



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Peningkatan Performa *Seakeeping* Pada Kapal Katamaran Mv. Laganbar Menggunakan *Centerbulb* Dan *Bulbous Bow*

Davit Hermanto¹⁾, Samuel¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email : dvthermanto@gmail.com undip_samuel@yahoo.com

Abstrak

Kemampuan olah gerak kapal (*seakeeping*) merupakan salah satu aspek penting pada sebuah kapal. Hal itu berkaitan dengan gerakan kapal dalam merespon pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal. Gerakan ini akan berpengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan sebuah kapal. Dalam upaya meningkatkan kualitas *seakeeping* pada kapal katamaran, penggunaan *centerbulb* dan *bulbous bow* mempunyai pengaruh yang cukup baik. Pada penelitian ini, dilakukan analisa perbandingan variasi penggunaan *centerbulb* dan tipe *bulbous bow* terhadap *seakeeping* dengan menggunakan tiga tipe *bulbous bow* yaitu tipe – Δ (*Delta Type*), tipe – 0 (*Ellips Type*), dan tipe – V (*Nabla Type*). Pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Maxsurf* dan kemudian dilakukan analisa gerakan menggunakan metode *Hydrodynamic Diffraction*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapal dengan penambahan *bulbous bow* tipe – V (*nabla*) dan *centerbulb* di bagian tengah mempunyai respon yang paling baik dan dapat mengurangi respon percepatan gerak *vertical* sebesar 78,98% pada Fn 0,28, 88,91% pada Fn 0,47 dan 86,23% pada Fn 0,65, serta respon gerakan *pitch* sebesar 97,72% pada Fn 0,28, 94,56% pada Fn 0,47 dan 97,06% pada Fn 0,65 yang memenuhi standar kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan.

Kata Kunci : *Seakeeping*, Katamaran, *Centerbulb*, *Bulbous Bow*.

1. PENDAHULUAN

Katamaran merupakan kapal yang memiliki lambung ganda yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Bentuk lambung kapal dari katamaran mirip dengan *monohull* tetapi memiliki garis air yang lebih ramping sehingga tahanan yang dialami lebih kecil. Kelebihan katamaran dari pada *monohull* selain memiliki tahanan yang lebih kecil yaitu memiliki stabilitas yang lebih baik [1].

Dewasa ini desain perencanaan kapal berkembang dengan pesat untuk menciptakan kapal yang optimal, selain dari segi ekonomis dan performa, proses desain kapal juga harus mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan kapal pada saat berlayar yang dapat disebabkan baik oleh olah gerak kapal itu sendiri (*manouveribility*) maupun dari luar (*seakeeping* [2].

Salah satu penelitian yang dilakukan dengan memodifikasi kapal *monohull* menjadi katamaran menyebutkan modifikasi tersebut dapat meningkatkan kapasitas muatan hingga dua kali lebih banyak. Namun, pada penelitian ini hanya meneliti dari segi hambatannya saja, sehingga perlu dilakukan analisa olah geraknya [12].

Pada penelitian tentang *bulbous bow* yang dirancang dan dianalisa menggunakan program *seakeeper* sebelumnya [3] menjelaskan bahwa kapal katamaran dengan menggunakan *bulbous bow* dapat mengurangi respon gerakan *pitch* sebesar 20% dari kapal katamaran tanpa *bulbous bow*. Akan tetapi, pada penelitiannya hanya menggunakan satu tipe *bulbous bow* dan kemudian dibandingkan dengan kapal katamaran tanpa *bulbous bow*. Menurut [4] dalam bukunya yang berjudul *Design Of Bulbous Bow*, merekomendasikan *bulbous bow* tipe *Nabla* (V –

Type) mempunyai pengaruh yang paling baik terhadap performa *seakeeping*.

Beberapa kajian tentang *centerbulbs* pada kapal catamaran telah dipublikasikan :

- Kajian (zotti, I., 2007) dalam jurnal internasional kapal dikatakan bahwa Penambahan *centerbulb* yang sesuai pada catamaran dapat mengurangi *vertical motion*, tanpa mempengaruhi hambatan.
- Kajian (D. Bruzzonedan zotti, I., 2007) dikatakan bahwa simulasi nonlinear memperlihatkan pengurangan pada *heave* dan *pitch respon*, khususnya pada penambahan *BulbCat*. Perlu dicatat pula bahwa pengurangan ini juga karena efek nonlinier terkait pada koreksi *Viscous*.
- Kajian (Rijal, 2015) dikatakan bahwa penambahan *centerbulb* kapal memiliki respon gerakan *vertical motion* yang memenuhi kriteria dan paling minimum pada kecepatan $F_n 0.28$. (Rijal, 2015).

Berdasarkan landasan tersebut agar mengetahui sejauh mana efek dari *centerbulb* dan *bulbous bow* yang bisa dipasang pada kapal katamaran terhadap *seakeeping* kapal, maka perlu dilakukan analisa. Analisa dalam penelitian ini disimulasikan menggunakan *software* dan tidak dilaksanakan percobaan menggunakan *towing tank*, dikarenakan akan memakan waktu yang lama dan biaya yang besar, walaupun diketahui akan bisa mensimulasikan kapal pada saat operasional sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dan mendapatkan hasil percobaannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Kapal Katamaran

Katamaran merupakan kapal yang memiliki lambung ganda yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Bentuk lambung kapal dari katamaran mirip dengan *monohull* tetapi memiliki garis air yang lebih ramping sehingga tahanan yang dialami lebih kecil. Kelebihan katamaran dari pada *monohull* selain memiliki tahanan yang lebih kecil yaitu memiliki stabilitas yang lebih baik [1].

Sebuah inovasi tentulah berdampak pada bentuk dan unjuk kerja dari barang terdahulunya. Katamaran diteliti dan dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal *monohull* yakni :

1. Pada kapal dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama kecepatannya relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan *monohull*.

3. Volume benaman dan luas permukaan basah kecil.
4. Stabilitas yang lebih baik karena memiliki dua lambung.
5. Dengan frekuensi gelombang yang agak tinggi tetapi amplitudo relatif kecil sehingga tingkat kenyamanan lebih tinggi.
6. Dengan tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil.

Sedangkan kekurangan kapal katamaran adalah:

1. Teori dan standarisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena masih tergolong teknologi baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan keterampilan yang khusus.

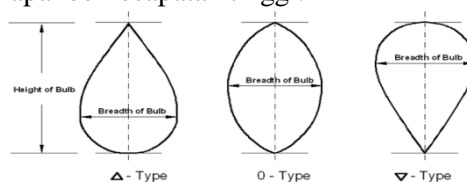
2.1. *Bulbous bow*

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 [1].

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, *trim*, dll [5].

Macam-macam tipe *bulbous bow* dibagi menjadi 3, yaitu [4]:

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* (∇ - 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.



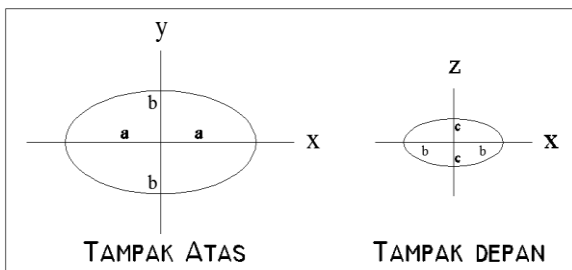
Gambar 1. Tipe *Bulbous bow*

2.3 Centerbulb

Centerbulb merupakan salah satu outfit kapal catamaran yang diinstal terintegrasi pada bagian bawah lambung kapal tepatnya pada bagian antara demi-hull lambung kapal catamaran. Centerbulb berguna dalam hal dinamika bertujuan untuk mengurangi hambatan gelombang yang terjadi di demi-hull kapal catamaran [6].

Persamaan untuk menentukan geometri Centerbulb dapat dimodelkan dengan prinsip diagram Cartesius dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$



Gambar 2. Geometri Centerbulb

2.4. Seakeeping

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya dari luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. Ada enam macam gerakan kapal di laut yaitu tiga gerakan translasi (*surging, swaying, heaving*) dan tiga gerakan rotasi (*rolling, pitching, yawing*). Akan tetapi, gerakan yang mampu direspon oleh kapal hanya tiga gerakan, yaitu *heaving, pitching*, dan *rolling*.

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 (ζ_0) (keduanya dalam satuan panjang) [7]:

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

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_ζ) 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} [7]).

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

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 (6) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden (ω_w) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *ecountering wave frequency* (ω_e). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan (S_e). Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan :

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

dimana :

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

- Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil survei lapangan penelitian sebelumnya [6], pada salah satu kapal *Catamaran* nelayan Tradisional di Cilacap. Berikut data utama ukuran kapal :

Lwl	=	8,90 m
B demihull	=	1,10 m
BOA	=	3,40 m
T	=	0,5 m
WSA	=	25,6 m ²
Displacement	=	5,30 Ton

Volume Displacement = 5,20 Ton

• Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya). Maka diperoleh spesifikasi *Centerbulb* (Danisman, 2014) :

	Danisman, 2014 (1)	MV. Laganbar (2)
Lwl (m)	25,25	8,90
B (m)	2,60	1,10
T (m)	1,40	0,50

Spesifikasi *Centerbulb* (Danisman, 2014) :

- a₁ (m) : 1,41
- b₁ (m) : 0,62
- c₁ (m) : 0,34

Spesifikasi *Centerbulb* MV. Laganbar :

- a (m) : 0,50 x₁ (m) : 8,10 m
- b (m) : 0,26 x₂ (m) : 4,50 m
- c (m) : 0,12 z (m) : 0,5 m

Sedangkan data ukuran utama *bulbous bow* adalah :

- a. Panjang : 0,153 m d. Tinggi C : 0,275 m
- b. Tinggi A : 0,13 m e. Lebar : 0,187 m
- c. Tinggi B : 0,2025 m

3.2. Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh penambahan *centerbulb* dan *bulbous bow* terhadap olah gerak kapal (*Seakeeping*). Penelitian ini disimulasikan untuk memperoleh nilai respon *seakeeping* yang paling rendah dan sesuai dengan standar kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan.

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)
 2. Spesifikasi *Centerbulb*
 3. Tinggi gelombang Signifikan (Hs) yang digunakan yaitu 1 m, (sesuai dengan karakteristik tinggi gelombang di kepulauan seribu) dengan periode rata-rata (T_{av}) yaitu 3,2109 detik.
 4. Arah gelombang yang ditinjau adalah gelombang dari depan (*Head Waves*) yaitu pada sudut 180°.

- ❖ Parameter peubah
 1. Kecepatan kapal dengan *Froud Number* (Fn) : 0,28 ; 0,47 ; 0,65
 2. Posisi *Centerbulb* terhadap memanjang kapal (haluan dan tengah)
 3. Tipe Haluan Kapal atau *Bulbous Bow*

3.3. Kriteria Seakeeping untuk Kapal Ikan

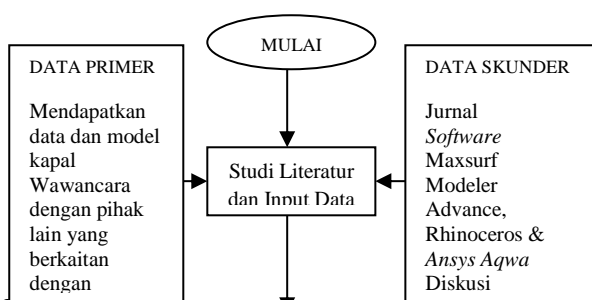
Kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan digunakan untuk menyesuaikan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan standar kriteria yang ada. Pada penelitian ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah standar kriteria untuk kapal ikan yang terdapat pada tabel 1. [11].

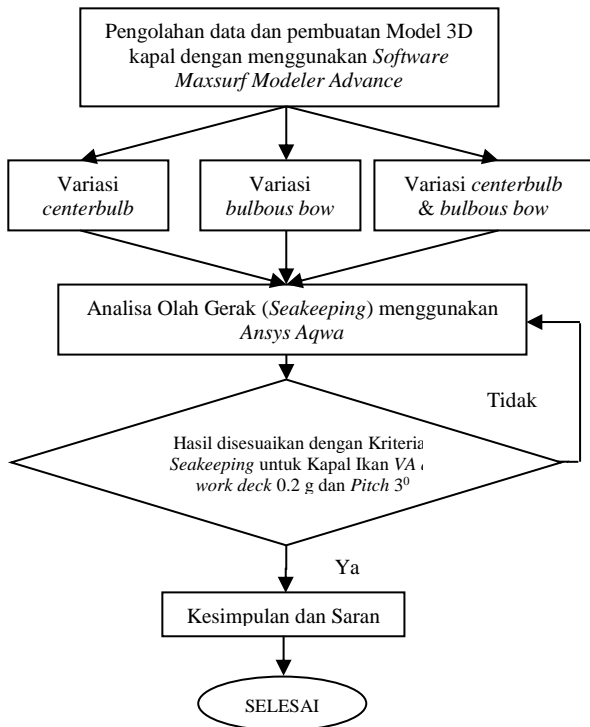
Tabel 1. Kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan

No	Kriteria	Nilai
1	Green water deck	5% (prob)
2	Slamming	3% (prob)
3	Propeller emergence	15% (prob)
4	VA at Bridge	0.2 g (rms)
5	LA at Bridge	0.1 g (rms)
6	VA at work deck	0.2 g (rms)
7	LA at Work deck	0.1 g (rms)
8	Roll	6° (rms)
9	Pitch	3° (rms)

3.4. Diagram Alir Penelitian

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





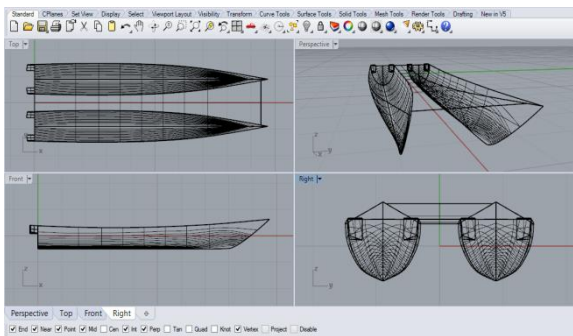
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan

4.1.1 Desain Model Badan Kapal

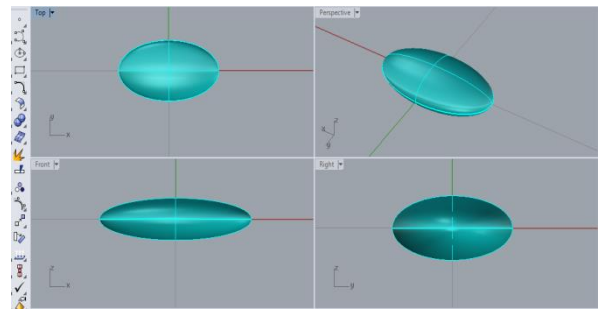
Dari data pada metodologi dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan software *Rhinoceros v 5.0* :



Gambar 4. Pemodelan Kapal dengan *Rhinoceros v 5.0*

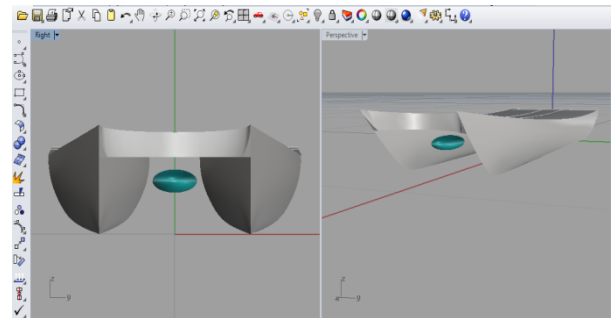
4.1.2 Desain Model *Centerbulb*

Setelah mendapatkan ukuran utama *Centerbulb*, kita dapat membuat modelnya menggunakan software *Rhinoceros v 5.0* untuk mendapatkan gambar 3D.



Gambar 5. Pembuatan *Centerbulb* Software *Rhinoceros v 5.0*

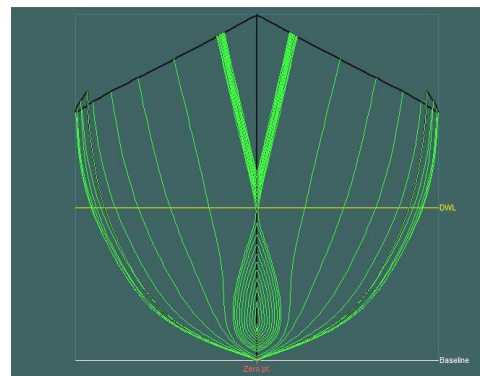
Setelah itu *Centerbulb* yang telah jadi bisa diintegrasikan dengan kapal yang telah dibuat di software *Rhinoceros v 5.0*



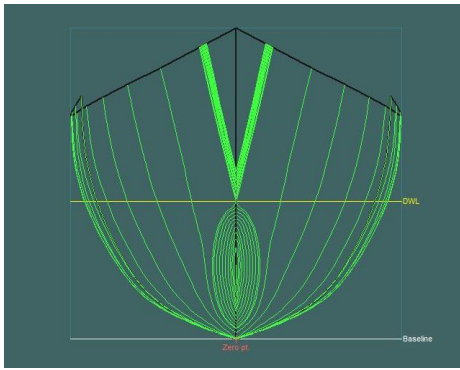
Gambar 6. Integrasi Desain Kapal dan *Centerbulb*

4.1.3 Variasi Bentuk *Bulbous Bow*

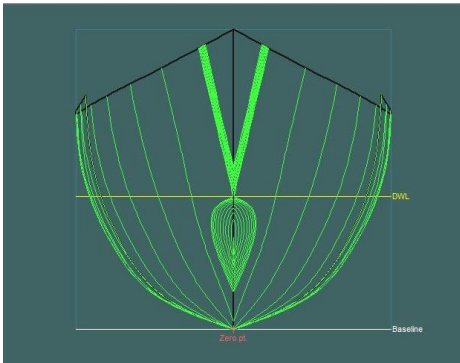
Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbedaan jenis *bulbous bow*. Untuk bentuk *bulbous bow* yang digunakan adalah tipe Δ (*Delta type*), tipe 0 (*Ellips Type*) dan tipe V (*Nabla Type*). Berikut pemodelan dengan menggunakan software *Maxsurf Modeler* :



Gambar 7. Model *Bulbous Bow* Δ (*Delta Type*)



Gambar 8. Model *Bulbous Bow 0 (Ellips Type)*



Gambar 9. Model *Bulbous Bow V (Nabla Type)*

4.1.4 Variasi Letak *Centerbulb*

Variasi letak *Centerbulb* yang diujikan ada 2 jenis secara memanjang pada sumbu x dan 1 jenis secara vertikal pada sumbu z. Sumbu y sendiri tidak berubah karena letak *Centerbulb* pada letak melintang berada pada titik o sumbu yaitu di *centerline* kapal, sehingga aliran yang masuk melewati kapal simetri. Variasi secara memanjang menggunakan perbandingan x/L yaitu antara lain $x/L_{wl} = 0,5$, dan $x/L_{wl} = 0,1$. Sementara itu untuk letak vertikal kapal berada pada posisi sarat kapal 0,5 m.

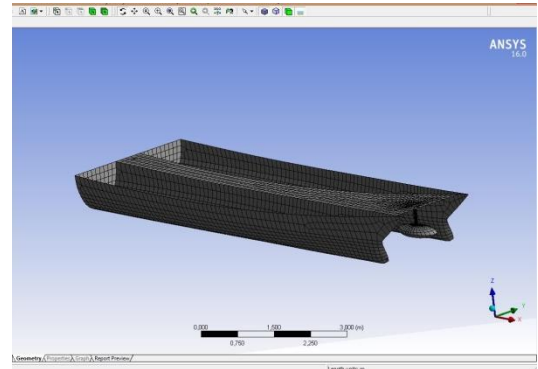
Karena pada penelitian ini membahas tentang penggabungan *centerbulb* dan *bulbous bow*, maka variasi bentuk badan kapal seluruhnya menjadi 12 dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4.1 Variasi Bentuk Badan Kapal

No.	Model	Posisi <i>Centerbulb</i>	Tipe <i>Bulbous Bow</i>	Keterangan
1	1	–	–	Model Original
2	2	Depan	–	
3	3	Tengah	–	
4	4	–	<i>Delta</i>	
5	5	–	<i>Elips</i>	
6	6	–	<i>Nabla</i>	
7	7	Depan	<i>Delta</i>	
8	8	Tengah	<i>Delta</i>	
9	9	Depan	<i>Elips</i>	
10	10	Tengah	<i>Elips</i>	
11	11	Depan	<i>Nabla</i>	
12	12	Tengah	<i>Nabla</i>	

4.1. Meshing

Perhitungan *Meshing* pada *Hydrodynamic Diffraction* menggunakan *element sizing* 1/40 LOA. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan kerapatan yang lebih bagus pada proses *meshing* dan hasil yang lebih akurat.



Gambar 10. Model *Meshing* Kapal

4.2. Analisa Olah Gerak

Analisis olah gerak dihitung dengan menggunakan metode *Hydrodynamic Diffraction* dengan 3 variasi kecepatan yaitu pada *froude number* 0,28 ; 0,47 dan 0,65 pada sudut *heading* 180°.

Hasil analisa olah gerak ini berupa *Response Amplitudo Operator* (RAO) untuk *heave* dan *pitch*.

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spektrum gelombang [7]. Untuk perairan laut jawa, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan (H_s) 1 m, dan dari data tinggi gelombang yang didapatkan lalu dicari nilai periode rata-rata (T_{av}) pada tabel *sea state* yaitu 3,2109 [8].

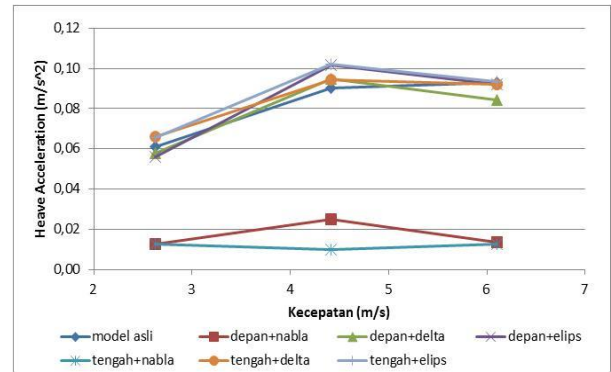
4.4 Evaluasi Kriteria *Heave* dan *Pitch*

Berdasarkan analisa yang dilakukan menggunakan metode CFD dan dilanjutkan dengan perhitungan secara manual didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. RMS Heave (Vertical Acceleration at work deck)

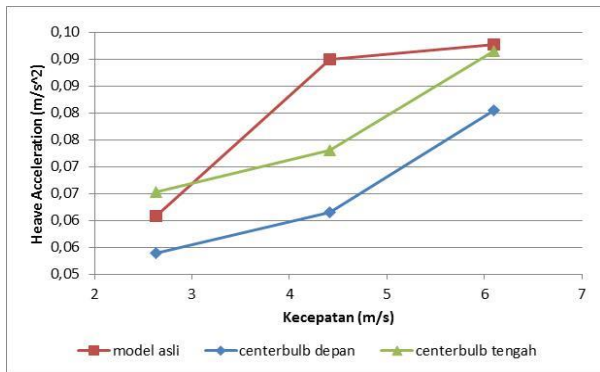
Model	RMS Heave Acceleration (g)			Kriteria Standar (g)
	F _n 0.28	F _n 0.47	F _n 0.65	
1	0,06	0,09	0,09	0.2
2	0,05	0,06	0,08	0.2
3	0,07	0,07	0,09	0.2
4	0,08	0,13	0,09	0.2
5	0,07	0,13	0,13	0.2
6	0,03	0,04	0,05	0.2
7	0,06	0,09	0,08	0.2
8	0,07	0,09	0,09	0.2
9	0,06	0,10	0,09	0.2
10	0,07	0,10	0,09	0.2
11	0,01	0,03	0,01	0.2
12	0,01	0,01	0,01	0.2

* Satuan dalam gravitasi (g)

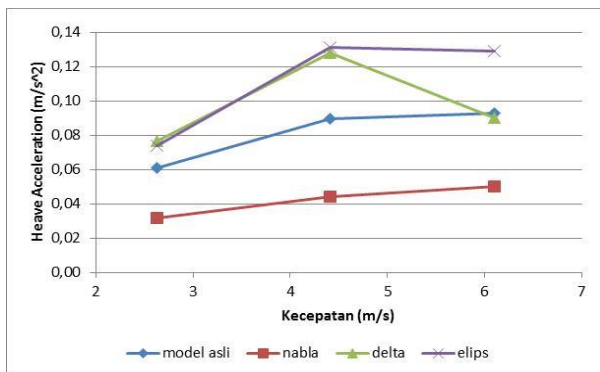


Gambar 13. Perbandingan RMS *heave* model 1, 7, 8, 9, 10, 11 dan model 12.

Dari data dan grafik diatas, menunjukan bahwa semua variasi jenis model kapal pada F_n 0.28, 0.47 dan 0.65 memenuhi kriteria percepatan *Heave* yang ditentukan berdasarkan kriteria seakeeping untuk kapal ikan [11].



Gambar 11. Perbandingan RMS *heave* model 1, model 2 dan model 3.

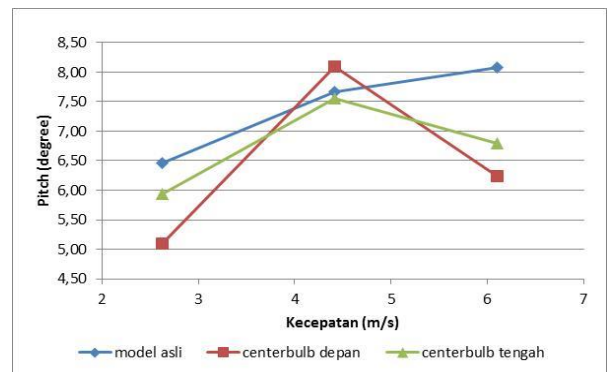


Gambar 12. Perbandingan RMS *heave* model 1, model 4, model 5 dan model 6.

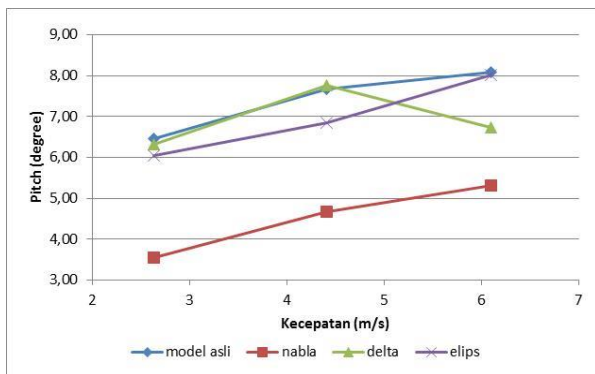
Tabel 3. RMS gerakan *pitch*

Model	RMS Pitch			Kriteria Standar (°)
	F _n 0.28	F _n 0.47	F _n 0.65	
1	6,46	7,66	8,08	3
2	5,09	8,10	6,24	3
3	5,93	7,56	6,80	3
4	6,32	7,77	6,72	3
5	6,05	6,84	8,01	3
6	3,55	4,67	5,31	3
7	6,23	9,53	6,27	3
8	6,29	8,36	6,34	3
9	6,57	6,85	9,39	3
10	6,36	7,66	7,91	3
11	0,71	0,65	1,03	3
12	0,15	0,42	0,24	3

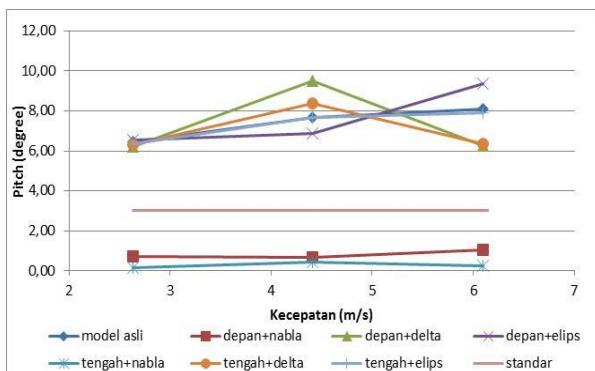
* Satuan dalam derajat (deg)



Gambar 14. Perbandingan RMS *pitch* model 1, model 2 dan model 3.



Gambar 15. Perbandingan RMS *pitch* model 1, model 4, model 5 dan model 6.



Gambar 16. Perbandingan RMS *pitch* model 1, 7, 8, 9, 10, 11 dan model 12.

Dari data dan grafik diatas, menunjukkan bahwa kapal yang memenuhi kriteria adalah kapal model 11 dan model 12 dengan *Froude Number* (F_n) 0.28, 0.47 dan F_n 0.65.

Pada gerakan *pitch*, dapat kita lihat pada tabel di atas bahwa secara umum kapal dengan variasi penambahan *centerbulb* dan *bulbous bow* tipe – V (*nabla*) baik pada F_n 0.25, 0.47 dan 0.65 mempunyai respon yang lebih baik.

Dari tabel di atas kita dapat melihat bahwa kapal dengan penambahan *bulbous bow* tipe – V (*nabla*) dan *centerbulb* di bagian tengah mempunyai respon yang paling baik dan dapat mengurangi respon percepatan gerak *vertical* dan respon gerakan *pitch* yang memenuhi standar kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat didapatkan kesimpulan, bahwa kapal dengan penambahan *bulbous bow* tipe – V (*nabla*) dan *centerbulb* di bagian tengah mempunyai respon yang paling baik dan dapat mengurangi respon percepatan gerak *vertical* sebesar 78,98% pada F_n 0,28, 88,91% pada F_n 0,47 dan 86,23% pada F_n 0,65, serta respon gerakan *pitch* sebesar 97,72% pada F_n

0,28, 94,56% pada F_n 0,47 dan 97,06% pada F_n 0,65 yang memenuhi standar kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Adi and Amiajdi, “Analisa Penerapan Bulbous Bow pada Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar,” *Pomits*, vol. 3, p. hal 13–18, 2013.
- [2] P. Manik, “Analisa gerakan *seakeeping* kapal pada gelombang reguler,” *Kapal*, vol. 4, pp. 1–10, 2007.
- [3] K. Seo, C. Lee, M. Altar, G. Lee, and O.-S. Gim, “Analysis on the Pitch Response Spectra of a Catamaran with Bulb,” *Navig. Port Res.*, vol. 37, no. 5, pp. 481–486, 2013.
- [4] A. M. Kracht, “Design of Bulbous Bows,” in *SNAME Transactions VOL. 86*, 1978, p. hal 197–217.
- [5] Harnita, “Studi Pengaruh Bentuk Bulbous Bow Terhadap Tahanan Kapal Layar Motor Tradisional Melalui Uji Model,” *Univ. Hasanuddin*, 2011.
- [6] D. B. Danişman, “Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized centerbulb concept,” *Ocean Eng.*, vol. 91, pp. 227–234, 2014.
- [7] M. Iqbal and G. Rindo, “Optimasi bentuk demihull kapal katamaran untuk meningkatkan kualitas *seakeeping*,” *Kapal*, vol. 12, pp. 19–24, 2015.
- [8] R. Bhattacharya, *Dynamics of Marine Vehicles*. New York: John Wiley & Sons, 1978.
- [9] *AQWA User Manual*. 2012
- [10] C. L. Siow, J. Koto, H. Yasukawa, A. Matsuda, D. Terada, C. G. Soares, A. Incecik, and M. A. G. Pauzi, “Mooring Effect on Wave Frequency Response of Round Shape FPSO,” *Teknologi*, vol. 5, pp. 59–68, 2015.
- [11] M. Tello, S. Ribeiro E Silva, and C. Guedes Soares, “Seakeeping performance of fishing vessels in irregular waves,” *Ocean Eng.*, vol. 38, no. 5–6, pp. 763–773, 2011.
- [12] Samuel, Iqbal, M and I.K.A.P Utama, “An Investigation Into The Resistance Components OF Converting A Traditional Monohull Fishing Vessel Into Catamaran Form,” *Int. J. Technol.*, 2015.