

ANALISA PENGARUH PEMASANGAN ANTI-SLAMMING BULBOUS BOW TERHADAP HAMBATAN TOTAL DAN OLAH GERAK KAPAL ANCHOR HANDLING TUG SUPPLY (AHTS) MENGGUNAKAN CFD

Fatchul Falah Azmi¹, Deddy Chrismianto¹, Parlindungan Manik¹,
Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Email : fatchul.azmi@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id, parlin1974@yahoo.com

Abstrak

Pemakaian *anti-slamming* pada kapal *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) 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. Perairan Nusa Tenggara Timur adalah perairan yang di anggap tepat untuk penerapan teknologi ini karena mempunyai tinggi gelombang yang beraneka ragam dan adanya beberapa bangunan lepas pantai (*offshore*) di kawasan tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisa pengaruh pemasangan *anti-slamming bulbous bow* dengan tiga variasi *Bulbous Bow* tipe - V (Nabla Type), tipe - 0 (Ellips Type) dan tipe - Δ (Delta Type) serta variasi tinggi *Anti-slamming* dengan rasio 25%, 20 % dan 15 % dari sarat kapal. Pemodelan kapal dilakukan dengan *software Maxsurf* dan kemudian dilakukan analisa gerakan menggunakan *software Ansys Aqwa*, sedangkan analisa hambatan menggunakan *software Tdyn*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemasangan *Anti-slamming bulbous bow* berpengaruh cukup besar untuk mengurangi terjadinya *slamming* dan hambatan pada kapal. *slamming probability* dan hambatan paling baik terdapat pada model C1 dengan menggunakan *anti-slamming bulbous bow* tipe - Δ (Delta Type) dengan rasio tinggi *anti-slamming* 25% terhadap sarat dan panjang *anti-slamming* 20% terhadap L_{wl} dengan mengurangi *slamming probability* sebesar 12,212 % pada tinggi gelombang 3 meter dan pengurangan hambatan sebesar 3,65 % dari kapal yang tidak menggunakan *anti-slamming bulbous bow*, namun terjadinya *slamming* belum hilang di beberapa model yang masih berada di atas standar kriteria *Nordforks 1987* yaitu sebesar 3%.

Kata Kunci : *Slamming, Anti-Slamming Bulbous Bow, AHTS*

Abstrack

The use of anti-slamming at Anchor Handling Tug Supply vessels (AHTS) is one of the solutions to reduce the effects of slamming so that ships could sail well and do not endanger passengers, ship equipment, cargo and the ship. East Nusa south-east waters are waters that is considered appropriate for the application of this technology because it has a diverse wave height and the presence of several building offshore (offshore) in the region. In this study analyzed the effect of the installation of anti-slamming bulbous bow with three variations bulbous bow type - V (Nabla Type), type - 0 (Ellips Type) and type - Δ (Delta Type) and height variations Anti-slamming with a ratio of 25% , 20% and 15% of the draft ship. Ship modeling done by software maxsurf and then analyzed using software Ansys Aqwa movement, while the resistance analysis using software Tdyn. These results indicate that the installation of the Anti-slamming bulbous bow considerable influence to reduce the occurrence of slamming and resistance. Slamming probability and resistance are best found in the model C1 using the anti-slamming bulbous bow type - Δ (Delta Type) with a high ratio of anti-slamming 25% of the draft and lengthy anti-slamming 20% of the LWL to reduce slamming probability of 12.212% the wave height of 3 meters and the reduction of resistance at 3,65% of ships that do not use anti-slamming bulbous bow, but the slamming has not been lost on some models is still above the standard criteria Nordforks 1987 in the amount of 3%.

Keyword : *Slamming, Anti-Slamming Bulbous Bow, AHTS*

I. PENDAHULUAN

Kapal sebagai transportasi laut merupakan benda terapung yang bergerak dimedia air, disaat kapal bergerak maka hambatan dengan sendirinya akan terjadi dimedia yang dilaluinya, agar kapal dapat bergerak dengan suatu kecepatan yang dikehendaki, maka hambatan yang dialami kapal tersebut harus diatasi oleh gaya lain yang mendorong kapal itu sendiri [1]. Besarnya hambatan kapal ini dipengaruhi oleh beberapa aspek dimana selain kedalaman suatu perairan aspek yang paling menentukan adalah bentuk badan kapal [2]. Dalam memperoleh desain yang baik untuk mengurangi hambatan yang timbul saat kapal beroperasi dilakukan suatu penambahan pada bagian haluan berupa suatu tonjolan yang disebut juga dengan bulbous bow, penerapan *bulbous bow* pada kapal mampu menurunkan hambatan 10% hingga 15% pada kapal monohull [1]. Selain itu saat berlayar lambung kapal pasti akan menerima beban dinamis yang diakibatkan oleh gelombang kapal yang berubah ubah setiap waktu, pada saat itulah struktur lambung kapal akan mengalami kerusakan akibat adanya beban dinamis yang terus menerus. Jika kondisi gerakan-gerakan atau beban yang terjadi terlalu besar, maka salah satu efek dari penyebab rusaknya struktur lambung adalah efek *slamming* [3].

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, barang kebutuhan yang dan kapal itu sendiri. Selain kenyamanan dan keamanan kapal faktor hambatan kapal juga sangat penting untuk diketahui. Pengaruh bulbous bow dapat memberikan dampak dalam mendesain kapal, konstruksi kapal, pembuatan kapal dan pengoperasian kapal yang berkaitan dengan karakteristik *seakeeping*[4], tahanan dalam berlayar, karakteristik propulsi, *effective drag*, *trim* dan lain-lain. Kombinasi *anti-slamming* dengan *bulbous bow* menghasilkan hambatan kapal lebih kecil dari pada kapal yang tidak menggunakan bulbous bow [5].

Tetapi perbandingan yang ideal antara panjang *anti-slamming*, tinggi *anti-slamming* dan jenis *bulbous bow* terhadap kapal belum diketahui.

Sebagai akademisi *Naval Architecture* ingin mengetahui perbandingan dari *anti-Slamming Bulbous Bow* pada *Supply vessel* maka pada penelitian ini akan dilakukan: “Analisa Pengaruh Pemasangan *Anti-Slamming Bulbous Bow* Terhadap Hambatan Dan Olah Gerak Kapal *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) Menggunakan CFD”. Harapannya dengan hasil dari analisa hambatan dan olah gerak *anti-Slamming bulbous bow* ini dapat mengetahui seberapa pengaruh *anti-slamming bulbous bow* pada kapal *Anchor Handling Tug Supply* ini dan bisa diterapkan oleh pemilik kapal dan galangan kapal dalam perencanaan sebuah kapal niaga ataupun kapal pertahanan [6].

Pada penelitian ini terfokus untuk menganalisa hambatan dan olah gerak kapal karena variasi tinggi *anti-slamming bulbous bow* kapal, untuk mendapatkan nilai hambatan yang paling kecil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS)

Anchor Handling Tug Supply (AHTS) merupakan jenis kapal yang dirancang khusus untuk melayani pekerjaan – pekerjaan eksplorasi dilepas pantai atau *offshore*. Kapal *Anchor Handling Tug Supply* ini mempunyai ciri khusus seperti badan kapal kecil dengan mesin induk yang besar *horse power*, sistem *propeller* ganda dan dilengkapi dengan mesin penggerak depan (*Bow Thruster Engine*). Perlengkapan kerja lainnya berupa *Anchor*, *Towing Winch Engine* dan perlengkapan tangki – tangki untuk muatan curah (*Bulk Material Tank*) dan perlengkapan – perlengkapan lain yang sewaktu – waktu bisa berubah.

2.2. Karakteristik *Bulbous bow*

Bulbous bow adalah tonjolan berbentuk bola yang terletak pada *stern* (bagian depan) dari sebuah kapal hanya pada bagian bawah garis air. Memodifikasi bagian 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*.

Macam-macam tipe *bulbous bow* dibagi menjadi 3, yaitu [8]:

1. Tipe *Delta* (Δ - Type)

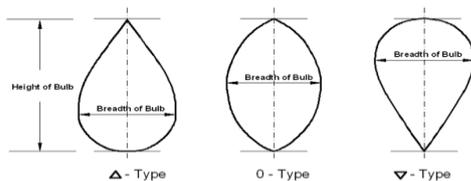
Tipe ini sesuai dengan kapal-kapal yang berlayar pada daerah yang kurang menghadapi hampasan gelombang besar.

2. Tipe *Ellips* (0 - Type)

Tipe *bulbous* ini lebih banyak digunakan pada kapal-kapal yang bentuk gadingnya "U" atau kapal-kapal yang berukuran gemuk.

3. Tipe *Nabla* (V - Type)

Tipe ini sangat cocok untuk kapal-kapal yang menghadapi gelombang di laut bebas. Bentuk ini sering dikombinasikan pada kapal-kapal yang bergading "V" yang digunakan pada kapal berkecepatan tinggi.



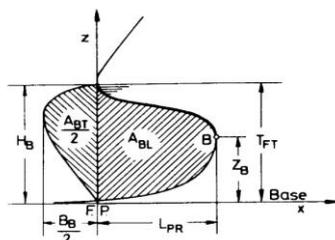
Gambar 1. Tipe *Bulbous bow*

Untuk menentukan ukuran dimensi variasi dari *bulbous bow* ini didasarkan dari parameter *Linier Form Coefficient* [8], diambil dari buku Kracht (1978) yang menyatakan bahwa *Linier Form Coefficient* sebagai berikut :

$$\text{Breadth Coefficients } (C_{BB}) : \frac{B_B}{B} \quad (1)$$

$$\text{Length Coefficients } (C_{LPR}) : \frac{L_{LPR}}{L_{PP}} \quad (2)$$

$$\text{Height Coefficients } (C_{ZB}) : \frac{Z_B}{T_{FP}} \quad (3)$$



Gambar 2. Parameter *Bulbous Bow* dimana :

L_{PR} : panjang *bulbous bow* dari *forepeak*

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

Z_B : Tinggi *bulbous bow* dari *base line*

Sedangkan nilai khusus dari *linear form coefficients* adalah sebagai berikut [9] :

Tabel 1. Nilai *Linear Form Coefficients*

<i>Linear Form Coefficient</i>	
C_{BB}	0,17 – 0,2
C_{LPR}	0,018 – 0,031
C_{ZB}	0,26 – 0,55

Anti-slamming bulbous bow merupakan suatu bentuk haluan kapal dilengkapi dengan *bulbous bow* namun terdapat fungsi lainya selain mengintervensi gelombang yang datang dari arah depan kapal, namun *bulbous bow* ini memiliki fungsi mengurangi bahkan meniadakan peluang dari pada terjadinya *slamming*.

2.3. *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 (ζ_0) (keduanya dalam satuan panjang) [10]:

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (4)$$

Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang (S_ζ) dengan RAO^2 :

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_\zeta(\omega) \quad (5)$$

2.4. *Gerakan Vertical (Vertical motion)*

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

$$z_b = z + \zeta \sin \theta \quad (6)$$

dimana :

- z = heaving motion
- ζ = jarak titik ke CG kapal
- θ = pitching motion

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

$$z = z_a \cos(\omega_e t + \epsilon_z) \quad (7)$$

$$\theta = \theta_a \cos(\omega_e t + \epsilon_\theta) \quad (8)$$

dimana :

ϵ_z = sudut fase gerakan *heaving* terhadap gelombang

ϵ_θ = sudut fase gerakan *pitching* terhadap gelombang

sehingga gerakan vertikal haluan Z_b dapat dituliskan :

$$z_b = (z_b)_a \cos(\omega_e t + \epsilon_z) \quad (9)$$

$$(z_b)_a = \sqrt{z_a^2 + (\xi\theta_a)^2 + 2Z_a\xi\theta_a \cos(\epsilon_z - \epsilon_\theta)} \quad (10)$$

dimana :

Z_b = gerakan relatif gabungan (m)

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

ϵ_b = sudut fase terkait (rad)

2.5. Perhitungan Slamming Dan Intensitas Slamming

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

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_o Z_{br}}\right) \quad (11)$$

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

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{th}^2}{2m_o V_{br}}\right) \quad (12)$$

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

$$\Pr(\text{slam}) = \Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_o Z_{br}} - \frac{V_{th}^2}{2m_o V_{br}}\right) \quad (13)$$

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

$$P\{\text{Slamming}\} = \exp^{-y}$$

$$N_w = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2m_{0R}}{2m_{2R}}} \times P\{\text{slamming}\} \quad (14)$$

Dimana

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

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

V_{cr} = *velocity treshold* (kecepatan ambang) = $0,093 (gL)^{1/2}$

N_w = Intensitas kejadian *slamming* perdetik

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

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

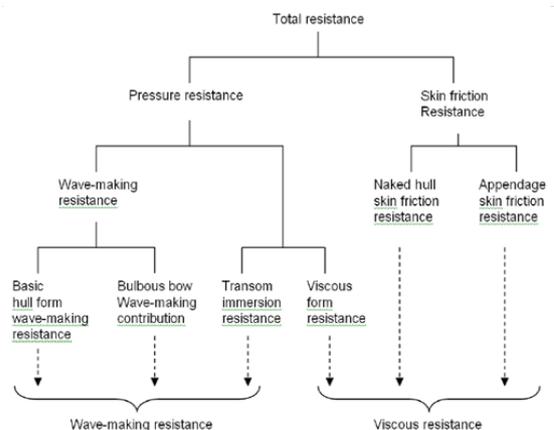
2.6. Kriteria Seakeeping

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 *Nordfok* 1987 [12].

Tabel 2. Tabel *Criteria for Seakeeping, Nordfoks 1987*

General Capability Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK 1987)			
Description	Merchant ships	Navy Vesse	Fast Small Craft
Probability of slamming	0,03 g (L ≤ 100 m) 0,01 g (L ≥ 300 m)	0,03	0,03

2.7. Hambatan total



Gambar 3. Diagram komponen hambatan

Hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian Molland menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*) [13].

Perhitungan hambatan dengan menggunakan *software Tdyn* dan komparasi hambatan menggunakan *software maxsurf* metode *Van Oortmerssen*.

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 :

Length over all	(LOA) :	60,00 m
Breadth	(B) :	16,00 m
Depth	(H) :	6,00 m
Draft	(T) :	4,80 m
Speed	(Vs) :	12,50 Knots

❖ 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* dengan tiga variasi *bulbous bow* tipe - Δ (Delta Type), tipe - O (Ellips Type) dan tipe - V (Nabla Type) serta variasi tinggi Anti-slamming dengan rasio 25%, 20 % dan 15 % dari sarat kapal probabilitas slamming dan hambatan.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

❖ Parameter tetap :

1. Dimensi kapal
2. *Displacement* Kapal

3. Panjang anti-slamming

4. Kecepatan kapal atau *Froude Number*

❖ Parameter peubah :

1. Tinggi anti-slamming
2. Tipe Haluan Kapal atau *Bulbous bow*

3.3. Variasi Bentuk *Bulbous Bow*

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 - Δ (Delta Type), tipe- O (Oval Type) dan tipe- V (Nabla Type) [8].

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

a) Panjang *Bulbous bow* (L_{LPR})

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

$$L_{LPR} = 0,031 \times 53,9 = 1,67 \text{ m}$$

b) Tinggi *Bulbous bow* (Z_B)

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

$$L_{ZB} (A) = 0,26 \times 4,8 = 1,248 \text{ m}$$

$$L_{ZB} (B) = 0,405 \times 4,8 = 1,944 \text{ m}$$

$$L_{ZB} (C) = 0,55 \times 4,8 = 2,64 \text{ m}$$

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

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

$$L_{BB} = 0,17 \times 16 = 2,76 \text{ m}$$

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

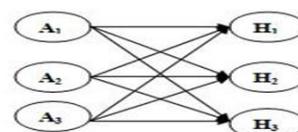
$$H1 = 25\% \times T = 25\% \times 4,8 = 1,20 \text{ m}$$

$$H2 = 20\% \times T = 20\% \times 4,8 = 0,96 \text{ m}$$

$$H3 = 15\% \times T = 15\% \times 4,8 = 0,72 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Anti-Slamming Bulbous Bow } 20\% \times Lwl = 20\% \times 58,7 = 11,73 \text{ meter.}$$

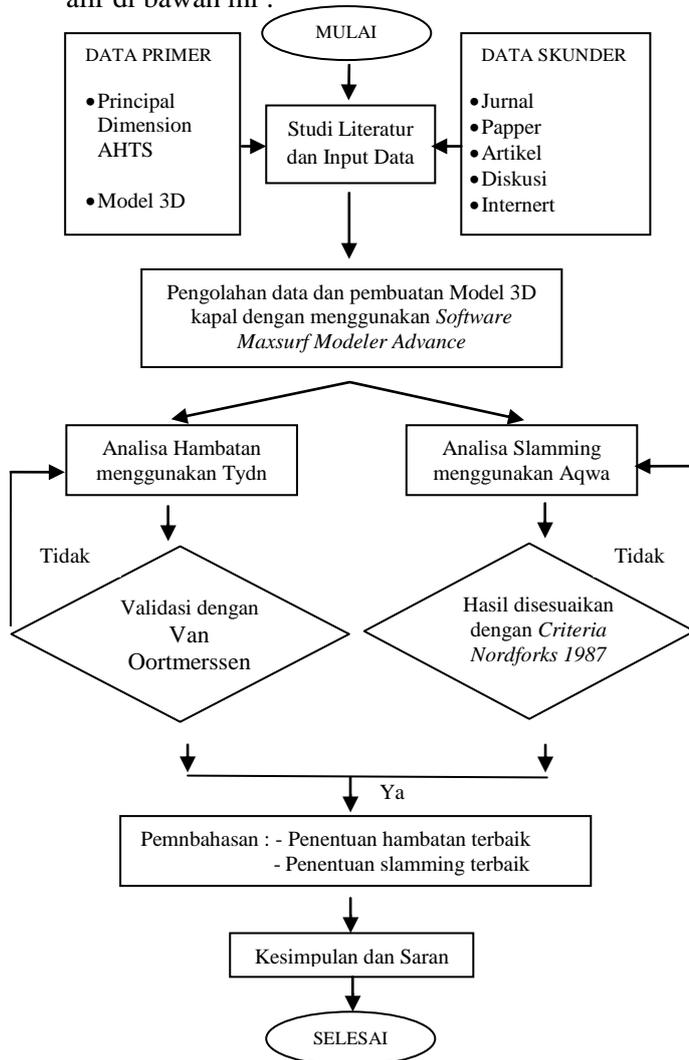
Setelah mendapatkan parameter variasi bentuk *bulbous bow* dan tinggi anti-Slamming *bulbous bow*, melakukan korespondensi satu satu terhadap parameter yang telah dimiliki.



Gambar 4. Diagram Korespondensi Parameter

3.4. Diagram Alir Penelitian

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

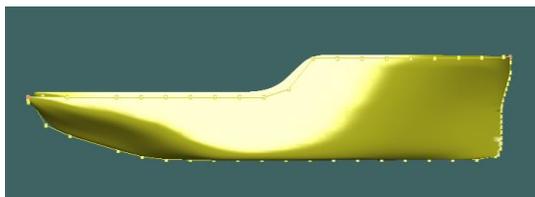


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

4. Perhitungan dan Analisa

4.1. Pemodelan

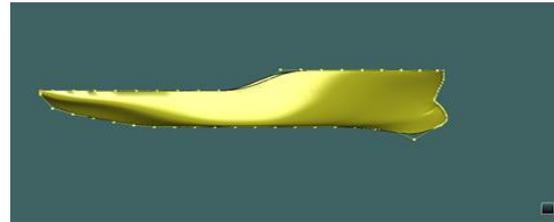
Dari data dan linesplan dibuat model badan kapal dengan bantuan *Maxsurf Modeler Advance*.



Gambar 6. Model Kapal tanpa *Anti-slamming Bulbous Bow* tampak samping

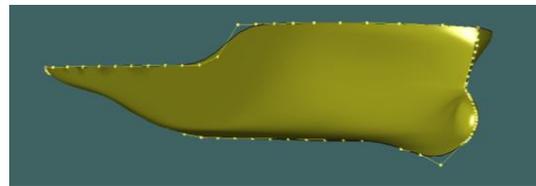
Dari hasil pembuatan model kapal AHTS dengan *Maxsurf Modeler Advance*, kemudian

koordinat haluan kapal diubah sedemikian rupa sehingga menghasilkan bentuk haluan dengan *Anti-slamming bulbous bow*.



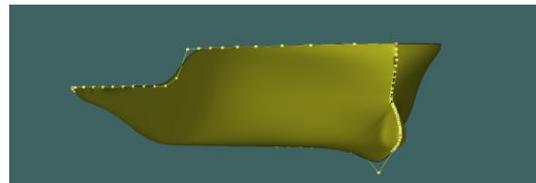
Gambar 7. *Bulbous bow* Tipe Delta

Model *bulbous bow* tipe Delta ini mempunyai nilai rasio $L_{BR} = 2,76$ m ; $L_{ZB} = 1,248$ m, $1,944$ m dan $2,64$ m ; dan Variasi $L_{LPR} = 2,76$ m, serta variasi tinggi *anti-slamming* dari sarat $A_1 = 1,2$ m, $A_2 = 0,96$ m dan $A_3 = 0,72$ m.



Gambar 8. *Bulbous bow* Tipe Ellips

Model *bulbous bow* tipe *Ellips* ini mempunyai nilai rasio $L_{BR} = 0,51$ m ; $L_{ZB} = 0,405$ m ; dan Variasi $L_{LPR} = 0,422$ m, $0,575$ m, dan $0,727$ m, serta variasi tinggi *anti-slamming* dari sarat $A_1 = 1,2$ m, $A_2 = 0,96$ m dan $A_3 = 0,72$ m.



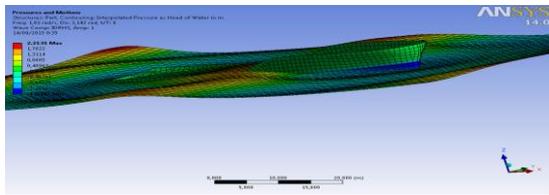
Gambar 9. *Bulbous bow* Tipe Nabla

Model *bulbous bow* Nabla ini mempunyai nilai rasio $L_{BR} = 0,51$ m ; $L_{ZB} = 0,55$ m ; dan Variasi $L_{LPR} = 0,422$ m, $0,575$ m, dan $0,727$ m, serta variasi tinggi *anti-slamming* dari sarat $A_1 = 1,2$ m, $A_2 = 0,96$ m dan $A_3 = 0,72$ m.

4.2. Analisa Respon Gerak di Gelombang Reguler

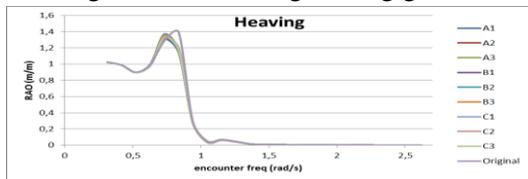
Analisa respon gerak AHTS dilakukan pada dua jenis gerakan yaitu *heave* dan *pitch* pada *softwear ansys aqwa* dengan validasi yaitu *bentley maxsurf seakeeper*, dengan varias 3 tipe *bulbous bow*, tipe - V (*Nabla Type*), tipe -

0 (*Ellips Type*) dan tipe - Δ (*Delta Type*), 3 tinggi anti-antislamming 25%, 20%, 15 %, sarat penuh 4,8 meter dan kecepatan 12,5 knot dan sudut heading 180°



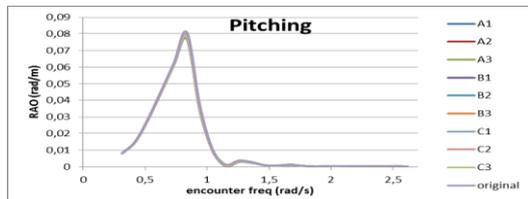
Gambar 10. Proses analisa *motion* kapal pada *softwear ansys aqwa*

Gambar diatas merupakan tampilan models saat di analisa pada *softwear ansys aqwa*. berikut grafik dari masing masing gerakan



Gambar 11. *RAO heaving*.

Gambar no.11 merupakan kurva respon *heaving* kapal terhadap gelombang reguler dengan frekuensi tertentu. Sedangkan untuk gambar no. 12 adalah kurva respons gerakan *pitching* kapal terhadap gelombang dengan frekuensi tertentu.



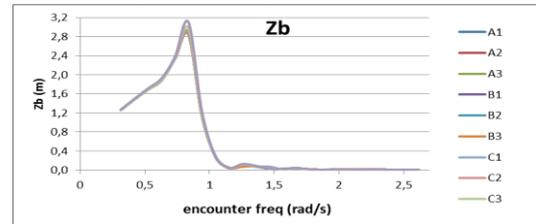
Gambar 12. *RAO Pitching*

Karakteristik gerak kapal *Anchor Handling Tug Suplly* (AHTS) sangat dipengaruhi oleh kecepatan, tinggi sarat dan arah gelombang. Hasil analisa RAO diatas dapat ditentukan bahwa gerakan *heave* kapal terbesar terjadi pada model original dengan nilai *heave* 1,5236 m/m pada frekuensi 0,837 rad/s, sedangkan pada nilai *pitch* terbesar terjadi pada model basic dengan nilai *pitch* 0,0809 rad/m pada frekuensi 0,837 rad/s.

4.3. Analisa gerak relatif vertical haluan

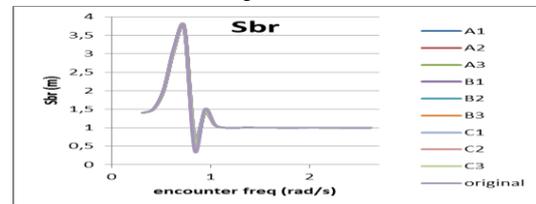
Sebelum mencari gerak relatif vertical haluan, terlebih dahulu mencari nilai gerak vertical haluan (Z_b) atau *absolute vertical*

motion. Setelah didapatkan Z_b barulah dapat ditentukan nilai dari *Relative bow motion* (S_b), untuk itu dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 13. *Absolute vertical motion*

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*.

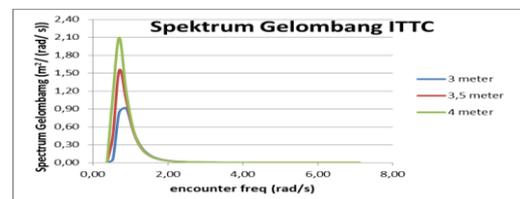


Gambar 14. *Relative bow motion*.

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.

4.4. 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



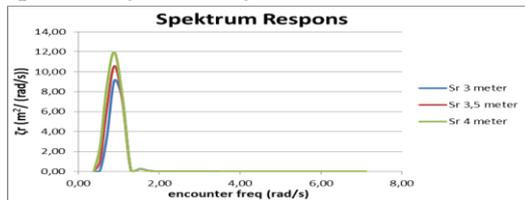
Gambar 15. Grafik Spektrum Gelombang ITTC sesuai Perairan.

Nilai Spektrum gelombang ITTC dapat di peroleh dengan menggunakan persamaan (6), dan dengan variasi tinggi gelombang yang sesuai di perairan Nusa Tenggara Timur, tinggi

gelombang yang di dapat lalu di cari nilai periodenya pada tabel *sea state*.

4.5. Analisa Respon Gelombang Acak

Spektrum respon dari AHTS pada gelombang acak didapatkan dengan mengkalkulasikan antara RAO dengan spektrum gelombang.



Gambar 16. Grafik Spektrum respon.

Gambar diatas merupakan gambar dari grafik spektrum respon model kapal original dengan nilai amplitudo terbesar 11,971 yaitu pada frekuensi 0,887 rad/s.

4.6. Analisa Slamming Probability

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

Table 7. Hasil perhitungan Probabilitas dan Intensitas Slamming model original dan Anti-Slamming *Bulbow Bow* tipe *Nabla* (*V-Type*) pada gelombang 3 meter

Model	Prob (%)	Nw	Slamming/ menit
Original	3,37	0,059	3,53
A1	2,99	0,046	2,76
A2	3,01	0,046	2,78
A3	3,01	0,046	2,77
B1	2,98	0,046	2,74
B2	3,01	0,046	2,77
B3	3,00	0,046	2,76
C1	2,96	0,045	2,73
C2	2,99	0,046	2,76
C3	3,08	0,047	2,85

Table 8. Hasil perhitungan Probabilitas dan Intensitas Slamming model original dan Anti-Slamming *Bulbow Bow* tipe *Ellips* (*0-Type*) pada gelombang 3,5 meter.

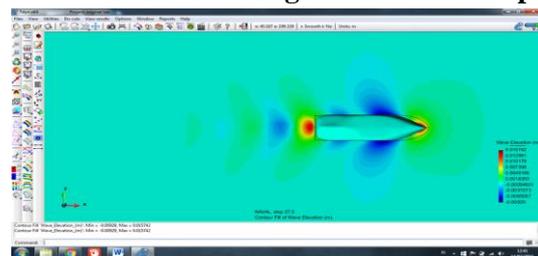
Model	Prob (%)	Nw	Slamming/ menit
Original	5,78	0,095	5,70
A1	5,24	0,077	4,63
A2	5,28	0,078	4,66
A3	5,27	0,077	4,65
B1	5,23	0,077	4,61
B2	5,25	0,077	4,64
B3	5,24	0,077	4,63
C1	5,20	0,076	4,59
C2	5,25	0,077	4,63
C3	5,35	0,079	4,73

Table 9. Hasil perhitungan Probabilitas dan Intensitas Slamming model original dan *Anti-Slamming Bulbow Bow* tipe *Delta* (Δ - *Type*) pada gelombang 4 meter

Model	Prob (%)	Nw	Slamming/ menit
Original	9,08	0,130	7,79
A1	8,38	0,120	7,19
A2	8,44	0,120	7,23
A3	8,42	0,120	7,21
B1	8,37	0,119	7,17
B2	8,39	0,120	7,20
B3	8,38	0,120	7,19
C1	8,33	0,119	7,14
C2	8,40	0,120	7,20
C3	8,52	0,122	7,31

Dari semua model yang telah di hitung, slamming probabillity terbesar terdapat di model original pada tinggi gelombang 4 meter yaitu senilai 9,08 % dan slamming probability terkecil terdapat di model C1 pada gelombang 3 meter yaitu senilai 2,96 %.

4.7. Analisa Perhitungan Hambatan Kapal



Gambar 17. Proses analisa hambatan kapal pada Tdyn.

Hambatan kapal *Anchor Handling Tug Suplly* atau AHTS dihitung menggunakan *Software Maxsurf* metode *Van Oortmerssen* sebagai komparasi hasil analisisnya dengan *froude number* 0,265.

Table. 10 Komparasi Hambatan kapal tanpa *Anti-Slamming Bulbous Bow* menggunakan *software maxsurf* metode *Van Oortmerssen* dengan *froude number* 0,265.

Fn	Model	Tdyn	Maxsurf	Error (%)
0,265	Original	504	0,517	2,47

Dari semua model kapal *Anchor Handling Tug Suplly* atau AHTS yang sudah di skala 1:100 dengan nilai *Fr* 0,265 kemudian di hitung hambatannya dengan menggunakan *software Tdyn* untuk mendapatkan nilai hambatannya.

Table.11 Hambatan kapal *Anti-Slamming Bulbous Bow* tipe *Nabla (V – Type)*.

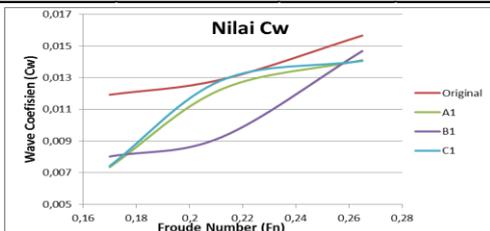
Fr	Rt (N)			
	Original	A1	A2	A3
0,265	0,504	0,486	0,489	0,488

Table.12 Hambatan kapal *Anti-Slamming Bulbous Bow* tipe *Ellips (O – Type)*.

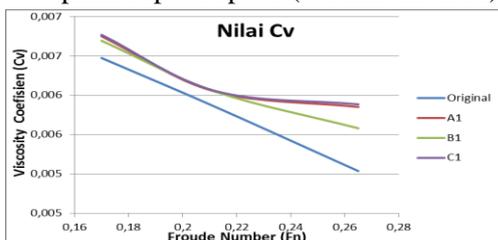
Fr	Rt (N)		
	B1	B2	B3
0,265	0,494	0,495	0,497

Table.13 Hambatan kapal *Anti-Slamming Bulbous Bow* tipe *Delta (Δ – Type)*.

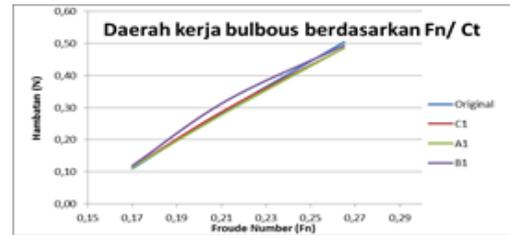
Fr	Rt (N)		
	C1	C2	C3
0,265	0,486	0,489	0,488



Gambar 18. Hasil nilai *Cw (Wave Coefisien)* pada tiap – tiap *Fn (Froude Number)*.



Gambar 19. Hasil nilai *Cv (Viscos Coefisien)* pada tiap – tiap *Fn (Froude Number)*.



Gambar 20. Grafik nilai *Ct (Total Coefisien)* pada tiap – tiap *Fn (Froude Number)*.

Dari tabel dan gambar diatas menunjukkan bahwa kapal *anchor handling tug suplly* atau AHTS yang menggunakan *anti slamming bulbous bow* model C1 tipe *Delta (Δ – Type)* memiliki hambatan kapal terkecil dibandingkan dengan kapal yang tidak menggunakan *anti-slamming bulbous bow* sebesar 3,65 %. Dari gambar di atas juga dapat di lihat nilai *Cv (Viscos Coefisien)* berbanding terbalik dengan nilai *Cw (Wave Coefisien)* untuk *froude number* 0,17, 0,21 dan 0,27, jadi bisa di buat daerah kerja *boulbous bow* sesuai grafik di atas yaitu sekitar di *froude number (Fn)* 0,22 atau 10,37 knot.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pengaruh *anti-slamming bulbous bow* nilai probabilitas *slamming* di dapat bahwa :

1. Nilai hambatan kapal tanpa *anti-slamming bulbous bow* dengan yang menggunakan *anti-slamming bulbous bow* berkurang 0,0096 – 0,0184 N atau sebesar 1,91 - 3,65 %.
2. Nilai probabilitas *slamming* pada kapal tanpa *anti-slamming bulbous bow* dengan yang menggunakan *anti-slamming bulbous bow* berkurang nilai probabilitasnya 0,0036 - 0,0041 atau sebesar 10,60 – 12,21 %.
3. *Anti-slamming bulbous bow* terbaik terdapat pada model C1 dimana rasio *anti-slamming bulbous bow* terhadap rasio tinggi *anti-slamming bulbous bow* terhadap sarat kapal sebesar 25 % dan panjang *anti-slamming bulbous bow*

terhadap Lpp sebesar 20 %. Sedangkan bentuk *bulbous bow* terbaik adalah bulbous bow tipe *Delta* (Δ - Type).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Anggara, "Evaluasi CFD Hambatan Lambung Katamaran Simetris Dengan Variasi Konfigurasi Ukuran Bulbous Bow Tipe Goose Neck," pp. 1–8, 2013.
- [2] M. Suteja, Cornelius Tony and K. Suastika, "Analisa Hambatan Kapal dengan Bulbous Bow dan tanpa Bulbous Bow di Perairan Dangkal," vol. 2, no. 1, 2013.
- [3] M. Iqbal, G. Rindo, J. T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Pengaruh Anti-Slamming Bulbous Bow Terhadap Gerakan Slamming Pada Kapal Perintis 200 DWT," pp. 45–54, 2016.
- [4] C. Atlar, Mehmet, Aktas, Batuhan, sampson, Rod, Cheol Seo, Kwang, Viola, Ignazio Maria, Fitzsimmons, Patrick, Fetherstonhaug, "A Multi-Purpose Marine Science & Technology Research Vessel for Full-Scale Observation And Measurements," pp. 1–27, 2011.
- [5] M. Atlar, K. Seo, R. Sampson, and D. B. Danisman, "Anti-slamming bulbous bow and tunnel stern applications on a novel Deep-V catamaran for improved performance," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 302–312, 2013.
- [6] R. Sharma and O. P. Sha, "Hydrodynamic Design of Integrated Bulbous Bow/Sonar Dome for Naval Ships," *Def. Sci. J.*, vol. 55, no. 1, pp. 21–36, 2005.
- [7] B. W. Sasongko, "Analisa Pengaruh Variasi Bulbous Bow Terhadap Hambatan Total pada Kapal Katamaran untuk Penyebrangan di Kepulauan Seribu menggunakan CFD," *Kapal*, vol. 3, no. 4, pp. 439–450, 2015.
- [8] A. M. Kracht, "Design of Bulbous Bows," in *SNAME Transactions VOL. 86*, 1978, p. hal 197–217.
- [9] M. Ventura, "Bulbous Bow Design and Construction," pp. 1–27.
- [10] M. Iqbal, G. Rindo, J. T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan kualitas," *Kapal*, vol. 12, pp. 19–24, 2015.
- [11] M. E. McCormick, *Dynamics of Marine Vehicles by Rameswar Bhattacharya*. New York, 1978.
- [12] N. (1987), "NORDFORSK (1987) - Seakeeping Criteria," p. 1987, 1987.
- [13] A. F. Molland, J. F. Wellicome, and P. R. Couser, "{Resistance experiments on a systematic series of high speed catamaran forms: Variation of length-displacement ratio and breadth-draught ratio}"\index{Molland, AF}\index{Wellicome, JF}\index{Couser, PR}," *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*, vol. 138. pp. 59–71, 1996.