasil pemodelan terlebih dahulu di skala 1 : 33 lalu di ekspor kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *Software CFD Tdyn 12.2.3.0*.

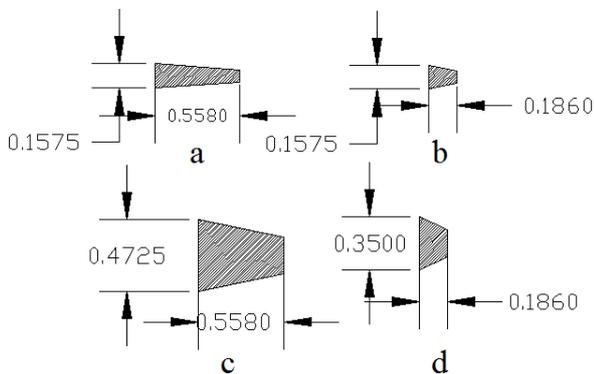
Metode yang digunakan dalam variasi lunas bilga adalah korespondensi satu – satu ke setiap parameter peubah. Sehingga dari variasi model tersebut didapat 8 model lunas bilga yang baru.

Tabel 1. Rencana Model Lunas Bilga bentuk Trapezium

MODEL	BENTUK	DEG	P	L	T
BILGA 1	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	35 CM	5 % T
BILGA 2	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	35 CM	15 % T
BILGA 3	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	2% B	35 CM
BILGA 4	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	6% B	35 CM
BILGA 5	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	2% B	5 % T
BILGA 6	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	6% B	5 % T
BILGA 7	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	2% B	15 % T
BILGA 8	TRAPESIUM	20	1/2 LOA	6% B	15 % T

B. Variasi Bentuk Model Bilga

Penelitian ini menggunakan bentuk bilga trapesium dimana ukuran tipe-tipe bilga mengikuti ukuran yang telah ditentukan.



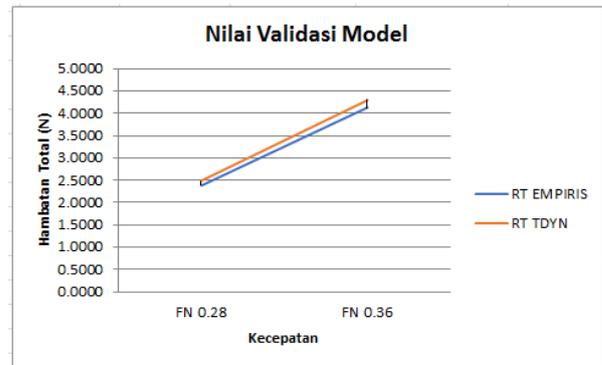
Gambar 7. Variasi Geometri Lunas Bilga (a) Model Bilga 6, (b) Model Bilga 5, (c) Model Bilga 8, (d) Model Bilga 3

4.2 Validasi Hambatan Kapal Tanpa Variasi Lunas Bilga

Analisa hambatan menggunakan skala perbandingan antara model dan *prototype* yaitu 1:33. Untuk validasi kapal tanpa variasi lunas bilga yaitu menggunakan metode *holtrop*.

Tabel 2. Validasi Hambatan Total Kapal Tanpa Lunas Bilga

Fn	v (m/s)	RT Empiris (N)	RT Simulasi CFD (N)	Error (%)
0,28	0,44	2,3819	2,4831	4,25 %
0,36	0,59	4,1264	4,3071	4,38 %



Gambar 8. Grafik Nilai Validasi Hambatan Total Kapal Tanpa Lunas Bilga

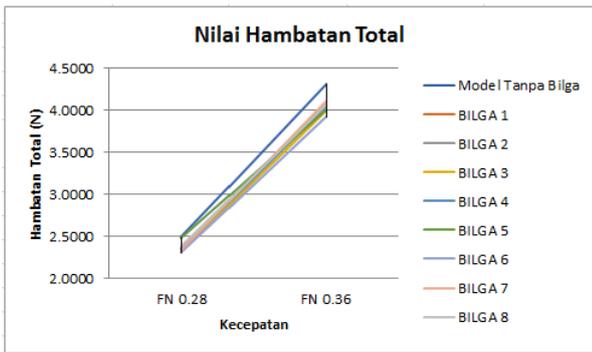
Validasi ini digunakan untuk pengaturan konvergensi ukuran *meshing* yang sesuai. Sehingga ukuran 0,004 untuk daerah kapal bawah air, 0,05 untuk *freesurface*, dan 0,1 untuk seluruh komponen sisa bisa digunakan.

4.3 Analisa Hambatan Kapal dengan Variasi Lunas Bilga Berbentuk Trapezium

Dalam simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0* ini nilai hambatan dapat dilihat setelah melakukan *running data* pada menu "*Force on Boundaries*". Berikut hasil simulasi analisa hambatan :

Tabel 3. Nilai Hambatan Total Kapal dengan Variasi Lunas Bilga

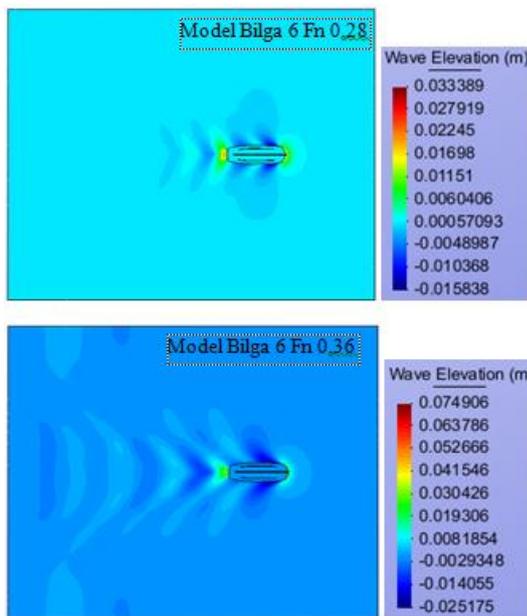
MODEL	RT Fn	SELISIH	RT Fn	SELISIH
	0,28 (N)		0,36 (N)	
TANPA BILGA	2.4831	-	4.3071	-
BILGA 1	2.3407	-5.735%	4.0554	-5.844%
BILGA 2	2.3279	-6.250%	4.0522	-5.918%
BILGA 3	2.3220	-6.488%	3.9821	-7.546%
BILGA 4	2.3524	-5.264%	4.0483	-6.009%
BILGA 5	2.4751	-0.322%	3.9968	-7.204%
BILGA 6	2.3004	-7.358%	3.9119	-9.176%
BILGA 7	2.3327	-6.057%	4.1076	-4.632%
BILGA 8	2.3725	-4.454%	4.0601	-5.735%



Gambar 9. Grafik Hambatan Total Kapal dengan Variasi Lunas Bilga

Dari Tabel 4.7 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model variasi model lunas bilga mengurangi hambatan total pada setiap Fn.

Berdasarkan perhitungan dengan analisa CFD diketahui bahwa model bilga 6 adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total kapal sebesar 7,358% pada Fn 0,28 dan 9,176% pada Fn 0,36 dengan ukuran lunas bilga 16,5 m x 0,558 m x 0,1575 m.



Gambar 10. Perbandingan Contour Model Bilga 6 Fn 0,28 (atas) dan Fn 0,36 (bawah)

4.5 Analisa Hambatan Total Kapal terhadap Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang Kapal.

Hambatan total tersebut terbagi lagi menjadi dua yaitu hambatan viskos (R_v) dan hambatan gelombang (R_w), dan berikut adalah hasil dari analisa kedua hambatan tersebut:

Tabel 4. Perbandingan Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang pada Fn 0,28

MODEL	RW Fn	SELISIH	RV Fn	SELISIH
	0,28 (N)		0,28 (N)	
TANPA BILGA	2.0772	-	0.4059	-
BILGA 1	1.9066	-8.213%	0.4341	6.943%
BILGA 2	1.8999	-8.536%	0.4280	5.447%
BILGA 3	1.8995	-8.555%	0.4225	4.100%
BILGA 4	1.8614	-	0.4906	20.877%
BILGA 5	2.05656	-0.994%	0.41854	3.114%
BILGA 6	1.8538	-	0.4466	10.025%
BILGA 7	1.9184	-7.645%	0.4143	2.077%
BILGA 8	1.8822	-9.388%	0.49029	20.791%

Tabel 5. Perbandingan Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang pada Fn 0,36

MODEL	RW Fn	SELISIH	RV Fn	SELISIH
	0,36 (N)		0,36 (N)	
TANPA BILGA	3.6701	-	0.6370	-
BILGA 1	3.3754	-8.030%	0.6801	6.761%
BILGA 2	3.3817	-7.858%	0.6704	5.250%
BILGA 3	3.3265	-9.362%	0.6556	2.917%
BILGA 4	3.2829	-10.550%	0.7654	20.160%
BILGA 5	3.2987	-10.120%	0.6981	9.587%
BILGA 6	3.2502	-11.441%	0.66161	3.863%
BILGA 7	3.4609	-5.700%	0.6467	1.521%
BILGA 8	3.2981	-10.136%	0.76204	19.630%

Dari tabel 4 dan 5 diketahui bahwa konfigurasi model bilga 6 mampu mengurangi

hambatan gelombang sebesar 10,755% dan 11,44%, serta terjadi penambahan hambatan viskositas sebesar 10,025% dan 3,863% pada kecepatan dengan F_n 0,28 dan F_n 0,36.

4.6 Analisa Koefisien Hambatan Kapal dengan Variasi Lunas Bilga

Penambahan hambatan pada konfigurasi model diakibatkan karena bertambahnya WSA kapal. WSA kapal mempengaruhi nilai koefisien total hambatan. Berikut hasil perhitungan koefisien hambatan kapal secara keseluruhan:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Koefisien Hambatan

MODEL	CT F_n 0,28		CT F_n 0,36	
	(N)	SELISIH	(N)	SELISIH
TANPA BILGA	0.01135	-	0.0172	-
BILGA 1	0.01070	-5.735%	0.01619	-5.844%
BILGA 2	0.01064	-6.250%	0.01618	-5.918%
BILGA 3	0.01062	-6.488%	0.01590	-7.546%
BILGA 4	0.01076	-5.264%	0.01616	-6.009%
BILGA 5	0.01132	-0.322%	0.01596	-7.204%
BILGA 6	0.01052	-7.358%	0.01562	-9.176%
BILGA 7	0.01067	-6.057%	0.01640	-4.632%
BILGA 8	0.01085	-4.454%	0.01621	-5.735%

Dari Tabel 6 diperoleh nilai koefisien hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model variasi lunas bilga mengurangi koefisien hambatan total model tanpa bilga pada kecepatan F_n 0,28 dan F_n 0,36. Koefisien hambatan terkecil terdapat pada konfigurasi model bilga 6.

4.7 Perhitungan Wake Fraction

A. Penentuan Sumbu Koordinat

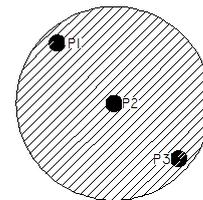
Pada *CFD software package* fitur yang digunakan untuk menganalisa kecepatan aliran diburitan yaitu mendapatkan nilai kecepatan *advanced* (V_a) dengan memasukan koordinat x , y , dan z . Oleh karena itu lokasi *point* perlu dirancang sedemikian rupa untuk mewakili nilai kecepatan *advance* didaerah buritan kapal. *Point* dirancang sesuai dengan diameter *propeller* kapal. Dalam menentukan nilai *wake* (W_e) kapal

maka perlu dirancang lokasi *point* yang mewakili kecepatan *advanced* yang masuk ke *propeller* tersebut.



Gambar 11. Penentuan Lokasi sumbu x , y dan z

Dalam menentukan *wake* pada penelitian ini dirancang menggunakan 3 lokasi *point* yang berbeda untuk mendapatkan kecepatan *advance* didaerah buritan yang maksimal.



Gambar 12. Lokasi Penempatan Point Pada Propeller

Tabel 7. Titik Koordinat

Titik Kordinat	Nilai Koordinat	
Point 1	X	0,029
	Y	0,0281
	Z	-0,0403
Point 2	X	0,029
	Y	0
	Z	-0,05854
Point 3	X	0,029
	Y	-0,0302
	Z	-0,07296

B. Analisa Wake Fraction

Setelah menentukan titik koordinat dari ketiga model variasi yang dianalisa menggunakan software berbasis CFD, di dapatkan variasi model yang lebih optimal dibanding kapal original. Ini dapat dilihat dari *velocity advanced* (V_a) pada bagian buritan kapal, semakin besar nilai V_a maka nilai *wake* semakin kecil dan semakin optimal daya dorong yang dihasilkan kapal seperti pada tabel 4.4

Tabel 8. Perbandingan Nilai Va dan Wake pada Fn 0,28

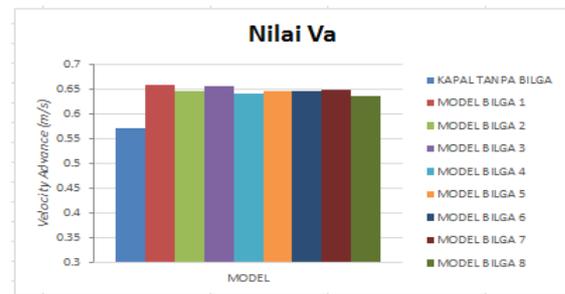
MODEL	VS (m/s)	VA (m/s)	SELISIH (%)	WAKE	SELISIH (%)
TANPA BILGA	0.8059	0.572		0.28979	
BILGA 1	0.8059	0.658	15.055	0.18286	-36.898
BILGA 2	0.8059	0.646	12.874	0.19836	-31.550
BILGA 3	0.8059	0.656	14.548	0.18647	-35.653
BILGA 4	0.8059	0.642	12.147	0.20352	-29.769
BILGA 5	0.8059	0.646	12.840	0.1986	-31.468
BILGA 6	0.8059	0.647	13.023	0.1973	-31.917
BILGA 7	0.8059	0.648	13.281	0.19547	-32.547
BILGA 8	0.8059	0.636	11.196	0.21028	-27.439

Tabel 9. Perbandingan Nilai Va dan Wake pada Fn 0,36

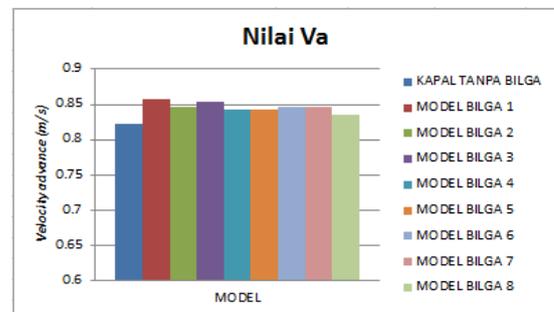
MODEL	VS (m/s)	VA (m/s)	SELISIH (%)	WAKE	SELISIH (%)
TANPA BILGA	1.0143	0.823		0.1889	
BILGA 1	1.0143	0.857	4.176	0.1550	-17.929
BILGA 2	1.0143	0.846	2.877	0.1655	-12.355
BILGA 3	1.0143	0.853	3.663	0.1592	-15.728
BILGA 4	1.0143	0.843	2.477	0.1688	-10.636
BILGA 5	1.0143	0.842	2.346	0.1699	-10.074
BILGA 6	1.0143	0.846	2.883	0.1655	-12.382
BILGA 7	1.0143	0.846	2.903	0.1653	-12.466
BILGA 8	1.0143	0.836	1.639	0.1756	-7.036

Saat kapal berjalan pada kecepatan Fn 0,28 dan Fn 0,36 maka daya dorong yang dihasilkan pada model variasi Model Bilga 1 memiliki nilai *wake* paling kecil yaitu sebesar 0,18286 dan 0,1550 dengan presentase selisih nilai *wake* dengan kapal tanpa bilga berkurang 36,898% dan 17,929%.

Berikut adalah diagram perbandingan nilai kecepatan *advance* (Va) pada model yang dianalisa:

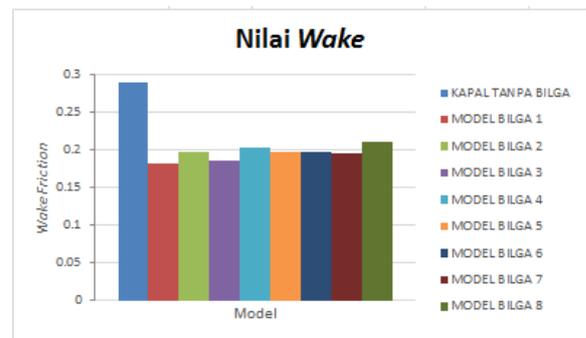


Gambar 13. Diagram Nilai Va pada Fn 0,28

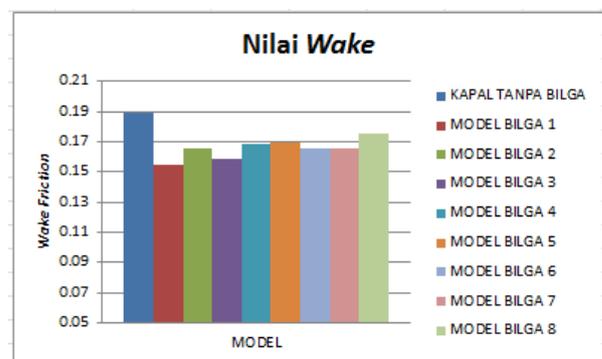


Gambar 14. Diagram Nilai Va pada Fn 0,36

Berikut adalah grafik perbandingan nilai *wake* yang terjadi pada model yang dianalisa



Gambar 15. Diagram Nilai Wake pada Fn 0,28



Gambar 16. Diagram Nilai Wake pada Fn 0,36

4.8 Analisa Olah Gerak Kapal

Pada penelitian ini perhitungan olah gerak kapal dilakukan menggunakan *Maxsurf Motion*. Program ini merupakan salah satu perangkat lunak yang mempunyai kemampuan untuk menganalisa *seakeeping performance* diantara beberapa *software* komersial yang telah ada. Jenis

spektrum gelombang yang dipergunakan adalah spectrum JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*). Spektrum JONSWAP dipilih karena Laut Indonesia mirip dengan Laut Utara dan merupakan daerah kepulauan. Tinggi gelombang yang dipakai yaitu 1,25 m.

Sebagai acuan baik tidaknya olah gerak kapal ikan, penulis menggunakan kriteria sudut maksimum pada *roll* dan *pitch* yang ditentukan dalam *General operability limiting criteria for ships* yang ditetapkan (Tello, 2009) mengatur standar penerimaan olah gerak untuk kapal ikan. Kriteria yang ditetapkan oleh (Tello, 2009).

Tabel 10. Kriteria Penerimaan Tello

No	Criterion	Prescribe Maximum Value
1	C1 Roll	6° (rms)
2	C2 Pitch	3°(rms)
3	Lateral acceleration (at bridge, working deck FP, working deck AP)	0,1 g (rms)
4	Vertical acceleration (at bridge, working deck FP, working deck AP)	0,2 g (rms)

Analisa dilakukan untuk sudut dari 90°,135° hingga 180° dengan kecepatan kapal 9 knots dan 11,33 knots.

Hasil dari analisa olah gerak adalah :

Tabel 11. Tabel Perbandingan Nilai Amplitudo pada Fn 0,28

Item	Wave Heading (deg)	Amplitudo		
		Tanpa Bilga	Model Bilga 1	Model Bilga 2
Heaving	90.000	0.003	0.0030	0.003
	135.000	0.002	0.0020	0.002
	180.000	0.002	0.0020	0.002
Rolling	90.000	3.80	3.7000	3.570
	135.000	2.140	2.1400	2.040
	180.000	0.000	0.0000	0.000
Pitching	90.000	0.023	0.0220	0.023
	135.000	0.026	0.0260	0.025
	180.000	0.037	0.0370	0.036

Item	Wave Heading (deg)	Amplitudo		
		Model Bilga 3	Model Bilga 4	Model Bilga 5
Heaving	90.000	0.003	0.003	0.003
	135.000	0.002	0.002	0.002
	180.000	0.002	0.002	0.002

Rolling	90.000	3.700	3.570	3.700
	135.000	2.140	2.040	2.140
	180.000	0.000	0.000	0.000
Pitching	90.000	0.023	0.023	0.023
	135.000	0.026	0.025	0.026
	180.000	0.038	0.036	0.038

Item	Wave Heading (deg)	Amplitudo		
		Model Bilga 6	Model Bilga 7	Model Bilga 8
Heaving	90.000	0.003	0.003	0.003
	135.000	0.002	0.002	0.002
	180.000	0.002	0.002	0.002
Rolling	90.000	3.700	3.680	3.570
	135.000	2.140	2.140	2.040
	180.000	0.000	0.000	0.000
Pitching	90.000	0.023	0.023	0.023
	135.000	0.026	0.026	0.025
	180.000	0.037	0.037	0.036

Tabel 12. Tabel Perbandingan Nilai Amplitudo pada Fn 0,36

Item	Wave Headin g (deg)	Amplitudo		
		Tanpa Bilga	Model Bilga 1	Model Bilga 2
Heaving	90.000	0.003	0.0030	0.003
	135.00	0.002	0.0020	0.002
	180.00	0.002	0.0020	0.002
Rolling	90.000	3.830	3.7000	3.490
	135.00	2.090	2.1000	2.020
	180.00	0.000	0.0000	0.000
Pitching	90.000	0.022	0.0230	0.022
	135.00	0.024	0.0240	0.024
	180.00	0.037	0.0370	0.037

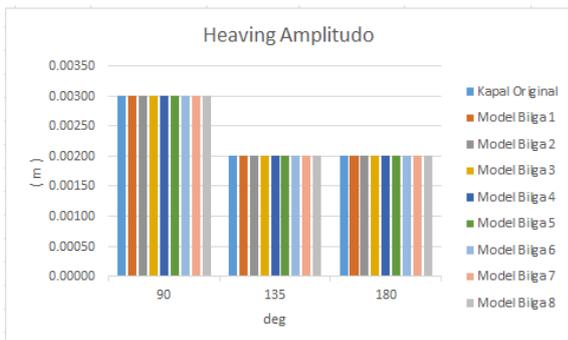
Item	Wave Headin g (deg)	Amplitudo		
		Model Bilga 3	Model Bilga 4	Model Bilga 5
Heaving	90.000	0.003	0.003	0.003
	135.00	0.002	0.002	0.002
	180.00	0.002	0.002	0.002
Rolling	90.000	3.700	3.490	3.710
	135.00	2.090	2.020	2.100
	180.00	0.000	0.000	0.000
Pitching	90.000	0.022	0.022	0.022
	135.00	0.024	0.024	0.024
	180.00	0.037	0.037	0.037

Item	Wave Headin g (deg)	Amplitudo		
		Model Bilga 6	Model Bilga 7	Model Bilga 8
Heaving	90.000	0.003	0.003	0.003
	135.000	0.002	0.002	0.002
	180.000	0.002	0.002	0.002

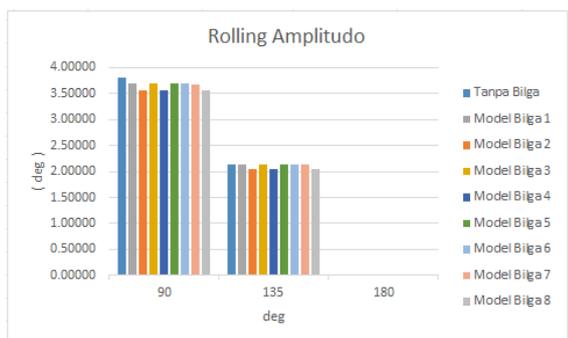
	90.000	0.003	0.003	0.003
Heaving	135.00	0.002	0.002	0.002
	180.00	0.002	0.002	0.002
	90.000	3.700	3.680	3.490
Rolling	135.00	2.100	2.100	2.020
	180.00	0.000	0.000	0.000
	90.000	0.022	0.022	0.022
Pitching	135.00	0.024	0.024	0.024
	180.00	0.037	0.037	0.037

Berdasarkan perhitungan olah gerak dengan variasi model lunas bilga menggunakan pendekatan *software Maxsurf Motions* didapatkan nilai *heaving* variasi model lunas bilga tidak terjadi perubahan dari model tanpa lunas bilga pada setiap Fn, sedangkan untuk nilai *rolling* paling rendah pada *wave heading* 90° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan yang sama yaitu 6,05% pada Fn 0,28 dan 8,88% pada Fn 0,36 dari model kapal tanpa bilga, dan untuk nilai *pitching* *wave heading* 180° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan sebesar 1,89% pada Fn 0,28 dari model kapal tanpa bilga. Dan semua kondisi hasil analisa olah gerak kapal pada penelitian ini sudah memenuhi standar *Tello 2009*.

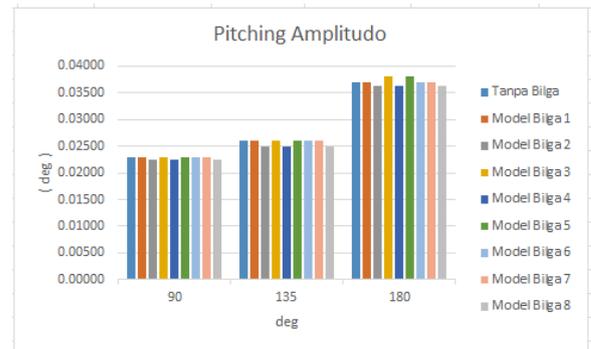
Berikut adalah grafik perbandingan nilai olah gerak kapal yang terjadi pada model yang dianalisa pada Fn 0,28 :



Gambar 17. Grafik Perbandingan *Heaving* Amplitudo pada Fn 0,28

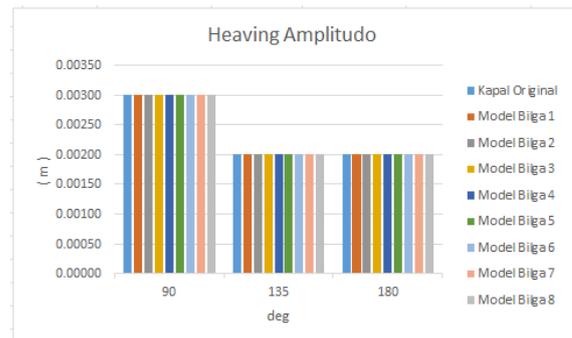


Gambar 18. Grafik Perbandingan *Rolling* Amplitudo pada Fn 0,28

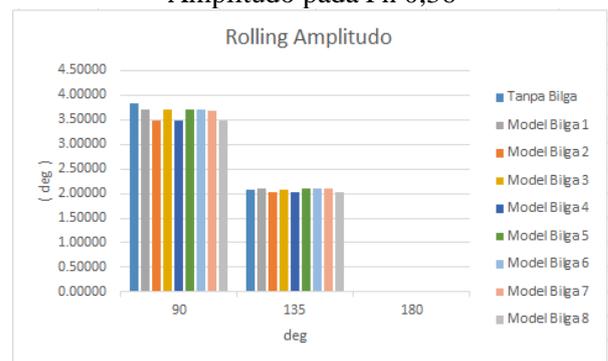


Gambar 19. Grafik Perbandingan *Pitching* Amplitudo

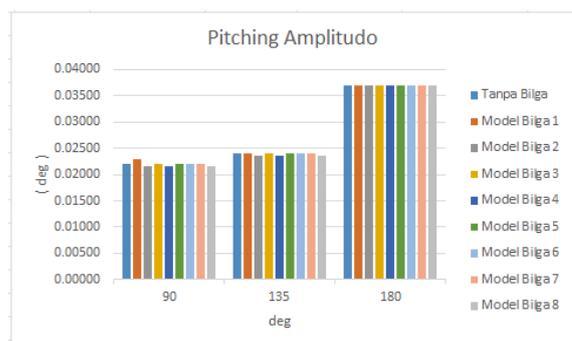
Berikut adalah grafik perbandingan nilai olah gerak kapal yang terjadi pada model yang dianalisa pada Fn 0,36 :



Gambar 20. Grafik Perbandingan *Heaving* Amplitudo pada Fn 0,36



Gambar 21. Grafik Perbandingan *Rolling* Amplitudo pada Fn 0,36



Gambar 22. Grafik Perbandingan *Pitching* Amplitudo

5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai hambatan total yang didapat dari variasi model lunas bilga kapal berbentuk trapesium terjadi penurunan, diketahui bahwa konfigurasi model bilga 6 adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total kapal sebesar 7,358% pada F_n 0,28 dan 9,176% pada F_n 0,36 dengan ukuran lunas bilga 16,5 m x 0,558 m x 0,1575 m.
2. Hasil percobaan dan simulasi menyatakan bahwa pada model variasi Model Bilga 1 memiliki nilai *wake* paling kecil yaitu sebesar 0,18286 dan 0,1550 dengan presentase selisih nilai *wake* dengan kapal tanpa bilga berkurang 36,898% dan 17,929%.
3. Untuk olah gerak kapal dengan variasi model lunas bilga berbentuk trapesium didapatkan bahwa nilai *heaving* variasi model lunas bilga tidak terjadi perubahan dari model tanpa lunas bilga pada setiap F_n , sedangkan untuk nilai *rolling* paling rendah pada *wave heading* 90° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan yang sama yaitu 6,05% pada F_n 0,28 dan 8,88% pada F_n 0,36 dari model kapal tanpa bilga, dan untuk nilai *pitching wave heading* 180° terdapat pada model bilga 2, 4, dan 8 yang mengalami penurunan sebesar 1,89% pada F_n 0,28 dari model kapal tanpa bilga. Dan semua kondisi hasil analisa olah gerak kapal pada penelitian ini sudah memenuhi standar *Tello 2009*.
4. Model variasi lunas bilga dengan ukuran tebal lebih tipis dan lebih lebar dari ukuran lunas bilga *existing* adalah yang paling optimal dalam mengurangi hambatan total dan *wake*. Sedangkan semakin tebal dan semakin lebar lunas bilga maka olah gerak kapal semakin bagus.

5.2. Saran

Dari analisa performa kapal telah di variasi perubahan bentuk geometri lunas bilga berbentuk trapesium penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap biaya yang dikeluarkan dengan dilakukannya penggunaan lunas bilga berbentuk trapesium.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan tipe propeller dan

penempatan propeller untuk lebih meningkatkan performa kapal.

3. Dalam analisa menggunakan *CFD*, sebaiknya menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi sehingga dalam simulasi bisa menghemat waktu proses simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Senoaji, Burhannudin. 2015. Analisa Pengaruh Letak Lunas Bilga Terhadap Performa Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [2] Simanjutak, Herman Ferdinan Philip. 2016. Analisa Pengaruh Panjang, Letak dan Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah dan Kecepatan Aliran (*Wake*) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [3] Zakaria, Achmad Kurniawan. 2017. Analisa Pengaruh Variasi Posisi *Centerbulb* Berbentuk Foil Terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar Menggunakan *Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [4] Molland, A.F. (2008), *A Guide to Ship Design, Construction and Operation, The Maritime Engineering Reference Book*, Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- [5] Lewis, Edward, V. 1988. Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), *Principles of Naval Architecture Vol. II, Resistance and Propulsion*. New Jersey.