



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Optimasi Bentuk Haluan Kapal *Ferry* Untuk Mendapatkan Olah Gerak Yang Terbaik Di Daerah Kepulauan Mentawai

Alfonso Nababan¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, Berlian Arswendo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: alfonsonababan@gmail.com

Abstrak

Kapal dengan gerakan yang berlebihan saat beroperasi menyebabkan kondisi tidak nyaman bagi awak kapal (mabuk atau terpenjal) saat melakukan aktifitas diatas kapal. Hal ini akan membatasi kemampuan dan lama waktu operasi kapal dilaut, khususnya bila terjadi gelombang yang cukup besar. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut kecepatan kapal tersebut harus dikurangi, terlebih lagi saat kapal berhadapan dengan gelombang dari depan kapal. Hal itu bertujuan agar para kru kapal dapat bekerja dengan baik dan juga mencegah kemungkinan kapal tersebut rusak. Tapi disamping itu efisiensi kapal tersebut berkurang dikarenakan kapal tersebut tidak dapat berlayar sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan. Sehingga diperlukan suatu analisa dan studi terhadap bentuk haluan ini, salah satunya dengan melakukan analisa teknis variasi bentuk haluan. Bentuk haluan kapal diubah dengan hanya mengubah sudut linggi haluan dengan cara menambah panjang *Lwl* kapal. Model dimodifikasi dengan *maxsurf modeler* dan dianalisa dengan menggunakan *maxsurf motion*. Penelitian ini di lakukan untuk mendapatkan bentuk model haluan kapal dengan olah gerak yang optimal dengan hasil analisa gerakan rolling, heaving dan pitching dari setiap variasi desain. Berdasarkan dari hasil seluruh perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan *maxsurf motion* didapatkan model 4 merupakan model dengan olah gerak yang optimal dari model lainnya dengan nilai *vertical acceleration* 0,5979 g, nilai pitch acceleration 0,0016 rad/s/s, nilai heave acceleration 0,027 rad/s/s, dan nilai roll acceleration 0,0412 rad/s/s pada ketinggian 0,7 m dengan kecepatan maksimum 25 knot dengan wave heading 3,14 rad.

Kata kunci: olah gerak, katamaran, *maxsurf modeler*, *conventional bow*, panjang *Lwl*, *optimal*

1. PENDAHULUAN

Kapal harus memenuhi beberapa katakteristik dasar, seperti mengapung dalam posisi tegak lurus, bergerak dengan kecepatan sesuai rancangan awal, cukup kuat untuk menahan beban yang dialami akibat cuaca yang buruk, dan mampu berjalan pada suatu lintasan lurus serta *manoeuver* di laut lepas seperti halnya dalam perairan terbatas. Selama beroperasi yang sangat perlu diperhatikan pada kapal penyebrangan adalah keselamatan dan kenyamanan penumpang[1]. Oleh karena itu perlunya kajian kinerja olah gerak (*seakeeping*) dari kapal penyebrangan di perairan selama beroperasi.

Kapal dengan gerakan yang berlebihan saat beroperasi menyebabkan kondisi tidak nyaman bagi awak kapal (mabuk atau terpenjal) saat melakukan

aktifitas diatas kapal. Hal ini akan membatasi kemampuan dan lama waktu operasi kapal dilaut, khususnya bila terjadi gelombang yang cukup besar. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut kecepatan kapal tersebut harus dikurangi terlebih lagi saat kapal berhadapan dengan gelombang dari depan kapal[2]. Hal itu bertujuan agar para kru kapal dapat bekerja dengan baik dan juga mencegah kemungkinan kapal tersebut rusak. Tapi disamping itu efisiensi kapal tersebut berkurang dikarenakan kapal tersebut tidak dapat berlayar sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan.

Sehingga diperlukan suatu analisa dan studi terhadap olah gerak kapal, salah satunya dengan melakukan analisa teknis variasi bentuk haluan. Hal ini dilakukan agar kapal tidak mengikuti bentuk

gelombang tapi sebaliknya haluan kapal tersebut dapat merobos gelombang tersebut sehingga olah geraknya lebih baik. Dimana metode seperti ini pernah dilakukan oleh [3] dengan konsep panjang Lwl kapal ditambah.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan bentuk model haluan kapal dengan olah gerak yang optimal dengan hasil analisa gerakan *rolling*, *heaving* dan *pitching* dari setiap variasi.

Bentuk haluan kapal diubah dengan hanya mengubah sudut linggi haluan dengan mengubah panjang Lwl kapal. Model dimodifikasi dengan *maxsurf modeler* dan dianalisa dengan menggunakan *maxsurf motion*. Model dianalisa dengan kecepatan maksimum dan variasi tinggi gelombang dengan arah gelombang dari depan, samping dan belakang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal Ferry

Kapal feri atau kapal penyebrangan adalah kapal transportasi jarak dekat. Kapal feri mempunyai peranan penting dalam sistem pengangkutan untuk daerah pesisir pantai dengan melakukan penyebrangan langsung antar kedua tujuan dengan biaya lebih kecil. Kapal ini digunakan untuk mengangkut penumpang dalam jumlah yang cukup besar, disamping mengangkut barang juga.

2.2. Bentuk Desain Haluan pada Kapal

Haluan kapal merupakan bagian yang paling penting dalam mendesain kapal dan merupakan bagian yang pertama kali bersentuhan dengan air. Dengan bentuk haluan yang baik dapat mengurangi nilai hambatan kapal yang di terima seperti memecah hambatan gelombang. Bentuk desain haluan bermacam-macam seperti bentuk haluan tanpa *bulb*, haluan yang menggunakan *bulb*, dan bentuk haluan khusus lainnya.

Sudut yang dibentuk haluan kapal dengan garis air disebut dengan *rake*. Bentuk haluan yang vertikal atau *unraked bow* memiliki Lwl yang maksimum dan semakin panjang Lwl maka dapat menggunakan kecepatan kapal yang maksimal seperti kapal dengan bentuk haluan *axe*. Dimana haluan ini memiliki desain haluan yang vertikal seperti bentuk kapak. Dengan bentuk haluan yang vertical dapat memotong gelombang sehingga kapal dapat melalui gelombang dengan *pitching* yang lebih kecil dari bentuk haluan pada umumnya.



Gambar 1. Bentuk haluan axe

2.3. Bilangan Froude

Bilangan froude merupakan perbandingan antara *flow inertia* dengan *external field*. Bilangan Froude diambil dari nama William Froude dimana angkanya tidak memiliki dimensi dengan notasi F_n [4]. Adapun rumus bilangan Froude yaitu

$$FnL = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (1)$$

$$FnV = \frac{v}{\sqrt{gV^{\frac{1}{3}}}} \quad (2)$$

dimana,

F_{nL} : Froude number berdasarkan panjang waterline

F_{nV} : Froude Number berdasarkan volume displacement

v : Kecepatan kapal [m/s]

g : Percepatan gravitasi [m/s²]

V : Volume displacement [m³]

L : Panjang kapal [m]

2.4. Bentuk dan Ukuran lambung kapal

Penelitian ini difokuskan pada variasi bentuk haluan dengan mengubah sudut linggi haluan dengan menambah panjang Lwl dan memperkecil nilai C_b dengan nilai *displacement*, lebar dan sarat kapal tetap.

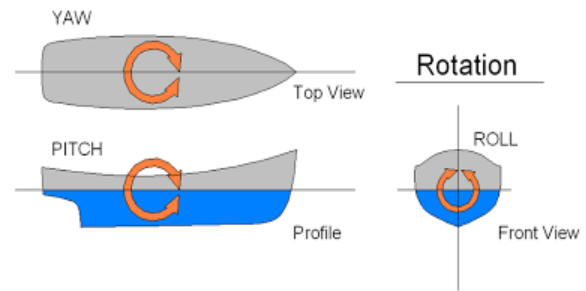
Tabel 1. Ukuran utama kapal

Dimensi	Skala	Satuan
<i>Length of Waterline (Lwl)</i>	50	m
<i>Breadth (B)</i>	21.25	m
<i>Depth (H)</i>	6	m
<i>Draft (T)</i>	2.5	m
<i>Speed (Vs)</i>	25	knot
<i>Coefficient Block (Cb)</i>	0.39	
<i>Coefficient Prismatic</i>	0.46	
<i>Displacement</i>	618.2	ton

2.5. Seakeeping

2.5.1. Pengertian seakeeping

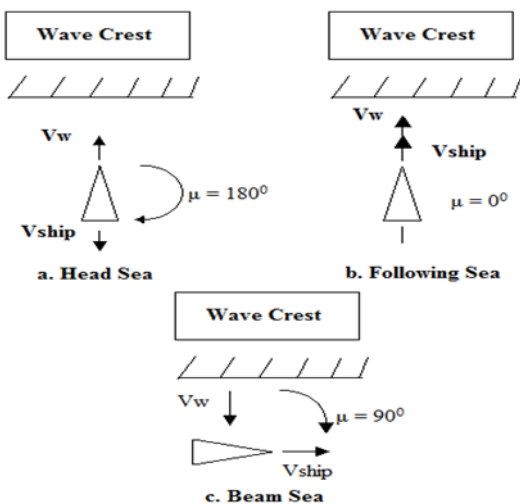
Seakeeping dapat diartikan kemampuan kapal untuk tetap dapat beroperasi di laut dalam berbagai kondisi sampai dapat melakukan misi yang direncanakan. Dalam bentuk solid, kapal memiliki 6 gerakan derajat kebebasan di laut berdasarkan gerakan rotasi ada 3 gerakan yaitu *rolling*, *pitching*, dan *yawing* dan berdasarkan gerakan translasi ada 3 gerakan yaitu *heaving*, *surgings*, *swaying*. Untuk kapal yang stabil gerakan yang paling sering terjadi adalah gerakan *rolling*, *pitching* dan *heaving*.



Gambar 3. Macam – macam gerak rotasi kapal

2.5.2. Faktor yang mempengaruhi olah gerak kapal

Selain faktor tinggi gelombang, terdapat juga faktor gelombang papasan, dimana gelombang tersebut berpapasan terhadap kapal. Sebagai gambaran arah kapal terhadap arah datang gelombang untuk kondisi *head sea*, *following sea* dan *beam sea* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

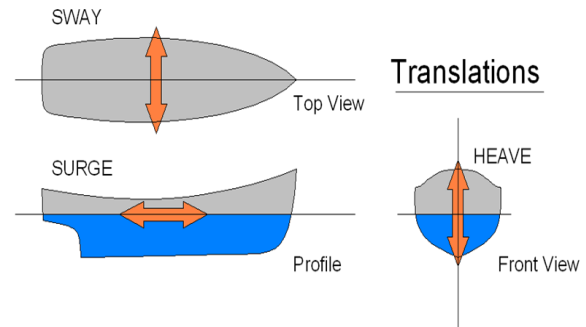


Gambar 2. arah kapal terhadap arah datang gelombang

2.5.3. Jenis olah gerak kapal

Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang, kapal mengalami 2 jenis gerakan :

1. Mode Gerak Osilasi Rotasional
 - a. *Rolling*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu x
 - b. *Pitching*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu y
 - c. *Yawing*, gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu z
2. Mode Gerak Osilasi Translasi
 - a. *Surgings*, gerakan osilasi translasi terhadap sumbu x
 - b. *Swaying*, gerakan osilasi translasi terhadap sumbu y
 - c. *Heaving*, gerakan osilasi translasi terhadap sumbu z



Gambar 4. Macam – macam gerak translasi kapal

2.5.4. Response Amplitude Operator (RAO)

Response Amplitude Operator (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur lambung. RAO dapat juga didefinisikan sebagai hubungan antara amplitudo respon kapal terhadap amplitudo gelombang[5]. Dapat dinyatakan dengan bentuk matematis yaitu ($\zeta_{respon} / \zeta_{gelombang}$).

Bentuk umum dari persamaan RAO dalam fungsi frekuensi adalah sebagai berikut :

$$S_{\phi}(\omega_e) = S_{\zeta}(\omega_e) |H(\omega_e)|^2 \quad (3)$$

$$S_{\phi} = S_{\zeta}(\omega_e) \left[\frac{\phi_a}{S_{\zeta}} \right]^2 \quad (4)$$

$$RAO = \left(\frac{\text{amplitudo respon gerakan}}{\text{amplitudo gelombang}} \right)^2 = \left(\frac{\phi_a}{S_{\zeta}} \right)^2 \quad (5)$$

dimana,

$S_{\zeta}(\omega_e)$: Fungsi densitas spectrum gelombang [m^2 -det]

$S_{\phi}(\omega_e)$: Fungsi densitas spectrum respon gerakan [m^2 -det]

S_{ϕ} : Spektrum respon gerakan [m]

$|H(\omega_e)|^2$: Response Amplitude Operator (RAO)

ϕ_a : Amplitudo respon gerakan [m] atau [deg]

ζ_a : Amplitudo gelombang [m]

2.5.5. Root Mean Squares (RMS)

Menurut *criteria Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1978)* nilai maksimal RMS of vertical acceleration at FP adalah 0,65 g. Rumus yang digunakan untuk

mendapatkan nilai *RMS of vertical acceleration at FP* adalah:

$$RMS = X / 9,81 \quad (6)$$

Dimana, X = nilai *FP relatif ver. Acceleration*

9,81 = nilai gravitasi bumi

Salah satu metode perhitungan olah gerak kapal adalah metode *Frequency Domain Methode/ Strip Theory* yang berdasarkan *Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1978)* sebagai berikut:

General Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK, 1987)			
Description	Merchant Ships	Navy Vessels	Fast Small Craft
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g ($L \leq 100$ m) 0.050 g ($L \geq 330$ m)	0.275 g	0.65 g
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.15 g	0.20 g	0.275 g
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.12 g	0.10 g	0.10 g
RMS of Roll	6.0 deg	4.0 deg	4.0 deg
Probability of Slamming	0.03 ($L \leq 100$ m) 0.01 ($L \geq 300$ m)	0.03	0.03
Probability of Deck Wetness	0.05	0.05	0.05

Gambar 5. *General Operability Limiting Criteria for Ship*

2.6. Macam – Macam Gelombang yang Ideal

Dari penelitian di bidang *Oceanografi* yang sudah pernah dilakukan, alternatif menarik telah dihasilkan yaitu beberapa jenis tertentu dari gelombang ideal yang telah dikembangkan untuk tujuan-tujuan khusus. Gelombang yang ada pada kelompok ini dapat diidentifikasi lewat beberapa parameter, sehingga dapat menghasilkan analisis akan kemampuan operasional dari beberapa jenis kapal, dengan tetap mempertimbangkan beberapa variasi dari parameter laut tertentu[6].

Berikut ini adalah beberapa tipe gelombang yang ideal (F.B, Robert, 1988):

1. Spektrum Gelombang *Pierson Moskowitz (The Pierson-Moskowitz Spectrum)*
2. Spektrum *JONSWAP (The JONSWAP Spectrum)*
3. Spektrum *Ochi dengan 6 Parameter (The Ochi 6-Parameters Spectrum)*

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Pembelajaran dengan menggunakan berbagai referensi baik berupa buku, artikel, majalah dan jurnal mengenai olah gerak pada kapal katamaran.

3.2. Pemodelan dan simulasi

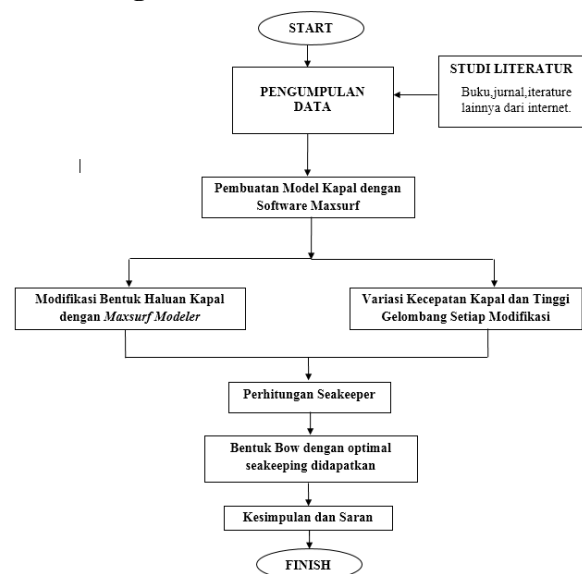
Data yang telah didapat kemudian dibuat pemodelan dengan menggunakan *software maxsurf modeler* lalu parameter dirubah dengan *parametric transformation* dilanjutkan dengan analisa olah gerak kapal menggunakan *software maxsurf motion*.

3.3. Kesimpulan hasil dan analisis data

Berdasarkan hasil simulasi maka akan diperoleh karakteristik olah gerak kapal (*seakeeping*) gerakan *rolling, heaving, pitching* kapal feri. Apabila hasilnya buruk maka akan

dilakukan variasi dan perbaikan karakteristik namun jika lebih baik akan dilanjutkan ketahapan kesimpulan dan saran.

3.4. Diagram Alir

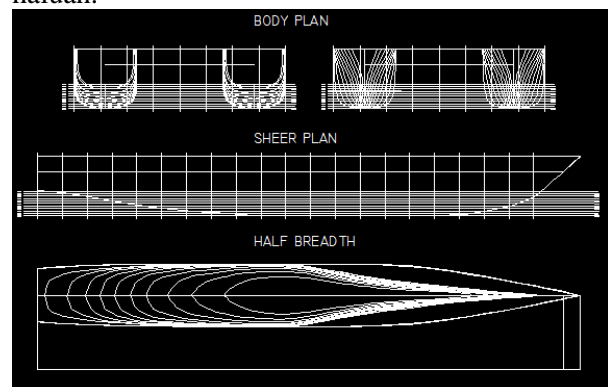


Gambar 6. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Teknis Kapal feri Tipe Katamaran

Dalam penulisan tugas akhir ini menjelaskan analisa pengaruh sudut linggi haluan terhadap performa kapal *ferry* khususnya kapal tipe katamaran. Kapal tipe katamaran ini merupakan kapal yang mana memanfaatkan sudut linggi haluan sebagai parameter agar kapal yang dibuat mendapatkan olah gerak yang baik. Adapun yang menjadi parameter performa kapal adalah olah gerak kapal, setelah dilakukan variasi sudut linggi haluan.

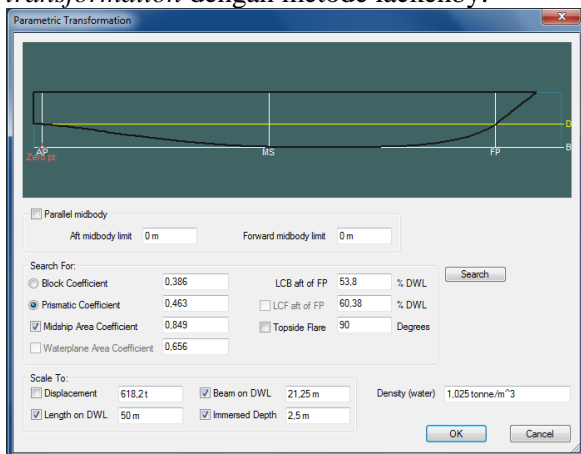


Gambar 7. Lines Plan Kapal

4.2. Tahap modifikasi model dengan maxsurf

Maxsurf Modeler merupakan salah satu program untuk membuat model kapal dalam bentuk 3 dimensi. Dengan *maxsurf modeler* model kapal dapat dibuat dengan *marker, control point, curve*

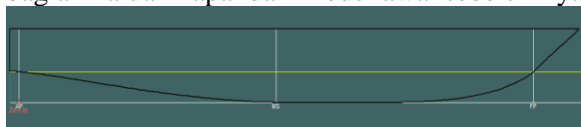
dan *surface*. Model kapal yang sudah jadi juga dapat diubah dengan mengubah parameter kapal tersebut dengan menggunakan menu yang terdapat pada maxsurf modeler yaitu *parametric transformation* dengan metode lackenby.



Gambar 8. Parametric transformation

4.3. Variasi bentuk model

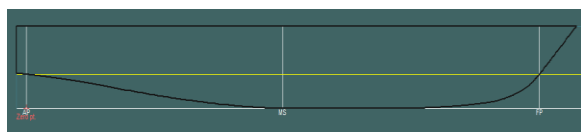
Penelitian ini menggunakan 4 bentuk model haluan dimana modifikasi hanya dilakukan pada bagian haluan kapal dari model awal sebelumnya.



Gambar 9. Model awal

Tabel 2 *Body hydrostatic* model awal

Dimensi	Skala	Satuan
<i>Length of Waterline (Lwl)</i>	50	m
<i>Breadth (B)</i>	21.25	m
<i>Depth (H)</i>	6	m
<i>Draft (T)</i>	2.5	m
<i>Speed (Vs)</i>	25	knot
<i>Coefficient Block (Cb)</i>	0.386	
<i>Coefficient Prismatic</i>	0.462	
<i>Displacement</i>	618.2	ton
<i>Fnv</i>	1,4	

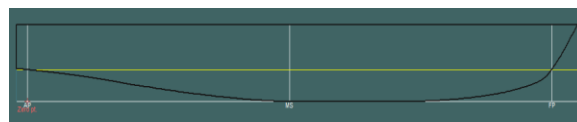


Gambar 10. Model 1 dengan Lwl 51m

Tabel 3 *Body hydrostatic* model 1

Dimensi	Skala	Satuan
<i>Length of Waterline (Lwl)</i>	51	m

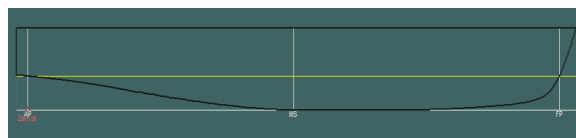
<i>Breadth (B)</i>	21.25	m
<i>Depth (H)</i>	6	m
<i>Draft (T)</i>	2.5	m
<i>Speed (Vs)</i>	25	knot
<i>Coefficient Block (Cb)</i>	0.378	
<i>Coefficient Prismatic</i>	0.453	
<i>Displacement</i>	618.2	ton
<i>Fnv</i>	1,4	



Gambar 11. Model 2 dengan Lwl 52m

Tabel 4 *Body hydrostatic* model 2

Dimensi	Skala	Satuan
<i>Length of Waterline (Lwl)</i>	52	m
<i>Breadth (B)</i>	21.25	m
<i>Depth (H)</i>	6	m
<i>Draft (T)</i>	2.5	m
<i>Speed (Vs)</i>	25	knot
<i>Coefficient Block (Cb)</i>	0.371	
<i>Coefficient Prismatic</i>	0.445	
<i>Displacement</i>	618.2	ton
<i>Fnv</i>	1,4	

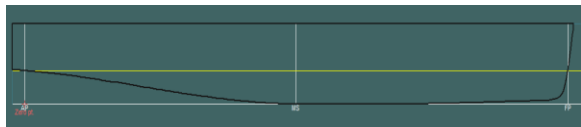


Gambar 12. Model 3 dengan Lwl 53m

Tabel 5 *Body hydrostatic* model 3

Dimensi	Skala	Satuan
<i>Length of Waterline (Lwl)</i>	53	m
<i>Breadth (B)</i>	21.25	m
<i>Depth (H)</i>	6	m
<i>Draft (T)</i>	2.5	m
<i>Speed (Vs)</i>	25	knot

Coefficient Block (C_b)	0.364
Coefficient Prismatic	0.436
Displacement	618.2 ton
F_{nv}	1,4



Gambar 13. Model 4 dengan Lwl 54m

Tabel 6 Body hydrostatic model 4

Dimensi	Skala	Satuan
Length of Waterline (L_{wl})	54	m
Breadth (B)	21.25	m
Depth (H)	6	m
Draft (T)	2.5	m
Speed (V_s)	25	knot
Coefficient Block (C_b)	0.357	
Coefficient Prismatic	0.428	
Displacement	618.2	ton
F_{nv}	1,4	

4.4. Perhitungan olah gerak kapal

Perhitungan olah gerak kapal menggunakan software maxsurf motion. Maxsurf motion dapat menghitung dan menganalisa respon kapal sesuai kondisi gelombang laut.

Adapun data yang diperlukan yaitu:

1) Input data

Locations, Speeds, Headings dan Spectra

2) Analysis menu data

Measured Hull sections, Vessel type, Mass distribution, Damping factors, Frequency range, Environment, Analysis methods.

4.4.1. Vertical acceleration at FP

Adapun nilai *vertical acceleration at fp* dihitung pada sudut 0 rad, 1,57 rad, 3,14 rad dengan kecepatan maksimum yaitu 25 knot dengan tinggi gelombang 0,6 m sampai dengan tinggi gelombang 1 m.

Tabel 7 Vertical acceleration at FP dengan wave heading 0 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,38818	0,45617	0,52141	0,57961	0,63721
MODEL 1	0,38756	0,45535	0,52039	0,57788	0,64852
MODEL 2	0,39511	0,45423	0,51906	0,59123	0,64781
MODEL 3	0,39439	0,45392	0,51876	0,59174	0,64618
MODEL 4	0,3945	0,45515	0,52008	0,57584	0,64455

Tabel 8 Vertical acceleration at FP dengan wave heading 1,57 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,1274	0,1483	0,1695	0,1903	0,2109
MODEL 1	0,1251	0,1456	0,1664	0,1866	0,2068
MODEL 2	0,1236	0,1439	0,1645	0,1846	0,2045
MODEL 3	0,1214	0,1412	0,1614	0,1810	0,2006
MODEL 4	0,1180	0,1373	0,1570	0,1760	0,1949

Tabel 9 Vertical acceleration at FP dengan wave heading 3,14 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,5180	0,5986	0,6840	0,7708	0,8480
MODEL 1	0,5176	0,5981	0,6835	0,7704	0,8471
MODEL 2	0,5175	0,5979	0,6833	0,7702	0,8468
MODEL 3	0,5175	0,5979	0,6833	0,7702	0,8468
MODEL 4	0,5174	0,5979	0,6832	0,7702	0,8468

Berdasarkan seluruh table perhitungan *RMS vertical acceleration* dari setiap model dapat dilihat nilai *vertical acceleration* semakin berkurang dimana model 4 memiliki nilai *vertical acceleration* yang lebih kecil. Tapi berdasarkan *Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1978)* kapal dengan model 4 hanya dapat beroperasi dengan kecepatan maksimum pada ketinggian gelombang 0,7 m dengan wave heading 3,14 rad.

4.4.2. Pitch acceleration

Adapun nilai *pitch acceleration* dihitung pada sudut 0 rad, 1,57 rad, 3,14 rad dengan kecepatan maksimum yaitu 25 knot dengan tinggi gelombang 0,6 m sampai dengan tinggi gelombang 1 m.

Tabel 10 Pitch acceleration dengan wave heading 0 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,0097	0,0114	0,0130	0,0148	0,0167
MODEL 1	0,0092	0,0109	0,0124	0,0141	0,0158
MODEL 2	0,0093	0,0110	0,0126	0,0143	0,0160
MODEL 3	0,0088	0,0104	0,0119	0,0135	0,0152
MODEL 4	0,0085	0,0101	0,0115	0,0131	0,0146

Tabel 11 Pitch acceleration dengan wave heading 1,57 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,0144	0,0170	0,0194	0,0221	0,0249
MODEL 1	0,0137	0,0161	0,0184	0,0210	0,0236
MODEL 2	0,0137	0,0161	0,0184	0,0209	0,0235
MODEL 3	0,0130	0,0153	0,0175	0,0199	0,0224
MODEL 4	0,0123	0,0144	0,0165	0,0187	0,0210

Tabel 12 *Pitch acceleration* dengan *wave heading* 3,14 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,0016	0,0019	0,0022	0,0025	0,0028
MODEL 1	0,0015	0,0018	0,0021	0,0024	0,0026
MODEL 2	0,0015	0,0018	0,0021	0,0023	0,0026
MODEL 3	0,0015	0,0017	0,0020	0,0022	0,0025
MODEL 4	0,0014	0,0016	0,0019	0,0021	0,0024

Berdasarkan seluruh table perhitungan *RMS pitch acceleration* dari setiap model dapat dilihat, nilai *pitch acceleration* semakin berkurang dimana model 4 memiliki nilai *pitch acceleration* yang lebih kecil dengan nilai 0,0024 rad/s/s dengan *wave heading* 3,14 rad.

4.4.3. Heave acceleration

Adapun nilai *heave acceleration* dihitung pada sudut 0 rad, 1,57 rad, 3,14 rad dengan kecepatan maksimum yaitu 25 knot dengan tinggi gelombang 0,6 m sampai dengan tinggi gelombang 1 m.

Tabel 13 *Heave acceleration* dengan *wave heading* 0 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,1920	0,2270	0,2600	0,2960	0,3340
MODEL 1	0,1660	0,1960	0,2240	0,2550	0,2880
MODEL 2	0,1560	0,1840	0,2110	0,2400	0,2710
MODEL 3	0,1310	0,1540	0,1760	0,2010	0,2260
MODEL 4	0,1120	0,1320	0,1510	0,1720	0,1930

Tabel 14 *Heave acceleration* dengan *wave heading* 1,57 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,5370	0,6310	0,7220	0,8180	0,9150
MODEL 1	0,5300	0,6230	0,7120	0,8070	0,9030
MODEL 2	0,5290	0,6210	0,7100	0,8040	0,9000
MODEL 3	0,5210	0,6120	0,6990	0,7920	0,8860
MODEL 4	0,5070	0,5960	0,6810	0,7710	0,8630

Tabel 15 *Heave acceleration* dengan *wave heading* 3,14 rad

MODEL	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,0230	0,0270	0,0300	0,0350	0,0390
MODEL 1	0,0230	0,0270	0,0300	0,0350	0,0390
MODEL 2	0,0230	0,0270	0,0310	0,0350	0,0390
MODEL 3	0,0230	0,0270	0,0300	0,0350	0,0390
MODEL 4	0,0230	0,0270	0,0300	0,0340	0,0390

Berdasarkan table perhitungan *RMS heave acceleration* setiap model dapat dilihat, nilai *heave acceleration* setiap model sama pada *wave heading* 3,14 rad. Tapi pada saat *wave heading* 0 rad dan *wave heading* 1,57 rad model 4 memiliki nilai yang lebih kecil dengan nilai 0,193 m/s² dengan *wave heading* 0 rad dan 0,863 m/s² dengan *wave heading* 1,57 rad.

4.4.4. Roll acceleration

Adapun nilai *roll acceleration* dihitung pada

sudut 0 rad, 1,57 rad, 3,14 rad dengan kecepatan maksimum yaitu 25 knot dengan tinggi gelombang 0,6 m sampai dengan tinggi gelombang 1 m.

Tabel 16 *Roll acceleration* dengan *wave heading* 1,57 rad

MODEL	SUDUT 1,57 RAD				
	WAVE HEIGHT(m)				
	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
MODEL AWAL	0,0347	0,0410	0,0468	0,0532	0,0598
MODEL 1	0,0347	0,0410	0,0468	0,0532	0,0598
MODEL 2	0,0350	0,0413	0,0472	0,0537	0,0603
MODEL 3	0,0351	0,0413	0,0472	0,0537	0,0603
MODEL 4	0,0349	0,0412	0,0471	0,0535	0,0601

Berdasarkan seluruh table perhitungan *RMS Roll acceleration* dari setiap model dapat dilihat, nilai *roll acceleration* model awal memiliki nilai *roll acceleration* yang lebih kecil dengan nilai 0,0598 rad/s/s dengan *wave heading* 1,57 rad.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil seluruh perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan *maxsurf motion* didapatkan model 4 merupakan model dengan olah gerak yang optimal dari model lainnya dengan nilai *vertical acceleration* 0,5979 g, nilai *pitch acceleration* 0,0024 rad/s/s, nilai *heave acceleration* 0,0390 rad/s/s, dan nilai *roll acceleration* 0,0601 rad/s/s pada ketinggian 0,7 m dengan kecepatan maksimum 25 knot dengan *wave heading* 3,14 rad.

5.2. Saran

Adapun saran dan rekomendasi penulis untuk penelitian lebih lanjut antara lain:

- Dari hasil penelitian yang dilakukan peneliti merekomendasikan tipe haluan model 4.
- Untuk selanjutnya perlu dilakukan analisa lebih lanjut dengan variasi panjang *Lwl* yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isra, Muhammad., (2009). Analisis Seakeeping dan Manouvering Kapal Patroli Cepat untuk Wilayah Timur. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh November
- [2] E. Sarioz., (2009). Inverse Design of Ship Hull Forms for Seakeeping. Turkey: Faculty Of Naval Architecture And Ocean Engineering, Technical University of Istanbul
- [3] J.A.Keuning, J.Pinkster, F.Van Walree. Further Investigation Into The HydroDynamic Performance of The Axe Bow Concept. Netherlands. Maritime Research Institute
- [4] Leon Alexander Faison., (2013). Design of a High Speed Planing Hull with a Cambered Step and Surface Piercing Hydrofoils.

Massachusetts: Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology

- [5] Iqbal, Muhammad. Rindo, Good. Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran Untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping Semarang: Jurusan Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro
- [6] Permata, Randi., (2015). Studi Perancangan Kapal Penumpang dan Barang untuk Penyebrangan Teluk Bungus –Tua Pejat Kepulauan Mentawai Sumatera Barat. Semarang: Jurusan Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro