

# PENGEMBANGAN DESAIN GEOMETRI LUNAS BILGA UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA KAPAL IKAN TRADISIONAL (STUDI KASUS KAPAL TIPE KRAGAN)

Muhammad Imam Malik<sup>1)</sup>, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>, Muhammad Iqbal<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: [muh.imammalik@gmail.com](mailto:muh.imammalik@gmail.com), [parlin1974@yahoo.com](mailto:parlin1974@yahoo.com), [iqbal.muhammad.1412@gmail.com](mailto:iqbal.muhammad.1412@gmail.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 performa kapal ikan tipe kragan yang terdiri dari hambatan, stabilitas, dan olah gerak dengan melakukan variasi geometri lunas bilga 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 menggunakan *Rhinoceros* dengan geometri lunas bilga yang berbentuk trapesium, segitiga, foil, dan bulb. Selain itu, model tanpa lunas bilga dan model yang direkomendasikan penelitian sebelumnya juga dibuat untuk mengkomparasikan hasil variasi geometri yang dilakukan penulis. Kemudian dilakukan analisa hambatan menggunakan *Fluid Flow* (CFX), analisa stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability*, dan analisa olah gerak menggunakan *Hydrodynamic Diffraction*. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai hambatan pada Model 4 menghasilkan hambatan 3,648% lebih baik dari model *existing*. Nilai stabilitas terbaik didapatkan pada Model 4 dengan nilai GZ maksimum 2,79 m, dan nilai olah gerak pada Model 4 menghasilkan nilai *RMS of roll* 4,420% lebih baik dari model *existing* pada gelombang 125°.

Kata kunci: Lunas Bilga, Geometri, Hambatan, Stabilitas, Olah Gerak.

## Abstract

*There are many types of traditional fishing boats in the Republic of Indonesia, one of which is a traditional fishing boat in the area Kragan in Rembang in Central Java Province. Characterized by the bilge keel attached on both sides of the hull, which is believed by locals to make the ship has good stability. So the writer wanted to know the type of fishing vessel performance Kragan consisting of resistance, stability, and if the sea keeping to vary the geometry of bilge keel with a benchmark of the ship bilge radius recommended earlier studies. The stages through which to achieve this goal using some integrated shipping software. In the beginning was the modeling using Rhinoceros with bilge keel geometry is trapezoidal, triangular, foil, and bulb. In addition, the model without bilge keel and the model recommended previous studies were also made to comparing geometry variation results by the author. Then analyzed resistance to using Fluid Flow (CFX), stability analysis using Maxsurf Stability, and the sea keeping analysis using Hydrodynamic Diffraction. The results showed the value of constraints in the Model 4 produces resistance 3,648% better than existing models. Value the best stability obtained in Model 4 with maximum GZ value of 2,79 m, and the value of sea keeping in the Model 4 produces the RMS value of roll 4,420% better than existing models at 125° wave.*

*Keywords: Bilge Keel, Geometry, Resistance, Stability, Sea keeping.*

## 1. PENDAHULUAN

Industri maritim di Indonesia pada saat ini menunjukkan peningkatan permintaan pasar. Di Indonesia kegiatan atau aktivitas laut sangat tinggi menimbang sebagian besar wilayah Indonesia adalah laut, sehingga kapal yang berfungsi sebagai alat kerja sangat dibutuhkan.

Salah satunya adalah kapal ikan tradisional. Kapal ikan tradisional merupakan kapal yang terbuat dari kayu yang mana sudah sejak dulu dimanfaatkan oleh para nelayan disepanjang pantai sebagai sarana utama dalam penangkapan ikan di laut, kapal-kapal tradisional sangatlah beragam macamnya, hal ini dapat dilihat hampir disetiap wilayah pesisir

pantai Indonesia memiliki bentuk desain kapal yang berbeda sesuai dengan adat maupun budaya daerah masing-masing. Seperti di daerah Kragan di Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Memiliki beberapa ciri khas tersendiri dibandingkan kapal tradisional lain, yaitu memiliki lunas bilga yang terpasang pada kedua sisi lambung kapal, yang dipercaya oleh warga setempat untuk mendapatkan stabilitas yang baik [6].

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan kajian dalam hal letak lunas bilga, dan hasilnya bahwa posisi optimal lunas bilga yaitu pada sudut 0 derajat dari pusat radius bilga [6]. Dari penelitian sebelumnya akan dilanjutkan untuk memvariasikan geometri dari lunas bilga yang dipasang pada lambung kapal, dengan harapan tercapainya performa kapal yang lebih baik dari segi hambatan, stabilitas, dan olah gerak.

Adapun batasan pada penelitian ini yaitu data kapal yang digunakan sama seperti penelitian sebelumnya, tidak melakukan pengujian *towing tank*, analisa performa kapal menggunakan *software* perkapalan yang terintegrasi pada program *Maxsurf* dan CFD, analisa penelitian ini hanya dilakukan secara teknis dan tidak meninjau aspek ekonomi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lunas Bilga

Lunas bilga adalah sayap atau sirip yang tidak bergerak yang dipasang pada kelengkungan bilga dikedua sisi kapal. Lunas ini merupakan alat untuk menahan gerak oleng kapal dimana fungsinya sebagai alat penambah stabilitas kapal. Pada kapal ikan tradisional tipe Kragan ini, lunas bilga terbuat dari bahan kayu. Tipe Lunas yang sering di buat ada 2 macam, yaitu:

1. Lunas bilga yang dibuat dari plat profil tunggal. Profil yang digunakan berupa bilah rata atau profil gembung (bulba).
2. Lunas bilga yang dibuat dari pelat ganda dengan penguatan plat lutut.



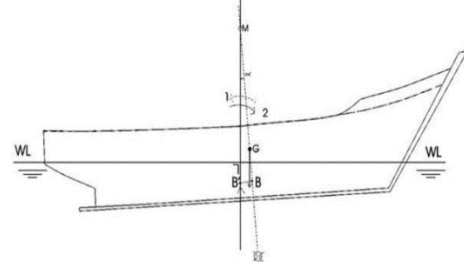
Gambar 1. Lunas bilga pada kapal tipe Kragan

### 2.2. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan dari suatu benda yang melayang atau mengapung dan dimiringkan untuk kembali berkedudukan tegak lagi [1]. Stabilitas kapal dibagi dalam stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis (*initial stability*) adalah stabilitas kapal yang diukur pada kondisi air tenang dengan beberapa sudut keolengan pada nilai ton displacement yang berbeda. Nilai stabilitas statis kapal ditunjukkan oleh nilai lengan penegak (GZ). Stabilitas dinamis adalah stabilitas kapal yang diukur dengan jalan memberikan suatu usaha pada kapal sehingga membentuk sudut keolengan tertentu [1].

Menurut sumbu dasarnya dibagi menjadi 2 macam stabilitas yaitu [1]:

1. Stabilitas memanjang, terjadi karena adanya gaya dari luar yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu memanjang kapal.



Gambar 2. Stabilitas memanjang pada kapal

2. Stabilitas Melintang, terjadi pada sudut miring melintang. Misalnya pada saat kapal oleng. Stabilitas ini didasari oleh perbedaan kedudukan antara titik M dengan titik G. Adapun letak M terhadap G terdapat tiga kemungkinan yaitu:

- M di atas G

Dalam keadaan ini, maka kondisi kapal dinyatakan stabil. Sebab gaya apung ke atas dan gaya berat kapal merupakan koppel yang menyebabkan kapal tersebut akan kembali berdiri tegak lagi. Maka stabilitasnya adalah positif.

- M pada G

Kondisi seperti ini dinyatakan indefferen. Sebab gaya apung keatas dan gaya berat kapal tidak membentuk momen koppel karena

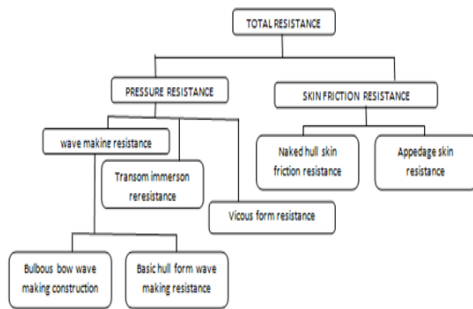
terletak berhimpitan (momen koppel = 0), dengan demikian benda tadi dalam segala kedudukan adalah seimbang sehingga stabilitasnya = 0.

➤ M di bawah G

Kondisi seperti ini adalah labil. Sebab gaya koppel yang dibentuk oleh gaya apung ke atas dan berat kapal akan memperbesar sudut lambungnya. Maka stabilitasnya dinyatakan negatif.

**2.3. Hambatan Kapal**

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (tahanan atau *resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal ( $V_s$ ), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air (*displacement*), dan bentuk badan kapal (*hull form*) [5].



Gambar 3. Diagram komponen hambatan kapal

Standar internasional dari ITTC mengklasifikasikan hambatan kapal di air tenang (*calm water*), secara praktis dalam dua komponen hambatan utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) yang terkait dengan bilangan Reynolds dan hambatan gelombang (*wave making resistance*) yang bergantung pada Froude [5], dimana korelasi kedua komponen tersebut diperlihatkan dalam persamaan berikut:

$$R_{T(R_q, F_r)} = R_{V(R_q)} + R_{W(F_r)} = (1+k)_{(F_r)} R_{F(R_q)} + R_{W(F_r)} \quad (1)$$

Hambatan gelombang ( $R_w$ ) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan hambatan viskos atau kekentalan ( $R_v$ ) meliputi hambatan akibat tegangan geser (*Friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*) [5]. Total

hambatan kapal dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$RT = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2$$

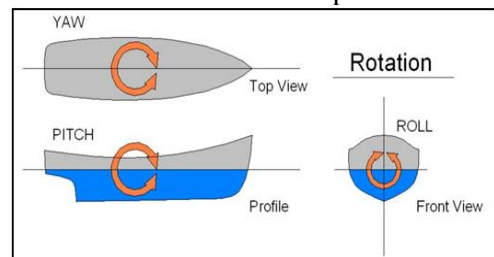
dimana:

- $\rho$  = massa jenis air laut (ton/m<sup>3</sup>)
- $C_T$  = koefisien hambatan total
- WSA = luas permukaan basah kapal (m<sup>2</sup>)
- $V$  = kecepatan kapal (m/s)

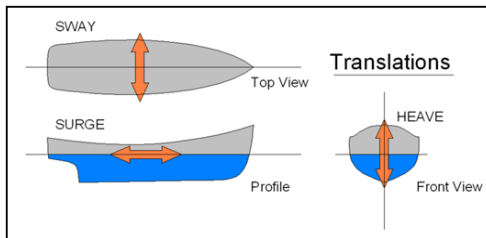
**2.4. Olah Gerak Kapal**

Pada dasarnya kapal yang berada di atas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya eksternal yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya faktor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu [4]:

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi:
  - *Rolling*  
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu X berupa olengan ke arah *starboard-portside*.
  - *Pitching*  
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Y berupa anggukan *by the bow-by the stern*.
  - *Yawing*  
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Z berupa putaran.
2. Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi:
  - *Surging*  
Gerakan linear terhadap sumbu X.
  - *Swaying*  
Gerakan linear terhadap sumbu Y.
  - *Heaving*  
Gerakan linear terhadap sumbu Z.



Gambar 4. Macam-macam gerak rotasi kapal



Gambar 5. Macam-macam gerak translasi kapal

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Data Penelitian

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

- LOA (*Length over all*) : 33 m
- B : 9,30 m
- H : 3,90 m
- T : 3,15 m
- Speed (*v*) : 9,00 knot

Panjang lunas bilga : 9,2 m

Lebar total lunas bilga : 35 cm

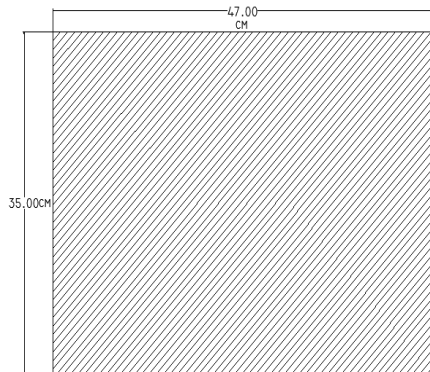
Untuk data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal, buku, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

#### 3.2. Parameter Penelitian

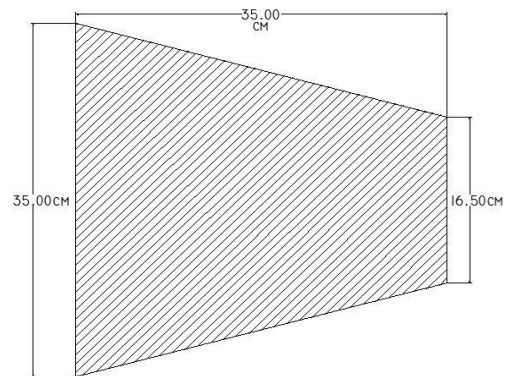
Penelitian ini difokuskan pada variasi geometri lunas bilga menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan model baru dengan performa kapal yang paling baik. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Parameter tetap
 

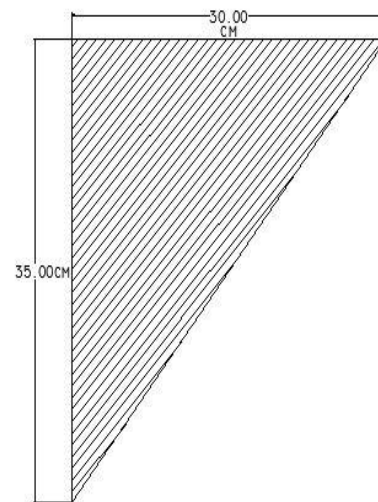
Penulis menggunakan data primer ukuran utama kapal tipe kragan untuk dijadikan sebagai parameter tetap dalam penelitian ini.
- Parameter peubah



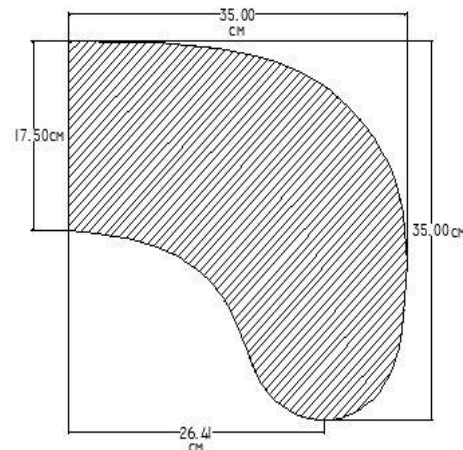
Gambar 6. Lunas bilga dengan bentuk kotak



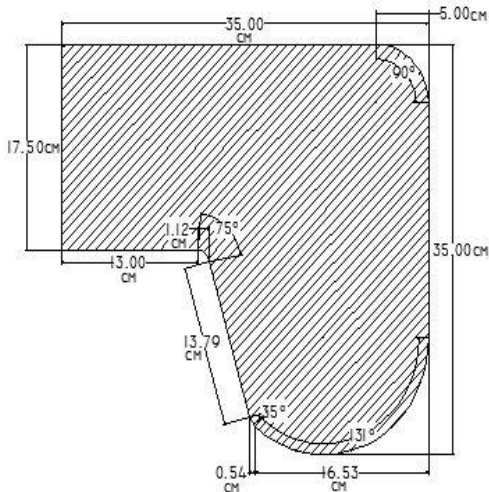
Gambar 7. Lunas bilga dengan bentuk trapesium



Gambar 8. Lunas bilga dengan bentuk segitiga siku-siku



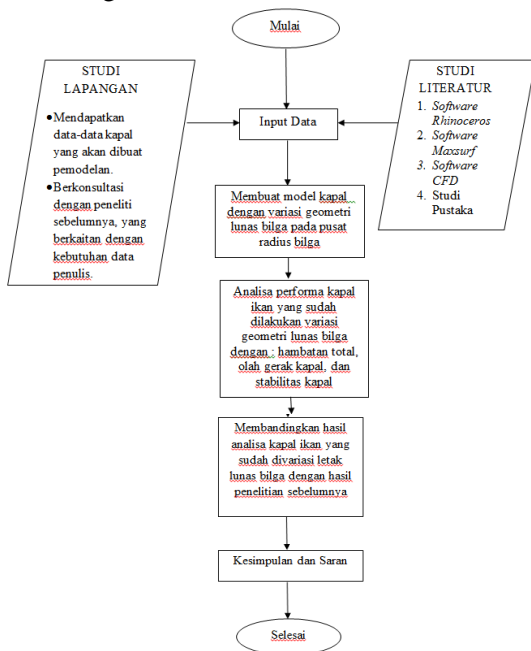
Gambar 9. Lunas bilga dengan bentuk foil



Gambar 10. Lunas bilga dengan bentuk profil bulb

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini terangkum secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini:



Gambar 11. Diagram alir penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pembuatan model

Pada tugas akhir ini dilakukan variasi geometri lunas bilga pada radius bilga, sehingga sebelum itu harus dilakukan perhitungan radius bilga [6]:

$$R^2 = \frac{B(2T - a) - 2B T C_m}{8[(0.5 \text{ tg } \theta) - \theta/360^\circ \pi]} \quad (2)$$

dimana:

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

B = lebar kapal

T = tinggi sarat penuh kapal

$\theta$  = sudut angkat  $-90^\circ$

Ketentuan yang digunakan:

a = 0

$\theta = 45^\circ$

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 variasi geometri lunas bilga pada badan kapal tipe Kragan dapat dilakukan menggunakan program *Autocad*. Setelah itu pemodelan 3D dibuat pada program *Rhinoceros*. Pemodelan dibuat 1 model tanpa lunas bilga, 1 model yang direkomendasikan penelitian sebelumnya dan 4 macam Model 5 variasi letak lunas bilga, yaitu sebagai berikut:

1. Model 1 : Model tanpa lunas bilga
2. Model 2 : Model yang direkomendasikan penelitian sebelumnya
3. Model 3 : Model lunas bilga dengan bentuk trapesium
4. Model 4 : Model lunas bilga dengan bentuk segitiga
5. Model 5 : Model lunas bilga dengan bentuk foil
6. Model 6 : Model lunas bilga dengan bentuk profil bulb

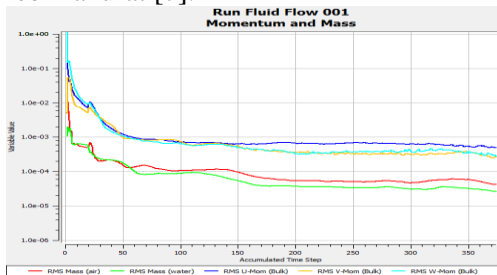
### 4.2. Analisa Hambatan

Hasil pemodelan dari *Rhinoceros* diekspor dalam bentuk file .stp terlebih dahulu kemudian dibuka pada software CFD. Analisa CFD yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah nilai hambatan kapal ikan tipe kragan pada bentuk geometri lunas bilga yang sudah divariasi. Berikut adalah nilai jumlah *element meshing* tiap model:

Tabel 1. Perbandingan jumlah *element meshing* tiap model

No	Model	Total
1	Model 1	153197
2	Model 2	139160
3	Model 3	141880
4	Model 4	133858
5	Model 5	138880
6	Model 6	320668

Tabel 1 menunjukkan jumlah *element meshing* tiap model, semakin banyak jumlah *element meshing* maka hasil *mesh* yang dihasilkan akan semakin detail dan lebih akurat [7].



Grafik 1. Convergence running Model 4

Gambar 10 merupakan grafik yang menunjukkan bahwa hasil analisa telah selesai pada iterasi 374 dan menyentuh nilai *convergence*, artinya hasil analisa telah memenuhi koreksi dan dapat dipertanggungjawabkan. Berikut adalah data hasil analisa hambatan pada kapal ikan tipe kragan dengan variasi geometri lunas bilga:

Tabel 2. Perbandingan nilai  $R_t$  tiap model

No	Nama Model	Luas Basah (m <sup>2</sup> )	$R_t$ (N)	$R_t$ (kN)	Selisih dg Model 2 (%)
1	Model 1	310,582	103139,8	103,140	-4,436
2	Model 2	327,124	107927,2	107,927	-
3	Model 3	320,046	104510,4	104,510	-3,166
4	Model 4	317,662	103990,2	103,990	-3,648
5	Model 5	324,682	105133,0	105,133	-2,589
6	Model 6	326,460	105277,4	105,277	-2,455

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil nilai hambatan total terbaik didapatkan pada Model 4, yang mana memiliki hambatan total terkecil.

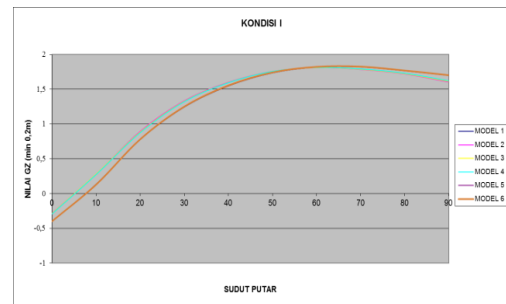
#### 4.3. Analisa Stabilitas

Untuk menghitung stabilitas, kita perlu terlebih dahulu menentukan kondisi-kondisi yang mungkin akan dialami oleh kapal tersebut ketika berlayar, maka dipilih kondisi-kondisi seperti di bawah ini [6]:

1. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi I, menerangkan kondisi kapal dengan muatan penuh, berat *consumable* 100%
2. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi II, menerangkan kondisi kapal ketika sedang berlayar di tengah perjalanan dengan muatan 50% dan berat *consumable* 50%.

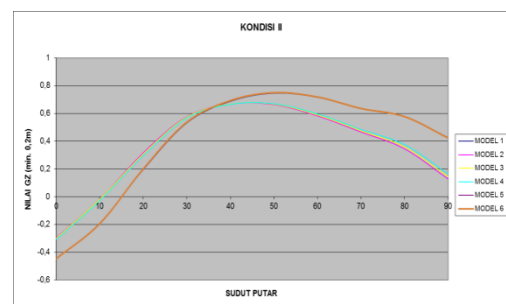
3. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi III dengan asumsi ketika kapal sampai di dermaga dengan kondisi membawa muatan penuh dan berat *consumable* 10%.
4. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi IV menerangkan kondisi kapal dalam keadaan muatan 50% dan berat *consumable* 25%.
5. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi V menerangkan suatu kondisi kapal ketika sedang berlayar di tengah perjalanan dengan 50% muatan dan berat *consumable* 10%.
6. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi VI menerangkan kondisi kapal dalam keadaan muatan kosong dan berat *consumable* 100%.
7. Persentase perhitungan stabilitas pada kondisi VII menerangkan kondisi kapal dalam keadaan muatan kosong dan *consumable* kosong.

Berikut hasil analisa stabilitas kapal dari Model 1, II, dan IV dengan grafik nilai GZ pada tiap kondisi:



Grafik 2. Nilai GZ pada kondisi I

Analisa kriteria pada kondisi I menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 1 s/d 6 semuanya dinyatakan memenuhi (*pass*) standart persyaratan IMO. Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 6 senilai 1,83 m.



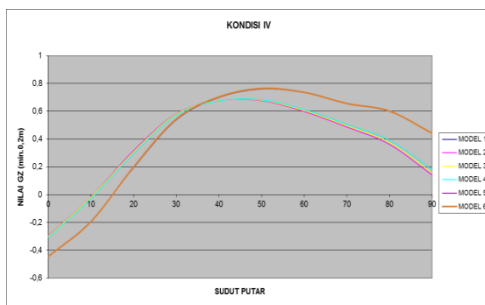
Grafik 3. Nilai GZ pada kondisi II

Analisa kriteria pada kondisi II menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 2, 3, dan 4 dinyatakan memenuhi (*pass*). Untuk kapal Model 1, 5, dan 6 dinyatakan tidak memenuhi (*fail*) standart persyaratan IMO pada kriteria area  $0^\circ$  to  $30^\circ$ . Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 5 dan 6 senilai 0,75 m.



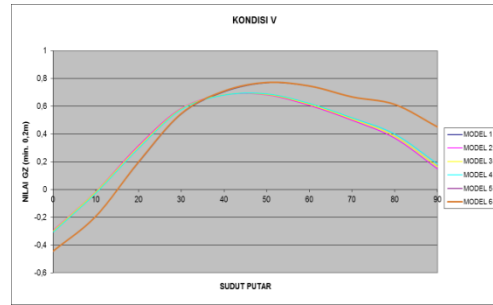
Grafik 4. Nilai GZ pada kondisi III

Analisa kriteria pada kondisi III menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 1 s/d 6 semuanya dinyatakan memenuhi (*pass*) standart persyaratan IMO. Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 5 dan 6 senilai 1,94 m.



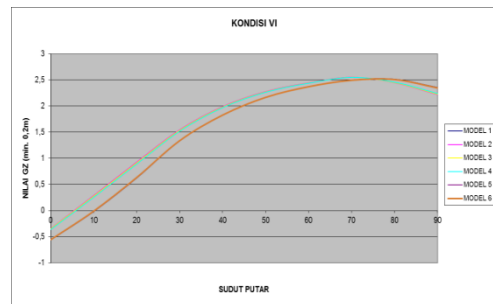
Grafik 5. Nilai GZ pada kondisi IV

Analisa kriteria pada grafik 4.5 kondisi IV menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 2, 3, dan 4 dinyatakan memenuhi (*pass*). Untuk kapal Model 1, 5, dan 6 dinyatakan tidak memenuhi (*fail*) standart persyaratan IMO pada kriteria area  $0^\circ$  to  $30^\circ$ . Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 5 dan 6 senilai 0,76 m.



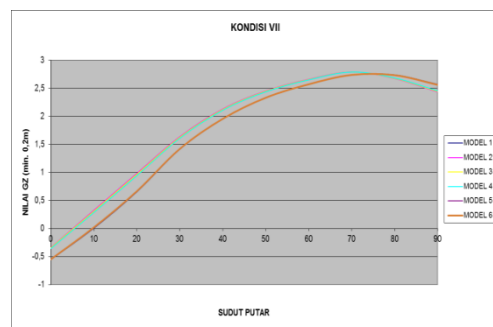
Grafik 6. Nilai GZ pada kondisi V

Analisa kriteria pada kondisi V menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 2, 3, dan 4 dinyatakan memenuhi (*pass*). Untuk kapal Model 1, 5, dan 6 dinyatakan tidak memenuhi (*fail*) standart persyaratan IMO pada kriteria area  $0^\circ$  to  $30^\circ$ . Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 5 dan 6 senilai 0,77 m.



Grafik 7. Nilai GZ pada kondisi VI

Analisa kriteria pada kondisi VI menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 1 s/d 6 semuanya dinyatakan memenuhi (*pass*) standart persyaratan IMO. Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model 2 s/d 4 senilai 2,55 m.



Grafik 8. Nilai GZ pada kondisi VII

Analisa kriteria pada kondisi VII menerangkan bahwa hasil perhitungan stabilitas untuk kapal Model 1 s/d 6 semuanya dinyatakan memenuhi (*pass*) standart persyaratan IMO. Dengan maksimum nilai GZ terdapat pada Model

2 s/d 4 senilai 2,79 m. Berikut merupakan nilai GZ maksimum model kapal pada tiap kondisi:

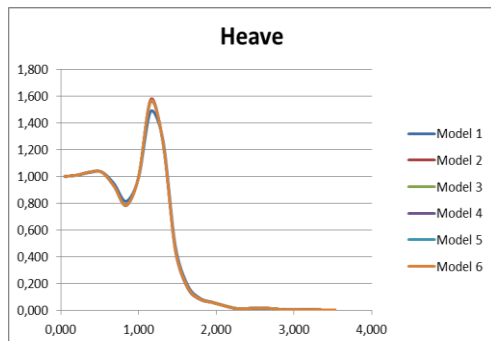
Tabel 3. Nilai GZ maksimum tiap kondisi

Kondisi	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Kondisi I	1,82	1,81	1,81	1,81	1,82	1,83
Kondisi II	0,75	0,67	0,67	0,67	0,75	0,75
Kondisi III	1,93	1,92	1,92	1,92	1,94	1,94
Kondisi IV	0,76	0,68	0,68	0,68	0,76	0,76
Kondisi V	0,77	0,68	0,69	0,69	0,77	0,77
Kondisi VI	2,51	2,55	2,55	2,55	2,51	2,51
Kondisi VII	2,74	2,79	2,79	2,79	2,74	2,74

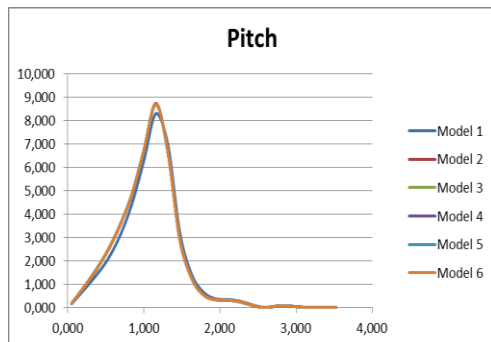
\*satuan dalam meter (m)

#### 4.4. Analisa Olah Gerak

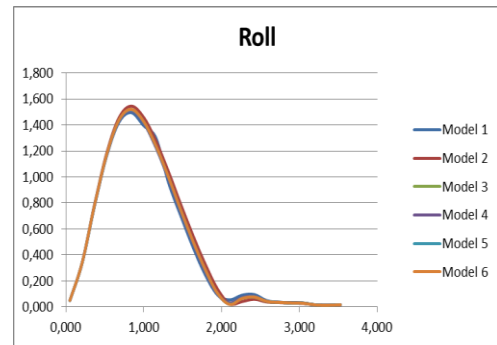
Olah gerak kapal dianalisa menggunakan *Hydrodynamic Diffraction*, hasil pemodelan dari *Rhinoceros* diekspor dalam bentuk file .iges. Analisa *Hydrodynamic Diffraction* yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah olah gerak kapal ikan tipe kragan pada bentuk geometri lunas bilga yang sudah divariasasi meliputi *heaving*, *pitching*, dan *rolling*. Dengan 4 macam arah masuk gelombang yaitu 180°, 125°, 90°, dan 55°. Berikut merupakan salah satu hasil analisa olah gerak dengan grafik RAO pada gelombang 125°:



Grafik 9. RAO Heave pada Gelombang 125°

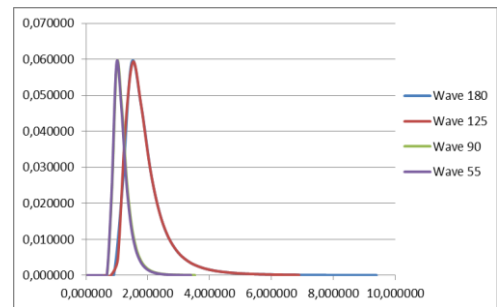


Grafik 10. RAO Pitch pada Gelombang 125°



Grafik 11. RAO Roll pada Gelombang 125°

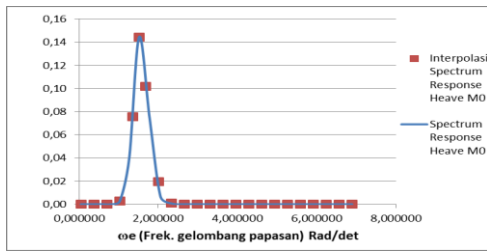
Untuk arah masuk gelombang 180°, gerakan *rolling* pada model kapal hampir tidak terjadi karena gelombang datang tepat dari arah depan atau sejajar dengan arah gerakan model kapal. Puncak gelombang pada grafik menunjukkan bahwa gerakan tertinggi kapal terjadi pada nilai tersebut.



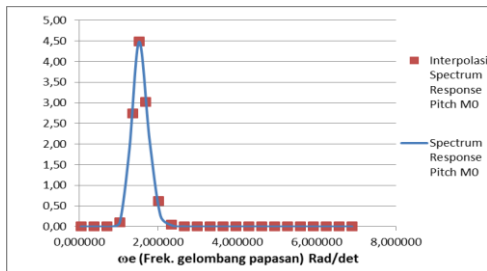
Grafik 12. Spektrum Gelombang pada Gelombang 1 meter

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spektrum gelombang [3]. Untuk perairan laut jawa, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 1 m, dan dari data tinggi gelombang yang didapatkan lalu dicari nilai periode rata-rata ( $T_{av}$ ) pada tabel *sea state* yaitu 3,2109 [2]. Berikut merupakan salah satu hasil perhitungan spektrum gelombang Model 4 pada arah datang gelombang 125°:

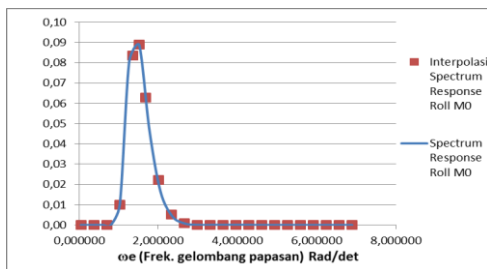




Grafik 13. Perbandingan Spektrum Respon *Heave* Model 4



Grafik 14. Perbandingan Spektrum Respon *Pitch* Model 4



Grafik 15. Perbandingan Spektrum Respon *Roll* Model 4

Luasan di bawah kurva spektrum respon di atas disebut dengan  $m_0$ . Dari nilai  $m_0$  kita akan mendapatkan nilai RMS.

Tabel 4. Nilai RMS tiap Model pada Gelombang 180°

Nama Model	RMS Heave (m)	RMS Pitch (rad)	RMS Roll (deg)	Selisih RMS Roll thd Model 2 (%)
Model 1	0.039617	0.246334	0.000467	-9.543
Model 2	0.040645	0.247552	0.000900	-
Model 3	0.040576	0.248045	0.000959	6.632
Model 4	0.040558	0.248073	0.000998	10.929
Model 5	0.040560	0.248001	0.001006	11.851
Model 6	0.040599	0.247808	0.001453	61.509

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai RMS *of roll* hampir tidak terjadi karena arah datang gelombang tepat dari arah depan atau sejajar dengan arah gerakan model kapal. Dan olah gerak terbaik dapat diketahui dari nilai RMS terkecil dari hasil analisa.

Tabel 5. Nilai RMS tiap Model pada Gelombang 125°

Nama Model	RMS Heave (m)	RMS Pitch (deg)	RMS Roll (deg)	Selisih RMS Roll thd Model 2 (%)
Model 1	0.032925	0.185805	1.793602	0.080
Model 2	0.034252	0.192315	1.792171	-
Model 3	0.034090	0.191880	1.733741	-3.260
Model 4	0.034040	0.191559	1.712950	-4.420
Model 5	0.034063	0.191765	1.727368	-3.616
Model 6	0.034106	0.191588	1.733907	-3.251

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai RMS *of roll* terbaik terdapat pada Model 4 dengan nilai 1,71295 deg. Untuk RMS *of heave* dan RMS *of pitch* hampir tidak terjadi gerakan yang signifikan.

Tabel 6. Nilai RMS tiap Model pada Gelombang 90°

Nama Model	RMS Heave (m)	RMS Pitch (deg)	RMS Roll (deg)	Selisih RMS Roll thd Model 2 (%)
Model 1	0.022182	0.117830	2.060452	0.252
Model 2	0.023464	0.130207	2.055273	-
Model 3	0.023365	0.129352	2.012610	-2.076
Model 4	0.023365	0.129050	1.999553	-2.711
Model 5	0.023355	0.129313	2.005700	-2.412
Model 6	0.023409	0.129337	2.011693	-2.120

Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai RMS *of roll* terbaik terdapat pada Model 4 dengan nilai 1,999553 deg. Untuk RMS *of heave* dan RMS *of pitch* hampir tidak terjadi gerakan yang signifikan.

Tabel 7. Nilai RMS tiap Model pada Gelombang 55°

Nama Model	RMS Heave (m)	RMS Pitch (deg)	RMS Roll (deg)	Selisih RMS Roll thd Model 2 (%)
Model 1	0.007622	0.105502	1.377365	0.753
Model 2	0.007382	0.111046	1.367066	-
Model 3	0.007363	0.110658	1.347724	-1.415
Model 4	0.007364	0.110463	1.343372	-1.733
Model 5	0.007362	0.110623	1.344726	-1.634
Model 6	0.007365	0.110622	1.348151	-1.384

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai RMS *of roll* terbaik terdapat pada Model 4 dengan nilai 1,343372 deg. Untuk RMS *of heave* dan RMS *of pitch* hampir tidak terjadi gerakan yang signifikan.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dengan bentuk geometri lunas bilga yang disarankan penelitian sebelumnya, penelitian ini memodifikasi bentuk geometri lunas bilga dengan tujuan untuk mendapatkan performa yang lebih baik. Meskipun perbedaan yang

dihasilkan kurang signifikan, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Hasil analisa hambatan kapal tipe kragan dari Model 1 s/d Model 6 didapatkan nilai yang berbeda-beda dengan luas permukaan basah (WSA) yang berbeda juga. Model yang memiliki nilai hambatan terkecil adalah Model 4 yang bentuk geometrinya berupa segitiga siku-siku, dengan nilai hambatan 103,990 kN. Hal ini menunjukkan bahwa nilai hambatan berkurang 3,65% dari Model 2 yang merupakan rekomendasi dari penelitian sebelumnya.
2. Hasil analisa stabilitas pada kapal tipe kragan dari Model 1 s/d Model 6 didapatkan nilai GZ yang berbeda-beda pada saat kondisi kapal yang berbeda juga. Dari grafik nilai GZ yang terdapat pada bab 4, pada Model 4 memiliki nilai GZ maksimum pada kondisi VII sebesar 2,79 m.
3. Hasil analisa olah gerak pada kapal tipe kragan dari Model 1 s/d Model 6 didapatkan dengan variasi sudut masuk gelombang 125°, 90°, dan 55° bahwa gerakan terbaik pada saat rolling pada Model IV dengan selisih nilai *RMS of roll* berturut-turut 4,420%, 2,711%, 1,733%.

## 5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, maka penulis menyarankan dan merekomendasikan hal sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan, peneliti merekomendasikan variasi geometri lunas bilga pada Model 4 yang mana model ini memiliki 3 performa yang baik yaitu dari segi hambatan, stabilitas, dan olah gerak.
2. Perlu dilakukan suatu penelitian lanjut yang lebih mendetail tentang geometri lunas bilga pada kapal kragan untuk mendapatkan performa kapal yang lebih baik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barras, B.C. 2006. *Ship Stability for Master and Mates (Fifth Edition)*.
- [2] Bhattacharya, R. 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. New York: John Wiley & Sons.
- [3] Iqbal, M., & Rindo, G. 2015. Optimasi bentuk *demihull* kapal katamaran untuk meningkatkan kualitas. Kapal, 12.
- [4] Manik, P. Analisa Gerakan *Seakeeping* Kapal Pada Gelombang Reguler, Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [5] Molland, F.A. 2008. *The Maritime Engineering Reference Book*.
- [6] Senoaji, B. 2015. Analisa Pengaruh Letak Lunas Bilga Terhadap Performa Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). Teknik Perkapalan. Universitas Diponegoro.
- [7] Seo, H.J. 2010. *Flexible CFD Meshing Strategy for Prediction of Ship Resistance and Propulsion Performance*.