



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Pengaruh Sudut Masuk Kapal Perintis 750 Dwt Terhadap Slamming Kapal Dengan Penambahan Anti-Slamming Bulbous Bow Tipe Delta ( $\Delta$ – Type) Menggunakan Metode Cfd (Computational Fluid Dynamic)

Ridwan Rasoki Harahap<sup>1)</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>1)</sup>, Good Rindo<sup>1)</sup>

Laboratorium Perancangan Dibantu Komputer

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

Email: [harahap.ridwan@gmail.com](mailto:harahap.ridwan@gmail.com), [ekosasmitohadi@gmail.com](mailto:ekosasmitohadi@gmail.com), [good.rindo@gmail.com](mailto:good.rindo@gmail.com)

### Abstrak

Kemampuan olah gerak kapal (*seakeeping*) merupakan salah satu aspek penting pada perancangan sebuah kapal. Hal itu berkaitan dengan gerakan kapal dalam merespon pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal. Salah satu fokus dari pembahasan analisa *seakeeping* yaitu masalah *slamming* pada kapal. *Slamming* adalah kejadian dimana dasar haluan kapal terangkat dari permukaan air kemudian terhempas kembali. Pemakaian anti-*slamming* pada kapal adalah salah satu solusi untuk mengurangi efek *slamming* sehingga kapal bisa berlayar dengan baik dan tidak membahayakan penumpang, peralatan kapal, muatan dan kapal itu sendiri. Pada penelitian ini, dilakukan analisa pengaruh sudut masuk dan penggunaan *bulbous bow* tipe Delta ( $\Delta$  – type) dengan perbandingan variasi anti-*slamming* sebesar 20%, 25% dan 30% terhadap sarat kapal. Anti-*slamming bulbous bow* dan kecepatan kapal divariasikan untuk melihat probabilitas dan intensitas *slamming* yang paling rendah. Sudut yang digunakan yaitu 16,72°; 19,72°; 22,72°; 25,72°; dan 28,72 °. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *delftship* dan kemudian dilakukan analisa gerakan menggunakan metode *Hydrodynamic Diffraction*. Hasil penelitian ini menunjukkan semua variasi model memenuhi standart *Seakeeping criteria Nordsfork 1987* dan *slamming probability* paling baik pada sudut 22,72° terdapat pada model *bulbous bow* ASB3 dengan rasio tinggi anti-*slamming* 30% terhadap sarat dapat mengurangi probabilitas *slamming* sebesar 10,8% - 66,1% dari kapal existing.

Kata Kunci : *Slamming*, *Anti-Slamming Bulbous Bow*, Perintis 750 DWT

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Analisis *seakeeping* / kemampuan olah gerak kapal merupakan aspek penting dalam perancangan kapal. Berdasarkan analisis tersebut, dapat diketahui batas operasional dari sebuah kapal. Salah satu fokus dari pembahasan analisa *seakeeping* yaitu masalah *slamming* pada kapal. *Slamming* adalah kejadian dimana dasar haluan kapal terangkat dari permukaan air kemudian terhempas kembali [1]. Fenomena ini digunakan sebagai salah satu item untuk mengevaluasi

kualitas *seakeeping* dari suatu kapal. Bahkan dalam kondisi yang ekstrim, *slamming* dapat menyebabkan kerusakan pada struktur kapal [2]. Salah satu cara alternatif dalam pengurangan efek *slamming* adalah melakukan pemasangan *bulbous bow* pada haluan kapal. Pada penelitian ini bentuk haluan dimodifikasi dengan penambahan anti-*slamming bulbous bow* hingga mendapatkan hasil olah gerak dan probabilitas *slamming* optimal. Adapun objek kapal yang akan di teliti adalah kapal perintis 750 DWT. Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, CFD (Computational Fluid Dynamic) dan merupakan

tool yang saat ini banyak digunakan pada tahap awal desain untuk analisa aliran disekitar lambung kapal. Pada penelitian ini bentuk haluan dimodifikasi dengan ditambahkan tiga variasi anti-*slamming bulbous bow*. Adapun objek kapal yang akan di teliti adalah kapal perintis yang dimiliki oleh Kementrian perhubungan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kapal Perintis 750 DWT

Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengetahui besar nilai *slamming* kapal pada beberapa variasi sudut penyimpangan dan mendapatkan respon olah gerak heaving dan pitching terendah pada haluan kapal yang telah dimodifikasi dengan *bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*) sehingga kapal tersebut mempunyai keamanan dan kenyamanan yang bagus sesuai dengan *Seakeeping Criteria Nordfords 1987*.

### 1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh sudut masuk pada Kapal Perintis 750 DWT terhadap *slamming* kapal?
2. Bagaimana pengaruh bentuk *Bulbous Bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*) pada Kapal Perintis 750 DWT terhadap *slamming* kapal?
3. Manakah nilai *slamming* dari tiap variasi sudut masuk dan bentuk *bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*) yang sesuai dengan *Seakeeping Criteria Nordfords 1987*?

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Analisa hambatan melalui percobaan model variasi sebelum dan sesudah perubahan bentuk haluan kapal tanpa merubah volume displacment kapal
2. Analisa anti-*slamming bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*).

3. Variasi tipe *bulbous bow* yang dianalisa menggunakan parameter linear untuk mendapatkan *bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*).
4. Fokus pada kapal *monohull 750 DWT*.
5. Analisa dan pengolahan data menggunakan *Software CFD (Computational Fluid Dynamic)*.
6. Sudut penyimpangan haluan pada posisi tiap  $3^\circ$ .
7. Tidak ada pengujian towing tank.
8. Kecepatan yang digunakan adalah 12 knot sampai 16 knot.
9. Tidak membahas konstruksi *bulbous bow* ataupun perubahannya pada kapal.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan pembatasan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui besar nilai *slamming* kapal pada beberapa variasi sudut penyimpangan.
2. Untuk mengetahui besar nilai *slamming* kapal yang telah dimodifikasi mempunyai keamanan dan kenyamanan yang bagus sesuai dengan *Seakeeping Criteria Nordfords 1987*.
3. Mendapatkan respon olah gerak *heaving* dan *pitching* terendah pada haluan yang telah dimodifikasi dengan anti-*slamming bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - *type*).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

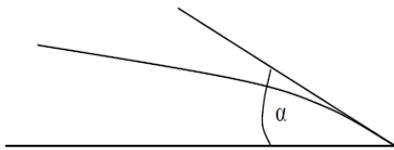
### 2.1. Kapal Perintis

Kapal perintis merupakan jenis kapal penumpang dan barang khusus untuk menghubungkan masyarakat antar pulau-pulau kecil yang ada diseluruh Indonesia, sebagian besar berada di wilayah Indonesia Timur. Kapal perintis memiliki peranan penting dalam menghubungkan masyarakat antar pulau-pulau kecil yang ada di Indonesia. Kapal perintis adalah tipe kapal penumpang barang yang dimiliki oleh kementrian perhubungan laut Indonesia. Kapal ini dibangun di berbagai galangan kapal nasional, salah satunya adalah PT. Daya Radar Utama (DRU). Kapal ini merupakan *sister ship* sehingga memiliki tipikal kesamaan setiap kapal yang dibuat [2].

### 2.2. Sudut Masuk (*Angle of Entrance*)

Sudut masuk adalah sudut yang dibentuk oleh Sumbu netral horizontal memanjang kapal dengan garis singgung lengkung garis air haluan pada saat kapal muatan penuh. Makin kecil sudut masuk maka pengaruh adanya tahanan gelombang

yang kecil pula, demikian pula sebaliknya. Besar kecilnya sudut masuk tergantung pada bentuk gading-gading bagian haluan kapal. Salah satu cara memperkecil sudut masuk yaitu dengan memasang bulbous bow dihaluan kapal. Oleh karena itu dibagian haluan kapal diusahakan dengan membuat bentuk sebaik mungkin untuk menghindari besarnya gelombang yang terjadi [3].



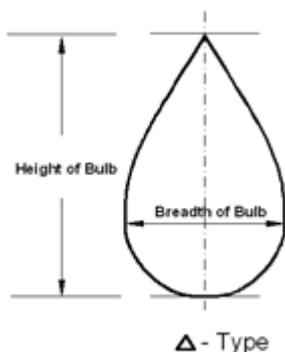
Gambar 2. Sudut Masuk ( $\alpha$ )

### 2.3. Bulbous Bow

*Bulbous bow* adalah suatu bentuk haluan yang berbentuk bulat telur yang ditempatkan pada linggi haluan bagian depan. Penggunaan *bulbous bow* ini akan mempengaruhi aliran air di sekitar lambung kapal. Penjelasan tentang efek aliran air yang terjadi di sekitar kapal adalah air dipaksakan mengalir di atas *bulbous bow* sehingga dapat memecah gelombang air yang menahan di depannya [4].

Pengaruh *bulbous bow* dapat memberikan dampak dalam mendesain kapal, konstruksi kapal, pembuatan kapal dan pengoperasian kapal yang berkaitan dengan karakteristik *seakeeping*, tahanan dalam berlayar, karakteristik propulsi, *effective drag trim*, dll [3].

Anti-slamming *bulbous bow* merupakan suatu bentuk haluan kapal dilengkapi dengan *bulbous bow* namun terdapat fungsi lainnya selain mengintervensi gelombang yang datang dari arah depan kapal, namun *bulbous bow* ini memiliki fungsi mengurangi bahkan meniadakan peluang dari pada terjadinya slamming [5]. Bentuk *bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - type) sangat cocok untuk kapal-kapal yang berlayar pada yang kurang menghadapi hempasan gelombang besar [6].



Gambar 3. *Bulbous Bow* Tipe Delta

### 2.4. Dasar Penentuan Ukuran Dimensi Bulbous Bow

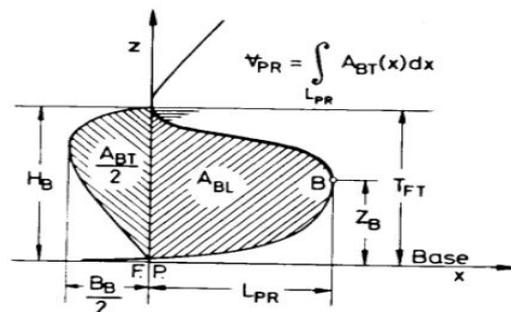
Untuk menentukan ukuran dimensi variasi dari *Bulbous Bows* ini didasarkan dari parameter *Linear Form Coefficients*, diambil dari buku *Ship Design I Msc In Marine Engineering And Naval Architecture*, yang menyatakan bahwa *linear form coefficients* sebagai berikut [7]:

$$\begin{aligned} \text{Breadth Coefficients } (C_{BB}) &: \frac{B_B}{B} \\ \text{Length Coefficients } (C_{LPR}) &: \frac{L_{LPR}}{L_{PP}} \\ \text{Height Coefficients } (C_{ZB}) &: \frac{Z_B}{T_{FP}} \end{aligned}$$

LPR : panjang *bulbous bow* dari *fore peak*

$B_B$  : lebar *bulbous bow* pada garis *fore peak*

$Z_B$  : tinggi *bulbous bow* dari *base line*



Gambar 4. Parameter *Bulbous Bow*

Sedangkan nilai dari *linear form coefficients* adalah sebagai berikut [7]:

Tabel 1. Nilai khusus *linear form coefficients*

| Linear Form Coefficient |               |
|-------------------------|---------------|
| $C_{BB}$                | 0,17 - 0,2    |
| $C_{LPR}$               | 0,018 - 0,031 |
| $C_{ZB}$                | 0,26 - 0,55   |

Dari hasil perhitungan koefisien tiap bagian maka akan di ketahui perbedaan panjang, tinggi, dan lebar *bulbous bow*.

### 2.5. Response Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal ( $Z_0$ ) dengan amplitudo gelombang ( $\zeta_0$ ) (keduanya dalam satuan panjang) [8]:

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (1)$$

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular 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 spectrum gelombang ( $S_\zeta$ ) dengan  $RAO^2$  :

$$S_{\zeta r}(\omega) = RAO^2 \times S_\zeta(\omega) \quad (2)$$

## 2.6. Spektrum Gelombang

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bretschneider or ITTC* dengan menggunakan dua parameter, yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode rata-rata ( $T_{av}$ ).

$$S_{ITTC \zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right) \quad (3)$$

dimana :

$$\omega = \text{Frekuensi gelombang (rad/s)}$$

$$A = 172,75 \frac{H_s^2}{T_{av}^4}$$

$$B = \frac{691}{T_{av}^4}$$

Spektrum gelombang ( $S_w$ ) yang dihasilkan dari persamaan (3) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden ( $\omega_w$ ) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *ecounterering wave frequency* ( $\omega_e$ ). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan ( $S_e$ ). Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan [1]:

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \quad (4)$$

dimana :

$$\omega_e = \text{Frekuensi gelombang papasan (rad/s)}$$

$$\omega = \text{Frekuensi gelombang (rad/s)}$$

$$V = \text{Kecepatan kapal (m/s)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

## 2.7. Gerak Vertikal (*Vertical Motion*)

*Vertical motion* di setiap titik sepanjang kapal di atas gelombang regular adalah gerakan harmonik sederhana. Gerakan vertikal di Centre of Gravity (CG) di kapal dinotasikan dengan [1]:

$$Z_b = Z + \zeta \sin \theta \quad (5)$$

dimana :

$Z$  = Gerakan *heaving* (m)

$\zeta$  = Jarak antara CG ke titik b pada haluan

$\theta$  = Gerakan *pitching* (rad)

Gerakan vertikal merupakan gerakan disetiap titik sepanjang kapal diatas gelombang regular. Dalam gelombang regular persamaan *heaving* dan *pitching* dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$z = z_a \cos(\omega t + \varepsilon z) \quad (6)$$

$$\theta = \theta_a \cos(\omega t + \varepsilon \theta) \quad (7)$$

dimana :

$\varepsilon z$  = sudut fase gerakan *heaving* terhadap gelombang

$\varepsilon \theta$  = sudut fase gerakan *pitching* terhadap gelombang

Sehingga gerakan vertikal haluan  $Z_b$  dapat dituliskan :

$$z_b = (z_b)_a \cos(\omega t + \varepsilon z) \quad (8)$$

$$Z_b = \sqrt{Z_a^2 + (\xi \theta_a)^2 + 2Z_a \xi \theta_a \cos(\varepsilon \theta)} \quad (9)$$

dimana :

$Z_b$  = gerakan relatif gabungan (m)

$(Z_b)_a$  = amplitudo gerak titik b (m)

$\varepsilon b$  = sudut fase terkait (rad)

## 2.8. Gerak Relatif Haluan

Untuk memprediksi terjadinya *slamming* dilakukan dengan menganalisa gerak relatif pada bagian haluan kapal (*fore peak*) terhadap gelombang. Persamaan dari gerak relatif haluan dapat diketahui pada saat amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang, yaitu [1]:

$$S_b = (S_b)_a \cos \omega t + \varepsilon s \quad (10)$$

$$(S_b)_a = \sqrt{(z_b)_a^2 + (\zeta a)^2 - 2(Z_b)_a \zeta a \cos(ke\xi - \varepsilon b)} \quad (11)$$

dimana :

$(S_b)_a$  = amplitudo gerakan haluan relatif

$(z_b)_a$  = amplitudo gerak titik b (m)

$\zeta a$  = amplitudo gelombang

$k_e$  = angka gelombang efektif

$\varepsilon b$  = sudut fase gerakan haluan vertikal

## 2.9. Perhitungan Slamming

Pertama harus memperhitungkan peluang gerakan vertikal haluan relative lebih besar dari sarat air bagian haluan, atau secara matematis dituliskan [1] :

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0s}}\right) \quad (12)$$

Kedua, peluang kecepatan relatif vertikal haluan lebih besar dari kecepatan ambang batas *slamming* maka digunakan persamaan :

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{th}^2}{2m_{2s}}\right) \quad (13)$$

Dengan demikian peluang terjadinya *slamming* adalah kombinasi dari dua persamaan diatas yaitu :

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) \\ = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{0s}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{2s}}\right) \quad (14)$$

Untuk menganalisa probabilitas *slamming* menggunakan persamaan 13 dan untuk menghitung intensitas *slamming* perdetik menggunakan Persamaan 14.

$$P\{\text{Slamming}\} = \exp^{-y} \\ N_w = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2s}}{m_{0s}}} \times \Pr(\text{Slam}) \quad 1/det \quad (15)$$

dimana :

$$y = T^2/2m_{0s} + V_{cr}/2m_{2s}$$

$N_w$  = Intensitas kejadian *slamming* perdetik

$T$  = Jarak antara dasar haluan ke permukaan air (sarat kapal)

$$V_{cr} = \text{velocity threshold (kecepatan ambang)} \\ = 0,093 (gL)^{1/2}$$

$M_{0r}$  = Luasan dibawah kurva kpektrum respon momen ke-0

$M_{2r}$  = Luasan dibawah kurva kpektrum respon momen ke-2

### 2.10. Kriteria Seakeeping

Hasil perhitungan *seakeeping* harus dievaluasi dengan menyesuaikan standar kriteria *seakeeping* yang ada tergantung dari jenis kapal tersebut. Pada penelitian ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah *Seakeeping Criteria Nordfork 1987* [9].

Tabel 2. Kriteria *Seakeeping Nordforks 1987*

| Description                            | Merchant ships   |
|--|--|
| RMS of vertical acceleration           | 0,275 g ( $L \leq 100$ m)<br>0,050 g ( $L \leq 330$ m) |
| RMS of vertical acceleration at Bridge | 0,15 g   |
| RMS of lateral acceleration of Bridge  | 0,12 g   |
| RMS of Roll                            | 6,0 deg  |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Probability of Slamming | 0,03 ( $L \leq 100$ m)<br>0,01 ( $L \leq 300$ m) |
|-------------------------|--|

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Materi Penelitian

- Data Primer

Berikut data utama ukuran kapal :

|     |   |         |
|-----|---|---------|
| Loa | = | 63,80 m |
| Lpp | = | 57,00 m |
| B   | = | 11,60 m |
| H   | = | 4,5 m   |
| T   | = | 2,9 m   |

- Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literature (jurnal, paten, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

### 3.2. Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh penambahan anti-*slamming bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - type) serta variasi tinggi anti-*slamming* dengan ratio 20 %, 25 %, dan 30 % dari sarat kapal terhadap probabilitas *slamming*. Penelitian ini disimulasikan untuk memperoleh nilai respon probabilitas *slamming* yang paling rendah dan sesuai dengan standar kriteria *Nordfork 1987*.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

- Parameter tetap :
  1. Dimensi properties dari lambung kapal antara lain :
    - a. Length perpendicular (LPP) (m)
    - b. Breadth (B) (m)
    - c. Draft (T) (m)
    - d. Displacement kapal
  2. *Bulbous bow* yang digunakan adalah *bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - type).
  3. Panjang, lebar dan tinggi *bulbous bow*
  4. Panjang anti-*slamming bulbous bow*.
  5. Wave heading 180°
- Parameter peubah
  1. Kecepatan kapal
  2. Sudut masuk yang digunakan adalah sebesar (16,720°), (19,720°), (22,720°), (25,720°), dan (28,720°).
  3. Rasio tinggi anti-*slamming* sebesar 20%, 25%, dan 30% dari sarat kapal.
  4. Tinggi gelombang yang digunakan adalah 1 m dan 4,359 m.

### 3.3. Variasi Bentuk Anti-Slamming Bulbous Bow Tipe Delta ( $\Delta$ - Type)

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk *bulbous bow* adalah korespondensi

satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi bulbous bow adalah parameter linear yang diambil dari Kracht (1978) untuk mendapatkan bentuk tipe delta ( $\Delta$  - type).

Adapun ukuran pada bentuk haluan yang akan digunakan yaitu sebagai berikut:

a) Panjang bulbous bow ( $L_{LPR}$ )

$$L_{LPR} = C_{LPR} \times LPP$$

$$L_{LPR} = 0,018 \times 57 = 1,026 \text{ m}$$

b) Tinggi *Bulbous bow* ( $Z_B$ )

$$Z_B = C_{ZB} \times T$$

$$Z_B = 0,26 \times 2,9 = 0,754 \text{ m}$$

c) Lebar *Bulbous bow* ( $L_{BR}$ )

$$B_B = C_{BB} \times B$$

$$B_B = 0,17 \times 11,6 = 1,972 \text{ m}$$

Kemudian untuk tinggi dan Panjang anti-slaming bulbous bow yang digunakan adalah sebagai berikut :

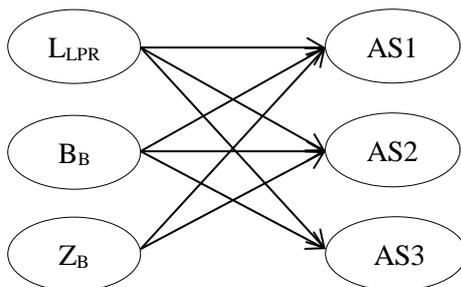
$$AS1 = 20\% \times T = 25\% \times 2,9 = 0,58 \text{ m}$$

$$AS2 = 25\% \times T = 20\% \times 2,9 = 0,725 \text{ m}$$

$$AS3 = 30\% \times T = 15\% \times 2,9 = 0,87 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Anti-Slaming Bulbous Bow } 20\% \times Lwl = 20\% \times 59 = 11,8 \text{ meter.}$$

Setelah mendapatkan parameter variasi bentuk *bulbous bow* dan tinggi *anti-Slaming bulbous bow*, melakukan korespondensi satu satu terhadap parameter yang telah dimiliki.

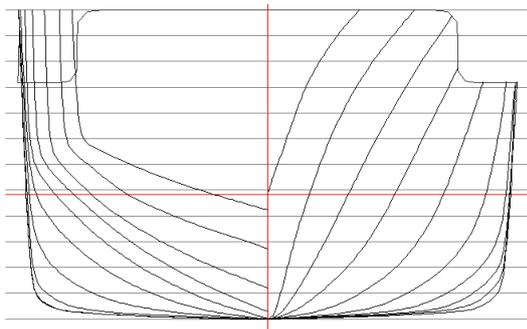


Gambar 5. Diagram Korespondensi Parameter

#### 4. Perhitungan Dan Analisa

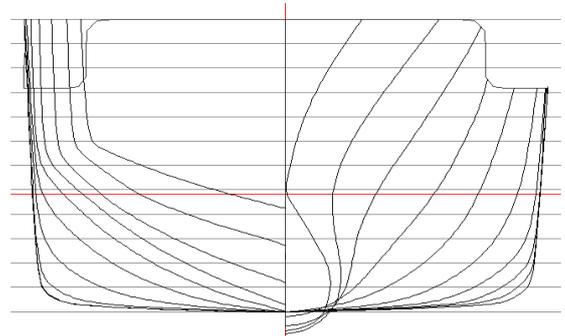
##### 4.1. Pemodelan

Dari data dan linesplan dibuat model badan kapal dengan bantuan *software delftship*.



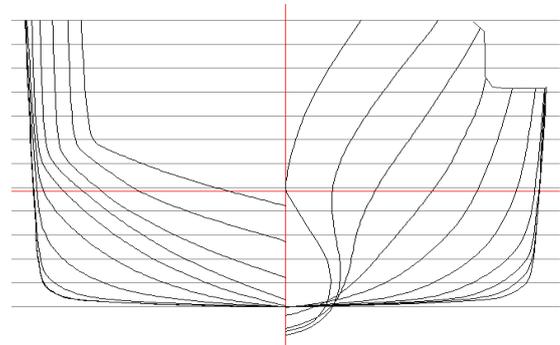
Gambar 6. Model Kapal Existing

Dari hasil pembuatan model kapal perintis dengan *software delftship*, kemudian koordinat haluan kapal diubah sedemikian rupa sehingga menghasilkan bentuk haluan dengan *Anti-slaming bulbous bow*.



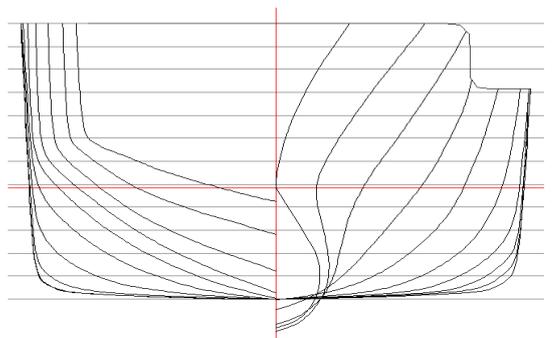
Gambar 7. Model *Bulbous Bow* ASB1

Model *bulbous bow* tipe Delta ini mempunyai nilai rasio  $L_{PR} = 1,026 \text{ m}$  ;  $Z_B = 0,754 \text{ m}$ ; dan Variasi  $B_B = 1,972 \text{ m}$ , serta variasi tinggi anti-slaming = 0,58 dari sarat.



Gambar 8. Model *Bulbous Bow* ASB2

Model *bulbous bow* tipe Delta ini mempunyai nilai rasio  $L_{PR} = 1,026 \text{ m}$  ;  $Z_B = 0,754 \text{ m}$ ; dan Variasi  $B_B = 1,972 \text{ m}$ , serta variasi tinggi anti-slaming = 0,725 dari sarat.



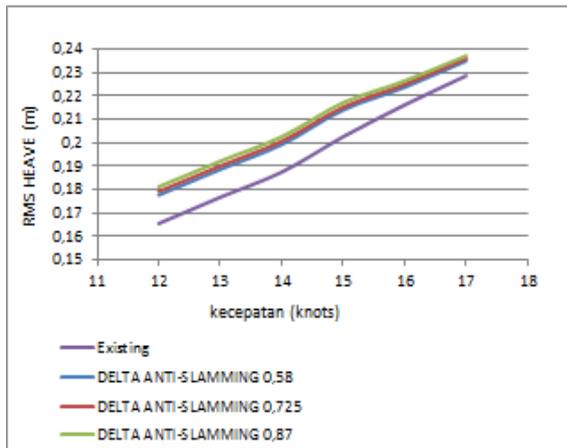
Gambar 9. Model *Bulbous Bow* ASB3

Model *bulbous bow* tipe Delta ini mempunyai nilai rasio  $L_{PR} = 1,026 \text{ m}$  ;  $Z_B = 0,754 \text{ m}$ ; dan Variasi  $B_B = 1,972 \text{ m}$ , serta variasi tinggi anti-slaming = 0,87 dari sarat.

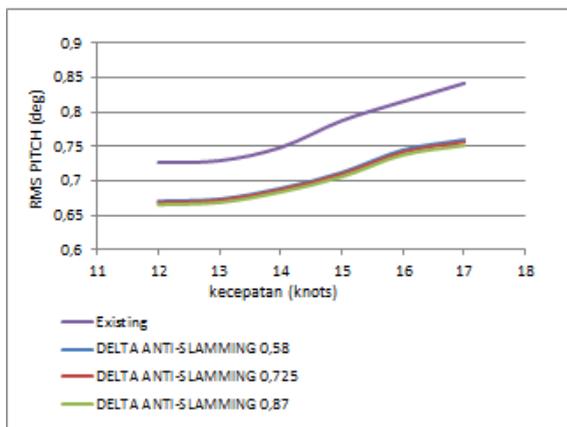
#### 4.2. Konfigurasi Anti-Slamming Bulbous Bow Tipe Delta Pada Variasi Kecepatan

Kapal Perintis yang telah ditambahkan *bulbous bow* tipe  $\Delta$  (Delta type) dengan variasi *anti-slamming* sebesar 0,58; 0,725; dan 0,87 dihitung nilai RAOnya untuk masing-masing gerakan *heaving* dan *pitching*.

Nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode rata-rata gelombang ( $T_{ave}$ ) yang digunakan untuk membentuk spektrum gelombang adalah 1 m/ detik pada kecepatan 12 hingga 17 knot.



Gambar 10. Komparasi RMS *Heaving* pada sudut  $22,72^0$



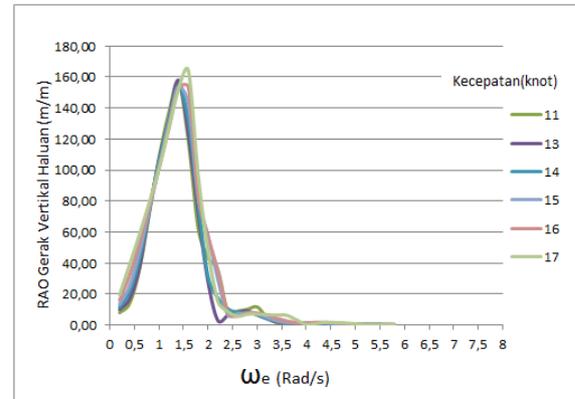
Gambar 11. Komparasi RMS *Pitching* pada sudut  $22,72^0$

Kapal existing mempunyai respon *Heaving* yang lebih baik dibandingkan dengan tiga variasi modifikasi *bulbous* yang ada yaitu bernilai sekitar  $0,14 - 0,16 \text{ m/s}^2$ , sedangkan *bulbous bow* tipe  $\Delta$  (delta) mempunyai respon *Pitching* yang lebih baik dibandingkan dengan model kapal existing, *bulbous bow* tipe  $\nabla$  (nabla) dan tipe  $0$  (elips) yaitu dengan nilai  $0,56 - 0,66 \text{ m/s}^2$ .

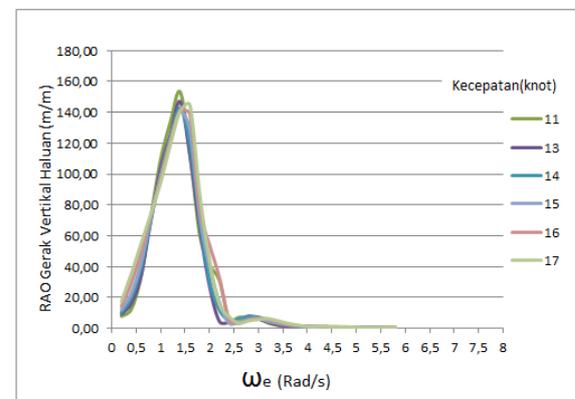
#### 4.3. Gerak Vertikal Haluan

Gerakan vertikal merupakan suatu gerakan

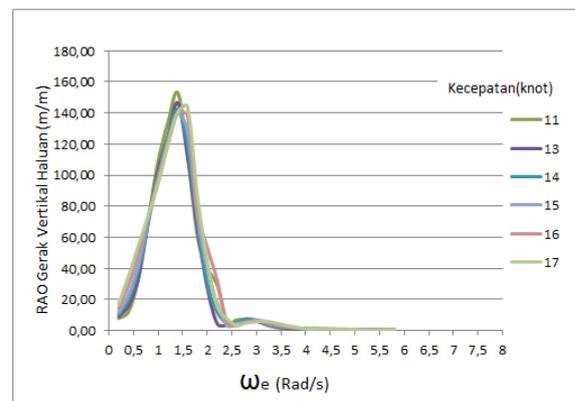
yang terjadi pada setiap titik disepanjang lambung kapal diatas gelombang regular. Untuk mendapatkan kurva gerak vertical haluan dapat di gunakan persamaan (9), dimana gerakan *heave* di kalkulasikan dengan *pitch* serta jarak antara titik CG terhadap haluan kapal, serta tidak lupa pengaruh dari sudut fase *heave* dan *pitch*. RAO gerakan vertikal haluan ( $Z_b$ ) terdapat pada gambar berikut:



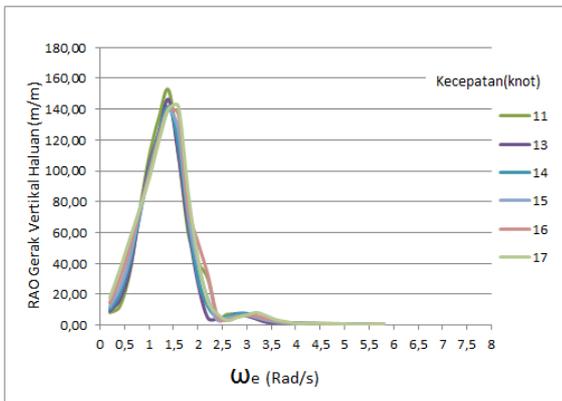
Gambar 12. RAO Gerak Vertikal Haluan Kapal Existing pada sudut  $22,72^0$



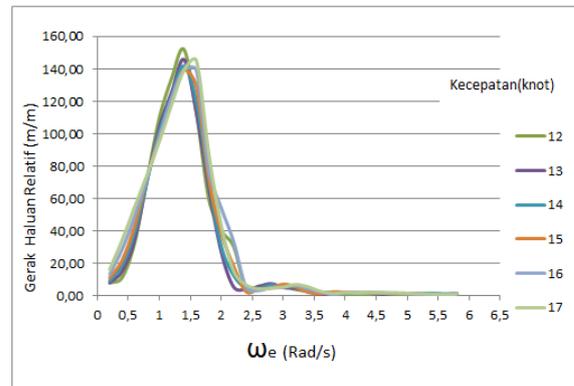
Gambar 13. RAO Gerak Vertikal Haluan *Bulbous Bow* ASB1 pada sudut  $22,72^0$



Gambar 14. RAO Gerak Vertikal Haluan *Bulbous Bow* ASB2 pada sudut  $22,72^0$



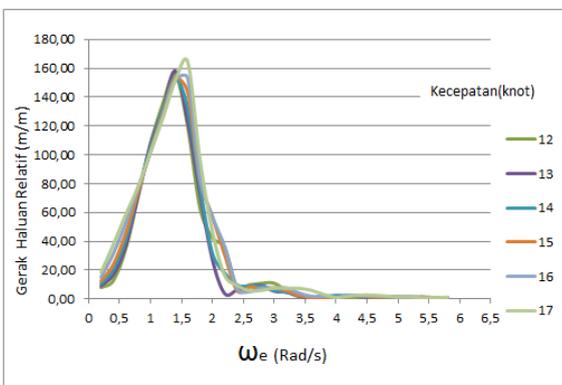
Gambar 15. RAO Gerakan Vertikal Haluan *Bulbous Bow* ASB3 pada sudut  $22,72^0$



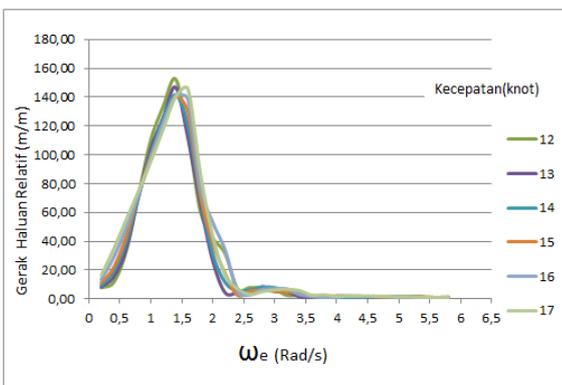
Gambar 18. RAO Gerakan Haluan Relatif *Bulbous Bow* ASB2 pada sudut  $22,72^0$

#### 4.4. Gerak Relatif Haluan

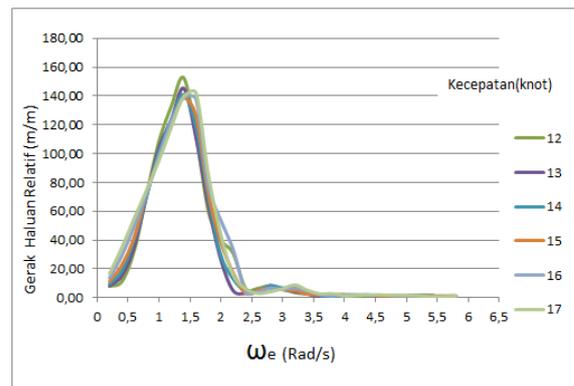
Setelah mendapatkan gerak vertikal di haluan maka untuk tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah mencari nilai relatif dari gerak gerak vertikal haluan tersebut menggunakan persamaan (11), serta mengalkulasikannya dengan sudut fase gerakan tersebut. RAO untuk gerakan haluan relatif ( $S_b$ ) terdapat pada gambar berikut:



Gambar 16. RAO Gerakan Haluan Relatif Kapal *Existing* pada sudut  $22,72^0$



Gambar 17. RAO Gerakan Haluan Relatif *Bulbous Bow* ASB1 pada sudut  $22,72^0$



Gambar 19. RAO Gerakan Haluan Relatif *Bulbous Bow* ASB3 pada sudut  $22,72^0$

#### 4.5. Probabilitas Dan Intensitas *Slamming*

Hasil perhitungan probabilitas dan intensitas *slamming* terdapat pada gambar 20 sampai 24. Model kapal dengan penambahan anti-*slamming bulbous bow* tipe delta ( $\Delta$  - type) dengan rasio tinggi anti-*slamming* sebesar 20%, 25%, dan 30% dari sarat kapal semua memenuhi standar probabilitas *Nordforsk 1987* karena memiliki probabilitas *slamming* dibawah 3% [7].

Untuk mendapatkan intensitas *slamming* selama 1 menit, nilai Intensitas *slamming* per detik ( $N_w$ ) dikali dengan 60 detik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada sudut  $22,72^0$  anti-*slamming bulbous bow* terbaik terdapat pada model *bulbous bow* AS3 dimana dapat mengurangi probabilitas pada kapal existing sebesar 16,5% - 49,2%. Dari hasil analisa diperoleh bahwa besar sudut penyimpangan dapat mempengaruhi besar probabilitas *slamming* yang terjadi,

Tabel 3. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal *existing* pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 1 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit       |
|----------|----------|-------|------------------------|
| 12       | 0,007    | 0,000 | $3,043 \times 10^{-4}$ |
| 13       | 0,009    | 0,000 | $4,094 \times 10^{-4}$ |
| 14       | 0,008    | 0,000 | $3,618 \times 10^{-4}$ |
| 15       | 0,007    | 0,000 | $3,280 \times 10^{-4}$ |
| 16       | 0,009    | 0,000 | $4,048 \times 10^{-4}$ |
| 17       | 0,007    | 0,000 | $2,961 \times 10^{-4}$ |

Tabel 4. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB1 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 1 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit       |
|----------|----------|-------|------------------------|
| 12       | 0,006    | 0,000 | $2,735 \times 10^{-4}$ |
| 13       | 0,005    | 0,000 | $2,447 \times 10^{-4}$ |
| 14       | 0,004    | 0,000 | $1,834 \times 10^{-4}$ |
| 15       | 0,010    | 0,000 | $4,615 \times 10^{-4}$ |
| 16       | 0,005    | 0,000 | $2,132 \times 10^{-4}$ |
| 17       | 0,006    | 0,000 | $2,859 \times 10^{-4}$ |

Tabel 5. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB2 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 1 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit       |
|----------|----------|-------|------------------------|
| 12       | 0,005    | 0,000 | $2,475 \times 10^{-4}$ |
| 13       | 0,004    | 0,000 | $1,663 \times 10^{-4}$ |
| 14       | 0,009    | 0,000 | $4,047 \times 10^{-4}$ |
| 15       | 0,005    | 0,000 | $2,322 \times 10^{-4}$ |
| 16       | 0,005    | 0,000 | $2,164 \times 10^{-4}$ |
| 17       | 0,005    | 0,000 | $2,236 \times 10^{-4}$ |

Tabel 6. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB3 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 1 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit       |
|----------|----------|-------|------------------------|
| 12       | 0,005    | 0,000 | $2,263 \times 10^{-4}$ |
| 13       | 0,006    | 0,000 | $2,659 \times 10^{-4}$ |
| 14       | 0,007    | 0,000 | $3,021 \times 10^{-4}$ |
| 15       | 0,006    | 0,000 | $2,578 \times 10^{-4}$ |
| 16       | 0,004    | 0,000 | $2,050 \times 10^{-4}$ |
| 17       | 0,005    | 0,000 | $2,004 \times 10^{-4}$ |

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada sudut  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 1 meter anti-*slamming bulbous bow* terbaik terdapat pada model *bulbous bow* ASB3.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal *existing* pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 4,359 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit |
|----------|----------|-------|------------------|
| 12       | 2,711    | 0,002 | 0,120            |
| 13       | 1,540    | 0,001 | 0,067            |
| 14       | 1,211    | 0,001 | 0,051            |
| 15       | 2,192    | 0,001 | 0,096            |
| 16       | 0,784    | 0,001 | 0,034            |
| 17       | 1,081    | 0,001 | 0,046            |

Tabel 8. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB1 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 4,359 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit |
|----------|----------|-------|------------------|
| 12       | 1,458    | 0,001 | 0,063            |
| 13       | 1,434    | 0,001 | 0,062            |
| 14       | 1,784    | 0,001 | 0,078            |
| 15       | 1,000    | 0,001 | 0,043            |
| 16       | 1,703    | 0,001 | 0,073            |
| 17       | 0,570    | 0,000 | 0,024            |

Tabel 9. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB2 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 4,359 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit |
|----------|----------|-------|------------------|
| 12       | 0,857    | 0,001 | 0,039            |
| 13       | 1,734    | 0,001 | 0,076            |
| 14       | 0,638    | 0,000 | 0,027            |
| 15       | 1,067    | 0,000 | 0,046            |
| 16       | 1,310    | 0,001 | 0,056            |
| 17       | 0,664    | 0,000 | 0,028            |

Tabel 10. Hasil Perhitungan Probabilitas dan Intensitas *Slamming* kapal model ASB3 pada sudut masuk  $22,72^0$  dan tinggi gelombang 4,359 meter

| V (Knot) | Prob (%) | Nw    | Slamming / Menit |
|----------|----------|-------|------------------|
| 12       | 1,539    | 0,001 | 0,068            |
| 13       | 1,570    | 0,001 | 0,069            |
| 14       | 0,410    | 0,000 | 0,018            |
| 15       | 0,820    | 0,000 | 0,035            |
| 16       | 0,699    | 0,001 | 0,030            |
| 17       | 0,889    | 0,001 | 0,037            |

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada sudut  $22,72^\circ$  anti-slamming bulbous bow terbaik terdapat pada model bulbous bow ASB3.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dengan displacement yang sama, kapal perintis dimodifikasi bentuk haluan dengan variasi tinggi anti-slamming bulbous bow untuk mendapatkan olah gerak dan probabilitas slamming yang lebih baik didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Nilai probabilitas slamming pada kapal yang menggunakan anti-slamming Bulbous bow dengan variasi ratio anti-slamming sebesar 20%, 25%, dan 30% pada setiap sudut masuk memenuhi standar kriteria Nordforsk 1987.
2. Pada sudut  $22,72^\circ$  anti-slamming bulbous bow terbaik terdapat pada model bulbous bow AS3 dimana rasio anti-slamming bulbous bow sebesar 30% terhadap sarat kapal, dengan nilai probabilitas sekitar 0,410 % hingga 1,570 % pada tinggi gelombang 4,359 m. Anti-slamming bulbous bow ini dapat mengurangi probabilitas slamming pada kapal existing sebesar 10,84 % - 66,11 %.
3. Pada tinggi gelombang 4,359 m nilai probabilitas slamming dari model awal sudut  $22,72^\circ$  kecepatan 16 knot sebesar 0,784 % sebagai patokan probabilitas slamming kapal dan dengan dilakukan perubahan sudut menjadi  $16,72^\circ$  kecepatan 16 knot sebesar 1,133% dan dengan perubahan sudut menjadi  $28,72^\circ$  kecepatan 16 knot sebesar 0,988 %.

### 5.2. Saran

Adapun saran penulis untuk penelitian yang lebih lanjut adalah :

1. Melakukan analisa olah gerak dan slamming dengan memvariasikan jenis bulbous bow ellips dan nabla.
2. Melakukan analisa olah gerak dan slamming dengan memvariasikan wave heading (arah datang gelombang).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhattacharyya, R. 1978. *Dynamic of Marine Vehicles*. New York, United State of America.
- [2] Iqbal, M., Rindo, G., Perkapalan, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2016). *Pengaruh Anti-Slamming Bulbous Bow Terhadap Gerakan Slamming Pada Kapal*

*Perintis 200 DWT*, 45–54.

- [3] Perkapalan, G. T. (2011). *Studi pengaruh sudut penyimpangan haluan kapal layar motor tradisional melalui uji model*, 5, 978–979.
- [4] Adi, P., & Amiadji. (2013). *Analisa Penerapan Bulbous Bow pada Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar*. *Pomits*, 3(1), F-13-F-18.
- [5] Azmi, F. F., Chrismianto, D., & Manik, P. (2016). *Analisa Pengaruh Pemasangan Anti-Slamming Bulbous Bow Terhadap Hambatan Total Dan Olah Gerak Kapal Anchor Handling Tug Supply ( Ahts ) Menggunakan Cfd*, 4(2), 362–371.
- [6] Kracht, A. (1978). *Design of Bulbous Bows*. *SNAME Transactions*.
- [7] Ventura, M. (n.d.). *Bulbous Bow Design and Construction*, 1–27.
- [8] Iqbal, M., Rindo, G., Perkapalan, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2015). *Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan kualitas. Kapal*, 12(1), 19–24.
- [9] NORDFORSK (1987) - *Seakeeping Criteria*, 1987. Retrieved from [ftp://docenti.ing.units.it/arc\\_stud/Nabergoj/Temporary/NORDFORSK.pdf](ftp://docenti.ing.units.it/arc_stud/Nabergoj/Temporary/NORDFORSK.pdf)