

# ANALISA PENGARUH ANTI-SLAMMING BULBOUS BOW PADA 60M ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY MP VELOCE DI PERAIRAN LEPAS PANTAI UTARA NATUNA

Hasan Mustofa Amirudin<sup>1</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Email: hasaan.amirudin@gmail.com

## Abstrak

*Slamming* merupakan fenomena *hydrodynamic impact* yang berhubungan dengan perubahan percepatan kapal secara tiba-tiba. Perubahan percepatan yang paling besar terjadi pada haluan dan buritan kapal, yang mana terdapat *acceleration* dan *motion* paling besar. Kapal dapat mengalami *slamming* karena beberapa faktor salah satunya tinggi gelombang, maka dari itu perairan Natuna dianggap tepat sebagai penerapan teknologi *Anti-slamming bulbous bow* kapal karena keadaan perairannya memiliki banyak variasi gelombang. Analisa pengaruh *Anti-slamming bulbous bow* ini diterapkan pada *Anchor Handling Tug Supply* MP. VELOCE melalui beberapa tahapan dari pemodelan kapal. Pemodelan menggunakan model yang sudah ada dan dimodifikasi bentuk *bulbous bow*nya dengan rasio panjang 30% dan 40% serta rasio tinggi 10% dan 20% tanpa mengubah jenis dan koefisien lebar *bulbous bow* tersebut, namun tetap mempertahankan nilai *displacement* dari kapal tersebut, dilanjutkan dengan menganalisa *hydrostatic* sebagai validasi model lalu mencari respon gerakan di gelombang reguler pada software ANSYS AQWA, serta nilai gerak relatif haluan yang nantinya didapat spektrum respon yang selanjutnya di kalkulasikan sehingga didapat nilai *slamming probability*. Untuk nilai *slamming probability* terbesar terjadi pada muatan kosong dengan tinggi gelombang 3 meter yaitu pada model 1 senilai 0,21 dan pada kondisi yang sama telah di analisa bahwa pengaruh anti-slamming *bulbous bow* dapat mengurangi *slamming probability* terutama pada model dengan rasio panjang 40% dan rasio tinggi 20% berkurang menjadi 0,12, dengan pengurangan *slamming probability* 45%, serta dalam pengujian towing tank yang di ujikan model 5 dan model 2 dimana model 5 memiliki hambatan yang lebih besar dan seakeeping yang lebih baik dari model 1.

**Kata kunci** : AHTS, gerak relatif haluan, *slamming probability*

## I. PENDAHULUAN

Tujuan dari pembangunan sebuah kapal adalah untuk dapat melaksanakan misinya di laut dengan baik, misalnya dapat mengangkut penumpang dan barang secara aman dan nyaman, dapat mengfungsikan peralatan persenjataan dan instrumen dengan sukses dan lain sebagainya. Untuk dapat melaksanakan misinya secara sukses, maka harus dipenuhi beberapa karakteristik pokok antara lain kapal harus stabil, berlayar dengan kecepatan yang diinginkan, dapat melakukan manuver dengan baik, cukup kuat bertahan diatas gelombang ganas dan tekanan gelombang.

Oleh karena itu dalam tahapan perencanaan yang melibatkan bidang hidrodinamika tidak cukup hanya bidang ship powering dan manuvering yang mengandalkan teori hidrostatis diperairan tenang untuk diperhatikan, namun seakeeping pada kondisi bergelombang sangat penting pula untuk dipertimbangkan. Gelombang yang

merupakan faktor utama terjadinya gerakan kapal dilaut sangat mempengaruhi unjuk kerja kapal dan kesuksesan dalam melaksanakan misinya. Celakanya dalam pemilihan elemen kapal masih ada perencana kapal yang hanya didasarkan pada kondisi air tenang tanpa banyak mempertimbangkan faktor kondisi gelombang dan misi yang akan dilakukan oleh kapal. Pada saat kapal sedang berlayar di atas gelombang, maka kapal akan bergerak dan struktur lambung akan menerima beban dinamis yang berubah-ubah menurut waktu. Jika kondisi gerakan-gerakan atau beban yang terjadi terlalu besar, salah satu efek penyebab rusaknya struktur lambung adalah efek *slamming*.

*Slamming* merupakan fenomena *hydrodynamic impact* yang berhubungan dengan perubahan percepatan kapal secara tiba-tiba. Perubahan percepatan yang paling besar terjadi pada haluan dan buritan kapal, yang mana terdapat *acceleration* dan *motion*

paling besar. Kapal dapat mengalami slamming karena beberapa faktor salah satunya tinggi gelombang, maka dari itu agar lebih efektif perairan Natuna dianggap tepat sebagai penerapan teknologi *Anti-slamming bulbous bow* kapal karena variasi gelombang. Meninjau kembali perairan natuna, perairan natuna adalah perairan yang memiliki cadangan minyak bumi terbesar di kawasan Asia Pasifik bahkan di Dunia. Hal ini merujuk pada salah satu ladang gas yang terletak 225 kilometer (km) sebelah utara Natuna, hal ini dibuktikan dengan banyaknya sumur pengeboran minyak milik perusahaan besar dunia seperti Conoco Philips Indonesia, Exxon Mobile Indonesia, Star Energy, Australia Worldwide Exploration Ltd, dan masih banyak lainnya yang memiliki sumur pengeboran minyak dan gas di kawasan natuna.

Berdasarkan beberapa data diatas mengenai karakteristik wilayah serta banyaknya sumur pengeboran minyak dan gas di perairan natuna bisa dipastikan penggunaan Supply vessel sangat dibutuhkan di perairan ini karena perannya dalam menangani jangkar serta mengantar pasokan kebutuhan dari dan menuju pengeboran lepas pantai, dan menilik kembali keadaan gelombang penerapan *Anti-slamming bulbous bow* pada Supply vessel akan sangat tepat karena efek dari slamming yang begitu merugikan bagi penumpang kapal maupun bawanya karena dengan terjadinya slamming, kerusakan struktur lambung, kecepatan kapal tidak sesuai, barang pasokan saat menuju rig jadi tidak aman saat dibawa, serta kenyamanan awak kapal serta penumpang yang terganggu.

Sebagai akademisi Naval Architecture ingin mengetahui efek dari *Anti-slamming bulbous bow* pada Supply vessel diperairan utara natuna maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan: “Analisa Pengaruh *Anti-slamming bulbous bow* pada 60m Anchor Handling tug Supply MP VELOCE di Perairan Lepas Pantai Utara Natuna”.

Harapannya dengan hasil dari analisa *Anti-slamming bulbous bow* ini dapat mengetahui pengaruh *Anti-slamming bulbous bow* pada Supply vessel ini dan bisa diterapkan pada kapal kapal yang bekerja di lepas pantai utara Natuna. bentuk kapal tersebut akan berpengaruh pada tahanan kapal, hydrostatic, stabilitas kapal, dan olah gerak kapal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Karakteristik Anchor Handling Tug Supply

Anchor Handling Tug Supply merupakan jenis kapal yang di fungsikan pada *offshore* dalam menangani rig/berge, yang mengatur penempatan jangkar-jangkar pengaman posisi bagi rig/berge tersebut. Di beberapa kasus AHTS vessel juga difungsikan sebagai kapal penyelamat darurat atau *Emergency Rescue and Recovery Vessel (ERRV)*, dari segi sistem AHTS vessel dilengkapi dengan *double winches* (derek) sebagai penarik dan penanganan jangkar, juga memiliki buritan terbuka yang dilengkapi dengan roller yang memungkinkan untuk penarikan dan menempatkan jangkar ke deck.

### 2.2. Wilayah Natuna

Secara astronomis, Kabupaten Natuna terletak pada titik koordinat 1016' – 7019' LU dan 105000' – 110000' BT. Kepulauan Natuna memiliki cadangan minyak bumidan gas alam terbesar di kawasan Asia Pasifik bahkan di Dunia. Natuna memiliki cadangan minyak bumi dan gas alam terbesar di kawasan Asia Pasifik Hal ini merujuk pada salah satu ladang minyak dan gas yang terletak 225 kilometer (km) sebelah utara Natuna. Kurang lebih tersimpan cadangan minyak bumi dengan volume sebesar 222 triliun kaki kubik (TCT). Selain itu, gas hidrokarbon yang bisa ditambang mencapai 46 TCT. Penelitian ini menggunakan data tinggi gelombang sesuai perairan Natuna.

### 2.3. Karakteristik *Bulbous bow*

*Bulbous bow* adalah tonjolan berbentuk bola yang terletak pada *stern* (bagian depan) dari sebuah kapal hanya pada bagian dibawah garis air. Memodifikasi bentuk haluan dengan cara aliran air disekitar lambung, mengurangi gesekan dan dengan demikian meningkatkan kecepatan, rentang, efisiensi penuh, dan stabilitas. Kapal besar dengan *bulbous bow* umumnya memiliki sekitar 12-15% lebih efisien dari kapal tanpa *bulbous bow*.

Klasifikasi *Bow* yang digunakan merupakan bentuk modifikasi dimana bentuk *bow* normal yang kemudian dibentuk menjadi *bulbous bow*

yang spesial. Dengan melihat sejauh mana perubahan *bow* yang dimodifikasi menjadi anti-slamming bow dari sisi efisiensi dalam menghadapi proses *slamming*.

*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 daripada terjadinya *slamming*. *Anti-slamming bulbous bow* memiliki bentuk yang berbeda dari bentuk *bulbous* kapal pada umumnya, yaitu *bulbous* memiliki tonjolan pada bagian *baseline* kapal di haluan yang bertujuan apabila terjadinya *slamming* bagian dibawah *baseline* ini diharapkan masih tertinggal dibawah air sehingga bantingan yang terjadi akibat gelombang tidak serta merta menekan bagian *bottom* kapal yang tidak memiliki tonjolan tersebut.

#### 2.4. Gelombang reguler

Respon gerakan kapal terhadap gelombang reguler dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu. Metode untuk menghitung nilai RAO pada penelitian ini menggunakan *Strip Theory*.

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

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

#### 2.5. 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 ( $T_{av}$ ) . (Iqbal dan Good, 2015).

$$S_{ITTC}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right) \quad [2]$$

dimana :

$$\begin{aligned} \omega &= \text{Frekuensi gelombang (rad/s)} \\ A &= 172,75 \frac{H_s^2}{T_{av}^4} \\ B &= \frac{691}{T_{av}^4} \end{aligned}$$

Spektrum gelombang ( $S_w$ ) yang dihasilkan dari persamaan (4) 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 *ecountering wave frequency* ( $\omega_e$ ). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spectrum gelombang papasan ( $S_e$ ). Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan :

$$\omega_e = \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \quad [3]$$

dimana :

$$\begin{aligned} \omega_e &= \text{Frekuensi gelombang papasan (rad/s)} \\ \omega &= \text{Frekuensi gelombang (rad/s)} \\ V &= \text{Kecepatan kapal (m/s)} \\ g &= \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

#### 2.6. Gerakan vertical haluan (*Bow motion*)

*Slamming* adalah suatu peristiwa yang terjadi akibat gerakan vertical kapal dan dalam kondisi gerakan yang ekstrim dapat menyebabkan haluan kapal keluar dari permukaan air dan proses *slamming* terjadi pada saat haluan kapal menyentuh permukaan air kembali. Kecepatan jatuhnya haluan kapal ke permukaan gelombang yang relatif besar dapat menyebabkan kerusakan pada struktur kapal dan sangat berpengaruh pada keselamatan operasi serta kekuatan struktur kapal. Kerusakan yang sering terjadi akibat proses *slamming* adalah terjadinya patahan struktur kapal. *Slamming* sering terjadi di daerah daerah yang mempunyai gelombang besar.

*Slamming* akan terjadi jika 2 (dua) syarat terpenuhi:

- Dasar haluan naik melewati (emerge) gelombang atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan.
- Kecepatan relatif vertikal pada sisi haluan mempunyai harga kecepatan ambang batas *Slamming* atau *Threshold Velocity*.

Yang menjadi catatan penting adalah *Slamming* hanya akan terjadi pada saat dasar haluan masuk kembali ke permukaan air atau gelombang dengan kecepatan tertentu. Bilamana kecepatan terlalu rendah maka haluan hanya dapat dikatakan mencelup kemblu kedalam air, sehingga efek *Slamming* tidak akan terasa dan berakibat pada struktur

kapal. Slamming sangat erat kaitannya dengan vertical motion

Vertical motion adalah gerakan harmoni sederhana. Gerakan vertical di Centre of Gravity (CG) dikapal dinotasikan dengan:

$$z_b = z \zeta + \sin \theta$$

dimana

$$z = \text{heaving motion}$$

$$\zeta = \text{jarak titik ke CG kapal}$$

gerakan vertical merupakan gerakan disetiap titik sepanjang kapal diatas gelombang regular. Dalam gelombang regular persamaan heaving pitching dinyatakan dalam bentuk persamaan (1) dan (2) sebagai berikut:

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

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

dimana

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

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

sehingga gerakan vertical haluan  $Z_b$  dapat dituliskan :

$$Z_b = (Z_b)_a \cos(\omega_e t + \varepsilon_b)$$

$$(Z_b)_a = \sqrt{z_a^2 + (\zeta \theta_a)^2 + 2Z_a \zeta \theta_a \cos(\varepsilon z - \varepsilon \theta)} \quad [4]$$

Dimana :

$Z_b$  = gerakan relatif gabungan (m)

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

$\varepsilon_b$  = sudut fase terkait (rad)

## 2.7. Gerak relatif vertical haluan (*Relative Bow Motion*)

Penelitian tentang gerak relatif haluan adalah salah satu hal yang menarik dalam *seakeeping* pada kapal dikarenakan dapat diprediksi terjadinya *greenwater on deck*. Gerakan ini ditentukan dari jarak vertical antara permukaan gelombang pada satu titik baik pada buritan maupun pada haluan dengan garis air pada area yang sama. Ketika amplitudo dan sudut fase dari gerakan *heaving* dan *pitching* diketahui hubungannya dengan permukaan gelombang maka gerak relatif haluan vertical dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(Z_{br})_a = \sqrt{(z_b)_a^2 + (\zeta a)^2 - 2(Z_b)_a \zeta a \cos(ke \zeta - \varepsilon b)} \quad [5]$$

Dimana :

$(Z_{br})_a$  = 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 vertical

## 2.8. Perhitungan slamming

pertama harus memperhitungkan peluang gerakan vertical haluan relative lebih besar dari sarat air bagian haluan, atau secara matematis dituliskan :

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_o v_{br}}\right)$$

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

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{th}^2}{2m_o v_{br}}\right)$$

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

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_o Z_{br}} - \frac{V_{th}^2}{2m_o v_{br}}\right) \quad [6]$$

## 2.9. 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 standar kriteria umum.

**Tabel 1.** Tabel hydrostatic tiap model variasi

| General Capability Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK 1987) |                |             |                  |         |
|---|----------------|-------------|------------------|---------|
| Description   | Merchant ships | Navy Vessel | Fast Small Craft |         |
| RMS of Vertical Acceleration at FP  | 0,275 (L≤100m) | g           | 0,275 g          | 0,65 g  |
|   | 0,050 (L≥330m) | g           |                  |         |
| RMS of Vertical Acceleration at Bridge                                      | 0,15 g         |             | 0,20 g           | 0,275 g |
| RMS of latera Acceleration at Bridge  | 0,12 g         |             | 0,10 g           | 0,10 g  |
| RMS of Roll   | 6,0 deg        |             | 4,0 deg          | 4,0 deg |
| Probabilità of slamming   | 0,03 (L≤100m)  | g           | 0,03             | 0,03    |
|   | 0,01 (L≥300m)  | g           |                  |         |
| Probabilità wetness   | deck 0,05      |             | 0,05             | 0,05    |

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1. Materi Penelitian

#### • Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil survei lapangan di salah satu galangan di Indonesia. Berikut data utama ukuran kapal :

$$\begin{aligned} \text{Length ove all (LOA)} &: 60,00 \text{ m} \\ \text{Breadth (B)} &: 16,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Depth : 6,00 m  
 Draft (T) : 4,80 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 peluang yang ditimbulkan oleh proses slamming dari variasi bentuk haluan atau *bulbous bow* dengan *Anti-slamming bulbous bow*.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

❖ Parameter tetap :

Dimensi properties dari lambung kapal antara lain,

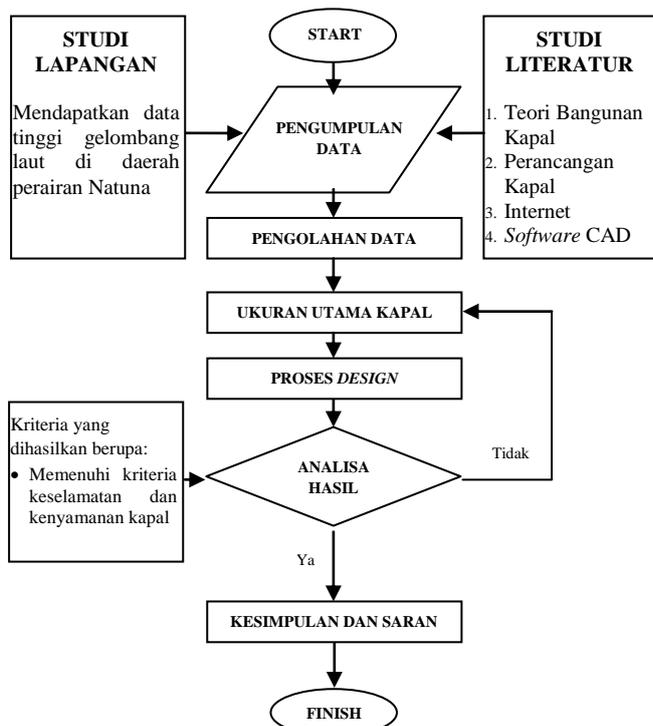
1. Length water line (LLW) (m)
2. Breadth (B) (m)
3. Draft (T) (m)

❖ Parameter peubah

1. Draft kapal
2. Bentuk haluan atau *bulbous bow*
3. *Coeficient Block (Cb)*

**3.3. Diagram Alir Penelitian**

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

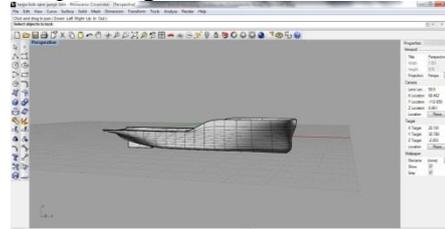


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**4. Perhitungan dan Analisa**

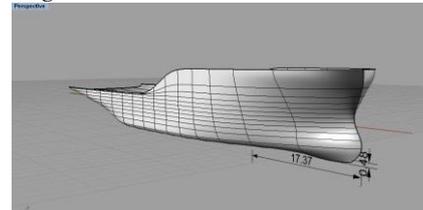
**4.1. Pemodelan**

Dari data ukuran utama dibuat model badan kapal dengan bantuan *rhinoceros 4.0*.



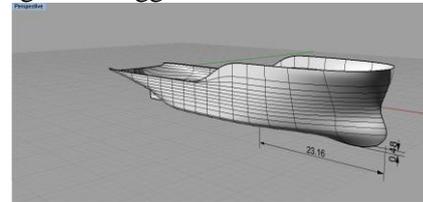
Gambar 2. Model AHTS tanpa *anti-slamming bulbousbow*

Dari hasil pembuatan model AHTS dengan *rhinoceros 4.0*, kemudian koordinat pada haluan kapal di ubah sedemikian rupa sehingga menghasilkan bentuk haluan baru yang digunakan sebagai bentuk model dengan *Anti-slamming bulbous bow*.



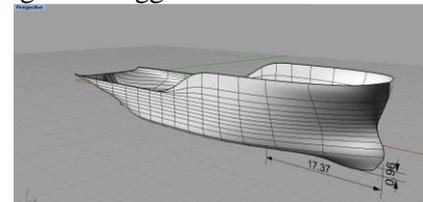
Gambar 3. Model 2 AHTS.

Model 2 merupakan mode dengan *anti-slamming bulbous bow* dengan rasio panjang 30% tinggi 10%.



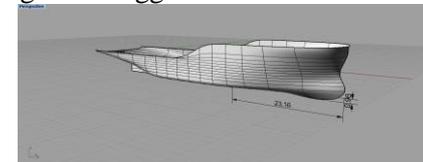
Gambar 4. Model 3 AHTS

Model 3 merupakan mode dengan *anti-slamming bulbous bow* dengan rasio panjang 40% tinggi 10%



Gambar 5. Model 4 AHTS

Model 4 merupakan mode dengan *anti-slamming bulbous bow* dengan rasio panjang 30% tinggi 20%.



**Gambar 6.** Model 5 AHTS

Model 5 merupakan mode dengan anti-slamming bulbous bow dengan rasio panjang 40% tinggi 20%.

**4.2. Analisa karakteristik hidrostatik kapal**

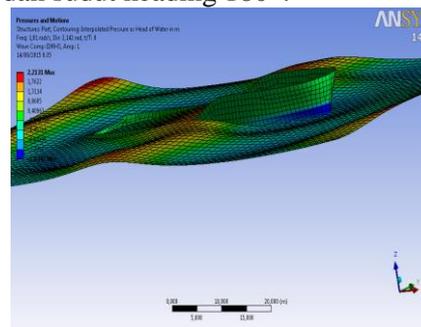
Dilakukan dengan menggunakan Software *Maxsurf* dengan cara *Data* → *Calculate Hydrostatic*. Lakukan hal tersebut pada setiap model yang telah dibuat. Tabel ini menyajikan semua karakteristik dari model seperti *displacement, volume, draft to baseline, lwl*, dan lain-lain. Berikut adalah tabel dari I tiap model dengan penamaan model 2 yaitu Pemodelan AHTS dengan rasio panjang 30% serta variabel rasio tinggi 10%. model 2 yaitu Pemodelan AHTS dengan rasio panjang 40% serta variabel rasio tinggi 10%. model 1 yaitu Pemodelan AHTS dengan rasio panjang 30% serta variabel rasio tinggi 20%. model 1 yaitu Pemodelan AHTS dengan rasio panjang 40% serta variabel rasio tinggi 20%.

**Tabel 2** Tabel hidrostatik.

|                                  | mod el 1 | mod el 2 | mod el 3 | mod el 4 | mod el 5 | unit           |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| Displacement                     | 2999     | 2998     | 2998     | 2998     | 2998     | t              |
| Volume (displaced)               | 2926     | 2924     | 2925     | 2925     | 2924     | m <sup>3</sup> |
| Draft Amidships                  | 4.8      | 5.28     | 5.28     | 5.76     | 5.76     | m              |
| WL Length                        | 57.9     | 57.9     | 57.9     | 57.9     | 57.9     | m              |
| Beam max extents on WL           | 16       | 16       | 16       | 16       | 16       | m              |
| Wetted Area                      | 1125     | 1136     | 1136     | 1138     | 1136     | m <sup>2</sup> |
| Max sect. area                   | 70.1     | 70.1     | 70.0     | 70.1     | 70.1     | m <sup>2</sup> |
| Waterpl. Area                    | 798      | 795      | 795      | 794      | 793      | m <sup>2</sup> |
| Prismatic coeff. (Cp)            | 0.72     | 0.72     | 0.72     | 0.72     | 0.72     |                |
| Block coeff. (Cb)                | 0.65     | 0.60     | 0.60     | 0.56     | 0.56     |                |
| Max Sect. area coeff. (Cm)       | 0.91     | 0.91     | 0.91     | 0.91     | 0.91     |                |
| Waterpl. area coeff. (Cwp)       | 0.86     | 0.85     | 0.85     | 0.85     | 0.85     |                |
| LCB length                       | 26.3     | 26.3     | 26.3     | 26.4     | 26.5     | m              |
| LCF length                       | 23.8     | 23.6     | 23.6     | 23.6     | 23.7     | m              |
| LCB %                            | 45.4     | 45.4     | 45.4     | 45.6     | 45.7     | Lwl %          |
| LCF %                            | 41.1     | 40.8     | 40.8     | 40.8     | 40.8     | Lwl %          |
| KB                               | 2.74     | 3.21     | 3.21     | 3.59     | 3.58     | m              |
| BMt                              | 5.11     | 5.11     | 5.11     | 5.11     | 5.10     | m              |
| BML                              | 59.9     | 59.2     | 59.2     | 59.1     | 58.9     | m              |
| KMt                              | 7.86     | 8.33     | 8.33     | 8.70     | 8.68     | m              |
| KML                              | 62.7     | 62.4     | 62.4     | 62.7     | 62.5     | m              |
| Immersion (TPc)                  | 8.18     | 8.15     | 8.15     | 8.14     | 8.13     | tonne/cm       |
| Beam:Draft ratio                 | 3.33     | 3.05     | 3.05     | 2.85     | 2.85     |                |
| Length:Vol <sup>0.33</sup> ratio | 4.04     | 4.05     | 4.05     | 4.05     | 4.05     |                |
| Precision                        | Medi um  | 69 statio      |

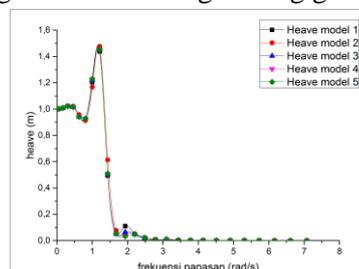
**4.3. Analisa Respon gerak di gelombang reguler**

Analisa respon gerak AHTS dilakukan pada dua jenis gerakan yaitu heave dan pitch pada softwear ANSYS AQWA dengan validasi yaitu BENTLEY MAXSURF SEAKEEPER, dengan dua variasi sarat yaitu sarat muatan penuh 4,8 meter dan sarat muatan kosong 2,4 meter dengan masing masing kecepatan 12,5 knot dan sudut heading 180°.



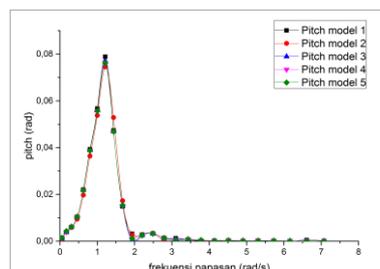
**Gambar 8.** Proses analisa *motion* kapal pada *softwear* ANSYS AQWA.

Gambar diatas merupakan tampilan models saat di analisa pada softwear ANSYS AQWA. berikut grafik dari masing masing gerakan.



**Gambar 9.** RAO heave sarat penuh

Gambar no.8 merupakan kurva respon heaving kapal terhadap gelombang reguler dengan frekuensi tertentu. Sedangkan untuk gambar no. 9 adalah kurva respons gerakan pitch kapal terhadap gelombang dengan frekuensi tertentu.



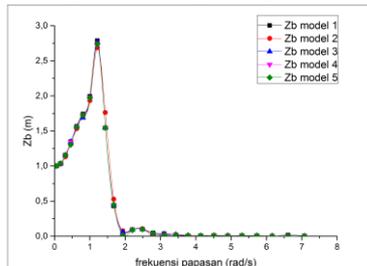
**Gambar 10.** RAO pitch sarat penuh

Karakteristik gerak AHTS dipengaruhi oleh kecepatan, tinggi sarat dan arah

gelombang. Hasil analisa RAO diatas dapat ditentukan bahwa untuk sarat 4,8 meter gerakan heave terbesar terjadi pada model 1 dengan nilai heave 1,4783 m/m pada frekuensi 1,2134 rad/s, dan nilai pitch terbesar terjadi pada model basic dengan nilai pitch 0,0789 rad/m pada frekuensi 1,2134 rad/s. Sedangkan untuk sarat muatan 2,4 meter nilai heave terbesar terjadi pada model 4 dengan nilai 1,0516 m/m pada frekuensi 1,2134 rad/s dan nilai pitch terbesar terjadi pada 0,0778 rad/m pada frekuensi 1,4375 rad/s.

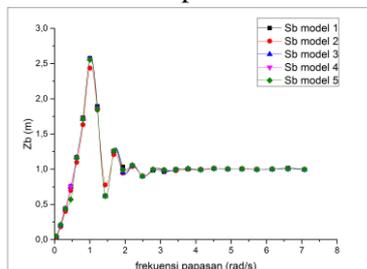
#### 4.4. Analisa gerak relatif vertical haluan

Sebelum mencari gerak relatif vertical haluan, terlebih dahulu mencari nilai gerak vertical haluan (Zb) atau absolute vertical motion. Setelah didapatkan Zb barulah dapat ditentukan nilai dari *Relative bow motion* (Sb), untuk itu dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 11. Absolute vertical bow motion sarat penuh

Untuk mendapatkan kurva gerak vertical haluan dapat di gunakan persamaan [4], 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.

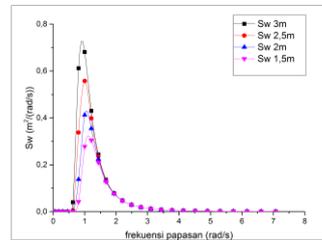


Gambar 12. Absolute vertical bow motion sarat Penuh

Setelah kita mendapatkan gerak vertikal di haluan maka untuk tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah mencari nilai relatif dari gerak gerak vertical haluan tersebut menggunakan persamaan [5], serta mengkalkulasikannya dengan sudut fase gerakan tersebut.

#### 4.5. Analisa Spektrum Gelombang

Respon gerak AHTS pada gelombang acak dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respons gerakan. Pada penelitian ini spektrum gelombang yang digunakan adalah Spektrum ITTC

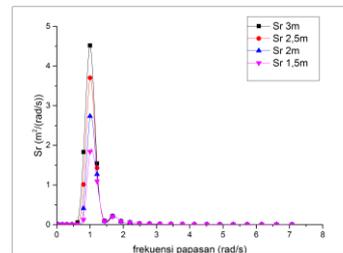


Gambar 13. Grafik Spektrum Gelombang ITTC sesuai Perairan

Nilai Spektrum gelombang ITTC dapat di peroleh dengan menggunakan persamaan [2], dan dengan variasi tinggi gelombang sesuai perairan lepas pantai utara Natuna, tinggi gelombang yang di dapat lalu di cari nilai periodenya pada tabel *sea state*.

#### 4.6. Analisa Respon di gelombang acak.

Spektrum respon dari AHTS pada gelombang acak didapatkan dengan mengkalkulasikan antara RAO dengan spektrum gelombang. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 14. Grafik Spektrum respon

Gambar diatas merupakan gambar dari grafik spektrum respon model kapal tanpa bulb dengan nilai amplitudo terbesar 4,5187 yaitu pada frekuensi 1,0021 rad/s.

#### 4.7. Analisa slamming Probability

Slamming probability dapat di peroleh berdasarkan sarat yang tercelup terhadap tinggi gelombang, dan kecepatan relatif haluan terhadap kecepatan haluan saat tercelup.

Tabel 3. Tabel probability slamming

| model 1                          |              | model 2                           |              |
|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| probability Slamming sarat penuh | probabilit y | probability Slamming sarat kosong | probab ility |
| hs                               |              | hs                                |              |

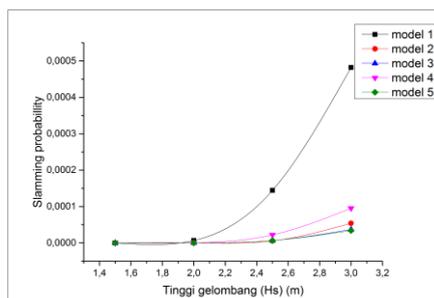
|     |           |     |      |
|-----|-----------|-----|------|
| 1.5 | 4.13 E-08 | 1.5 | 0.07 |
| 2   | 6.76 E-06 | 2   | 0.10 |
| 2.5 | 1.44 E-04 | 2.5 | 0.19 |
| 3   | 4.81 E-04 | 3   | 0.22 |

| model 2                          |              |                                   |              |
|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| probability Slamming sarat penuh |              | probability Slamming sarat kosong |              |
| hs                               | probabilit y | hs                                | probab ility |
| 1.5                              | 3.97 E-11    | 1.5                               | 0.05         |
| 2                                | 1.89 E-07    | 2                                 | 0.09         |
| 2.5                              | 5.72 E-06    | 2.5                               | 0.14         |
| 3                                | 5.41 E-05    | 3                                 | 0.18         |

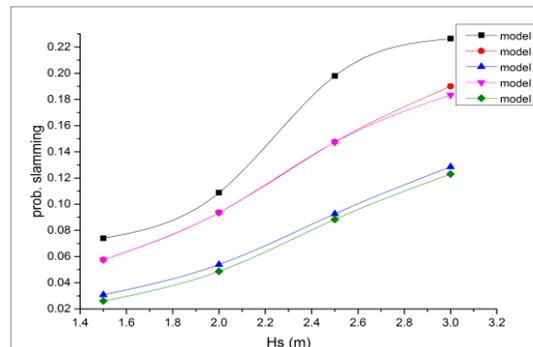
| model 3                          |              |                                   |              |
|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| probability Slamming sarat penuh |              | probability Slamming sarat kosong |              |
| hs                               | probabilit y | hs                                | probab ility |
| 1.5                              | 4.48 E-09    | 1.5                               | 0.05         |
| 2                                | 3.36 E-07    | 2                                 | 0.09         |
| 2.5                              | 2.20 E-05    | 2.5                               | 0.14         |
| 3                                | 9.54 E-05    | 3                                 | 0.18         |

| model 4                          |              |                                   |              |
|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| probability Slamming sarat penuh |              | probability Slamming sarat kosong |              |
| hs                               | probabilit y | hs                                | probab ility |
| 1.5                              | 2.40 E-11    | 1.5                               | 0.03         |
| 2                                | 1.98 E-08    | 2                                 | 0.05         |
| 2.5                              | 4.55 E-06    | 2.5                               | 0.09         |
| 3                                | 2.68 E-05    | 3                                 | 0.12         |

| model 5                          |              |                                   |              |
|----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|
| probability Slamming sarat penuh |              | probability Slamming sarat kosong |              |
| hs                               | probabilit y | hs                                | probab ility |
| 1.5                              | 4.86 E-11    | 1.5                               | 0.02         |
| 2                                | 5.82 E-08    | 2                                 | 0.04         |
| 2.5                              | 4.55 E-06    | 2.5                               | 0.08         |
| 3                                | 2.45 E-05    | 3                                 | 0.12         |



Gambar 15. Grafik Slamming Probability sarat penuh



Gambar 16. Grafik Slamming Probability sarat kosong

Grafik diatas merupakan grafik *slamming probability*, dimana *probability* dimana model terbaik yaitu model 5, dengan probabilitiy terkecil saat muatan kosong yaitu pada tinggi gelombang 1,5 meter senilai 0,02, pada gelombang 2 meter senilai 0,04, pada gelombang 2,5 meter senilai 0,08 dan pada gelombang 3 meter memiliki nilai 0,12.

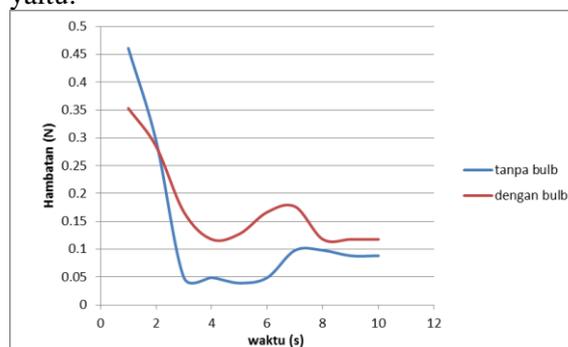
#### 4.8. Analisa hambatan dengan uji *towing tank*.

Pada pengujian *towing tank* model yang di pakai merupakan model dengan *probability slamming* terkecil yaitu dengan variasi panjang anti slamming 40% dan tinggi 20% sebagai pembanding dengan model basic dengan masing masing skala 1:100.



Gambar 17. Proses pengambilan data saat pengujian *towing tank*.

Dengan hasil pengujian dari kedua model yaitu:

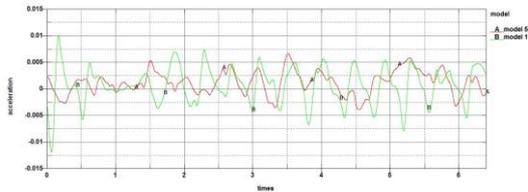


Gambar 18. Grafik diatas merupakan tahan kapal berdasarkan waktu.

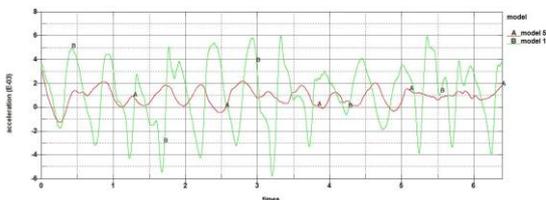
- Dengan hambatan total untuk model basic senilai 0,08 N sedangkan untuk model dengan *anti-slamming bulbous bow* rasio panjang 40% dan tinggi 20% senilai 0,01 N.

#### 4.9. Analisa hambatan dengan uji *towing tank*.

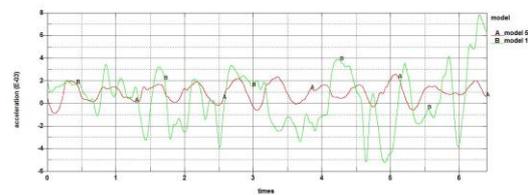
Dalam pengujian *towing tank* pada laboratorium hidrodinamika teknik perkapalan universitas diponegoro inididapat data seperti di bawah ini:



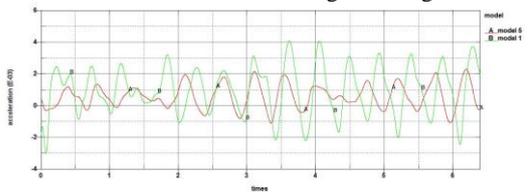
Grafik 17. Grafik heave keadaan gelombang rough.



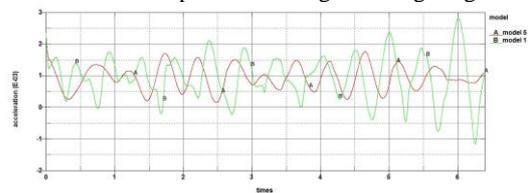
Grafik 18. Grafik heave keadaan gelombang moderate..



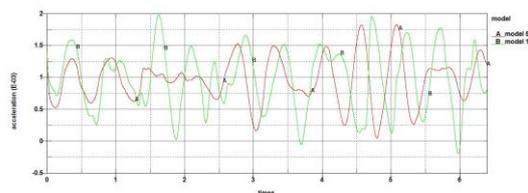
Grafik 19. Grafik heave keadaan gelombang calm.



Grafik 20. Grafik pitch keadaan gelombang rough.



Grafik 21. Grafik pitch keadaan gelombang moderate.



Grafik 22. Grafik pitch keadaan gelombang calm.

Dari grafik sebelumnya makan dapat dilihat bahwa nilai akselerasi model 5 memiliki nilai yang lebih kecil dari model 1.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah di lakukan pengaruh *anti-slamming bulb* nilai *probabilitas Slamming* didapat bahwa:

1. Model dengan nilai probability terkecil yaitu model 5, dengan variasi panjang bulb 40% LWL dan variasi tinggi *anti-slamming* 20% dari sarat, dikarenakan saat kondisi muatan penuh memiliki nilai *probability slamming* nyaris mendekati 0 (nol) dan pada kondisi muatan kosong pada ketinggian gelombang 1,5 meter memiliki nilai *probability slamming* 0,02, pada ketinggian gelombang 2 meter memiliki nilai *probability slamming* 0,04, pada tinggi gelombang 2,5 meter memiliki nilai *probability slamming* 0,08 dan pada gelombang 3 meter memiliki nilai *probability slamming* 0,12.
2. Pada pengujian *towing tank* untuk hambatan model yang di pakai merupakan model dengan *probability slamming* terkecil yaitu dengan variasi panjang anti slamming 40% dan tinggi 20% sebagai pembandingan dengan model basic dengan masing masing skala 1:100. Didapat nilai hambatan total untuk model 1 senilai 0,08 N sedangkan untuk model dengan *anti-slamming bulbous bow* rasio panjang 40% dan tinggi 20% senilai 0,11 N. Sedangkan untuk pengujian olah gerak dapat ditentukan bahwa model 5 yaitu model memiliki anti-slamming bulb memiliki respon gerak lebih baik dari pada model 1 yang tidak diterapkan anti-slaming bulbous bow, karena dari semua pengujian percepatan model 1 selalu lebih besar, dari pada percepatan model 5.

#### Daftar Pustaka

1. Altar, Mahmet. 2013 *Anti-slamming bulbous bow and Tunnel Stern Applications on a Novel Deep-v Catamaran for improved Performance*. United kingdom. School of Marine Science Technology, New castle.

2. Bertram, volker.2012 , “resistance and propulsion” elsevier Ltd.
3. Bhattacharya, R (1972) “Dynamics of Marine Vehicles” John wileys & Sons, New York
4. Cahya, Fardiansyah., Djatmiko., Murtejo 2005. Evaluasi Aspek Slamming Pada Perancangan *Drillship* Displasemen 35000 Ton. Surabaya. Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Darmawan, Iwan 2012. Analisa Slamming Offshore Patrol Boat. Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Djatmiko, E. B., 2003, “*Seakeeping: Perilaku Bangunan Apung di atas Gelombang*”,Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
7. Iqbal, Muhammad.,Nurhasanah. Analisis probabilitas deck wetness dan slamming kapal perang menggunakan perhitungan numerik, teknik produksi dan material kelautan, institut teknologi sepuluh Nopember.
8. Manik, Parlindungan. Analisa Gerakan Seakeeping Kapal Pada gelombang Reguler. Semarang, Teknik Perkapaln Universitas Diponegoro.
9. Mayasari, Dini. 2001. Analisa Spektrum Gelombang Laut. Semarang. Universitas Diponegoro
10. Sulisetyono, Aries. 2012. Analisis Tekanan Pada Bottom Plate Bagian Depan Kapal Trimaran Akibat Slamming. Surabaya. Teknik Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
11. En.wikipedia.org *Supply Vessel* [online] diakses: 31 january 2015 [http://en.wikipedia.org/wiki/Platform\\_supply\\_vessel](http://en.wikipedia.org/wiki/Platform_supply_vessel)
12. iubtt.kemenperin.go.id. jenis dan kegunaan kapal [online] diakses: 31 January 2015 <http://iubtt.kemenperin.go.id/index.php/istilah-istilah-industri/87-perkapalan/306-sin>